



MAGYAR AGRÁR-ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

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

DOKTORI (PhD.) ÉRTEKEZÉS

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

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
1. Bevezetés.....	5
1.1 Célkitűzés	6
2. Irodalmi áttekintés.....	7
2.1. Nemzetközi helyzetkép a batáta termesztésről	7
2.2 Hazai helyzetkép a batáta termesztésről.....	8
2.3 Batáta felhasználási lehetőségei.....	9
2.4 Batátában található karotinoidok és polifenolok pozitív élettani hatása	10
2.5 Különböző termesztésben lévő batáta fajták bemutatása	13
2.6 Batáta termesztése során alkalmazott technológiák bemutatása	17
2.7 A batáta növényfiziológiai jellemzőinek változására alkalmazott módszerek 20	
2.7.1 Relatív klorofill mérésére alkalmazott módszer-SPAD.....	20
2.7.2 Batáta növényfiziológiai változásának mérése klorofill fluoreszcencia segítségével	21
2.7.3 Spektrométer-NDVI alkalmazása a batáta növényélettani változásainak azonosítására.....	22
2.8 Tápanyagutánpótlási rendszerek hatása a termesztésre.....	23
2.8.1 Káliumtárgyázás szerepe a termesztésben	23
2.8.2 Nitrogén trágyázás szerepe a termesztésben	25
2.8.3 Foszfor trágyázás a termesztésben	26
2.9 A batáta beltartalmi paramétereinek változása az eltérő termesztéstechnológiai módszerek hatására	27
3. Anyag és módszer	30
3.1 Kísérleti helyszín és környezeti feltételek bemutatása.....	30
3.1.1 Kísérleti helyszín talajadottságok	30
3.1.2 Kísérleti helyszín klimatikus jellemzői 2019-2022.....	31
3.2 Művelési mód és növényesítés hatása különböző batáta fajtákra 2019-2020- as év 34	
3.3 A tápanyagutánpótlási kísérlet során végzett szabadföldi vizsgálatok beállításának módszertana 2021-2022-és év	35
3.4 Növényfiziológiai mérések.....	36
3.5 Élelmiszeranalitikai mérések.....	38
3.5.1 Mintagyűjtés, mintavételi folyamat.....	38
3.5.2 Karotinoidok detektálása és mennyiségi meghatározása	38

3.5.3 Fenolok extrakciója és mennyiségének meghatározása nagy teljesítményű folyadékkromatográfia- HPLC segítségével	39
3.6 Statisztikai vizsgálatok	40
4. Eredmények és megvitatása	41
4.1. Beauregard fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei	41
4.1.1 A különböző termesztési módszerek és a növénytűrűség hatása a Beauregard fajta terméseredményére	41
4.1.2 A termesztéstechnológia és a növénytűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra Beauregard fajta esetében	42
4.1.3 Beauregard batáta polifenol- és karotinoid-profiljának analitikai meghatározása	46
4.1.4 Az eltérő művelési módok és a növénytűrűség hatása a Beauregard batáta karotinoid tartalmára.....	48
4.1.5 Korrelációs összefüggések vizsgálata Beauregard fajta esetében	50
4.1.6 Főkomponens elemzés (PCA)-eredményei Beauregard fajta esetében	52
4.1.7 Művelésmód, növénytűrűség és évjáráthatás vizsgálata a Beauregard fajta hozam és beltartalmi paramétereire	54
4.2 Ásotthalmi-12-es fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei	55
4.2.1 A különböző termesztési módszerek és a növénytűrűség hatása a terméseredményre	55
4.2.2 A termesztéstechnológia és a növénytűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra.....	56
4.2.3 Ásotthalmi-12 batáta polifenol- és karotinoid-profiljának analitikai meghatározása	60
4.2.4 Az eltérő művelési módok és a növénytűrűség hatása a karotinoid tartalomra	61
4.2.5 Korreláció-mátrixok eredményei	63
4.2.6 Főkomponens elemzés (PCA) eredményei	66
4.2.7 Különböző művelési módok és a növénytűrűség hatása az Ásotthalmi-12-es fajta beltartalmára és a terméshozamára.....	67
4.3 Purple fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei	68
4.3.1 A különböző termesztési módszerek és a növénytűrűség hatása a Purple fajta terméseredményre	68
4.3.2 A termesztéstechnológia és a növénytűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra.....	69
4.3.3 Purple batáta antocianin profiljának analitikai meghatározása	73
4.3.4 Az eltérő művelési módok és a növénytűrűség hatása a Purple batáta antocianin tartalmára	74

4.3.5	A Purple fajta korrelációs összefüggéseinek vizsgálati eredményei	76
4.3.6	Főkomponens elemzés (PCA) a Purple fajtánál.....	78
4.3.7	A különböző művelési módok, a növénytűrűség és az évjárat hatásának vizsgálata a beltartalomra és a termés hozamra	79
4.4	Murasaki-29 fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei	79
4.4.1	Az eltérő tőszám hatása a termés eredményre.....	79
4.4.2	A növénytűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra	80
4.4.3	Növénytűrűség és az évjárat hatása a termés hozamra és növényfiziológiai paraméterekre	82
4.5	Különböző tápanyagutánpótlási rendszerek hatása a Beauregard és Purple fajtájú batáták termés hozamára és a fontosabb fitonutriensekre.....	83
4.5.1	Különböző műtrágyadózisok hatása a Beauregard fajta termés hozamára	83
4.5.2	Különböző káliumtúlsúlyos műtrágya kezelések hatása a Beauregard fajta karotinoid tartalmára	84
4.5.3	A Purple lila fajtájú batáta termés hozama a különböző tápanyag-utánpótlási technológiák hatására.....	88
4.5.4	Különböző tápanyag utánpótlási rendszerek hatása az összes antocianin tartalomra és hozamra a Purple fajta esetében	89
4.5.5	Az eltérő tápanyagutánpótlási módszerek hatása a Beauregard és Purple fajtájú batáták növényfiziológiai paraméterei	91
4.6	Korrelációs vizsgálatok a mért paraméterek vonatkozásában.....	102
5	Új tudományos eredmények.....	103
6	Következtetések	104
7	Összefoglalás-Summary	108
8	Mellékletek Irodalomjegyzék.....	112
9	Köszönetnyilvánítás	0

1. Bevezetés

A batáta (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), vagy más néven batáta, a világ első tíz legfontosabb élelmisznövénye 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 tett szert, 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 múltat 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.

1.1 Célkitűzés

Jelen kutatás célja, annak vizsgálata, hogyan befolyásolják a különböző termesztéstechnológiai módszerek – különös tekintettel a bakhátság 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 termés hozamát, 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 (F_v/F_m), valamint a vegetációs indexet (NDVI). Továbbá ezen élettani változók kapcsolatának feltérképezése a termés hozammal, 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 termés hozamára, karotinoid és antocianin tartalmára.

2. Irodalmi áttekintés

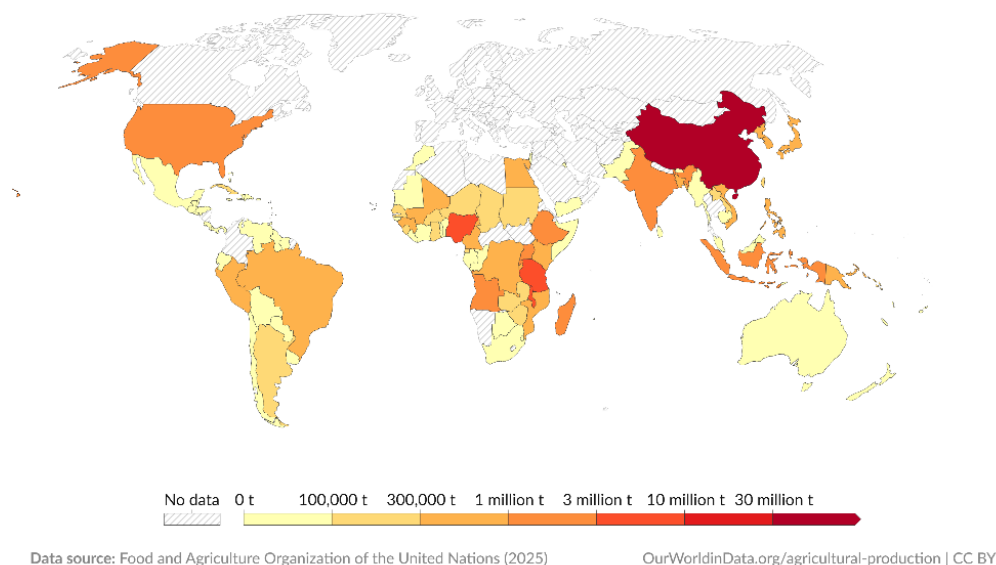
2.1. Nemzetközi helyzetkép a batáta termesztésről

A batáta Közép-amerikai származású növény, azonban termesztése földrajzi szempontból rendkívül széleskörű, hiszen a Föld 40° északi és 32° déli szélesség között elhelyezkedő 114 országban termesztik. A termesztésével kapcsolatos információkat az 1. ábra tartalmazza a FAO adatai alapján (FAO, 2024). A 2019-2023-as évek között a batáta termőterülete 4,2 %-kal növekedett, amely az össztermés mennyiségét is jelentősen befolyásolta, hiszen 2023-ban több mint 93 millió tonna batáta termett a világon, ami közel 4 millió tonnával több, mint a 2019-es évben az összes termés mennyiség. (1. táblázat).

1. táblázat Batáta termesztési volumene, termőterülete FAO adatok alapján

év	termőterület (hektár)	termésmennyiség tonna	hozam (kg/ha)
2019	7207776	89585775	12429
2020	7333148	91571797	12487
2021	7437006	92338860	12416
2022	7475621	92207977	12335
2023	7570339	93519978	12354

A területi arányokat tekintve Kína a vezető nagyhatalom a batáta termőterületet tekintve, ahol 2,2 millió hektáron termelnek közel 48 millió tonna batátát, amely több mint a világ összes termés mennyiségének a fele. A hozamokat tekintve Kínában hektáronként átlagosan 21,6 tonna batátát takarítanak be. Kínát követi Nigéria, ahol több mint 1,5 millió hektáron termelnek, azonban az összes mennyiség nem éri el a 4 millió tonnát a rendkívül alacsony hozamok miatt, mely átlagosan 2,6 tonna/hektár. A harmadik legnagyobb területen Tanzánia áll, mely 680 ezer hektáron termeszt batátát, szintén alacsony termésátlagok mellett, közel 5 millió tonnát állít elő, úgy, hogy a hektáronkénti hozam 7,3 tonna körül alakul. Érdemes megemlíteni még Malawit, amely ország ugyan a negyedik legnagyobb batáta termőterülettel rendelkezik, ami közel 315 ezer hektár, azonban az összes termés mennyisége meghaladja Nigériát és Tanzániát is, hiszen közel 7,5 millió tonna batátát állítanak elő, illetve a hozamok megelőzik Kínát is, hiszen átlagban 23 tonna/hektár a terméshozam (http1). Területi eloszlást tekintve 1. kép ábrázolja a legmeghatározóbb batáta termesztő régiókat a világon.



1. kép A világ meghatározó batáta termelő régiói Forrás: (http1)

A fogyasztási szokásokat nézve azokban a régiókban a legmagasabb az egy főre jutó éves batáta fogyasztás, ahol főzelékként készítik el, mint például Pápua Új-Guineában, ahol közel 55 kg, míg a Salamon-szigeteken 16 kg. Ázsiában és Afrikában átlagosan 9 kg, míg Latin Amerikában 5 kg-ra tehető az éves fogyasztás. Az Egyesült Államokban megfigyelhető tendencia szerint a batáta éves fogyasztása 2000 és 2014 között 1,9 kg/főről 3,4 kg/főre emelkedett. Ez elsősorban a feldolgozott termékek – különösen a fagyasztott batáta hasáb – népszerűsítésének köszönhető (Truong et al., 2018). Az EU batáta fogyasztásának jelentős részét importból fedezi. Az EU közel 100 ezer tonna batáta előállítással rendelkezik, melynek közel 90%-át Portugália és Spanyolország adja (http2). 2021-ben a teljes import nagyságrendileg 590 ezer tonna volt. A kereskedelmi volumenek 53%-kal emelkedtek a 2017-es évhez képest. Az import mennyiségének 90%-a friss fogyasztásra szánt, így az EU-n belül ez az egyik leggyorsabban növekvő termék a zöldségek kategóriában a CBI jelentése alapján (CBI, 2023).

2.2 Hazai helyzetkép a batáta termesztésről

Megítélésem szerint hazánkban is egyre gyakrabban tapasztalhatók az egészségtudatos vásárlók által generált új fogyasztói trendek, melyek a zöldségnövények fogyasztására is jelentős hatást gyakorolnak. Ennek következtében a batáta az egyik legnagyobb perspektívával rendelkező zöldségnövény, mivel számos kedvező élettani hatása miatt egyre keresettebb termékké válik, emellett jól alkalmazható a magyar gasztronómiai kultúrában is. A megváltozott hazai agroklimatikus viszonyok lehetővé teszik ennek a növénynek a sikeres beillesztését a magyar vetésforgóba.

Régi időkre tekint vissza hazánkban a batáta meghonosítása hiszen honosítási munkálatok 1986-ban kezdődtek Tápiószelén Horvát Lajos által (Horváth, 1991a). Különböző termesztéstechnológiai kísérletek mellett munkájának egyik legmeghatározóbb eredménye, a 2003-ban állami minősítést kapott sárgásfehér húsú, Tápiói 96 fajta. Országunkban Ásotthalmon is végeztek batáta honosítási és termesztési kísérleteket az 1990-es évek elején. Magyarországon a batáta termesztéssel foglalkozók számára egyedül csak a Növényi Diverzitás Központ és a Bivalyos Tanya Kft. által közölt termesztéstechnológiai javaslatok állnak rendelkezésre (Monostori et al. 2015). Bár évtizedes termesztési tapasztalatok állnak

rendelkezésre, a hazai batáta-termesztéstechnológiai ajánlásokból továbbra is hiányoznak az egyes termőhelyspecifikus kísérletek és azok az agrotechnikai ismeretek, amelyek a magas, stabil hozam és megfelelő termésminőség eléréséhez szükségesek. A változó környezeti és gazdasági feltételek miatt elengedhetetlen a meglévő ismeretek további bővítése, különös tekintettel a helyspecifikus kutatásokra és a fajták teljesítményének értékelésére. (2. táblázat).

2. táblázat Magyarország batáta termőhely szerinti megoszlása hektárban, éves bontásban. Forrás: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara

VÁRMEGYE	2019	2020	2021	2022
Bács-Kiskun	42	47	40	49
Baranya	1	5	0	2
Békés	0	0	2	0
Csongrád-Csanád	13	19	24	14
Fejér	1	1	3	1
Győr-Moson-Sopron	4	2	0	1
Hajdú-Bihar	6	5	5	4
Heves	3	4	10	4
Nógrád	0	0	0	2
Jász-Nagykun-Szolnok	0	2	0	0
Pest	4	8	7	6
Somogy	15	10	39	30
Szabolcs-Szatmár-Bereg	31	32	28	20
Tolna	3	3	4	4
Vas	0	0	1	1
Veszprém	0	5	0	0
Zala	0	0	1	1
Teljes terület (ha)	123	143	163	139

2.3 Batáta felhasználási lehetőségei

A batáta számos felhasználási lehetőséggel rendelkező unikális zöldségnövény. Alapvető élelemforrás mellett, az élelmiszeripari, egészségügyi, bioenergetikai, valamint ipari felhasználási területen is világszerte jelentős figyelmet kap (Nedunchezhiyan et al., 2012a). Rendkívül jó adaptációs képességekkel rendelkezik, így lehetséges, hogy az eredetileg melegévi eredetű növényt számos gyengébb termőképességű területen termesztik, amely jól alkalmazkodik a környezeti feltételekhez. Minimális tápanyagutánpótlással is termesztethető, a növényvédelmi beavatkozásokra kevésbé érzékeny, jól viseli az extenzív körülményeket is, így a fejlődő országok számára is jó alternatíva lehet az élelmezésbiztonság növelésére, valamint a táplálkozási lehetőségek javítására (Kang et al., 2017). Az elmúlt években a sokoldalú termesztethetősége, széles alkalmazkodó képessége, valamint a fitonutriensekben gazdag gumója miatt különösen nagy figyelmet kapott, mint alternatív zöldségnövény (Sapakhova et al., 2023).

Az élelmiszeripari felhasználás tekintetében jól feldolgozható, aminek eredményeként változatos felkész és késztermékek készíthetők belőle. Ennek okán találkozunk különféle lisztekkel, snackekkel, pürékkel és italokkal. Mivel keményítőben gazdag és a gluténmentes táplálkozásba könnyen beilleszthető, nagy fogyasztói igény mutatkozik a batátából előállított lisztekre (Kaur et al., 2016). További sokoldalú felhasználását mutatja, hogy az alternatív diétás termékek bővülő piacán is népszerű, mint alapanyag (Oti et al., 2010). Érdekeség, hogy az erjesztési folyamatok során az

enzimatis feldolgozás lehetővé tette, hogy a batáta-alapú alkoholos italok, borok is kifejlesztésre kerüljenek ezzel sokszínűvé téve az élelmiszeripari felhasználását (Saha et al., 1983).

A keményítőt bioetanol előállítására, biológiailag lebomló műanyagok, ragasztók előállításához használják, csökkentve a kőolajból származó termékektől való függőségünket, mint fenntartható alternatív ipari alapanyag. Továbbá a batáta gumón kívül a vegetatív részeket is sok helyen újrahasznosítják magas rost tartalma miatt, akár bioenergia forrásként, akár állati takarmányozási céllal, ezzel elősegítve a körforgásos gazdálkodást (Montefusco et al., 2014 Nakavoua et al., 2022).

A legújabb kutatások pedig a gyógyászati lehetőségek tekintetében mutatnak olyan új megoldásokat, ami a batátából származó fenol vegyületekben rejlik, mely rendkívül előnyös a gyógyszeripar számára. A batáta bioaktív összetevői, mint a polifenolok, karotinoidok, gyulladáscsökkentő, antimikrobiális és antikarcinogén tulajdonságokkal is rendelkeznek, melyek ígéretesnek bizonyulnak, mint természetes gyógyászati termékek (Mohanraj & Sivasankar, 2014).

2.4 Batátában található karotinoidok és polifenolok pozitív élettani hatása

A batáta gazdag forrása a különböző tápanyagoknak, beleértve a bioaktív szénhidrátokat, fehérjéket, karotinoidokat, flavonoidokat, antocianinokat, fenol vegyületeket és az ásványi anyagokat, amelyek egyaránt megtalálhatók a gumókban és a levelekben is (Lamaro et al, 2023). Fontos élettani előnye a vércukorszint szabályozásában betöltött szerepe. Közepes glikémiás indexszel (GI) rendelkezik, ami mérsékelt vércukorszint-emelkedést eredményez fogyasztása után. Antidiabetikus hatása elsősorban magas rosttartalmának, valamint annak köszönhető, hogy növeli a vér adiponektin-szintjét. Ezek a tényezők elősegítik a szénhidrátok lassabb felszívódását és az inzulinszint kedvező alakulását (Ludvik et al., 2008). Ezen túlmenően olyan esszenciális vitaminokat tartalmaznak, mint a B1-, B6-, C- és E-vitamin az élelmi rostokkal együtt. A sárgahúsú batáták például rendkívül magas arányban tartalmaznak β -karotint (az A-vitamin prekursora), valamint ásványi anyagokban, mint a magnézium, vas mangán, kalcium és kálium is rendkívül gazdagok. A narancssárga húsú batáták esetében a gumók tápértékét nagyban befolyásolja a benne található β -karotin mennyiség. Több vizsgálat közül egy tanulmány arról számolt be, hogy a kutatócsoport által vizsgált batáták karotinoid tartalma 3,8-72,4 $\mu\text{g/g}$ között változott (Alam et al, 2016). Wang és munkatársai (2016) kutatásukban 0,4-72,5 $\mu\text{g/g}$ közötti értékről számoltak be, míg Islam és mtsai (2016) 276,98 $\mu\text{g/g}$ -os értékről. Szintén a narancssárga húsú batáták esetében azonosítható a ζ -karotin, amely a β -karotin bioszintézisének útvonala mentén a fitoén és a likopin között elhelyezkedő bioaktív köztesvegyület (Fraser et al., 1994). A batátában a β -karotin-tartalom genetikai változatossága tehát igen nagy, a $<100 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ tartalomtól egészen $26\,600 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ -ig terjedhet (Laurie et al., 2012b).

A Louisiana Mezőgazdasági Kísérleti Állomás által nemesített Beauregard batáta fajta világszerte ismert, és számos agronómiai és táplálkozástudományi szempontból kiemelkedő tulajdonsággal rendelkezik (Rolston et al., 1987). Berni és munkatársai (Berni et al., 2015) kutatásuk során azt találták, hogy a Beauregard fajta átlagosan $120,2 \mu\text{g/g}$ β -karotint tartalmaz, amely magában foglalja mind a transz-, mind a cisz-izomereket is. Az olyan másodlagos metabolitok, mint az α -karotin, a β -karotin és a β -kriptoxantin, az A-provitamin karotinoidok közé tartoznak. Ezek a vegyületek az A-vitamin (retinol) biológiai prekursorai, amely létfontosságú, számos élettani funkcióknak szempontjából. Az A-vitamin támogatja a szaporodást, az immunrendszerünket, a látásunkat és a sejtosztódást, továbbá alapvető szerepet játszik a hám- és nyálkahártyák egészségének fenntartásában, valamint nélkülözhetetlen a gyomor és bélrendszer, a légutak, valamint a fogak és a csontok fejlődéséhez. A különböző karotinoidok A-

vitamin-provitamin-aktivitása közötti hatékonyságbeli különbség elsősorban kémiai szerkezetük izomerformájától függ. A természetben a karotinoidok túlnyomórészt transz-konfigurációban fordulnak elő, míg cisz-izomerjeik általában alacsonyabb koncentrációban találhatók meg. A β -karotin különösen kiemelkedő, mivel az A-provitamin-aktivitás tekintetében a leghatékonyabb, így fontos szerepet játszik az A-vitamin-hiányból eredő betegségek megelőzésében és kezelésében (Nascimento et al., 2019).

A batáta, különösen a narancssárga húsú fajták, nemcsak az alultápláltság kezelésében játszanak szerepet, hanem a fenntartható mezőgazdaság szempontjából is értékesek. A biofortifikáció révén tovább növelhető a β -karotin és egyéb mikrotápanyagok tartalma a gumókban, ami hozzájárulhat a globális élelmezésbiztonság és az emberi egészség javításához, különösen a fejlődő országokban. Ezen tulajdonságok alapján a „Beauregard” fajta nem csupán táplálkozástudományi szempontból értékes, hanem fontos szerepet játszhat a mikrotápanyaghiány elleni küzdelemben is, különösen a β -karotin tartalmának köszönhetően, amely az A-vitamin hiányból fakadó betegségek megelőzésében alapvető jelentőségű. Az A-vitamin hiány főként a fejlődő országokban jelent komoly közegészségügyi problémát, különösen a gyermekeket és a terhes nőket érinti. Terhes nőknél az A-vitamin hiánya nemcsak a terhesség kimenetelét befolyásolja, például alacsony születési súlyhoz vezethet, hanem növeli a HIV/AIDS vírus átvitelének kockázatát, és súlyos esetekben az anya vagy a gyermek halálát is okozhatja. Dél- és Délkelet-Ázsiában az óvodáskorú gyermekek közel fele szenved súlyos A-vitamin hiányban. Az A-vitamin kiemelkedően fontos a növekedés támogatásához és a fertőzések leküzdéséhez, a nem megfelelő mennyiségű bevitel súlyos egészségügyi következményekkel járhat. A kutatások szerint Bangladesben évente körülbelül egymillió gyermeknél alakulnak ki az A-vitamin hiány klinikai tünetei. Több mint 0,9 millió 6 év alatti gyermek szenved xerophthalmiában, amely az A-vitamin hiányhoz kapcsolódó egyik legsúlyosabb állapot. Évente körülbelül 30 000 gyermek vakul meg a súlyos A-vitamin hiány következtében. Az éjszakai vakság gyakorisága az óvodáskorú gyermekek körében a vidéki területeken 0,67%, amely szintén jelzi a mikrotápanyag-hiány általános elterjedtségét (Rahman et al., 2013). A fejlődő országok lakossága gyakran támaszkodik az A-vitamin növényi eredetű forrásaira, például a β -karotinra. A narancshúsú batáta kiváló β -karotin forrás, amely 125 g-os adagban biztosítja az óvodáskorú gyermekek napi A-vitamin-szükségletét, emellett más alapvető tápanyagokat is tartalmaz. A β -karotin biológiai hasznosulását a táplálkozás során több tényező is befolyásolja, különösen az étrendbe iktatott zsír mennyisége, valamint a β -karotinban gazdag élelmiszerek feldolgozási módjai. (Islam et al., 2016). A transz- β -karotin tartalom nagyobb mértékben csökken a forralás során. A transz- β -karotin mennyisége általában meghaladja a cisz- β -karotinét, amely 0,6% és 1,3% között változik (Kidmose et al., 2007).

A tárolás során az oxidációs folyamatoknak köszönhetően a karotinoidok mennyisége csökken, így a β -karotin tartalom is, aminek csökkenését nagyban befolyásolja a víztartalom és az oxigénszint. Elmondható tehát, hogy a hőkezelési technikák és tárolási körülmények jelentős mértékben befolyásolják a batáta karotinoidjainak koncentrációját. A β -karotin veszteség mértéke különösen fontos az élelmiszeripar számára, mivel ezek a vegyületek hozzájárulnak az élelmiszer egészségmegőrző hatásaihoz (Alhammadi et al., 2016).

A batáta nem csupán kiváló A-provitamin-forrás, hanem számos jótékony hatású egyéb fitokemikáliát, például polifenolokat is tartalmaz. A polifenolok – beleértve az antocianinokat és más fenolsavakat – jelentősen hozzájárulnak a batáta antioxidáns hatásához, és ezáltal az A-provitamin-tartalmon túl további egészségügyi előnyökkel szolgálhatnak. E polifenolok mennyiségét és az ehhez társult antioxidáns aktivitást számos tényező befolyásolja, mint például a batáta genotípusa, a termesztési

körülmények és az alkalmazott feldolgozási módszerek (Carrera et al., 2021). A batáta különböző fajtái között a lila batáta kiemelkedően magas polifenol-, különösen antocianin tartalommal rendelkezik (Wang et al., 2015b). Ezek az értékes bioaktív vegyületek nemcsak antioxidáns tulajdonságokkal bírnak, hanem számos más pozitív biológiai hatást is kifejtenek, amelyek kedvezőek az egészségmegőrzésünk kapcsán. Az antocianinok erős antioxidáns és gyulladáscsökkentő hatással rendelkeznek. Ezek a természetes antioxidánsok képesek megkötni a szabad szuperoxid-gyököket, amelyek károsítják szervezetünket, beleértve a makromolekuláinkat, mint például a szénhidrátok, fehérjék, lipidek, valamint csökkenthetik a DNS károsodását is. Magas antioxidáns-tartalmuk miatt a lila batáta vegyületei hozzájárulhatnak a daganatos betegségek kockázatának csökkentéséhez. Extraktumaik májvédő hatással is rendelkeznek, és javíthatják a memóriafunkciókat. (Zhang et al., 2010; Halliwell et al., 1990; Lu et al., 2012; Hwang et al., 2011).

Az antocianin felhalmozódása a batátában összefügg az antocianin bioszintéziséért felelős gének transzkripció szabályozásával. Az antocianin szintézise a gumók fejlődésének teljes időszaka alatt megfigyelhető, de nem egyenletes módon. Az antocianin felhalmozódása ezért három jellegzetes fázisra osztható, amelyek a kiültetést követő kezdeti gyors növekedés a 3. és 6. hét közötti időszakban, majd ezt követően stagnálás tapasztalható, esetleg enyhe csökkenés a 6. és 12. hét között, és végül fokozatos, de mérsékelt növekedés a 12. és 17. hét között (Aninbon et al., 2024). Az antocianinok kémiai összetételük alapján két fő csoportba sorolhatók: flavonoidok és fenolos vegyületek. A flavonoidok osztályán belül egy rendkívül változatos vegyületcsoportot képviselnek, amelyeket antocianidin aglikonok alkotnak, amelyekhez egy vagy több cukormolekula kapcsolódik (Jaakola et al., 2002; Stommel et al., 2009). Az antocianidinek a vízben oldódó pigmentek egy csoportja, amelyek széles körben előfordulnak a növényekben és a természetben, és a flavonoid-polifenolos vegyületek közé tartoznak. Az antocianidin glikozidkötések révén különböző monoszacharidokkal kapcsolódva antocianinokat képez. Az antocianidinek típusa és tartalma változó. Még az azonos színű gumók is eltérő antocianidineket tartalmazhatnak. Az antocianinok az egyik leghatékonyabb szabadgyökfogó vegyületek, így szerepet játszanak az öregedés lassításában, az artériás meszesedés megelőzésében, valamint az immunfunkció szabályozásában. Az antocianinok közvetlenül vagy közvetve közel 100 eltérő típusú betegség megelőzésében játszanak szerepet, köztük a rák megelőzésében (Zhang et al., 2024). A kutatások több mint húsz különböző antocianidint azonosítottak a növényekben, azonban ezek közül csak hat fő típus a meghatározó: malvidin, cianidin, peonidin, delfinidin, pelargonidin, petunidin. Ezek az antocianidinek felelősek a növények különböző színárnyalatainak kialakulásáért, például a lila, kék és vörös színekért. Az antocianinok rendkívül változatos kémiai szerkezete és a növények színéért felelős szerepük kiemeli fontosságukat mind a növények biológiai folyamataiban, mind pedig a táplálkozásban és az egészségmegőrzésben. A hat fő antocianidin típus az antocianinok színbeli és biológiai funkcióinak alapját képezi, amelyeket számos tudományos vizsgálat igazolt (Kong et al., 2003; Jaakola et al., 2013; Zhao et al., 2014). A lila húsú batáta általában cianidin- vagy peonidin-domináns kategóriába sorolható, attól függően, hogy a cianidin és peonidin aglikonok milyen arányban vannak jelen. Ez az arány meghatározza a batáta húsának színét és esetleg az adott fajtára jellemző funkcionális különbségeket. A peonidinben gazdag batáta halvány vörös, vöröses húsú, míg a cianidin tartalomban gazdagabb fajták színe lila vagy sötétlila lesz. A cianidin antioxidáns aktivitása erősebb, mivel több hidroxil-csoportot tartalmaz, mint a peonidin (Xu et al., 2015). Az antocianinok bioszintézisét pedig az IbMADS10 gén szabályozza, amely kulcsszerepet játszik a vegyület előállításában (Amoanima-Dedeet al., 2019). Az antocianinok stabilitása és színe erősen függ a pH-tól, mivel a

kémiai szerkezetük jelentős változáson megy keresztül a pH értékének növekedésével. Alacsony pH-értékeknél az antocianinok stabilabbak és erősen színezettek maradnak, mivel a flavylium-ion koncentrációja ilyenkor a legmagasabb. Ez a szerkezeti állapot eredményezi a lila és vörös árnyalatokat. Ahogy a pH emelkedik, a szín fokozatosan változik, az antocianin pH érzékenysége azonban korlátozza biohasznosulásukat, mivel a változó pH-értékek instabilitást eredményezhetnek a szerkezetükben (Faria et al., 2013). A lila batátában található antocianinok különlegesen mondhatók. Más növények antocianin forrásaival összehasonlítva a lila batátában a glikozilált antocianinok aromás acilált formában fordulnak elő. Ez a szerkezeti sajátosság kivételes toleranciát biztosít a magas hőmérséklettel és a pH-változásokkal szemben, ami növeli stabilitásukat és biológiai aktivitásukat (Kim et al., 2012) szemben más antocianin forrásokkal, mint például a málna, vörös káposzta, eper, alma, amikben mono- vagy diacilált formákban fordul elő (Hayashi et al., 1996). Így kiemelt szerepük van az élelmiszeriparban vagy akár a gyógyászati felhasználás területén is ezeknek az antocianin forrásoknak. A batátát gyakran püré formájában (főzött, szárított vagy porított állapotban) használják funkcionális élelmiszerek összetevőjeként az élelmiszeriparban, kiváló alapanyag, mivel erős színstabilitással és intenzitással rendelkezik (Giusti et al., 2003; Stintzing et al., 2004; Suda et al., 2003; He et al., 2016). Kutatások szerint a különböző főzési technikák csökkenthetik a fenolos vegyületek mennyiségét. A legnagyobb fenolvesztés a forralás során történik, majd ezt követi a sütés, párolás, gőzölés, mikrohullámú sütés, sütőben történő sütés (Jung et al., 2011). Amennyiben tároljuk a batátát jelentős változások alakulhatnak ki például a hideg hőmérsékleten történő tárolása során, amely növelheti a fenolos vegyületek tartalmát (Padda & Picha et al., 2008).

2.5 Különböző termesztésben lévő batáta fajták bemutatása

A Louisiana University AgCenter Sweet Potato Research Station, valamint a North Carolina State University Department of Horticultural Science széles körben kutatja a különböző batáta fajták adaptálhatóságát betegség ellenállóságát, valamint az új fajták termesztésbe illeszthetőségét. Főként az itt vizsgált fajták kerültek széles körben elterjedésre a világon, melyek stabil hozammal és jó adaptációs képességgel, valamint rezisztenciával rendelkeznek. Az itt vizsgált és már köztermesztésben is megtalálható fajták a Beauregard, Vermilion, Orleans, Bayou Belle, Bellevue, Burgundy, Evangeline Sweet Potato™, O-Henry, Murasaki-29, Bonita, Heartogold, Jewel, Bienville, Covington, Monaco, Purple Majesty, Purple Splendor ([http3](#), [http4](#)).

Magyarországon Horváth Lajos kezdte 1986-ban a batáta honosítási munkálatait Tápiószelén (Horváth, 1991 a, b, c). Magyar nemesítésű fajták is megtalálhatók a hazai kínálatban, mint az Ásotthalmi 12-es, K1-korai, Boribon, Norangel, Emmur és a Purple ([http5](#)). A hazai viszonyokhoz adaptálható és fogyasztók számára is elismert narancssárga hússal rendelkező fajta a Beauregard és a kevésbé tónusos, halványabb, élénkebb színű Ásotthalmi-12-es.

A Beauregard (2. kép) a világon ismert standard fajta, régóta köztermesztésben lévő narancssárga húsú batáta, mely a Louisiana Agricultural Experiment Station által került nemesítésre. Elsősorban a helyi jelentőségű betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenállóképesség, valamint a jó agronómiai és kedvező beltartalmi paraméterei miatt nemesítettek. Eredeti kódneve L82-508 volt, és nevét P.G.T. Beauregard tábornokról, Louisiana híres mérnökéről kapta. A nemesítést 1981-ben végezték „polycross” eljárással, amely 17 különböző nemesítési vonalat tartalmazott. Női vonalai között szerepeltek az L8-21, LO-197, L7-29 és L9-89 jelölések. Ezek a vonalak 1959 és 1978 között keletkeztek hasonló eljárással. A Beauregard magas termőképességű batáta, amely különösen az első és második dugványozási időszakokban haladta meg a konkurens fajták, például a Jewel terméshozamát. A

levelek szív alakúak, hosszúkásak, zöld erezzel, míg a hajtások és levélnelek világos lila árnyalatot mutathatnak napfény hatására. A gyökerek sima, világos rózsaszín héjjal és narancssárga hússal rendelkeznek. A tárolási idő alatt a héj rózsaszín árnyalata kissé fakulhat. A fajta szárazanyag-tartalma körülbelül 24%, míg karotintartalma 9,46 mg/100 g friss tömeg. Az 1987-es leírás alapján a Beauregard fajta rendszeresen magasabb hozamot ért el szemben a 'Centennial' 22,72 t/ha és a 'Jewel' 29,76 t/ha eredményeivel. Emellett több jelentős betegséggel szemben is jó ellenálló képességet mutatott, beleértve a fuzáriumos hervadást (*Fusarium oxysporum* f. sp. *batatas*) és a *Streptomyces ipomoea* betegséget. A tárolás során a parásodással szemben szintén ellenálló. Ugyanakkor érzékenyebb a gyökérgubacs-fonálféregre (*Meloidogyne incognita*) és a baktériumos rothadásra (*Erwinia chrysanthemi*), mint az említett fajták. A Beauregard kiváló tulajdonságai, mint például a magas hozam, az egyenletes gumóalak és a betegségekkel szembeni ellenállóképesség, hozzájárultak ahhoz, hogy az egyik legszélesebb körben termesztett batátafajtvá váljon az Egyesült Államokban és más régiókban (Rolston et al., 1987).



2. kép Beauregard fajta, Forrás: saját fotó

Hasonlóan a narancssárga húsú fajták közé tartozó, magyar nemesítésű fajta az Ásotthalmi 12-es (3. kép), ami kiváló genetikai alapokkal bír és a hazai agroökológiai viszonyokhoz jól adaptálható. Az ásotthalmi régió természeti adottságai és hosszú évek agronómiai tapasztalata szolgáltak alapjául e különleges fajta kialakításának, amely egyedülálló tulajdonságokkal rendelkezik mind termesztési szempontból, mind a beltartalmi értékeket illetően. Növekedési formájára jellemző, hogy indás növekedésű, erőteljes gyökérzetű, amely jól alkalmazkodik a különböző talajtípusokhoz, de főként a homokos és könnyű szerkezetű talajok a megfelelőek a termesztéshez. A fagyokra érzékeny, ezért termesztését az utolsó fagyokat követően érdemes megkezdeni, jellemzően május közepétől kezdik a kiültetést. Gyökérgumói szabályos alakúak, közepes vagy nagy méretűek, egyenletes színeloszlással, ami kereskedelmi szempontból is előnyös. Kiválóan bírja a szárazságot, és jól tűri a magyarországi klimatikus kihívásokat, mint például a hirtelen hőmérséklet ingadozásokat. Kártevőkkel és betegségekkel szemben ellenálló, rezisztenciát mutat számos gyakori batáta kórokozóval és kártevővel szemben, ez mérsékelheti a növényvédelmi beavatkozások szükségességét. Megfelelő agrotechnikai körülmények között magas terméshozamot biztosít, ami ideálissá teszi mind kisüzemi, mind nagyüzemi termesztésre. Az Ásotthalmi 12 batáta magas tápanyagtartalommal rendelkezik, különösen gazdag β -karotinban, kedvező rost eloszlással bír és C-vitaminban is gazdag (http5).



3. kép Ásotthalmi-12 fajta. Forrás: saját fotó

A Murasaki-29 fajta (4. kép), amit szintén a Louisiana Agricultural Experiment Station nemesített egy különleges típusú, fehér húsú, sötétlila héjú fajta. A Murasaki-29 kiváló hozamú, egyenletes hajtásokat nevel. Louisianában később ér be, mint a Beauregard fajta. A gyökerek alakja elliptikus, de gyakran kerek, néha repedések alakulnak ki rajta. A frisspiaci termesztés Louisianában nem mindig eredményes a gumórepedés miatt, azonban Kaliforniában a hozam miatt versenyképesebb, mint más különleges, fehér húsú fajta. Széles spektrumú a betegségekkel, kártevőkkel szembeni ellenálló képessége, gyökérgubacs fonálféreggel (*Meloidogyne incognita*) és a talajrothadással, valamint a varasodás kórokozójával (*Streptomyces ipomoeae*) szemben is ellenálló. A Murasaki-29 nemesítése 2001-ben kezdődött szabadbeporzású fajták „polycross” nemesítésével. Anyai vonala az L89-72, amelynek ősei között szerepel az L87-501 és az L82-509. Az L82-509 anyai szülője a W-151, amely ‘Southern Delite’ néven ismert fajta. A fajta neve a japán "murasaki" szóból származik, amely lila színt jelent, és a sötétlila héj színe hasonló a japán Kotobuki fajtához. Zöldszerű fajta, mely a gyökér felé mérsékelten színeződik lila aránylatúvá. Levelei sötétzöldek, kerekded formájúak a levélerezete lilásszínű. Az érés során a levelek színe kissé változik. Az érett levelek csúcsa hegyes, alapjuk szív alakú, sima felületűek és gyenge karéjoszottságot mutatnak. A lombtömege nagyobb, mint a Beauregard fajtáé. A virág színe kívül halványlila, a párta torok része pedig sötétebb lila. A gumók héjszíne sötétlila, amely a talajtípus függvényében világosabb árnyalatot is felvehet. A gyökér belseje többnyire fehér, enyhén sárgás árnyalattal. A szárazanyag-tartalom 30–32% között mozog a növekedési körülményektől függően.

A Murasaki-29 palántálást követően erőteljesebben hajt, mint a Beauregard fajta, de hosszabb tenyészidejű általában 1-2 héttel, különösen késői ültetés esetén kell figyelni a betakarítás időzítésére. A gumók alakja környezetfüggő, Louisianában kerek vagy elliptikus, míg Kaliforniában egyenletesebb, ovális formát mutatott. A tárolás során a gumók a színüket jól megőrzik. A Murasaki-29 nem közvetlen versenytársként jelent meg a desszert típusú Beauregarddal szemben a piacon, sokkal inkább hasonlít a fehér húsú, de kevésbé betegségtűrő Kotobuki fajtához. A Murasaki-29 kiegészíti a Kotobukit, és a betegségekkel szemben mutatott ellenállósága miatt értékes a termelők számára. A Murasaki-29 gumók húsa kissé édeskés ízű, enyhén pelyhes textúrával (la Bonte et al. 2008).



4. kép Murasaki-29 Forrás: saját fotó

A lila színű fajták közül magyar helyi fajtaként vizsgáltuk a Purple fajtát (5. kép), ami a hazai palánta előállítás során elérhető volt a kísérleteinkhez. A Purple fajta gumói hosszúkásak, változó formájúak, és kiválóan tárolhatók. Ízük harmonikus, édes, különleges zamatú, ami alkalmassá teszi őket különféle kulináris felhasználásra, beleértve a sütemények készítését is. A károsítókkal szembeni ellenálló képesség ennél a fajtánál is kiemelt fontosságú. Közepesen ellenáll a *Streptomyces sp.* által okozott talajrothadásnak és a fuzáriumos hervadásnak, míg nagymértékben ellenáll a gyökérgubacs fonálféregnek, a fuzáriumos gyökérrothadásnak, a *Rhizopus sp.* lágyrothadásnak, valamint a baktériumos lágy- és gyökérrothadásnak. A dugványok ültetése ferde módon, mintegy 20-25 cm-es mélységben ajánlott. A betakarítási időszak és a tápanyagellátás jelentős hatással van a termés minőségére és mennyiségére. Gépi felszedése nehézkes a hosszúra nyúlt gumók miatt. Közepes méretű lombfelületet fejleszt, azonban a palántázást követően erőteljes a vegetatív növekedése. Kötésszáma a növényenkénti 3-6 darab gumó jellemző, a hozam 0,7-1,6 kg tövenként, míg vízigénye mérsékelt (http5).



5. kép Purple fajta Forrás: saját fotó

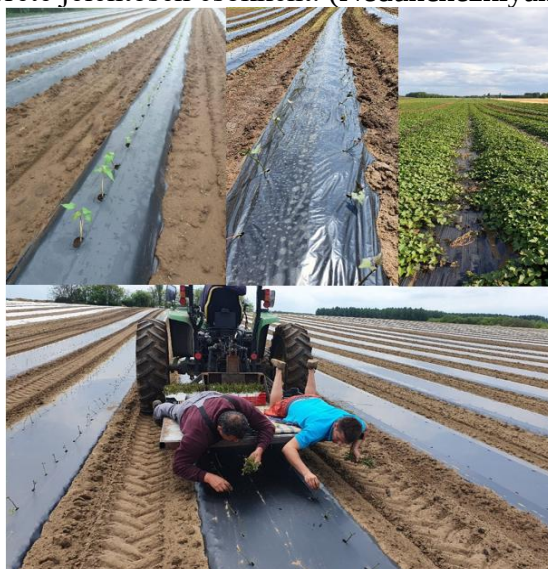
2.6 Batáta termesztése során alkalmazott technológiák bemutatása

A batáta, jellemzően a Közép-amerikai őshazájától eltérve egyre szélesebb körben a világ számos régiójába megtalálható a köztermesztésben. Emiatt szükséges, hogy olyan adaptációs vizsgálatokat hajtsunk végre, amelyek termőhelyspecifikusak (Laurie et al., 2022). A termőhelyspecifikus vizsgálatok mellett a nemesítés és a nemesítési munka lerövidítése is kulcskérdés, annak érdekében, hogy a klónokkal történő nemesítési munkát során olyan fajtákat tudjunk szelektálni, ami az adott klimatikus tényezőkhez jól alkalmazkodik és a termelési rendszerekbe is beilleszthető (Diaz et al., 2012). Agronómiai szempontból a jó vízelvezetésű, homokos vályogtalajok vagy homoktalajok kedvezőek a batáta termesztéséhez, emellett fontos, hogy talaj jól levegőzött legyen, és pH-értéke lehetőleg 5 és 7,8 alakuljon (Chée et al., 1992). Viszonylag jól ellenáll az abiotikus stresszfaktorokkal szemben (Shimada et al., 2007). Időjárási szempontból fontos megjegyezni, hogy 15 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten a batáta növekedése csekély vagy teljesen megszűnik (Chée et al., 1992). Virágzó növény, a 11 óránál rövidebb fotoperiódus virágzást indukálhat, míg a 13 óra 30 percnél hosszabb már gátolja azt (Sihachakr et al., 1997). Ebből is következik, hogy a sikeres batátatermesztés egyik kulcsfontosságú tényezője a megfelelő termesztési módszer kiválasztása, ami alkalmazkodik a helyi viszonyokhoz, ezáltal tudjuk optimalizálni a megfelelő hozamot és a minőséget.

Több általánosan alkalmazott termesztési módszer is ismert a batátatermesztésben, a legelterjedtebb a bakhátas és a sík művelés. A bakhátas művelés során a hajtásokat emelt ágyásokra vagy bakhátákra ültetik. Ezek kialakítása nagyüzemi körülmények között speciális bakháthúzó géppel lehetséges. Ez a módszer különösen előnyös a nagy csapadékú területeken, mivel javítja a talaj vízelvezetését és megelőzi a pangó víz kialakulását, amely káros hatással lehet a batáta növekedésére. A jobb vízelvezetés mellett a bakhátas művelés elősegítheti a gumók egyenletesebb fejlődését, csökkentve a gyökérbetegségek kockázatát, valamint jelentősen mérsékli a gépi betakarítás során okozott gumósérüléseket. A sík művelés során a hajtások közvetlenül a talajra kerülnek kiültetésre. Ez a módszer inkább a szárazabb régiókban alkalmazható sikeresen, ahol a talajnedvesség megőrzése kiemelten fontos. A sík művelés a talajnedvesség hatékonyabb kihasználását teszi lehetővé, amely előnyös lehet a csapadékhiányos termesztési környezetben, valamint nem igényel plusz agrotechnikai műveletet a bakhátak kialakítása. Bizonyos afrikai régiókban alkalmaznak speciális fóliával bélelt ültető árkokat is, a sima felszíni termesztés mellett (Bahati et al. 2021; Alexander et al. 2022; Horváth L, 1991, Branderberger et al. 2014). Hazai körülmények között végzett kísérletben, Pepó (2018b) kutatása szerint a síkművelés biztosítja a magasabb terméshozamot, ellentétben, a bakhátas műveléssel, a kísérletben az Ásotthalmi 12-es és Norangel fajta került vizsgálat alá. A batátatermesztés során a bakhátas és síkművelés mellett egyes esetekben halmot készítenek, de van, ahol ágyást. A különböző talajelőkészítési módszerek közül Indiában a legmagasabb hozamot halmokba ültetve érték el. A halmokba történő ültetés során valószínűleg a jobb talajszellőzésnek és az alacsonyabb mértékű talajtömörödésnek köszönhetően tudtak magasabb hozamokat elérni. Ha a batátát halmokba ültetik, nincs meghatározott tőtávolság, ekkor 3-6 dugványt ültetnek egy halomba. Bangladesben az összehasonlítás során a legmagasabb hozamokat a különösnek számító árkolási módszerrel érték el, amit a bakhátas majd a sík művelési módszerek követtek öntözött körülmények között (Nedunchezhiyan et al., 2012b).

Az ültetés során a tőszámsűrűségnek szintén kiemelte szerepe van a hozam és a beltartalmi paraméterek alakulása szempontjából. Eltérő országokban alkalmazott agronómiai technológiákat hasonlítottak össze egy kutatás során, ahol leírták, hogy a kisebb sortávolság növeli a hozamot. Indiában például az optimális sortávolságot 30-

60, míg a tőtávolságot 15-20 cm-ben határozták meg. Ezt a távolságot alkalmazva körülbelül 83 000 dugvány szükséges egy hektár földterület beültetéséhez. Vietnámban azonban az ültetést 1–1,4 m széles és 0,4–0,5 m magas ágyásokon végzik. A batáta optimális tőszámsűrűségének meghatározása hatékony módszer a hozam növelésére (Nedunchezhiyan et al., 2012a). Hazánkban, délkelet-magyarországon is végeztek hasonló kísérletet, ahol az Ásotthalmi 12-es fajtánál vizsgálták az eltérő tő és sortávolság hatását a termés hozamra. Négyféle ültetési távolság kombinációt alkalmaztak (sortávolság $\times$ tőtávolság): 80 cm $\times$ 20 cm, 80 cm $\times$ 30 cm, 100 cm $\times$ 20 cm, valamint 100 cm $\times$ 30 cm. A növényenkénti legmagasabb hozamot a 100 cm $\times$ 30 cm, illetve a 80 cm $\times$ 30 cm-es ültetési módszerrel érték el. A hektáronkénti legmagasabb hozamot azonban a 80 cm $\times$ 20 cm-es (62 500 növény/ha) beállítás során érték el (Szarvas et al., 2019). Zhang et al. (2015) megállapították, hogy a Jishu No. 21 és Jishu No. 22 batáta fajták optimális tőszáma 45 000–60 000, illetve 60 000–75 000 tő/ha tartományban van. Amikor a tőszám meghaladta a 75 000 tő/ha értéket, azt tapasztalták, hogy a hozam drasztikusan csökken a rossz szellőzés és a napfényhiány miatt. Egy másik kutatás során leírták, hogy a batáta magas tőszáma nem kedvez az asszimilátumok transzportjának, ami negatívan befolyásolja a gumók fejlődését. Ezért fontos az optimális tőszám meghatározása a magas hozam eléréséhez (Tang et al., 2018). Például a Beauregard fajta esetében 38 cm a javasolt optimális tőtávolság. Amennyiben a várható tenyészidő 110 nap akkor 25 cm, abban az esetben, ha a tenyészidő 130 nap akkor 15-cm-es tőtávolság javasolt (Shrestha & Miles, 2022). Tang és munkatársai (2018) eredményei alapján a Xuzishu 3 batáta fajta esetében az 50 250 tő/hektár volt a legkedvezőbb növény-sűrűség a hozam szempontjából. Míg Koreában a 75 cm-es sortávolság és a 30 cm-es tőtávolság biztosította a legmagasabb hozamot, ami 44 400 tő/hektár (Jeong et al., 1986). Abdissa et al. (2011) vizsgálata alapján Etiópiában a 60 cm-es sortávolsággal és 20 cm-es tőtávolsággal érték el a legmagasabb hozamokat, kivétel a Belella fajta esetében, ahol 80 cm-es sortávolságon és 20 cm tőtávolságon történő termesztés volt a legeredményesebb a hozam szempontjából. Ugandában elég nagy a szórás, ugyanis 25 000–125 000 közötti hektáronkénti növény-sűrűséget javasolnak. Az összehasonlító vizsgálat során egyes területeken hozamcsökkenésről számoltak be, ha a növény-sűrűség 12 000 tő/ha alá csökkent. Kamerunban rendkívül széles a növény-sűrűség megoszlása, hiszen a 10 200 és 300 000 tő/ha tőszámmal is természetesen batátát. Több helyen azt tapasztalták, hogy a növény-sűrűség növekedésével nőtt a növények vitalitása és a gyökeresedési erély, azonban a gyökér mérete jelentősen csökkent. (Nedunchezhiyan et al., 2012a).



6. kép Különböző termesztés technológia megoldások, bakhát, síkművelés, iker és szimpla sorok, palántálás Forrás: saját fotó

A megfelelő sortakarás is fontos agronómiai szempont. Több termelő a sorok kialakításakor különféle mulcsozási technológiát alkalmaz a megfelelő talajtakarás, vízgazdálkodás és a terület gyommentesítése érdekében. Van, ahol természetes anyagokat alkalmaznak erre a célra és van, ahol agrofóliát használnak (6.kép), mivel a túlázott, nedves, pangóvízes talajok a gumók fejlődése szempontjából nem kedveznek. A gumók fejlődéséhez biztosítani kell az optimális levegő arányt. Több kutatást folytattak Oszakában a rizshéj, valamint rizs-és búzaszalmával kevert talajtakarással történő pangóvízes területeken, ahol a megfelelő szellőzést akarták biztosítani (Saha et al, 1997). Koreában például az 1980-as években a polietilén fóliatakarásos módszert fejlesztettek ki, annak érdekében, hogy jó minőségű batátát állítsanak elő és korábban tudják megkezdeni a betakarítást. Japánban is agrofóliát alkalmaztak a gyomszabályozás kapcsán és az erózió ellen (Nedunchezhiyan et al., 2012a). Ukrajnában végzett vizsgálat során a bakhátaakat fekete agrofóliával fedték be, ami kedvezően hatott a batáta vegetatív növekedésére a tenyészidőszak során (Kuts et al 2021). Lengyelországban végzett kutatás során a hagyományos termesztéstechnológia hatékonyságát hasonlították össze polietilén talajtakarófólia használatával, valamint polipropilén agrofólia alkalmazásával, mint talajtakaró eszköz. A batáta termesztése során alkalmazott talajtakarás hozzájárult az összes hozam és a piacképes gumók mennyiségének növekedéséhez a hagyományos technológiához képest. A polietilén fólia használata nagyobb összes hozamot eredményezett, míg a polipropilén-agrofólia alkalmazása a piacképes gumók számát növelte (Krochmal-Marczak et al., 2018). Az ültetési idő a batátatermesztés szempontjából egy másik fontos tényező, amely jelentős hatással van a vegetatív növekedésre, a hozamra és a gumók minőségére (Nedunchezhiyan et al., 2005).

A termesztés során az optimális palántázási időszak is meghatározó termesztéstechnológiai szempontból. Malajziában végzett kutatások azt mutatták, hogy a hozamok magasabbak voltak a szárazabb termesztési időszakban, (januártól, júliusig), mint a csapadékban gazdagabb nedves időszakban (augusztustól, decemberig) (Zaharah & Tan, 2006). Kamerunban általánosságban két vegetációs periódus a meghatározó, ezért a batátát május-júniusban hónapban, valamint szeptember-október hónapokban ültetik (Njualement al., 2005). A Salamon-szigeteken a legmagasabb gyökérhozamot akkor realizálták, amikor a batátát szeptember és február között ültették (Bourke, 2005). Hazánkban főként a fagyokat követően érdemes május középso dekájától egészen június végéig ültetni, azonban a megkéssett palántázás során figyelniünk kell a fajta tenyészidejére (Horváth et al., 2005). További kutatások és hazai gyakorlati tapasztalatok is azt mutatják, hogy az ültetést május első dekádja után el lehet kezdeni és akár egy vagy két hónappal későbbi ültetési időpont esetén is megfelelő hozamot lehet elérni. A batáta évelő növény, amelyet a mérsékelt éghővön egyévesként termesztünk. Ennek következtében, a burgonyával ellentétben, a raktározó gyökereket nem biológiai érettségükkor takarítják be, hanem akkor, amikor elérik a megfelelő piaci méretet. A túl korai betakarítás alacsonyabb termésátlaghoz és gyengébb tárolhatóságához vezethet, míg a késői betakarítás a gyökerek fásodását, és rothadását eredményezheti. Hazai körülmények között, a 4-6 hónapos tenyészidőt figyelembe véve, a betakarítás általában október közepén várható (Monostori et al., 2020). Mivel hazánkban egyéves növényként termesztik, így a hajtás dugvány előállítás munkálatok előkészületei már februárban megkezdődnek, hogy a május közepén történő kiültetés során a dugványok rendelkezésre álljanak. Azokban a régiókban, ahol lehetséges a szezonon belüli többszöri termesztés sok esetben a hajtások levágásával a termőföldről újra szaporítják a növényt, de ez sok esetben okozhat növényegészségügyi problémát (Ray et al. 1983; Nedunchezhiyan et al., 2012a). Ezért nagyon fontos a megbízható szaporítóanyag felhasználása. A vegetatív úton történő szaporítás során a palánták előállítása rendkívül meghatározó. A batáta

palánták esetében főként a hajtások végei és középső szakaszai az alkalmasak szaporítóanyagnak. Az alsó, gyökérhez közelebbi rész általában megvastagszik és a palántázást követően nehezebben ered meg, számos esetben fás résszé alakul. Több kutatás alapján az ideális palánták 20-40 cm hosszúak, legalább 3-5 nóduszt tartalmaznak, de több vizsgálat rámutatott arra, hogy a szárcsomók növelése a kötések számát így a hozamokat is növeli (Nedunchezhiyan et al., 2012a, Nebiyu et al., 2015). Más kutatások szerint a szárcsomók száma nem volt szignifikáns hatással a termés hozamra, azonban az 5-6 szárcsomóval rendelkező hajtások magasabb piacképes batáta gumóhozamot eredményeztek (Essilfie et al., 2016).

A palánták vízszintes vagy függőleges ültetéséről a kutatások során a vélemények eltérőek (Dhliwayo et al., 2004; Onwueme, 1999). A palánták előkészítése során a kiültetésre szánt levágott palántákat két napig árnyékos helyen tárolják, hogy elősegítsék a jobb gyökérképződést, a száruk könnyebb megeredését és a magasabb hozamot. A szárdugvány túl hosszú tárolása azonban, ha az nem vízben történik a kiszáradás miatt a megeredés sikertelenségét okozhatja. A tárolt száruk a friss szárral összehasonlítva jobban teljesítettek a levélfelület-index, a növény-növekedési ütem, a gyökérképződés, a növényenkénti gyökerek száma, valamint a gyökér- és szárhozam szempontjából is (Nedunchezhiyan et al., 2012a).

2.7 A batáta növényfiziológiai jellemzőinek változására alkalmazott módszerek

2.7.1 Relatív klorofill mérésére alkalmazott módszer-SPAD

A relatív klorofilltartalom mérésére számos kutatás alkalmával a SPAD 502 Plus klorofillmérő eszközt (Konica Minolta, Inc., Tokió, Japán) alkalmazzák. A készülék működésének alapja, hogy a levél klorofillja a különböző hullámhosszon érkező fényt eltérő mértékben nyeli el. A levél klorofilltartalma szoros összefüggést mutat az abszorpció mértékével. A klorofillmolekulák fényelnyelési maximuma a kék és vörös hullámhossz tartományban van. Az elnyelés alacsony a zöld és sárga tartományban, míg az infravörös tartományban közelít a nullához. Az általunk alkalmazott SPAD eszköz vörös fényen mér, mivel ezen a hullámhosszon az elnyelés mértékét nem befolyásolja a levelek karotintartalma. A klorofilltartalom mennyisége a levélen áthaladó infravörös és vörös fény intenzitásának arányával határozható meg. Minél magasabb ez az arány, annál több vörös fényt nyel el a növény levele, amely szoros kapcsolatban áll a klorofilltartalommal (Kósa, 2009; Markwell, 1995; Hawkins et al., 2009). A SPAD-érték széles körben alkalmazott jellemző a levelek klorofilltartalmának mérésére számos növényfaj esetében, mint például kukorica, papaja, szója, rizs, kávé, búza, földimogyoró, cukornád, szárazbab és cirok. Ez az érték jól korrelál a növények nitrogénellátottsági állapotával, valamint a levelek fotoszintetikus aktivitásával (Ravi et al. 2011).

Több olyan kutatás ismeretes, ahol a batáta vegetatív részeinek jellemzésére, a levelek klorofill tartalmának hozzávetőleges meghatározására, különböző abiotikus és biotikus tényezők okozta változások mérésére továbbá a termesztéstechnológiai módszerek hatására bekövetkező eltérések detektálására is alkalmazzák ezt az eszközt. Például egy Brazíliában végzett kutatás során a relatív klorofilltartalom mérésével határozták meg a batáta számára optimális nitrogén ellátást. A levélen keresztüli klorofilltartalom méréssel a nitrogén műtrágyázást 44–66%-kal tudták csökkenteni a hozam és a minőség romlása nélkül (Rodrigues., et al 2024). Egy másik kutatásban különböző kálium és nitrogén műtrágyázási szinteket állítottak be több batáta fajtán, ahol a növényfiziológiai változásokat mérték. A vizsgálat során a batáta leveleinek SPAD-értéke szignifikánsan növekedett a nitrogéntrágyázás mennyiségének növelésével, érdekes azonban, hogy a kálium műtrágyázás nem gyakorolt szignifikáns

hatást a levelek SPAD-értékére. A kéttényezős elemzés szerint is a nitrogén- és kálium műtrágyázás együttes alkalmazásának interaktív hatása sem volt szignifikáns hatással a batáta leveleinek SPAD-értékére (Shu et al., 2024). Egyéb kutatások azt igazolták azonban, hogy a kálium csökkenti a klorofill degradációját, mivel stabilizálja a sejthártyákat és mérsékli az oxidatív stressz hatásait. Káliumhiányos növények esetében a klorofill gyorsabb lebomlását figyelhették meg, amely klorózis kialakulásához és a fotoszintézis hatékonyságának csökkenéséhez vezetett (Cakmak, 2005). Hayati és munkatársai (2024) vizsgálati eredményei azt mutatták, hogy a levél klorofilltartalma (SPAD-érték) kálium műtrágya teljes ajánlott dózisének alkalmazása mellett volt a legmagasabb, ami a vizsgálat során egyértelműen alátámasztotta a magasabb klorofilltartalom és a nagyobb arányú káliumműtrágya közötti pozitív összefüggést. Találkozhatunk olyan kutatással is, amely során a SPAD értéket találták az egyetlen olyan tulajdonságnak, amely az időbeli változás trendje (meredeksége) alapján összefüggést mutatott a hozammal, különösen szabadföldi körülmények között (Ramírez et al., 2014). Más kutatások szintén a különböző kálium műtrágyadózisok alkalmazása során a legmagasabb dózisban kijutatott kálium műtrágya esetében figyelték meg a legmagasabb SPAD-értéket és a kálium műtrágyadózisok csökkentésével a SPAD-értékek is csökkenést mutattak. A kutatásban alkalmazott maximális kálium dózis fele 22%-os csökkenést mutatott például a kontroll parcellákhoz képest a SPAD értékekben (Sharmin et al., 2024).

Hazai kutatások során az Ásotthalmi 12-es batáta fajta esetében erős korrelációt figyeltek meg a hozam és a piacképes gumók arányát tekintve a SPAD értékekkel, hasonlóan a különböző termesztési módszerekkel, mint a sík vagy bakhátas művelési mód, továbbá az évjáráthatás is erős korrelációt mutatott a SPAD-indexel. Nem volt azonban hatással a SPAD értékekre a kutatás alapján a sortávolság (Pepó, 2020).

Szintén hazai mérések alapján a batáta leveleinek SPAD-index számai július és augusztus között mutattak növekedést, majd augusztus közepén érték el csúcserősségüket (39,61–50,31). Ezt az időszakot követően a betakarításig (október 7-én 38,89–43,31) csökkenő tendenciát mutattak. Pozitív összefüggést a vizsgálat során a nyár közepén végzett mérések SPAD értékei mutattak a hozammal (Pepó, 2018a).

2.7.2 Batáta növényfiziológiai változásának mérése klorofill fluoreszcencia segítségével

A relatív klorofilltartalom mérés mellett más módszerek is rendelkezésre állnak, a batátában bekövetkező növényfiziológiai változások mérésére. Egyik ilyen a klorofill fluoreszcencia mérés, amelynek az egyik legelterjedtebb nem destruktív mérési eszköze a fluoriméter. A fluoreszcencia akkor következik be, amikor az α -klorofill molekula az excitált állapotból visszatér az alapállapotba. Ez a folyamat történhet a megvilágítás alatt, amikor közvetlen fluoreszcenciáról beszélünk, vagy annak megszűnését követően, amit késleltetett fluoreszcenciának nevezünk. Ez azt jelenti, hogy a fluoreszcencia tulajdonképpen veszteséget jelent a növény számára, mivel az erre fordított energia kiesik a fotoszintézisből (Honti, 2007). Máta 2019-es vizsgálata során a fotoszintézis mérését változó klorofill fluoreszcencia (PAM) alapján végezte. Ennek lényege, hogy a növények klorofillmolekulái által elnyelt fotonok energiájának jelentős részét fotokémiai reakciókban hasznosítják. Azonban az energiát, amelyet a fotoszintetikus folyamatok már nem tudnak feldolgozni, szabályozott és nem szabályozott, nem fotokémiai kioltás, valamint fluoreszcencia formájában disszipálják. A vizsgálat során erre az elvre épülő módszert alkalmazta, amely során a fotoszintetikus elektrontranszport állapotát klorofill-fluoreszcencia méréssel határozta meg. E sajátos technika révén közvetlenül leképezhetőek a fotoszintetikus paraméterek, mint például az Fv/Fm érték, amely a II. fotokémiai rendszer maximális kvantumhatékonyságát másnéven az energiahasznosítás hatékonyságát jelzi (Tamás et

al., 2013). Számos egyéb tanulmány foglalkozik a növényfiziológiai paraméterek változásával és az okával. Tudományos kutatásokban a klorofill fluoreszcenciát mérő eszköz rendkívül hasznos, mivel lehetővé teszi a fotoszintézis hatékonyságának értékelését, a környezeti stressz azonosítását, a környezeti tényezők növényekre gyakorolt hatásának elemzését, valamint a növények általános egészségi állapotának nyomon követését, továbbá a tápanyaghiányok detektálását (Pszczółkowski et al., 2023). Ezáltal segíthet elkerülni a nem megfelelő tápanyag-utánpótlást, akár a túlzott műtrágya kijuttatást és a precíziós mezőgazdasági gyakorlatok során biztosítva az optimális termelést. A klorofill-fluoreszcencia méréseit továbbá egyre gyakrabban alkalmazzák a levelek ökofiziológiai vizsgálatában, ahol a növények környezetre adott stresszfunkcióit, válaszait monitorozzák, beleértve az alacsony tápanyagszint fotoszintetikus apparátusra gyakorolt hatását szabadföldi és in vitro körülmények között (Chaerle et al., 2007; Haldimann et al., 1996).

A klorofill fluoreszcencia értékek jó indikátorok lehetnek az optimális kálium műtrágyázás megállapításában a batátatermesztés során. A Ningzishu 1 és a Xushu 32 batáta fajták vizsgálata során a kutatások azt mutatták, hogy a klorofill fluoreszcencia értékek csökkentek a kálium hiány következtében (Liu et al., 2017). Ennek oka, hogy a kálium hiány károsodást okoz a kloroplasztisban, ami összefügg a klorofill bioszintézissel és ezáltal a fotoszintézissel (Tang et al., 2015).

A tápanyaghiány kimutatása mellett a közeli infravörös (NIR) technológiát és a klorofill fluoreszcenciával kapcsolatos technikákat alkalmazznak terméseredmények prognosztizálásához is. A tápanyagok és fitonutriensek felhalmozódását és megoszlását is számos kutatás vizsgálja klorofill fluoreszcencia mérés segítségével. Baluja et al., (2012) kutatása során új, hordozható, nem destruktív, fluoreszcencián alapuló közeli érzékelővel ellátott eszközzel vizsgálta a kékszőlő antocianin tartalmát, amellyel az ültetvényenbelüli heterogenitást monitorozták. Egy másik vizsgálat során eltérő levélszínű batátafajták fotoszintetikus aktivitását hasonlították össze. A sárgászöld levéllel rendelkező fajták mutatták a legnagyobb Fv/Fm változékonyságot, ami nagyobb érzékenységre utal a hőmérséklet- és fényingadozásokkal szemben, mint a teljesen zöld vagy lilás színárnyalatú levelekkel rendelkező fajták (Jiang et al 2024). Több kutatás során a batáta levelének karotinoid és antocianin tartalmának változását vizsgálták eltérő fényintenzitás és ültetési mód során klorofill fluoreszcencia mérések segítségével (Suzuki et al., 2023; Tshilongo et al., 2024), azonban a batátagumók karotinoid tartalmának predikciójára nem jellemző e módszer alkalmazása.

2.7.3 Spektroradiométer-NDVI alkalmazása a batáta növényélettani változásainak azonosítására

A növényélettani paraméterek pontos és költséghatékony monitorozási módszerei iránti növekvő igény elősegítette különböző távérzékelési technológiák fejlesztését és azok kompakt alkalmazását a kutatásokban (Habibullah et al., 2020; Melillos et al., 2016). A spektrométerek ilyen eszközök, amelyek alapvető felépítése több fő elemből áll össze, mint a sugárforrás, monokromátor, érzékelő, erősítő és regisztráló rendszer. A sugárforrások lehetnek mesterségesek vagy természetesek. A minta energiasugárzását jelentősen befolyásolják a felszín jellemzői, a kémiai paraméterek és a sugárzás hőmérséklete. Az elektromágneses sugárzás, amely több hullámhosszú sávból áll (polikromatikus sugárzás), egy fényfelbontó egység, azaz monokromátor (például prizma vagy rács) segítségével kerül felbontásra, az azt alkotó hullámhosszakra. A spektrométerek általában két típusú detektorral vannak felszerelve, a szilíciumalapú detektorok érzékenységi tartománya 200–1100 nm között van, míg az indium-gallium-arszenid (InGaAs)-alapú detektorok 900–1700 nm közötti érzékenységgel rendelkeznek (hűtéssel akár 2500 nm-ig is kiterjeszthetők). Ezen jellemzők révén a spektrométerek elsősorban pontszerű mérésekre alkalmasak,

és általában 1 vagy 0,5 nm-es spektrális felbontással rögzítenek adatokat. A mért tartomány a detektor típusától függően 200 nm-től 1100 nm-ig, illetve akár 2500 nm-ig is terjedhet (Varga, 2022). Egyik ilyen eszköz az *ASD FieldSpec® HandHeld 2* kézi spektroradiométer, amely könnyen használható sokoldalú, 325–1075 nm spektrális tartományban működő eszköz. A spektrális reflektancia méréseket számos növénykultúrában alkalmazzák. Adak és munkatársai (2021) kutatásukban az őszi búza terméseredményének prognosztizálására alkalmazták a technológiát különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatását vizsgálva. A méréseket a 350–1800 nm spektrális tartományban, 1 nm-es sáv szélességgel rögzítették kézi *ASD FieldSpec* spektroradiométer segítségével. A méréseket a nap sütötte déli órákban (11:00–13:00) végezték három különböző fenológiai fázisban a termés hozam előrejelzése érdekében. Egy másik tanulmány során narancs ültetvényből származó levelekből határozták meg a makro- és mikrotápanyagok tartalmát gépi tanulással, ahol a spektrális adatok rögzítésére *ASD FieldSpec® HandHeld 2* spektroradiométert alkalmaztak 380–1020 nm (640 spektrális sáv) közötti spektrális tartományban (Osco et al., 2020).

A spektrális elemzés eredményeit általában vegetációs indexek formájában dolgozzák fel, amelyek két vagy több hullámhossztartományban, vagy sávban mért reflektancia arányát fejezik ki. A leggyakrabban használt és ismert index a normalizált vegetációs index (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI), amelyet gyakran alkalmaznak egy vizsgálati minta klorofilltartalmának indikátoraként. Természetesen sok más vegetációs indexet is kifejlesztettek különböző alkalmazások céljából. Ezeknek az indexeknek a folyamatos mérése különösen alkalmas eszköz a növénykultúrák vizsgálatához és monitorozásához, mivel létfontosságú információkat nyújt az öntözés, a tápanyagutánpótlás vagy a növényvédelem szükségességéről esetleg más agronómiai beavatkozásokról. Napjainkban számos kereskedelmi eszköz érhető el, amelyek képesek meghatározni vegetációs indexeket. Ezek multispektrális szenzorokat használnak, amelyek néhány tágabb, de jól lehatárolt sávban mérik a reflektanciát, és ezek arányaiból számítják ki a vegetációs indexeket. További lehetőség, hogy hiperspektrális szenzorokat alkalmaznak, amelyek nagyszámú, keskeny spektrális sávban mérik a reflektanciát, majd az indexeket két vagy több hullámhossz összehasonlításával határozzák meg (Fernández et al., 2023).

2.8 Tápanyagutánpótlási rendszerek hatása a termesztésre

A batáta, hasonlóan más gyöker- és gumós növényekhez, jól reagál a megfelelő talajtermékenységre, különösen a nitrogén- és káliumellátásra, azonban a gyengébb minőségű talajokon is termeszthető, de a mély, nedves, humuszban gazdag talajt kedveli (Zongo et al., 2023). Tápanyagellátás szempontjából átlagosan 75 kg nitrogén, 25–50 kg foszfor és 75–100 kg kálium mennyiséget igényel hektáronként (Nedunchezhiyan et al., 2012a).

2.8.1 Káliumtárgyázás szerepe a termesztésben

A batáta, más raktározó gyökerű növényhez hasonlóan, mint a cukornád, burgonya és a manioka olyan növény, amelynek nagy a kálium szükséglete, mivel a levelek, a gumók, a szárok jelentős mennyiségű káliumot vonnak ki a talajból. A kálium a legmeghatározóbb tápanyag a batáta termesztésében, mivel alkalmazásával növelni tudjuk a termés hozamát és az eltarthatóságát. A káliummal növelhetjük a gumók számát, méretét, minőségét és egységnyi tömegét is. Az optimális növekedéshez és a megfelelő termésszint eléréséhez javasolt, hogy a minimális kálium szint kétszer meghaladja a kijuttatott nitrogén mennyiségét. Háromszoros vagy még magasabb dózis is kijuttatható talajtípustól függően. A kálium hiánya jelentősen csökkenti a termés hozamot, míg a foszfor hiánya nem befolyásolja jelentős mértékben. A növény

jól tud alkalmazkodni az alacsony foszforszinthez, mivel a gyökerén kialakuló mikorrhiza társulás segítségével a foszfor elérhetővé válik számára (Degras, 2003). Egy másik kutatás megállapítása szerint egy tonna gumó előállításánál a batáta 4,7 kg nitrogént, 1,3 kg foszfort és 7,3 kg káliumot von ki csupán a talajból (Tahinjanahary, 2014). Vannak ettől eltérő becslések is, ami alapján körülbelül 10 kg kálium szükséges 1 000 kg hozam eléréséhez, ami alapján látható, hogy a kálium kulcsfontosságú a batáta gyökérrendszerének fejlődéséhez és a megfelelő méretű gumók kialakulásához. A genotípusok között azonban jelentős különbség van a kálium hasznosítás szempontjából. Vannak olyan genotípusok melyek kálium hasznosítása hatékonyabb. Egy kutatás során ezeket a jó kálium hasznosítással rendelkező genotípusokat vizsgálták arbuszkuláris-mikorrhiza gombákkal közösen. Az eredmények alapján a kálium trágyázás és a *Claroideoglomus etunicatum*-mal végzett arbuszkuláris mikorrhizás oltás szinergikus hatást gyakorolt a gyökérfejlődésre és a kálium felvételre egyaránt (Yuan et al., 2023)

Emellett a káliumnak különösen fontos szerepe van a vízfelvételben is, a nitrogén hatékony hasznosításában, az asszimilátumok szállításában, a fotoszintézisben, valamint az aszály- és betegségtűrés fokozásában. Továbbá javítja a batáta ízét, alakját, méretét, színét és textúráját is (Nedunchezhiyan et al., 2012b).

Beauregard fajtával több kutatást is végeztek eltérő tápanyagreakciós kísérlet során. Az egyik kísérletet alacsony káliumellátottságú talajon végezték, ahol a legnagyobb összes terméshozamot (38 t/ha) 87 kg/ha kálium dózis mellett érték el. A maximális piacképes hozamot (24,3 t/ha) pedig 85 kg/ha kálium dózis mellett (Filho et al., 2016). A káliumhiány számos tényező miatt előfordulhat, mint az eltérő talajtípusok tápanyag-szolgáltatóképessége, továbbá a különböző gazdálkodási gyakorlatok, valamint egyre nagyobb probléma, hogy a bioetanol gyártás során felhasználják az értékes származadványokat, mely a talajok tápanyagszolgáltató képességét javítanák (Rengel et al., 2008; Zöhr et al., 2014; Römhild et al., 2010). A káliumhiány az egyik legfontosabb abiotikus stressztényező, amely befolyásolja a növények növekedését és fejlődését, és korlátozza a termelékenységet, minőséget különösen, ha a fejlődéskezdeti szakaszában lép fel (Tang et al., 2015). A batáta érzékenyen reagál a kálium hiányára (Tang et al., 2014). Genotípusos eltérések mutatkoznak a rezisztencia mechanizmusokban, amelyek a káliumhiányra adott eltérő fiziológiai válaszokat eredményeznek (Reddy et al., 2005; Wang et al., 2012). Wang et al., (2015) azt találták, hogy a batáta gumó és szárazanyaghozamára, valamint a biomassa tömegre a genotípusok közötti intraspecifikus eltérések, valamint a káliumellátottságra adott válaszok között szignifikáns különbségek vannak.

Több kutatás is eltérő eredményekről számol be az optimális kálium utánpótlás mértékéről. Például Hayati és munkatársai (2024) kutatása során az eredmények azt mutatták, hogy a vizsgált batáták növekedése és a hozama 300 kg/ha kálium műtrágyával történő kezelés során volt a legkedvezőbb. Egy hasonló tápanyagreakciós vizsgálat során szintén igazolták, hogy a kálium műtrágya alkalmazása szignifikánsan növelte a növényi biomaszatömeget és a hozamot, bár a magas káliumadagok, mint például 300–375 kg K_2O /ha már jelentős csökkenést idéztek elő mind a biomaszatömegben, mind a hozamban. Kimutatták, hogy a káliumműtrágya alkalmazása, a hozam mellett fokozta a fotoszintetikus kapacitást és a keményítő felhalmozást is (Gao et al., 2021).

Kínában végzett kísérletekben a káliumtrágya kijuttatásának időzítésére adott növényi reakciókat vizsgálták két édesburgonya-fajta, a Beijing 553 és a Hongxiangjiao esetében. A káliumot három különböző módszerrel alkalmazták: kizárólag alaptrágyaként, kizárólag fejtrágyaként, valamint osztott módon, azaz fele-fele arányban alap- és fejtrágyázásként. A kontroll parcellák nem kaptak káliumtartalmú műtrágyát. Valamennyi kezelés jelentősen növelte a biomaszát és a hozamot. A

leghatékonyabb kezelést azonban az alaptrágyázásként kijuttatott teljes mennyiségű kálium műtrágya jelentette. A vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a kálium korai kijuttatása elősegíti a fotoszintézis során képződő termékek hatékony szállítását a funkcionális levelekből a gumókba, és ez a transzportfolyamat hosszabb időn keresztül fenntartható ezáltal. Ez a mechanizmus jelentősen segíti a gumók gyorsabb és intenzívebb növekedését, ami végső soron a magasabb terméshozamot eredményezi. A vizsgálat talaj- és éghajlati viszonyai között a kálium teljes mennyiségének alaptrágyaként történő kijuttatása bizonyult a leghatékonyabb eljárásnak a hozam maximalizálásra ebben a kutatásban (Bin-bin et al., 2017). Másik kutatás alkalmával eltérő kálium dózisok alkalmazásának hatékonyságát vizsgálták a talajba dolgozva. A mennyiségek 0, 12, 24 és 36 g/m² közötti kálium műtrágyát jelentettek. A terméshozam először növekedett, majd csökkent a káliumműtrágya mennyiségének emelésével. A legnagyobb terméshozamot, valamint a levelek klorofilltartalmát, nettó fotoszintézisrátaját, valamint levélfelületi-indexét is a 24 g K₂O/m² kezeléssel érték el (Liu et al., 2013). Nigériában is végeztek szabadföldi kísérleteket, ahol szintén eltérő kálium műtrágyaszintek (0, 40, 80, 120 és 160 kg/ha) hatását vizsgálták a talaj kémiai tulajdonságaira, a levelek tápanyagtartalmára, a batáta fejlődésére, terméshozamára és beltartalmi minőségére. Az eredmények azt mutatták, hogy mindkét vizsgálati évben a kálium műtrágya kijuttatása szignifikánsan befolyásolta a talaj nitrogén, foszfor és kálium szintjét a kontroll területhez képest, azonban a talaj káliumtartalma csak 80 kg/ha mennyiségig növekedett. Továbbá a kálium e szint fölötti növelésének hatására a talaj kalcium és magnézium tartalma elkezdett csökkenni. Beltartalmi paraméterek közül a C-vitamin- és szénhidráttartalmat is pozitívan befolyásolta a kálium műtrágya. A legerőteljesebb növekedést és maximális hozamot 80 kg/ha mennyiségnél figyelték meg, hasonlóan a talajra gyakorolt pozitív hatásnál, ettől magasabb dózisok esetében már csökkenés következett be a növekedésben és a hozamban is. A hozam csökkenést a túlzott kálium műtrágya alkalmazása miatt kialakuló tápelemmegyensúly felborulására (nitrogén foszfor, kalcium, magnézium) vezették vissza. A kutatás alapján ebben az agroökológiai zónában a 80 kg/ha kálium műtrágya javasolt a terméseredmények maximalizálása érdekében, valamint a költséghatékonyság szempontjából is (Aboyeji et al., 2019). Ahogy több kutatás már beszámolt róla a batáta genotípusok eltérő kálium hasznosítással rendelkeznek. Fontos emiatt az adott talajtípusra megfelelő genotípus kiválasztása. A hatékonyság javítása érdekében a vegetáció alatt az eltérő növényfiziológiai folyamatok megismerése is meghatározó (Tang et al., 2015). A különböző tápanyagutánpótlási rendszerek, nem csak a hozamot, hanem a beltartalmi paramétereket is kedvezően befolyásolhatják. Sárgahúsú batáta esetében végzett tápanyag-utánpótlással foglalkozókísérlet során például a β -karotin tartalom a kontroll parcellákban mért értékekhez képest többszörös koncentrációt mutatott az optimális műtrágyadózisok mellett (Ahmed et al., 2012).

2.8.2 Nitrogén trágyázás szerepe a termesztésben

Azonban a kálium mellett több tápanyagreakcióval kapcsolatos vizsgálat a nitrogén utánpótlásra fókuszál, mint fontos makrotápanyagra. Virginia államban végzett, több éves kutatás során azt találták, hogy az optimális nitrogén dózis az évi csapadékviszonyoktól függően változik. Normál csapadékeloszlású évben a legnagyobb hozamot 28 kg/ha, míg nedves körülmények között 56 kg/ha alkalmazásával érték el. A nitrogén kijuttatásának időzítése szintén meghatározó volt a hozam szempontjából, az ültetés után 2–3 héttel történő kijuttatás növelte a piacképes hozamot a más időpontokban kijuttatott nitrogén műtrágyához képest. Az eredmények arra utalnak, hogy a Beauregard batáta alacsonyabb nitrogén dózisokkal is optimális hozamot érhet el az ajánlott (56–84 kg/ha) dózisokhoz képest. Ez a technológia nemcsak a hozam maximalizálását, hanem a környezeti terhelés csökkentését is

elősegítheti (Phillips et al., 2005). Másik kutatási munka során több nitrogén dózist vizsgálva a 40-80 kg/ha közötti mennyiség eredményezte a legnagyobb mértékben a β -karotin biológiai hozzáférhetőségének javulását a nyersfehérje mellett (Ukom et al., 2011). A trópusi, párás éghajlatú Pápua Új-Guineában végzett vizsgálatok során pedig a 25 kg/ha nitrogénműtrágya és a 25 kg/ha a nitrogént tartalmazó baromfitrágya kombinációja szignifikánsan nagyobb termést eredményezett, mint a kontroll kezelések (Kaupa et al., 2014). Észak-Kínában végzett kutatás során a 75 kg/ha nitrogén műtrágyadózis bizonyult gazdaságos választásnak, mivel jelentősen javította a terméshozamot, a szárazanyag tartalmat és a keményítőtartalmat is (Duan et al., 2019). Ugyanakkor a túlzott nitrogénműtrágya használat jelentős vegetatív hajtásnövekedést okozhat, ami alacsonyabb gumótermést eredményez (Duan et al., 2018). Ezért fontos az optimális dózis meghatározása fajtánként. Növényházi vizsgálatot is végeztek, amely során nitrogénműtrágya különböző dózisainak hatását mérték fel a hajszálgökök növekedésére és a tárológökök differenciálódására, két eltérő talajnedvességi szint mellett. A kísérleti kezelések során a talaj tömegéhez viszonyított nitrogén-dózisokat mg N/kg egységben adták meg, ahol a közepes nitrogén ellátás 75 mg nitrogént jelentett 1 kg talajra (75 mg N/kg) vonatkozóan, a magas nitrogén ellátás 150 mg N/kg-ot jelentett, míg a kontroll kezelés esetén nem került nitrogén kijuttatásra. A vizsgálat normál vízellátás (a talaj vízkapacitásának 75%-a) és aszályos körülmények között (a talaj vízkapacitásának 50%-a) zajlott. A gumók differenciálódása és a gyökér biotömegtartalma a legnagyobb mértékben a közepes nitrogéndózis mellett növekedett. Ezzel szemben a magas nitrogéndózis gátolta a gumók képződését, és jelentős csökkenést okozott a gyökérzet biotömegtartalmában, különösen aszályos körülmények között, továbbá növelte a fotoszintetikus aktivitást jellemző klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékét (Li et al., 2021). Hidropóniás termesztési közegben is vizsgálták a gumóképződést három különböző nitrogén, foszfor és kálium koncentrációjú tápoldatban, ahol a növények: 125-20-200, 175-40-250 és 225-60-300 (mg/L) dózisú N-P-K-t kaptak. A legmagasabb szárazanyagtömeget és gumóképződési arányt a 125-20-200 mg/L tápoldat során tapasztalták, a magasabb dózisú tápoldat már termésdepressziót okozott (Rodriguez-Delfin et al., 2015).

2.8.3 Foszfor tárgyzás a termesztésben

A nitrogén és kálium mellett a megfelelő növekedés szempontjából a foszfor is kiemelt szereppel bír, mivel a terméshozam egyik jelentős korlátozó tényezője lehet. A nitrogén a foszforral lévő szinergikus kölcsönhatás révén növeli a foszforfelvételt és javítja a terméshozamot (Fageria, 2003). Annak ellenére, hogy a foszforral általában jól ellátottak a talajok, sok esetben a növények számára hozzáférhetetlen, talajkolloidokhoz kötött a foszfor, mivel savas és lúgos környezetben kationokkal oldhatatlan vegyületeket képeznek (Vance et al., 2003; Ramaekers et al., 2010). Egy Etiópiában végzett tanulmány során öt különböző fajtájú batáta hozamát hasonlították össze, ahol a fajta, a nitrogén és a foszfortárgyzás interakciója jelentős hatással volt a tápanyagfelvételre és a növényfiziológiai hatékonyságra. A legeredményesebb fajta a Naspot-12 volt, amely esetében a 23 kg N/ha és 46 kg P_2O_5 /ha tápanyagutánpótlási technológia bizonyult hatékonynak (Lemma et al., 2023).

A tápanyag-utánpótlási technológiák mellett az eltérő agro-ökológiai helyszíneken megegyező tápanyagutánpótlási rendszerek hatását is érdemes megnézni. Erre vonatkozóan vizsgáltak négy különböző batáta fajtát Ghánában. A műtrágyadózisok megoszlása a következőképpen alakult, 200 kg N- P_2O_5 - K_2O /ha 15-15-15 arányú műtrágya, 200 kg N- P_2O_5 - K_2O /ha 15-15-15 + 50 kg K_2O /ha; 200 kg N- P_2O_5 - K_2O /ha 15-15-15 + 100 kg K_2O /ha továbbá a kontroll parcella, ami műtrágyázás nélküli volt. A műtrágyadózisok tehát alap és kiegészítő tápoldat formájában kerültek kijuttatásra.

Érdekes módon, a tápanyagutánpótlási rendszerek nem okoztak szignifikáns különbséget a hozam kapcsán, azonban a batátafajták és az eltérő helyszínek közötti különbségszignifikáns volt, mind a hozam és a klorofill fluoreszcencia értékek tekintetében. Ez azt mutatja, hogy a területi adottságok jelentősebb hatással vannak a fajták terméshozamára, mint a tápanyagutánpótlási rendszerek e kísérlet szerint (Darko et al., 2020). A műtrágyás tápanyagutánpótlási rendszerek mellett Jewel narancssárga húsú fajta esetében vizsgálták komposzt és fahamu hatását is a terméseredményre, ami szignifikánsan növelte a hozamot bakhátas termesztéstechnológiában (Zongo et al., 2023).

2.9 A batáta beltartalmi paramétereinek változása az eltérő termesztéstechnológiai módszerek hatására

Kevés olyan kutatás van, ahol az eltérő termesztéstechnológiai, agrotechnikai módszerek hatását vizsgálják a batáta beltartalmi paramétereire. Nigériában végeztek azonban olyan kutatást, amely során vizsgálták az eltérő bakhát magasságok (0 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm és 60 cm) valamint a hajtás alsó, középső és felső részéből származó dugványokat, továbbá az ültetésiszög (45°, 90° és 180°) hatását a növekedésre, hozamra és a beltartalmi paraméterekre. A bakhátak a hajtások csúcsi részéből származó dugványokkal érték el a legjelentősebb pozitív hatást a klorofilltartalomra, a gyökeresedési erélyre, valamint a hozamra. Gazdasági szempontból a 30 cm-es bakhátak bizonyultak a leghatékonyabbnak, de más vizsgált paraméterekben azonban megegyező mértékkel teljesítettek. A 30 cm-es bakhátak a csúcsi hajtásokkal és a 45°-os ültetéssel magasabb szénhidrát-tartalmat eredményeztek, azonban a nyersrost-tartalom szempontjából a 40 cm-es bakhátak és a hajtás alapi részéből származó dugványok mutatták a legjobb eredményt (Okeowo et al., 2024). Vizsgálták még lila húsú batáta termesztése során a fényintenzitás hatását a hozamra és az antocianin-tartalomra. Az eredmények azt mutatták, hogy 20%-os árnyékolás esetén a hozam nem csökkent, valamint a gumók antocianin és oldható cukortartalma még növekedést is mutatott az árnyékolás nélküli parcellákhoz képest. Ezzel szemben a magasabb 40%-80%-os árnyékolás hatására a hozam és a beltartalmi paraméterek értékei is már jelentősen csökkentek (Jin et al., 2023).

A tápanyagutánpótlási rendszerek azonban jelentősen képesek befolyásolni a batáta fajták beltartalmi értékeit. Tápanyagutánpótlási kísérlet során a kálium műtrágyázás hatását vizsgálták a karotintartalomra, ahol 0-600 kg/ha között állítottak be dózis kísérleteket 150 kg/ha-os mennyiségi lépésekkel, ahol azt tapasztalták, hogy a karotinoid-tartalom egészen a 300 kg/ha-os kezelésig növekedett, bár a mértéke nagyban függött a vizsgált fajtától (George et al., 2002). Egy brazil tanulmányban a kálium- és foszfor műtrágyázás hatását vizsgálták a batáta karotinoid-hozamára. A tápanyagutánpótlás során (0, 30, 60, 90, 120 és 150 kg/ha K₂O, valamint 0, 60, 120, 180, 240 és 300 kg/ha P₂O₅ szinteket állítottak be, amely hatását vizsgálták a Beauregard fajta összes karotinoid-, α -karotin-, β -karotin-, cisz- β -karotin-tartalmára. A kutatás során a 73–77 kg/ha K₂O műtrágya adag maximalizálta az összes karotinoid-, β -karotin- és α -karotin-termelést. A foszfortrágyázás ezzel szemben csak az összes karotinoid-tartalomra volt hatással, amelynek optimalizálására 174,09 kg/ha P₂O₅ adag alkalmazását javasolják (Nascimento et al., 2019). A kálium-hasznosítás szempontjából jelentős különbség van az egyes genotípusok között, azonban általánosságban elmondható, hogy a hozamra pozitív hatással van a kálium-műtrágyázás. Ez főként a gumó és a hajtástömeg arányának növekedésével magyarázható, mivel a nagyobb zöldtömeg magasabb fotoszintetikus aktivitása lévén növeli a gumók méretét. Azonban a hozam mellett vizsgált minőségi paraméterek többsége is javult a kálium-műtrágyázásnak köszönhetően. A gumók szárazanyag-tartalma, karotinoid- és antocianin-tartalma is növekedett a kálium-műtrágyázás

hatására. Az emelkedés mértéke azonban genotípusonként eltért. A fehérjetartalom általában csökkent a káliumtrágyázás növekedésével, de ennek mértéke is genotípusfüggő volt (George et al., 2002). Több batáta fajta esetében vizsgálták a keményítő szerkezeti és funkcionális tulajdonságait is az eltérő dózisú (0, 22,5 és 45 kg/ha) kálium műtrágyázás hatására. Az eredmények alapján az látszik, hogy a magasabb káliumdózisok hatására a legtöbb fajta esetében nő a gumók oldható cukor tartalma, azonban az amilóztartalom eltérően alakult és nem voltak hatással a kristályos szerkezetre. A vizsgálati eredmények alapján a keményítő paramétereire a genotípus jelentősebb hatással van, mint a kálium műtrágyázás (Guo et al., 2024). A fokozott káliumtrágyázás általában növeli a fenolos vegyületek szintjét és az antioxidáns aktivitást. Egy vizsgálat során az 1:5-ös N:K arányú műtrágya alkalmazásával mintegy 20%-kal emelkedett a fenolos vegyületek szintje, míg a flavonoidok tartalma minden kálium műtrágyázási szint mellett körülbelül 300%-kal nőtt a vizsgált fajták esetében (Bat1 és a Boniato) (Redovniković et al., 2012). Kálium műtrágyázás hatását vizsgálták a lignin anyagcserére is egy kétéves kísérletben, a BJ553 és a YS25 batátafajták esetében. A kálium műtrágyázás különböző dózisainak beállítása – 0, 120, 240 és 360 kg/ha volt. Az eredmények azt mutatták, hogy a kálium műtrágyázás csökkentette a lignin bioszintézisében részt vevő kulcsenzimek, például a fenilalanin-deamináz, 4-kumarát-koenzim A-ligáz, fahéjsav-dehidrogenáz, polifenol-oxidáz és peroxidáz aktivitását. Ez jelentős csökkenést eredményezett a kezelt batátagumók lignin tartalmában a kontrollhoz képest. Tehát a megfelelő káliumtrágyázás jelentős mértékben csökkentette a lignin bioszintézis intenzitását, ezáltal mérsékelte a raktározógyökerek periciklusának lignifikációját. E folyamat hozzájárult a raktározógyökerek számának növekedéséhez, ami végső soron a batáta terméshozamának és megjelenési minőségének javulását eredményezte, amelyet a 240 kg/ha dózisú kálium műtrágya biztosított (Liu et al., 2023).

Tanzániában az eltérő nitrogén dózisok hatását vizsgálták a batáta beltartalmi paramétereire. A nitrogén műtrágyázás szignifikánsan növelte a β -karotint és a transz-cisz izomerjeit egészen 80 kg N/ha-ig. Az e feletti dózisok azonban már nem mutattak szignifikáns eltérést a vizsgált beltartalmi értékek vonatkozásában (Ukom et al., 2011). Egy másik Kínában végzett kutatás eredménye szerint a nitrogén műtrágyázás csökkentette az összfenolok, összflavonoidok és klorogénsav tömegarányát a szárvégekben, miközben növelte annak szacharóz- és nitrát-tartalmát, valamint csökkentette az oldható cukor tartalmát (Yaya et al., 2024).

A foszfor, mint tápanyag is fontos szerepet játszik a beltartalmi paraméterek változásában. 107,1 kg P_2O_5 /ha mennyiség már szignifikánsan növelte a főszár hosszát, a lomb száraztömegét, a levélfelületet, a teljes klorofill- és karotinoid tartalmat a kezeletlen parcellákhoz képest (El-Deen et al., 2011). A műtrágyázás mellett különböző szerves trágyatípusokat is alkalmaznak, melyek közül a szarvasmarhatrágya bizonyult a leghatékonyabbnak, ahol a batátagumók magasabb C-vitamin (260,3 μ g/g), β -karotin (45,4 μ g/g), oldható cukor (16,7 mg/g) és összes fenol (196,3 μ g/g) koncentrációt mutattak a kontrollhoz képest (Antonius et al., 2024). Hasonló eredményeket közölt Nedunchezhiyan et al., (2009), aki a batáta minőségi paramétereinek, mint a szárazanyag-, keményítő- és β -karotintartalom pozitív változását írta le istállótrágya és egyéb szerves trágyák alkalmazása során. Nigériában végzett tápanyag-utánpótlási kutatás megállapítása szerint a β -karotin tartalom általánosságban növekedett az eltérő szerves trágya és műtrágya adagok kombinált kijuttatása során. A legmagasabb β -karotin tartalmat (733,2 μ g/g) a 8 t/ha szerves trágya és 200 kg/ha N-P-K alkalmazásával érték el (Anedo et al., 2018).

A lila típusú batáták esetében az antocianin bioszintézisét a klimatikus tényezők mellett a nitrogénszint is jelentősen befolyásolja. A nitrogénszint szabályozza azokat a transzkripciós faktorokat, amelyek az antocianin szintézis útvonalához

kapcsolódnak. Az alacsony nitrogénszint elősegíti az antocianin felhalmozódását, míg a magas nitrogénszint gátolja azt. Egy Kínában végzett kutatás során a legalacsonyabb 90 kg/ha kezelés során szignifikánsan magasabb antocianin tartalmat mértek a gumókban a többi magasabb nitrogén dózisos kezeléssel összehasonlítva (Zhang et al., 2024). A nitrogén mellett a kálium műtrágyázás is különösen fontos az antocianin és glükóztartalom javításában (Sulistiani et al., 2020.) A Ningzi 1 lila batáta gumóinak antocianin tartalmát is jelentősen növelte a kálium műtrágyázás, míg a Taizhong 6 fajta esetében nem mutatott változást. Az magnézium és cink kivételével a két vizsgált fajta esetében az ásványianyag tartalomra is pozitív hatással volt a kálium műtrágyázás (Tang et al., 2016). A tápanyagutánpótlás mellett a környezeti tényezők is szignifikáns hatást gyakorolnak a legtöbb vizsgált tulajdonságot illetően a batáta termesztés során, ami közül kivétel a batáták karotinoid tartalma (Aninbon et al., 2024).

3. 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 rendszerben eltérő tőszámú beállítások mellett, melyet a 2019-2020-as évben végeztem. A második kutatási rész keretében különböző, káliumban gazdag tápanyagutánpótlási rendszerek hatékonyságának összehasonlító elemzésére került sor, szintén több batátafajta bevonásával a 2021-2022 évben. A kísérlet beállítása során elvégzett vizsgálatok részletes leírását az M2 melléklet tartalmazza.

3.1 Kísérleti helyszín és környezeti feltételek bemutatása

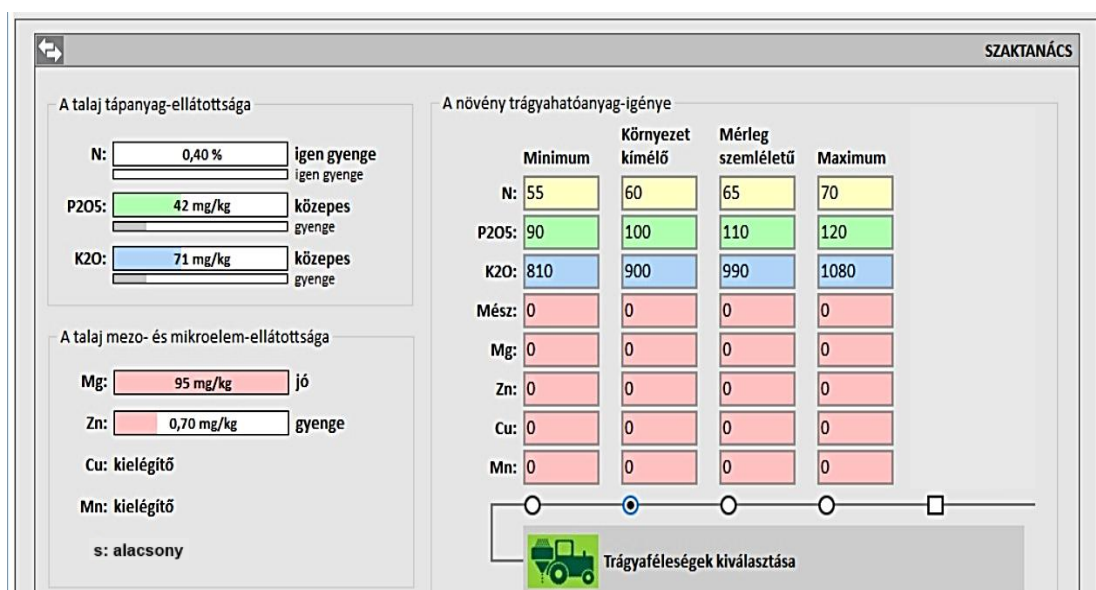
3.1.1 Kísérleti helyszín talajadottságok

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. Főtalajtípusát tekintve váztalaj, típusa futóhomok talaj, altípus nem karbonátos futóhomok talaj (7.kép). 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. A talajvizsgálat adatait és a tápanyag-utánpótlási tervet a 3. táblázat tartalmazza.



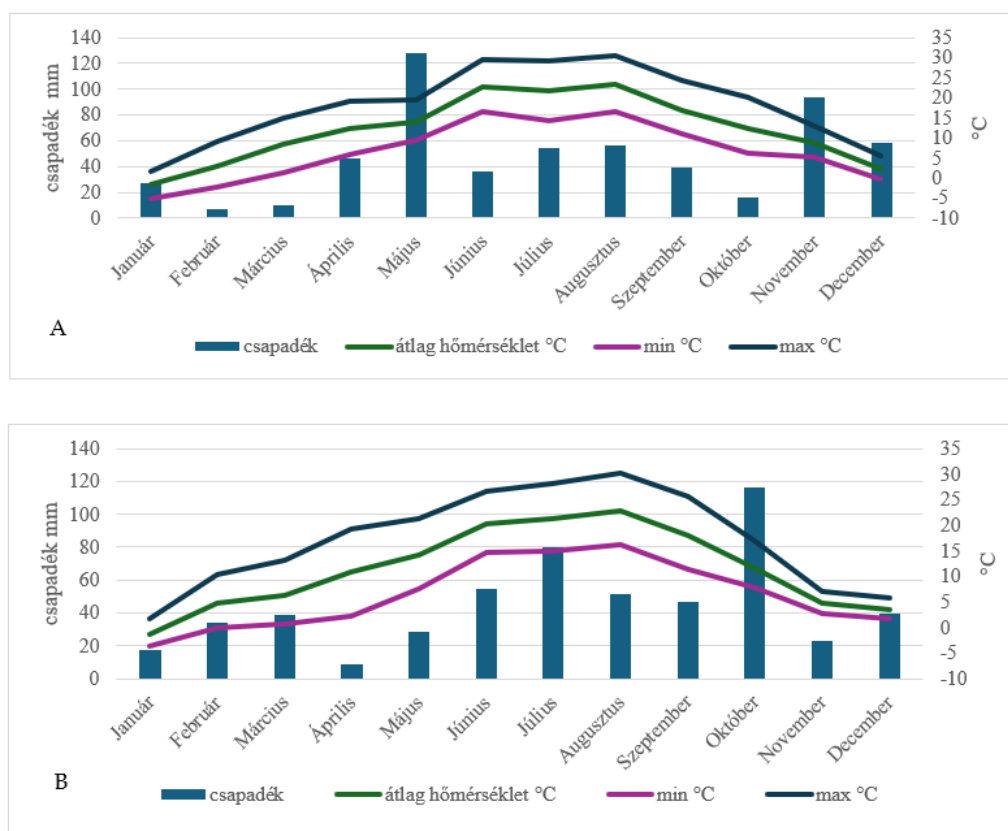
7. kép Kísérleti helyszín talajszelvénye -Nem karbonátos futóhomok talaj-

3. táblázat A kísérleti terület talajvizsgálati eredményei és tápanyag-utánpótlási terve batátára (Szoftver ProPlanta verzió 3.0)



3.1.2 Kísérleti helyszín klimatikus jellemzői 2019-2022

A meteorológiai adatokat a 2019-es és 2020-as tenyészidőszak során az (1. ábra) mutatja, mely adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálatától, Hungaromet szereztem be Heves település (GPS: 47°37'12,7" É 20°13'42,4" K) területére vonatkozóan, ahol a kísérlet beállításra került



1. ábra Meteorológiai adatok 2019 (A) és a 2020 (B) évre vonatkozóan: minimum, maximum, átlagos hőmérsékleti értékek, valamint csapadékmennyiség Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat, Hungaromet (OMSZ).

A 2019-es vizsgálati évben Magyarországon az évi középhőmérséklet $12,19\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, ami $1,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az 1981–2010-es átlagot, ezzel rekordmelegnek számít az 1901 óta vezetett éghajlati idősorban. Az éves csapadékösszeg 631 mm -t tett ki, amely az 1981–2010-es átlag 105% -ának felel meg. A tenyészidőszak alatt júniustól októberig $202,3\text{ mm}$ esett, az átlaghőmérséklet $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. Az év során májusban és novemberben jelentős mennyiségű csapadék hullott, míg március rendkívül száraz időszakot hozott. Bár az elmúlt 119 év csapadékadatai mérsékelt, nem szignifikáns csökkenést mutatnak, a 1961 és 2019 közötti időszakban a csapadékösszeg országos átlagban $5,4\%$ -os növekedést mutatott. A változás mértéke azonban térben nem volt egyenletes: egyes területeken akár -20% -os, máshol $+23\%$ -os eltérések is előfordultak (OMSZ-Hungaromet, 2019). Az év kezdete vegyes halmazállapotú csapadékkal indult, a januárban tapasztalt eső, hó és havas eső formájában. Február csendesebb időjárása után márciusban a szél vált dominánssá. Május az átlagosnál hűvösebb és csapadékosabb időjárást hozott, bár a zivatarok száma elmaradt a sokévi átlagtól. A nyári hónapok és a szeptember azonban eseménydús időjárást produkált, amelyet heves zivatarok, jégeső, viharos szél és felhőszakadások jellemeztek, gyakran napi csapadékreordokkal. A hűvös május után júniustól szeptember elejéig többször is hóhullámok alakultak ki. A legerősebb kánikula augusztus 7–13. között volt tapasztalható, amikor az év legmagasabb hőmérsékletét is mérték.

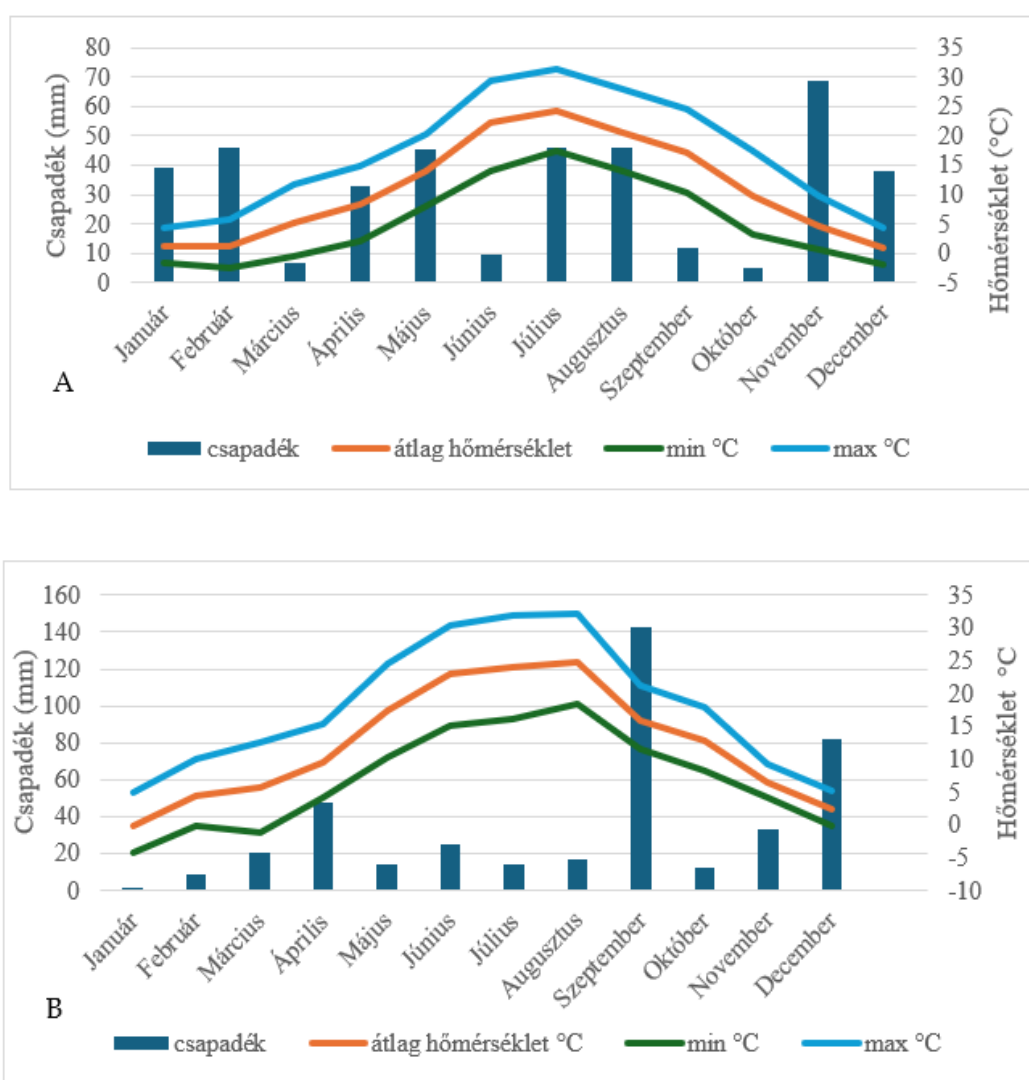
Az OMSZ az év jelentős részében narancs riasztásokat adott ki, különösen a konvektív szezon során, amely október elejéig tartott. Az extrém hideg időjárás ritka volt, citromfokozatú figyelmeztetés is csupán egyszer, januárban került kiadásra (OMSZ-Hungaromet, 2020).

A 2020-as évről elmondható, hogy a csapadék térbeli és időbeli szélsőségei, valamint a hőmérsékleti anomáliák miatt különösen emlékezetes volt. Az országos csapadékatlag a homogenizált adatok szerint 615 mm volt, amely mindössze 2% -kal haladta meg az 1981–2010-es sokévi átlagot. Ugyanakkor az évi csapadékeloszlás rendkívül változatos képet mutatott, míg június és október kiemelkedően csapadékosak voltak, addig április és november aszályos időjárást hozott. A tenyészidőszak alatt $348,5\text{ mm}$ esett az átlaghőmérséklet $18,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A regionális különbségek szintén jelentősek voltak, Zala vármegyében és a Bükk területén meghaladta az éves csapadékösszeg a 850 mm -t, míg a legszárazabb területeken, például Tass állomás környékén, mindössze $404,5\text{ mm}$ csapadék hullott, a vizsgálati helyszínen Hevesen $538,4\text{ mm}$. Az ország éves átlagos középhőmérséklete $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, ami $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az 1981–2010-es normált, ezzel akkor a 2020-as év az elmúlt 120 év nyolcadik legmelegebb évének számított Magyarországon. A havi hőmérsékletek alapján a május kivételével minden hónap melegebb volt a sokévi átlagnál. Különösen nagy pozitív eltéréseket regisztráltak februárban ($+4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) és decemberben ($+3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ezzel szemben a május hűvösebbnek mutatkozott a szokásosnál, a havi középhőmérséklet $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal maradt el az éghajlati normáltól. A napsütéses órák száma országos szinten 2100 és 2400 óra között változott, amely ÉK–DNY irányban növekedett. A legnaposabb területeken, mint például a Dél-Dunántúlon, meghaladták a 2350 órát, míg a legkevesebb napsütést az Északi-középhegységben regisztrálták (<2100 óra) (OMSZ-Hungaromet, [http6](http://6)).

A 2021-es vegetációs időszakban a különböző tápanyagutánpótlási rendszerek vizsgálatakor a kiültetés idejében jelentkező fronthatások és a hűvösebb időjárás nem kedvezett a fiatal növényeknek, hiszen az átlagosnál hűvösebb volt az időjárás. Június első napjaiban a napi középhőmérséklet a többéves átlag alatt maradt. A hónap közepétől, június 13-tól 15-ig ismét lehűlt a levegő különösen a kora reggeli órákban. Ez a gumók differenciálódása szempontjából rendkívül kedvezőtlenül hatott. A hónap második felében pedig megfordult az időjárás és sorra adták ki a hőségriasztásokat. Júliusban a napi középhőmérséklet az első és a harmadik dekád elejének kivételével a

sokéves átlag feletti értékeket mutatott. Augusztus elején a napi középhőmérséklet a hosszú távú átlag alatt maradt, mivel egy hullámzó frontrendszer alakította az időjárást. A betakarítási időszakban, októberben a napi átlaghőmérséklet gyorsan emelkedett, így a szokásosnál melegebb volt. Ez segítette a gumók növekedését és a betakarítást. A tenyészidőszak alatt 118,8 mm csapadék esett.

A 2022-es tenyészidőszak az egyik legmelegebb és legaszályosabb év, amelyet Magyarországon feljegyeztek. Az 1991 és 2020 közötti referenciaátlagnál 2 °C-kal, az előző 2003-as legmelegebb évhez képest pedig 0,5 °C-kal volt melegebb. A 2022-es vegetációs időszakban a nyár folyamán többször is hőségriadót adtak ki. Az országos napi középhőmérséklet 21 alkalommal érte el vagy haladta meg a 25 °C-ot. A téli csapadékmennyiség 60-70%-kal elmaradt az átlagtól. A tavasz sem volt kedvező, kevés csapadékkal. Ez nagyban hozzájárult a forró, száraz nyárhoz, ami a melegégövi növényeknek, például a batátának kedvez. Az országos átlagos csapadékmennyiség a nyár folyamán rendkívül alacsony, 137 mm volt. A vizsgált területen ez az érték csupán 55,7 mm-t mutatott (2. ábra).



2. ábra A meteorológiai adatok a minimum-, maximum- és átlaghőmérsékletet, valamint az összesített havi csapadékmennyiséget mutatják 2021-ben (A) és 2022-ben (B) (OMSZ Hungaromett).

3.2 Művelési mód és növényssűrűség hatása különböző batáta fajtákra 2019-2020-as év

A kutatás során négy különböző termesztés technológiai módszer hatását vizsgáltam a világon széles körben ismert és termesztésbe vont fajtákon, úgymint a Beauregard, és a Murasaki-29. Emellett vizsgáltam a hazánkban nemesített Ásotthalmi 12 fajtájú batátát, valamint a Purple fajtát is. Két különböző művelési módot alakítottam ki, bakhátas (R) és sík (F), amit különböző tőszámú ültetéssel kombináltam, szimpla- (S) és ikersoros (T) elrendezésben. Összegezve a kísérlet négy kezeléskombinációból, négy fajtából és négy ismétlésből állt két különböző vegetációs évben során. A bakhátak 30 cm-es magasságúak és 45 cm szélességgel rendelkeztek. A palánták tőtávolsága 30 cm volt a sortávolság pedig 200 cm. Az ikersoros ültetés során cikcakk mintát alkalmaztam, amely során az ikersorok egymáshoz képest 30 cm-rel el voltak tolva, így az egy hektárra vetített tőszám 35 000 volt, míg a szimpla sorok esetében 17 500 tő/ha. A szimpla és ikersoros termesztést kombináltam különböző művelési módokkal, úgy, mint a sík és bakhátas művelési mód. Ez négy különböző kezelési kombinációt eredményezett, ahol az RT a bakhátas ikersoros termesztést, az RS szintén a bakhátas, de fele akkora tőszámmal, azaz szimpla sorba ültetett batátát jelenti, míg az FT és az FS művelésmódok a sík, ikersorba és szimplasorba ültetett kombinációt jelentik. Minden termesztéstechnológiai módszert négy ismétlésben végeztem. Egy parcella 200 db növényt tartalmazott. A Murasaki-29 fajta esetében bakhátas művelési módban történt a vizsgálat. Előzetes gyakorlati tapasztalatok során a sík művelési mód során betakarításkor jelentősen sérül a gumó epidermisze. Összegezve a kísérlet egy négytényezős vizsgálat, amely során két típusú művelési mód (bakhát, sík), kétféle tőszám (ikersor 35 000 tő, szimplasor 17 500 tő), négy különböző fajta (Beauregard, Ásotthalmi-12, Purple, Murasaki-29), továbbá két év (2019-2020) kombinációja került vizsgálatra. A palánták 2019. június 10-én és 2020. június 7-én kerültek kiültetésre, a tenyészidőszak mindkét kísérleti év során 120 nap volt minden fajta esetében.

Egységes tápanyagutánpótlást alkalmaztam minden parcellán. Az alapműtrágyázás esetében 20 kg/ha N_2 (NH_4NO_3), 36 kg/ha P_2O_5 (PO_4^{3-}) és 206 kg/ha K_2O (K_2SO_4 formában) alkalmaztam tíz nappal az ültetést megelőzően, melyet 20 cm mélyen a talajba dolgoztam, mint alapműtrágya. A kiültetés előtt egy nappal további 25 kg N_2 45 kg P_2O_5 , és 62,5 K_2O kg/ha juttattam ki közvetlenül a sorokba, amit sekélyen 5 cm mélyen bedolgoztam. A vegetációs időszak 8. hetétől további K_2O , $MgSO_4$, és $Ca(NO_3)_2$ juttattam ki tápoldatként egészen a 13-ik hétig, megegyező dózisban egységesen elosztva hetenként. Ennek a teljes hatóanyag mennyisége 21 kg K_2O , 10 $MgSO_4$ és 2 $Ca(NO_3)_2$ kg/ha volt. A vegetáció során összesen 45 kg/ha N_2 (NH_4NO_3), 81 kg/ha P_2O_5 (PO_4^{3-}), 290 kg/ha K_2O (K_2SO_4), 10 kg/ha $MgSO_4$ és 2 kg/ha $Ca(NO_3)_2$ hatóanyag került kijuttatásra. A különböző termesztéstechnológiák esetében nem akartam, hogy tápanyaghiány alakuljon ki, ezért a termesztési módszertől és növényssűrűségtől függetlenül egyenletesen, egységes mennyiségű tápanyag kijuttatást végeztem.

Az előzetes kalkuláció alapján a 120 napos vegetációs periódus alatt 500 mm a batáta vízigénye. A két vegetációs periódus alatt biztosítottam a növények számára az előzetesen megállapított megfelelő vízmennyiséget. A batáta napi vízigénye ezen számítások alapján 4,16 mm, amelyet 3 naponként egységes dózisban csepegtetőszalagos technológiával juttattam ki a csapadék figyelembevételével. A vegetációs időszak csapadékmennyisége alapján, ami 2019-ben 147,1 mm, míg 2020-ban 185,8 mm volt, további 352,9 és 314,2 mm juttattam ki, biztosítva az 500 mm vízigényt ezzel kizárva a vízhiányt, mint lehetséges korlátozó tényezőt. A csepegtetőszalagok 10-es osztással rendelkeztek. A sorokat 30 cm x 30 cm-re

kilyuggatott fekete 25 mikronos 120 cm széles polietilén fóliával fedtem le, amely alatt elvezettem a csepegtetőszalagokat. Az agrofólia segítette a gyomosodás kiküszöbölésében, így nem volt szükség herbicidre és növelte a talajhőmérsékletet a kiültetési időszakban.

A vizsgálatot homoktalajon végeztem, elkerülve a gumók torzulását, mechanikai sérülését a betakarítás során, melyet korábbi gyakorlatomban, kötött talajon történő termesztés során már tapasztaltam. A talajminták eredményét a 3. táblázat tartalmazza.

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

A kísérletet 2021-ben és 2022-ben az előző kísérlettel megegyező területen állítottam be. A vizsgálat háromtényezős elrendezésben valósult meg, melynek első tényezője a kétfajta (Beauregard és Purple) batáta a második tényező a különböző N-P-K alapműtrágyázási szint és a harmadik a tápoldatozás (tápoldatozással kiegészített parcellák és a tápoldat nélküliek) 4 és 5. táblázat. A kísérlet négy ismétlésben valósult meg, ahol egy parcellán belül kétszáz batáta palánta került kiültetésre. A kísérlet előtti talajvizsgálat és tápanyag-utánpótlási terv eredményeit a (3. táblázat) tartalmazza (ProPlanta szoftver v.3.0).

A hajtásdugványokat fekete talajtakaró fóliával (120 cm széles, 25 mikronos) fedett bakhátaiba ültettem a gyomosodás elkerülése érdekében. A palántákat ikersorba, cikcakk módszerrel ültettem 35 000 tő/ha arányban, ahol a tőtávolság 30 cm, ikersorok tőtávolsága szintén 30 cm, a sortávolság pedig 200 cm volt. Az öntözést csepegtetőszalaggal végeztem, minden parcella azonos mennyiségű öntözővizet kapott. A betakarításra az ültetést követő 125. napon került sor.

A tápanyag-utánpótlásban használt hatóanyagok teljes mennyiségét és megoszlását a Beauregard fajta esetében a 4. táblázat a Purple esetében az 5. táblázat mutatja be. Az alaptrágyázás során komplex NPK 8-11-23-as műtrágyát alkalmaztam sekélyen 10 cm mélyen bedolgozva a teljes kísérleti területen (410 kg/ha és 915 kg/ha mennyiségben). A bakháta kialakítását megelőzően a sorokba további 51% K₂O került kijuttatásra (50 kg/ha és 105 kg/ha mennyiségben). A teljes alaptrágyázás során kijuttatott hatóanyag mennyiségét a 4. és 5. táblázat tartalmazza. A komplex műtrágyán felül, melyet a BP-I, BP-II, LP-I, LP-II (4. és 5. táblázat alapján) kezeléseknél alkalmaztam voltak olyan kísérleti parcellák, ahol csepegtetőszalag segítségével tápoldatként juttattam ki további kálium-szulfátot (51% K₂O) (BL-I, BL-II, LL-I, LL-II). Az összesen kijuttatott kálium-szulfát tápoldat (51 % K₂O) hatóanyag mennyisége 4. és 5 táblázatban látható. A tápoldat öt egyenlő adagban került kijuttatásra a palántálást követő 45., 64., 72., 79. és 88. napon. A magnézium-szulfátot és a kenet (16% MgO, 32% SO₃) a kiültetés követő 79., 88. és 93. napon juttattam ki három egyenlő dózisban.

A kálium dózisok a több éves termelői és e termőterületen végzett termesztési munka, a 3. táblázatban szereplő talajmintavételi adatok és tápanyag-utánpótlási terv, valamint a 2.8 fejezetben leírt részletes irodalmi kutató munka alapján kerültek kialakításra. Figyelembe vettem a Beauregard fajta közepes kálium hasznosító képességét, továbbá a dózis határértékek megállapítása során a gazdasági megalapozottságot.

4. táblázat A kezelésként kijuttatott teljes műtrágya hatóanyag mennyiség Beauregard 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

5. táblázat A kezelésként kijuttatott teljes műtrágya hatóanyag mennyiség 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
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

A parcellákon minden tő betakarításra került és a parcella összes növényének tömege egyben került lemerésre a betakarítást követő hőkezelés után. A terméshozam megállapítása a parcellán betakarításra kerülő tövek előzetes leszámlálását követően került meghatározásra. A post-harvest technológia során a hőkezelés a betakarításkor az epidermiszen keletkezett mechanika sérülések regenerálásához szükséges technika. Ezzel biztosítjuk a hosszú tárolhatóságot (Picha, 1987), csökkentjük a patogén és egyéb bakteriális fertőzések kialakulásának lehetőségét a tárolás során. A hőkezelés során a gumókat 33-35 °C-on tároljuk 4-5 napig.

3.4 Növényfiziológiai mérések

A vegetációs időszak alatt vizsgáltuk a növények fiziológiai tulajdonságait, ennek értékelésére klorofill fluoreszcencia és SPAD méréseket végeztünk. A méréseket a 2019-es vegetációs év során augusztus 16-án, 28-án és szeptember 13-án, míg 2020-ban július 14-én, 28-án, augusztus 13-án és szeptember 23-án végeztük SPAD 502 Plus klorofillmérő készülékkel (Konica Minolta, Inc., Tokió, Japán) (8.kép). A mérések során a felső levélemelet fiatal, már kifejtett levelét mértem. Egy mérési napon parcellánként 20 db mérés átlagával számoltam. Minden parcella 4 ismétlésben volt, így egy kezeléshez 80 db mérés tartozott egy mérési időpontban. A műszer a levél felületén áthaladó vörös (650 nm) és infravörös (940 nm) fény intenzitásának

arányából számítja ki a relatív klorofilltartalmat, amelyet SPAD indexként használunk. A 650 nm hullámhosszon a vörös tartományban a klorofill molekula egyik elnyelési csúcsa található, a 940 nm viszont az infravörös tartományban van, ahol a klorofillnak nincs elnyelése. Bár közvetlen kontaktus van az eszköz és a levél között, a mérés mégis roncsolásmentes és rendkívül gyorsan elvégezhető és ismételhető (Markwell et al., 1995; Uddling et al., 2007; <http://>).

A klorofill fluoreszcencia méréséhez a batáta leveleit a sötét adaptációt biztosító levélcspeszkek segítségével 30 percig sötétben tartottuk, biztosítva ezzel a sötét adaptációs fázist, mielőtt a PAM-2500 fluorométer készülékkel (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Németország) megkezdjük a mérést (8. kép). Ezekkel a sajátos technikákkal közvetlenül leképezhetők az olyan fotoszintetikus paraméterek, mint a II fotokémiai rendszer maximális kvantumhatékonyságát jelző F_v/F_m érték, vagy a különböző fotokémiai és nem-fotokémiai paraméterek. A levelek mérése a déli órákban történt. Parcellánként 20 db mérést végezzünk a felső levélemelet fiatal, már kifejtett levelein. A batáta állomány levélreflektancia-mérését az ASD FieldSpec Handheld 2 Portable Spectroradiometer (Malvern Panalytical) segítségével végeztük a növények fiatal, kifejtett felső levélemeleti részén (8. kép). A mérésekre 2022. augusztus 11-én és 25-én, valamint szeptember 7-én és 22-én került sor. Az eszköz 325–1075 nm közötti hullámhossztartományban működik. Minden parcellán belül négy különálló mérést hajtottunk végre.



8. kép Növényfiziológiai mérések, Klorofill fluoreszcencia (1), SPAD (2), Spektoradiométer (3). Forrás: saját fotó

3.5 Élelmiszeranalitikai mérések

3.5.1 Mintagyűjtés, mintavételi folyamat

A batáta gumókat a hevesi kísérleti területéről (GPS: 47°37'12,7" É 20°13'42,4" K) takarítottuk be. Parcellánként 16 gumó került begyűjtésre melyek reprezentálták a kezelésre jellemző átlagos gumó méretet, ami 250-700 g között változott. A mintákat Waring turmixgéppel homogenizáltuk, és a homogenizálás után azonnal elkezdjük a laborvizsgálatokat. A karotinoidok kinyerését egy korábbi protokoll szerint végeztem (Daood et al.2014). A parcellánként begyűjtött 16 gumó közepéből összekeverve öt gramm batátát kvarchomokkal és 0,5 g aszkorbinsavval dörzsmozsárban összezúztam. Az extrakció első lépéseként a mozsárban összedörzsölt batátához hozzáadtam 20 ml metanolt. A kivonás során a felúszót 100 ml-es Erlenmeyer-lombikba áttöltöttem. A maradékot ezután 60 mL 1:6 arányú metanol-n-hexán keverék fokozatos hozzáadásával extraháltam, folyamatos dörzsölés mellett. A kivonatokat a lombikban öntöttem össze, és erőteljesen rázogattam az alapos keveredés biztosítása érdekében. A fázisok szétválasztásának elősegítése érdekében 1-2 mL vizet adtam hozzá, és az elegyet 10-15 percig mechanikusan rázattam. A karotinoidokban gazdag n-hexán fázist elválasztottam egy elválasztó tölcserben, és szűrőpapírba helyezett vízmentes Na₂SO₄-on engedtem egy állólombikba. Ezután az oldószereket vákuumban, legfeljebb 40 °C-on, rotációs elpárologtatóval bepárooltam. A maradékot 10 ml HPLC minőségű acetonban újra feloldottam, és 0,22 µm-es üvegszálas fecskendőszűrőn keresztül szűrtem a HPLC-méréshez.

3.5.2 Karotinoidok detektálása és mennyiségi meghatározása

A karotinoidok mennyiségi meghatározását és a módszer fejlesztését Hitachi Chromaster HPLC rendszerrel (Hitachi Ltd., Tokió, Japán) végeztük, mely egy 5440-es diódasoros detektortból, egy 5210-es autosamplerből és egy 5110-es gradiens pumpából állt (9.kép).

A HPLC-mérésekhez a HPLC-minőségű szerves oldószereket a Merck-től (Budapest, Magyarország), míg az analitikai minőségű oldószereket és egyéb vegyszereket a WVR-től (Debrecen, Magyarország) került biztosításra. A standard karotinoidok, beleértve a β-karotint (93%), a likopint (90%) és a β-apo-8'-karotint (96%) a Sigma-Aldrich-től származtak (Budapest, Magyarország). A karotinoidok törzsoldatait 1 mg/ml koncentrációban 2:1 metanol-aceton keverékben készítettem el, a munkaoldatokat HPLC minőségű acetonnal hígítottam. A karotinoidok kivonását egy korábban publikált protokoll alapján végeztem (Daood et al.2014). A karotinoidok elválasztását egy C-30 típusú, 2,6 µ, 150 x 4,6 mm-es, 2,6 µ, 150 x 4,6 mm-es magos oszlopon (Accucore, Thermo-Fischer Scientific-Waltham, MA, USA) végeztem (A): 2% víz metanolban és (B): tert-butil-metil-éter gradiens elúcióval. Az elúció 97% A-val és 3% B-vel kezdődött, 25 perc alatt 35% B-re váltott az A-ban, 5 percig izokratikus maradt, majd 5 perc alatt 97% A-ra és 3% B%-ra váltott. Az áramlási sebesség 0,6 ml/perc volt, és a karotinoidokat 190 és 700 nm között detektáltam diódasoros detektorral (DAD).

A csúcsokat a spektrális jellemzőik és a retenciós idők összehasonlítása alapján azonosítottam a rendelkezésre álló standard anyagok, például a β-karotin és a likopin, valamint az irodalmi adatok (Lin et al.,2003; de Rosso et al., 2007; de Faria et al., 2009) alapján. A mennyiségi meghatározást a DAD által megadott maximális abszorpciós hullámhosszon az egyes csúcsok területének integrálásával és a belső standard (8-apo-β-karotinal) területéhez viszonyítva elemeztem, amelyet az extrakció előtt ismert koncentrációban a mintákba kevertem. Ezenkívül a rendelkezésre álló

standard β -karotint és az összes transz-likopint külső standardként használtam, hogy hangsúlyozzuk a mennyiségi meghatározásukat.

A β -karotin hozamot a terméshozam (t/ha) és a gumókban mért β -karotin koncentráció ($\mu\text{g/g}$) szorzataként számoltam ki, majd az értéket 1000-rel osztottam, így kaptam meg a β -karotin hozam mennyiségét kg/ha egységben.

3.5.3 Fenolok extrakciója és mennyiségének meghatározása nagy teljesítményű folyadékkromatográfia- HPLC segítségével

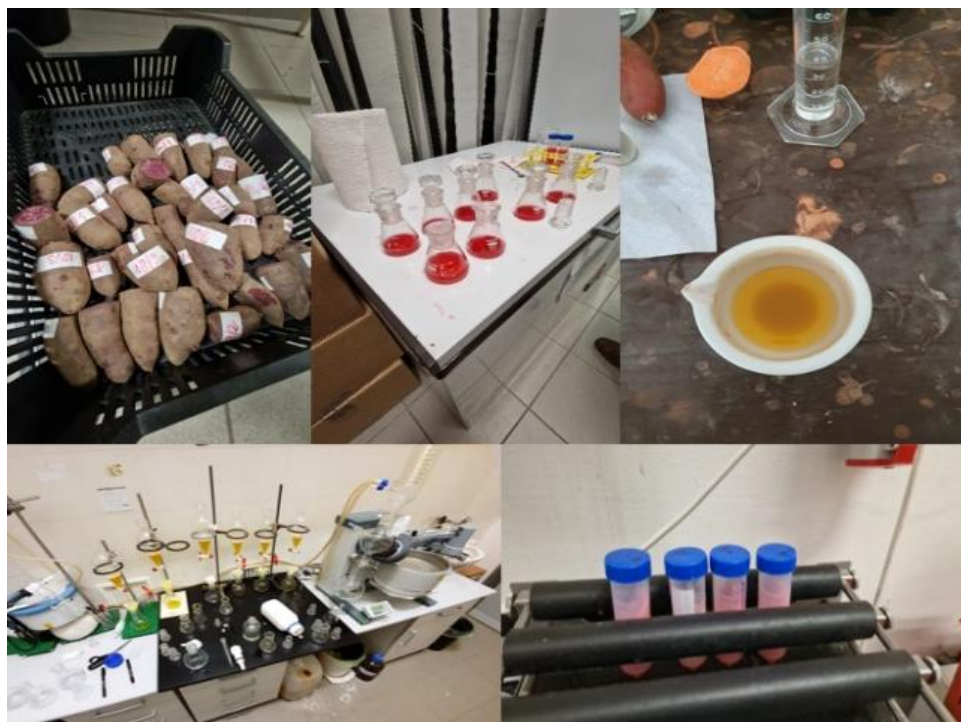
A batáta gumókból 5 grammnyit 1-2 gramm kvarchomokkal dörzsmozsárban összedörzsöltem. A fenolos vegyületek kivonásához 40 %-os ortofoszforsav oldatot tartalmazó etanolt forraltam fel, amit hozzáadtunk a szétdörzsölt batátához. Az így kapott elegyet egy Erlenmeyer-lombikba öntöttem át, amit 15 percig rázattam 80°C-on. Ezt követően 5 percig egy 80°C-os vízfürdős ultrahangos készülékbe helyeztem (modell RK-165-BH Bendelin Sonorex, Németország). Az extraktumot 5 percig 5000 rpm-en centrifugáltam (M-Universal, MPW Med. Instrument, Lengyelország). A felülúszót dekantáltam majd tisztítottam egy 22 μm -es, 13 mm-es üvegszálal fecskendőszűrőn keresztül, mielőtt HPLC készülékbe injektáltam.

Az analitika során Chromaster Hitachi HPLC-mérőműszert használtam, amely egy 5160-as gradiens szivattyús modell, ami tartalmaz egy 5260-as automata mintázót, egy 5310-es oszlopot és egy 5430-es diódasoros detektort (9.kép). A HPLC működtetéséhez és a kromatogramok elemzéséhez EZChrome Elite szoftvert használtam.

A fenolos vegyületek elválasztását Ascentis foszforral kondicionált C18 fázison (C18-PCP, Supelco, USA) végeztük 1%-os orto-foszforsav (A) és acetonitril (B) gradiens elúciójával egy nemrégiben kidolgozott protokoll szerint, amely publikáció alatt van. A gradiens elúció 1%-os B-vel kezdődött az A-fázisban, 20 perc alatt 20%-os B-re váltott, 10 percig izokratikus maradt, 5 perc alatt 30%-os B-fázisra váltott, 10 percig izokratikus maradt, végül 5 perc alatt 1%-os B-re váltott. A DAD detektálását 190 nm és 700 nm között végeztem. A mennyiségi meghatározás az egyes vegyületek maximális abszorbancia hullámhossznál mért terület rögzítésén és a standard oldatéhoz történő viszonyításán alapult.

A különböző fenolok törzsoldatait (Sigma-Aldrich a Merck cégen keresztül, Budapest Hungary) úgy készítettem el, hogy 2-3 mg-ot 10 ml abszolút etanolban vagy metanolban feloldottam, majd 10-szer hígítottam 40%-os etanollal 1%-os ortofoszforsavban. A munkaadatokat a fenolos vegyületek kalibrációs görbéinek, azonosítására és mennyiségi meghatározására használtam. Ha nem állt rendelkezésre standard, a vegyületeket a spektrális jellemzőik és a kromatográfias viselkedésük irodalmi adatokkal való összehasonlítása alapján próbaképpen azonosítottam. Az antocianinok esetében csak delfinidin-klorid állt rendelkezésre, ezért a HPLC-profilon kimutatott összes antocianint delfinidin-klorid-egyenértékben számszerűsítettem.

Az összes antocianin hozamot a terméshozam (t/ha) és a gumókban mért összes antocianin koncentráció ($\mu\text{g/g}$) szorzataként számoltam ki, majd az értéket 1000-rel osztottam, így kaptam meg az összes antocianin hozam mennyiségét kg/ha egységben.



9. kép Élelmiszer analitikai vizsgálatok, fenolok karotinoidok, antocianinok extrakciója. Forrás: saját fotó

3.6 Statisztikai vizsgálatok

Az összegyűjtött adatokat és a kezelések közötti különbségeket ANOVA-teszt segítségével elemeztem, míg a kezelések közötti átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet alkalmaztam, amelyet az R (v4.3.1) programban az „Rcommander” csomag (v2.9-2) (Fox et al., 2024) használatával végeztem el. A szignifikáns különbségeket legalább a $p < 0,05$ szignifikancia szinten határoztam meg. A változók közötti lineáris kapcsolat erősségét Pearson-korrelációval állapítottam meg az R programban található „metan” csomag (v1.18.0) (Olivoto et al., 2020) segítségével. 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 módokat (bakhátas és sík) és a növényssűrűséget (szimpla és ikersoros), mint független változók hatását a termés hozamra, β -karotinra, cis- β -karotinra, ζ -karotinra, összes karotinra, összes antocianinra, Fv/Fm és a SPAD értékekre, mint függő változókra gyakorolt hatást két- és három tényezős (az eltérő évek értékeinek összevetésével meghatározott évjáráthatással kiegészítve) varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltam az egyéni interakciók megállapítása érdekében, valamint Tukey-posthoc teszteket alkalmaztam.

A SPAD, az Fv/Fm és a fő karotinoid, valamint antocianin komponensek koncentrációjának mért paraméterein a hozamon főkomponens-elemzést végeztem. A főkomponens elemzés (Principal Component Analysis, PCA) segít az adatok dimenziószámának csökkentésében úgy, hogy az adatok megőrzik varianciájuk legnagyobb részét. Ez különösen hasznos nagyméretű, sok változót tartalmazó adathalmazok esetén, ahol cél a redundancia csökkentése és a legfontosabb mintázatok, összefüggések feltárása (Abdi et al. 2010).

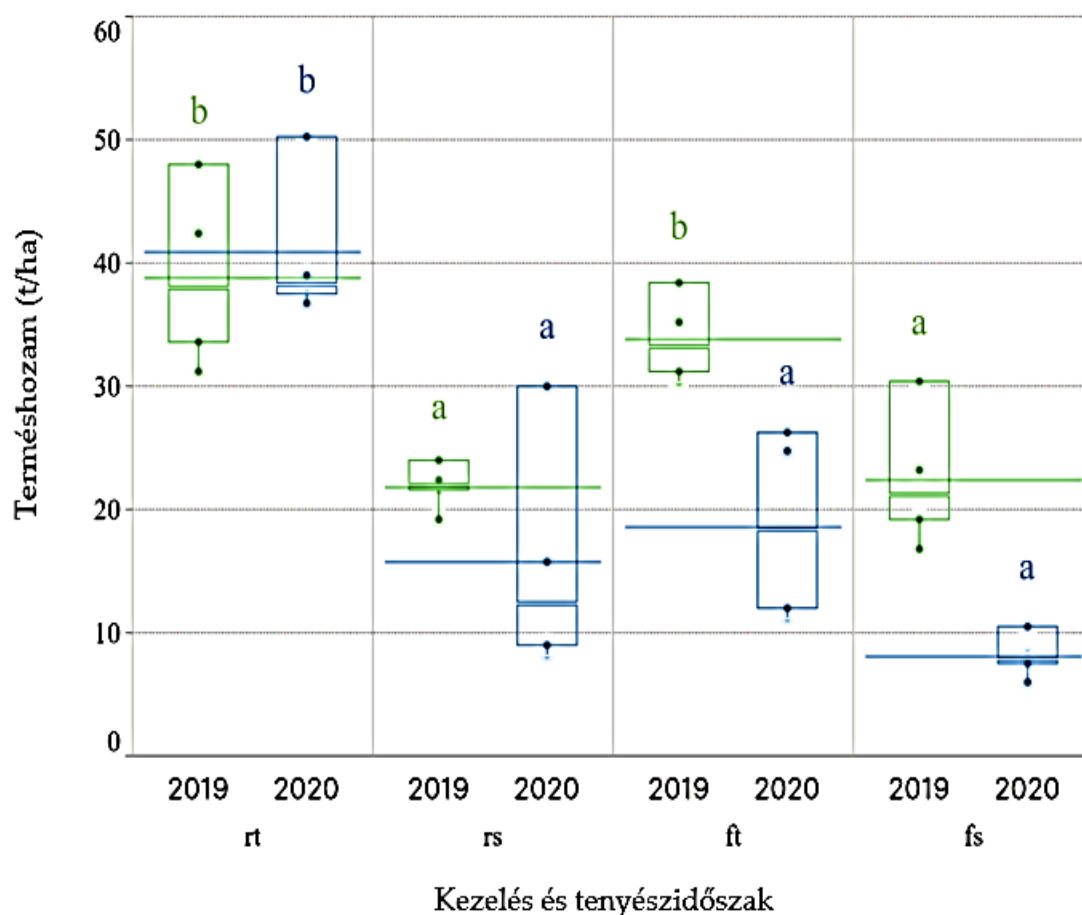
A Pearson-féle korreláció vizsgálat segítségével a vegetációs periódus során a különböző időpontokban elvégzett méréseket értékeltem a hozam és a SPAD értékek közötti összefüggések alapján. A Pearson-féle korreláció két változó közötti lineáris kapcsolat erősségét méri, ahol a korrelációs együttható +1 és -1 között mozog. Minél közelebb van az érték a +1 vagy -1 értékhez, annál erősebb a kapcsolat.

4. Eredmények és megvitatása

4.1. Beauregard fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

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

Az 3. ábra a négy különböző batáta-termesztési módszer hatékonyságát mutatja a hektáronkénti átlagos terméshozamra vonatkoztatva a két vegetációs periódus során (3. ábra).



3. 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 ($p < 0,05$)

Magasabb volt a termésátlag az első vizsgálati évben, kivéve az RT kezelést, ahol mindkét tenyészidőszakban hasonló termésszintet produkált a Beauregard fajta, 2019-ben átlagosan 38,79 t/ha, 2020-ban pedig 40,87 t/ha-t. A kezelések egymáshoz való viszonya mindkét tenyészidőszakban nagyon hasonlóan mondható, de a statisztikai teszt eredménye némileg eltérő. Ennek oka, hogy 2020-ban csak az RT kezelésnél volt szignifikánsan magasabb a terméshozam az összes többi kezeléshez mérten, míg 2019-ben mindkét ikersoros technológia nagyobb terméseredményt produkált, mint a szimplasoros termesztéstechnológia. 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. A 2020-as vegetációs időszakban mértem a legalacsonyabb (FS) és egyben a legmagasabb terméshozamot (RT) is a teljes vizsgálat alatt. Annak ellenére, hogy a kutatás során a bakhátas művelés pozitív hatását tapasztaltam a terméshozamot illetően, más kutatások nem erősítették meg a bakhátas művelésnek a sík műveléssel szembeni kedvező hatását (Dike et al., 2021). Ugyanakkor vannak olyan kutatási eredmények is, ahol szintén a bakhátas művelés hozamnövelő hatásáról számoltak be (Ahmed et al., 2012). Hasonló agroökológiai-környezeti feltételek mellett végzett kutatás során szintén a bakhátas termesztés volt előnyösebb, ahol 37%-kal magasabb hozamot értek el (Kuts et al., 2021). Más kutatók is a bakhátas művelési módot javasolták az ágyásos művelési móddal szemben, mivel 27%-os többlet hozamot eredményezett (Saqib et al., 2017), amely ugyan kissé alacsonyabb, mint a saját vizsgálatban megfigyelt eredmények. A bakhátak jó agronómiai tulajdonságot, laza talajt biztosítanak, ami elősegítheti a gumók egyöntetű növekedését, valamint az ezt kiegészítő agrofóliás talajtakarás megakadályozza a gyomosodást, valamint az erős esőzések által okozott erózió ellen is védelmet biztosít.

4.1.2 A termesztéstechnológia és a növény-sűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra Beauregard fajta esetében

4.1.2.1 Relatív klorofill tartalom-SPAD-index-mérési eredmények

Az eltérő termesztéstechnológiai módszerek jelentős hatással lehetnek a növények növekedésére és ezáltal a relatív klorofill tartalomra, ami jól jellemezhető a SPAD-értékekkel.

A SPAD-értékek vizsgálata során a szabadföldi kísérletek első évében nem mutatkozott szignifikáns különbség a kezelések között, az egyes mérési napokon (6. táblázat). Bár a legnagyobb különbséget az RT és az RS kezelések között a 2019-es vegetációs év második mérési időpontjában regisztráltam, ennek ellenére az ANOVA teszt során ez nem mutatott szignifikáns különbséget.

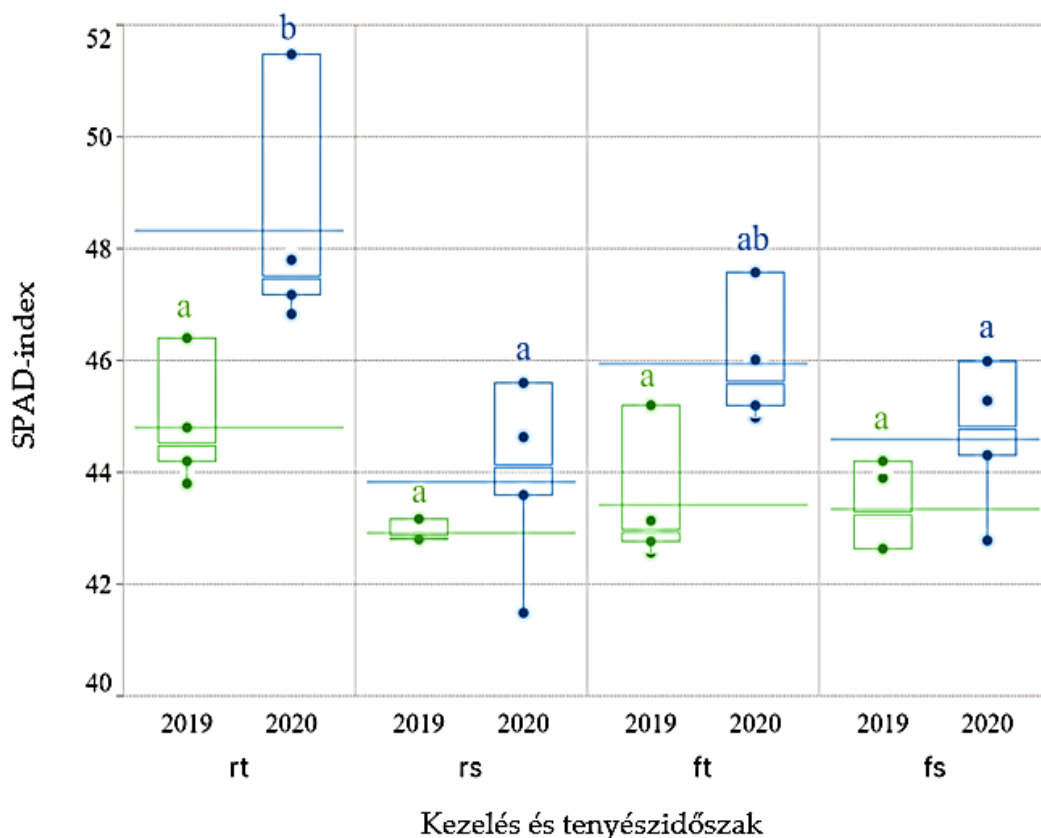
A 2020-as év első két mérési időpontjában szignifikáns különbség mutatkozott a bakhátas művelési módhoz tartozó két eltérő növény-sűrűségű (szimpla, és ikersoros) beállítás között. A sík művelési módú termesztési technológia két kezelése között azonban nem tapasztaltam különbséget és ezek a bakhátas kezelésektől sem különültek el egyértelműen (6. táblázat). A további mérési időpontokban még mindig említésre méltó volt a különbség, azonban ezek nem voltak szignifikáns eltérések. A tenyésztési időszak végére, az utolsó mérési időpontban a SPAD-értékek minden kezelés során hasonlóan alacsony szinten voltak a korábbi időpontokhoz képest, ami a levelek öregedésére utal. A legalacsonyabb átlagértéket éppen az addig kiemelkedő RT kezelésben regisztráltam. Az RT csoportban tapasztalható SPAD-indexek kiemelkedtek a többi csoporttól, különösen az első és a második mérési időpontban, de még a harmadik időpontban is magasabb értéket mértem, ami arra utal, hogy ez az ültetési mód befolyásolta leginkább a SPAD-indexet.

Általánosságban elmondható, hogy az RT termesztéstechnológiai módszer során rögzített SPAD értékek voltak a legmagasabbak mindkét tenyésztési időszakban egészen szeptemberi utolsó mérési időpontig.

6. táblázat A SPAD vizsgálatok kiértékelése a két vegetációs időszak alatt. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0,05$), ns-nem szignifikáns.

KEZELÉS	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13	
FS	43,3 ± 1,1	43,4 ± 1,1	43,4 ± 1,5	
FT	42,8 ± 0,9	45,1 ± 1,9	42,3 ± 1,7	
RS	43,2 ± 0,9	43,0 ± 0,9	42,6 ± 0,8	
RT	44,2 ± 1,6	46,0 ± 2,5	44,2 ± 1,6	
P-ÉRTÉK	ns	ns	ns	
KEZELÉS	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
FS	43,1 ± 2,2 ab	46,8 ± 3,6 ab	42,9 ± 3,7	45,5 ± 4,5
FT	42,6 ± 4,1 ab	47,8 ± 2,5 ab	48,9 ± 0,9	44,4 ± 2,5
RS	41,9 ± 4,2 a	42,6 ± 3,4 a	45,6 ± 5,2	45,3 ± 4,3
RT	48,9 ± 1,3 b	50,1 ± 0,7 b	50,9 ± 0,9	43,3 ± 1,3
P-ÉRTÉK	<0,05	<0,05	ns	ns

A SPAD-értékek 2019-es tenyészidőszakban mért átlagait vizsgálva a 4. ábraán látható, hogy az RT művelési módban a batáta leveleinek SPAD-értéke kissé magasabb a másik három művelési módnál, de a különbség minden esetben 5% alatt volt. Hasonló mintázat látható a 2020-as vegetációs időszakban is, de itt az RT kezelés SPAD értéke már szignifikánsan magasabb volt a többi csoporttól. Az FT kezelést leszámítva a SPAD 2020-as szezonátlagok 5-10%-kal magasabb értékeket mutattak; ettől függetlenül a különbség nem volt szignifikáns minden mérési időpontban. A 2020-as tenyészidőszak során mért SPAD-indexek értékei minden esetben magasabbak voltak, mint a 2019-es év SPAD értékei. Ez jól mutatja a két tenyészidőszak közötti különbséget, valamint, hogy a kedvező évjárat pozitívan befolyásolta a batáta leveleinek relatív klorofillkoncentrációját. Az eredmények alapján látható volt, hogy a hozam, valamint a SPAD-index számok is az RT technológia során voltak a legmagasabbak továbbá a magasabb tőszám pozitívan befolyásolta a SPAD-indexeket. Ez arra utal, hogy e technológia során magasabb volt a levelek relatív klorofill tartalma, ami elősegítette a növények jobb fényelnyelését és asszimilációját (Nemeskéri et al., 2019).



4. ábra A teljes vizsgálati időszak SPAD átlagai a két tenyészidőszakban (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$). A vízszintes vonal az átlagokat jelöli.

4.1.2.2 Klorofill fluoreszcencia mérési eredmények a Beauregard fajta esetében

A Tukey-féle post hoc teszt alapján látható, hogy 2019-ben az RS és RT kezelések az első, a második és a harmadik mérési időpontban is szignifikánsan különböztek az FS és FT beállításoktól. Az eredmények alapján elmondható, hogy az RS és RT művelési módok magasabb klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékeket mutattak, ami a kiegyenlítettebb fotoszintetikus teljesítményt jelezte. A bakhátas termesztés során a batátát jobb fotoszintetikus teljesítmény jellemezte a síkművelési módhoz képest.

A 2020-as kísérlet során az eltérő művelési módszerek közötti különbség kevésbé volt jelentős, és a mérések során tapasztalható tendencia sem volt olyan egyértelmű, mint az előző évben. Az eredmények alapján elmondható, hogy a növényesűrűségnek volt jelentősebb szerepe a klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékek alakulásában. A feltárt különbségek nem minden esetben magyarázhatóak azonban csak a különböző töszámú ültetési mód hatásával, különösen, ha megnézzük a vizsgálat második évét, ahol a tényezők összetettebb kölcsönhatása figyelhető meg. A második mérési időpontban minden kezelésben extrém alacsony értékeket mértem. Az Fv/Fm értékek ideális tartománya egészséges, stresszmentes növények esetében általában 0,75–0,85 között mozog. Ha az érték ebben a tartományban van, az a fotoszintetikus rendszerek optimális működését jelzi. A 7. táblázat alapján látható, hogy az első évi mérési időpontok között csak az RT kezelés haladta meg a 0,75 Fv/Fm értéket a második és harmadik mérési időpontban. A 2020-as tenyészidőszak során csak az utolsó mérési időpontban az RS kezelésnél mértem 0,75 Fv/Fm értéknél magasabbat. Taduri et al., (2023) megállapította, hogy a Beauregard fajtánál az aszályos időszak okozta stresszhatás növeli a klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékét, míg más genotípusok eltérően reagáltak az aszálystresszre. A magasabb Fv/Fm-értékek a bakhátba ültetett

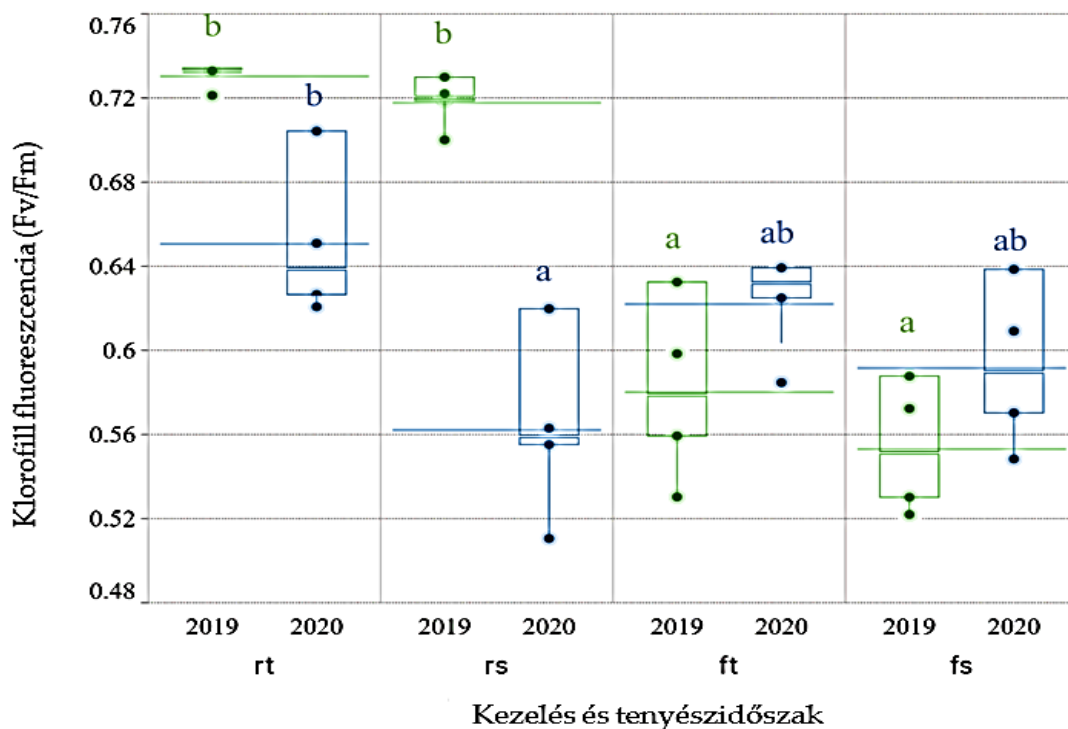
ikersoros technológiához kapcsolódtak, amely mutatja, hogy a fajta jobban reagál az aszályos időszakban tapasztalható hőstresszre. Az Fv/Fm érték változását a hőstressz befolyásolja.

7. táblázat Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) eredmények értékelése a két vegetációs periódus során Beauregard fajta esetében. A különböző betűk a mérési időpontokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$), ns-nem szignifikáns

KEZELÉS	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13
FS	0,606 ± 0,03 a	0,381 ± 0,09 a	0,672 ± 0,02 a
FT	0,611 ± 0,02 a	0,407 ± 0,01 a	0,408 ± 0,05 ab
RS	0,647 ± 0,04 b	0,709 ± 0,02 b	0,770 ± 0,003 b
RT	0,687 ± 0,01 b	0,752 ± 0,01 b	0,752 ±0,02 b
P-ÉRTÉK	<0,01	<0,001	<0,01

KEZELÉS	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
FS	0,672 ± 0,03	0,571 ±0,08 a	0,401 ± 0,13 a	0,723 ± 0,02
FT	0,671 ± 0,02	0,424 ± 0,13 ab	0,657 ± 0,06 b	0,735 ± 0,01
RS	0,652 ±0,10	0,271 ±0,06 b	0,574 ± 0,08 ab	0,752 ± 0,01
RT	0,688 ± 0,04	0,563 ± 0,17 a	0,606 ± 0,11 ab	0,746 ± 0
P-ÉRTÉK	ns	<0,05	<0,05	ns

A tenyészidőben mért szezonális átlagos Fv/Fm értékek elemzése azt mutatta, hogy a két kísérleti év összehasonlításakor három kezelés esetében többé-kevésbé az eredmény hasonló volt, azonban az RS kezelés esetén jelentős volt a különbség a két vegetációs periódusban (5. ábra). A 2020-as év alacsonyabb mérési eredményét leginkább a második mérési időpontban megállapított rendkívül alacsony Fv/Fm érték befolyásolta. A két év tendenciája hasonló volt, általában a sík termesztési módszerben a batáták alacsonyabb Fv/Fm értékkel rendelkeztek. A legmagasabb értékeket mindkét évben az RT termesztési módszernél tapasztaltam (5. ábra).



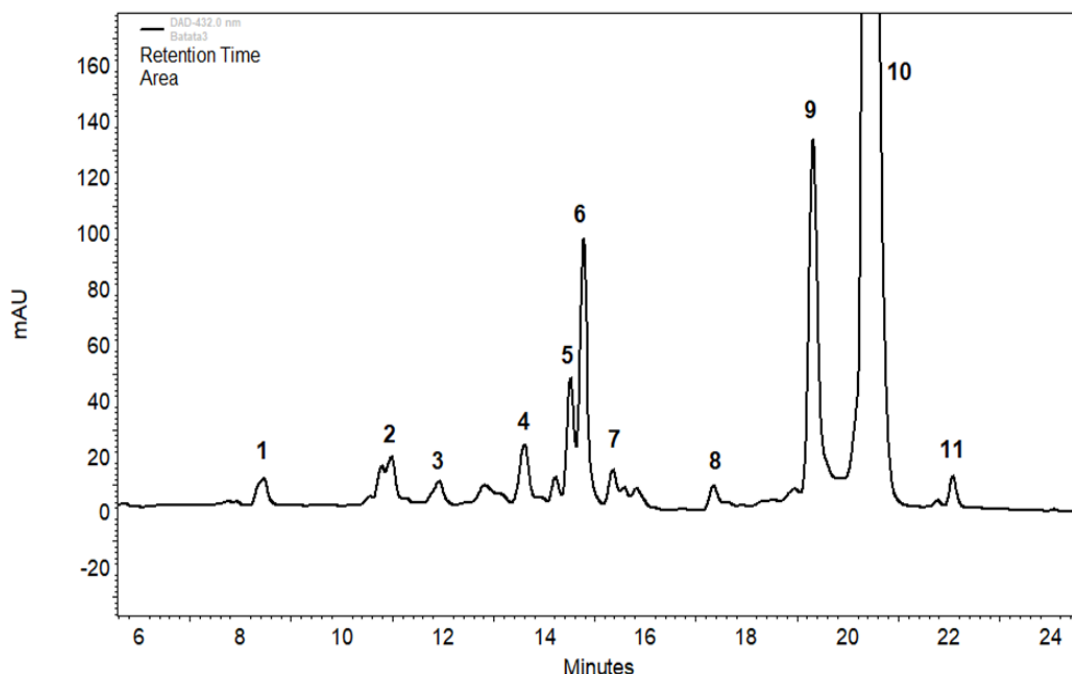
5. ábra A teljes vizsgálati időszak átlagos klorofill fluoreszcencia értékei (F_v/F_m) a két tenyészidőszakban (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhat, F-Sík, T-ikertor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.1.3 Beauregard batáta polifenol- és karotinoid-profiljának analitikai meghatározása

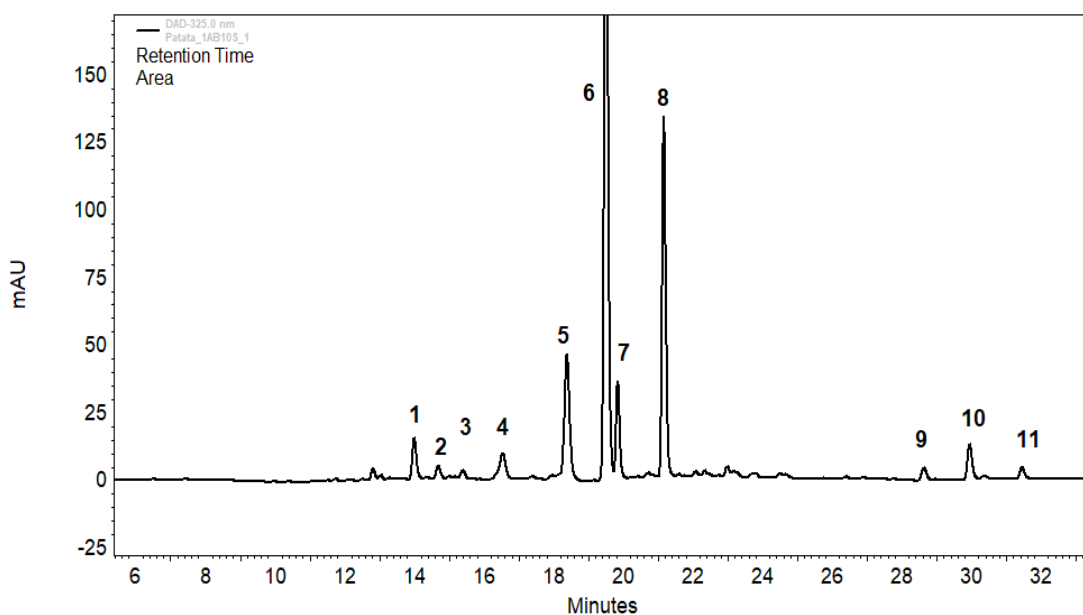
A Beauregard batáta bioaktív komponenseinek analitikai vizsgálata során a nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás (HPLC) elemzés eredményeképpen részletes képet kaptam a karotinoid- és polifenol-összetételről. A vizsgált minták alapján 11 különböző karotinoid vegyületet sikerült elkülöníteni és azonosítani mely a 6. ábrán látható. A kinyert karotinoidok közül a β -karotin (10. csúcs) mutatta a legnagyobb koncentrációt. Ez a vegyület különösen jelentős, mivel az A-vitamin legfontosabb provitaminja. A β -karotin az emésztőrendszerben, elsősorban a vékonybél nyálkahártyájában, enzim oxidáció révén retinollá (A-vitaminná) alakulhat át (Olson, 1989). Emiatt a növényi eredetű élelmiszerekben a β -karotin fontos A-vitamin-forrásként tekinthető, mivel szervezetünk hatékonyan képes azt retinollá, azaz aktív A-vitaminná alakítani. A mintában azonosított egyéb karotinoidok – mint az α - és β -kriptoxantin – szintén rendelkeznek provitamin-A aktivitással, míg a jelen lévő cisz-izomerek és epoxidált származékok (pl. β -karotin-epoxid) jellemzően a hőkezelés, fényhatás vagy oxidatív környezet során keletkeznek, és befolyásolhatják a karotinoidok stabilitását, felszívódását és biológiai hasznosulását (Ukom et al., 2011).

A Beauregard minta polifenolos összetétele alapján jól látható (7. ábra), hogy a klorogénsav (6. csúcs) domináns mennyiségben van jelen, melyet jelentős koncentrációban követnek különböző caffeoyl- és feruloyl-quinic konjugátumok. A jelenlévő vegyületek többsége a hidroxifahéjsavak csoportjába tartozik, amelyek quinic-savval vagy glükózzal alkotott mono- és di-észteres formákban fordulnak elő. A későbbi elúciós időnél megjelenő csúcsok (9–11.) valószínűsíthetően nagyobb molekulatömegű, kevésbé poláris konjugátumokat jeleznek, mint például a di-caffeoyl

és di-feruloyl származékok. E vegyületek biológiai hatásai szempontjából különösen fontos kiemelni, hogy a hidroxifahéjsavak – így a kávésav (caffeoyl)- és ferulsavszármazékok (feruloyl) – jelentős antioxidáns aktivitással rendelkeznek. Ezáltal hozzájárulhatnak szív- és érrendszeri betegségek, rákos megbetegedések és idegrendszeri rendellenességek (például Alzheimer- és Parkinson-kór) megelőzéséhez vagy mérsékléséhez, valamint antidiabetikus, antimikrobiális és antitumorigén hatásuk is ismert (Silva et al., 2015).



6. 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: cisz- β -karotin, 10: β -karotin, 11: γ -karotin



7. ábra Beauregard batatából kinyert polifenolok HPLC profilja 1: feruloyl-quinic-sav, 2: kávésav, 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

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

Az alacsonyabb koncentrációban jelenlévő karotinoidok, mint a cisz- β -karotin és a ζ -karotin tartalma nem mutatott szignifikáns különbséget. Hasonló eredményt publikáltak egy másik kutatásban, ahol szintén nem mutatott szignifikáns hatást a tőszám és a művelési mód a cis- β -karotinra, valamint a ζ -karotinra. Ezek szintje a nyers batátában lényegesen alacsonyabb volt, mint a transz- β -karotin izomer koncentrációja azonban megállapították azt is, hogy a cis- β -karotin mennyisége főzés után magasabb értéket mutat (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 az eltérő termesztési módok nem gyakoroltak jelentős hatást a karotinoid-tartalomra. 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.

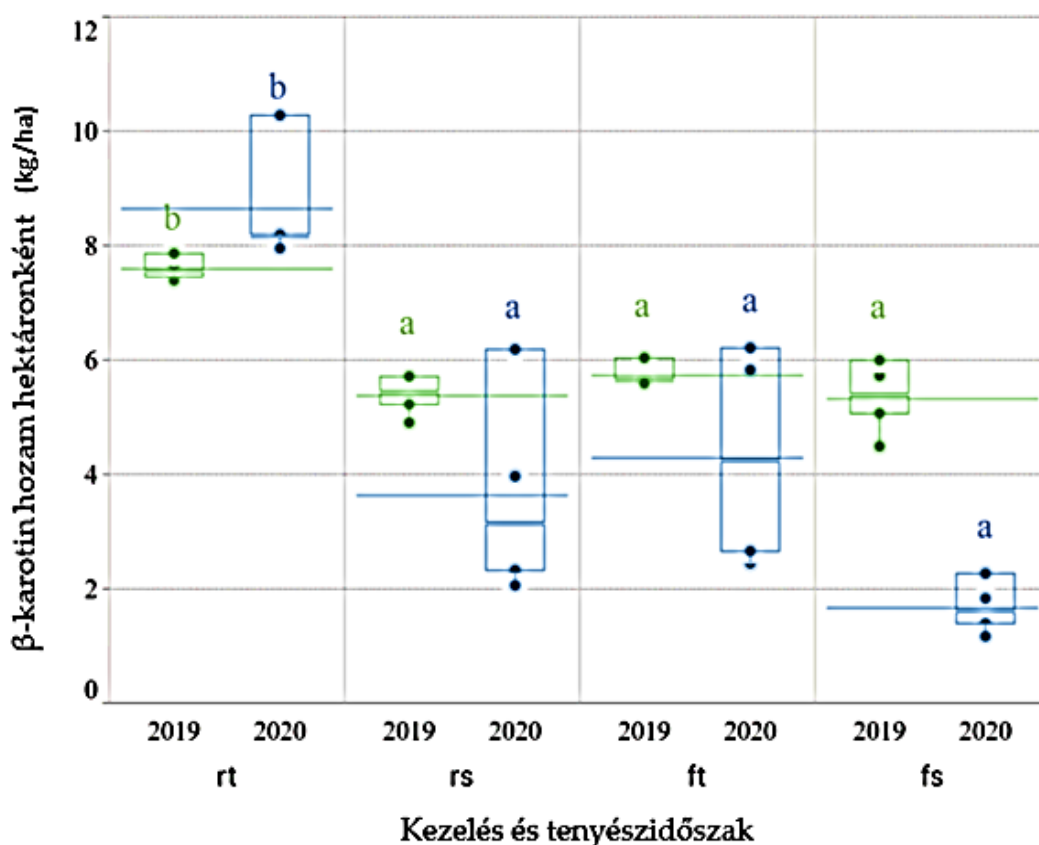
Összességében a két év adatainak elemzése azt mutatja, hogy a vizsgált kombinációk hatással vannak a batáta élelmezés szempontjából fontos karotinoid paramétereire, ezen belül a növényesűrűség a meghatározóbb faktor. A karotinoid-tartalom szempontjából mindkét vizsgálati évben a bakhátban termesztett szimplasorok mutatták a legmagasabb karotinoid szintet (8. táblázat).

8. 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	cis- β -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	cis- β -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

Jó indikátor lehet a terméshozamra és a mért β -karotin koncentrációkra, ha megvizsgáljuk az eltérő kezelések β -karotin hozamát. 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

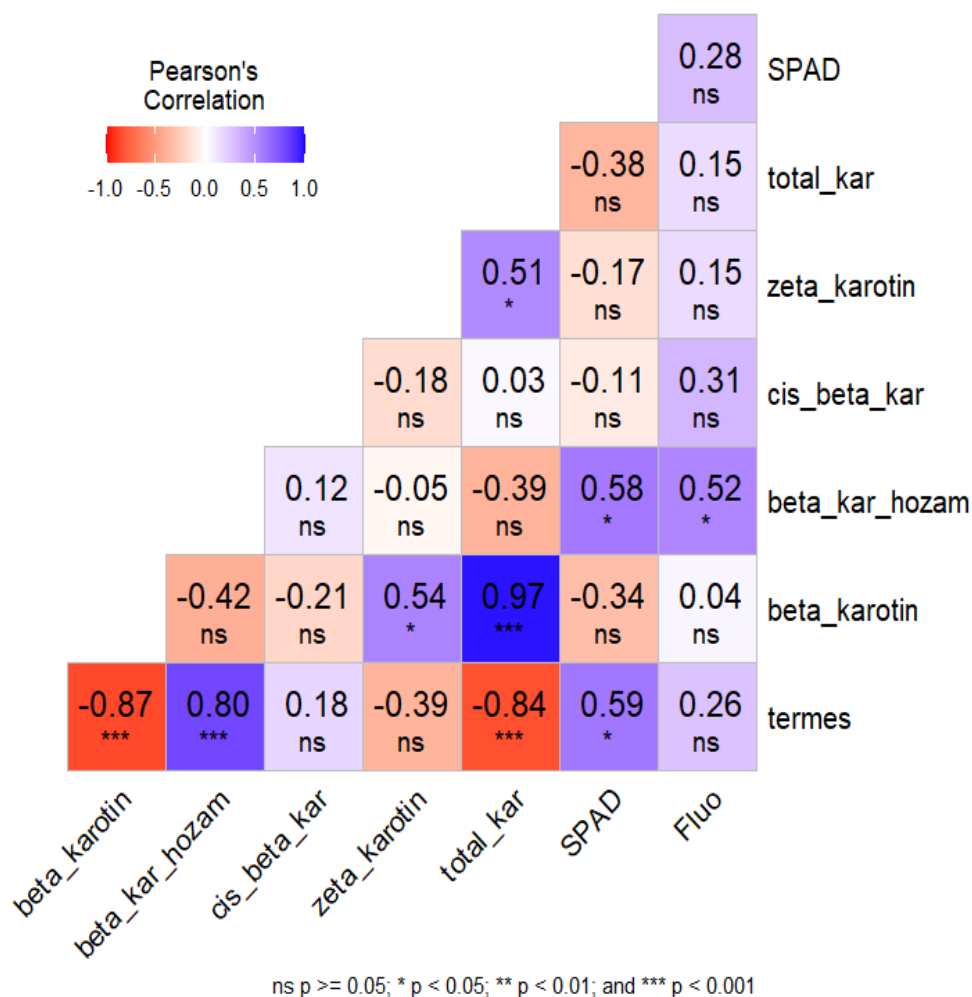
legmagasabb koncentráció. A többi kezelés közötti különbség statisztikailag nem volt szignifikáns (8. ábra). A két éves adatokból számolva az RT termesztési módszer értékei 31, 26, illetve 30%-kal magasabbak voltak az RS, FT és FS kezelésekhez képest. A biotikus és abiotikus környezeti tényezőkön túl a művelésmódok is bizonyítottan hatással vannak a karotinoidok bioszintézisére, és így jelentős szerepet játszanak a növények biofortifikációjában ahogy egy másik kutatás is beszámol róla (Ngamwonglumlert et al., 2020). Ennek ellenére az e területen fellelhető szakirodalom nagy része a tárolás, illetve a különböző feldolgozási vagy főzési módszerek hatását vizsgálja a nyersanyag és karotinoid-tartalom vonatkozásában, és csak kevés olyan kutatási anyaggal lehet találkozni, ahol a művelési mód hatását vizsgálják a gumók karotinoid összetételére. Saját méréseim alapján a vizsgált fajtában a fő karotinoid összetevő a β -karotin volt, amely az összes karotinoid tartalom 83–88%-át tette ki a mintáktól függően. Ebben a témában végzett kutatás azonban ennél magasabb arányt, 91–94%-ot írt le (Pazos et al., 2022). Van olyan kutatás, ahol még ennél is magasabb, értéket írtak le, 99%-os β -karotin-arányról számoltak be sárgahúsú batáták esetében (Laveriano-Santos et al. 2022). Összeségében a vizsgálat során mért összes karotinoid- és β -karotin-koncentráció magasnak tekinthető, más publikációkban közölt különféle termőterületről származó mintákkal összevetve. Több esetben a karotinoid mennyiségek kétszeresét vagy akár háromszorosát is meghaladják a saját mérési eredmények más kutatások eredményeihez képest (Mello et al., 2022 és Johnson et al., 2021). A koncentrációs különbségek az eltérő genotípusokból és a különböző extrakciós és mérési módszerekből is adódhatnak.



8. ábra Az átlagos β -karotin hozam (kg ha^{-1}) az eltérő kezelések hatására a két tenyésztidőszakban a két tenyésztidőszakban (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyésztidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

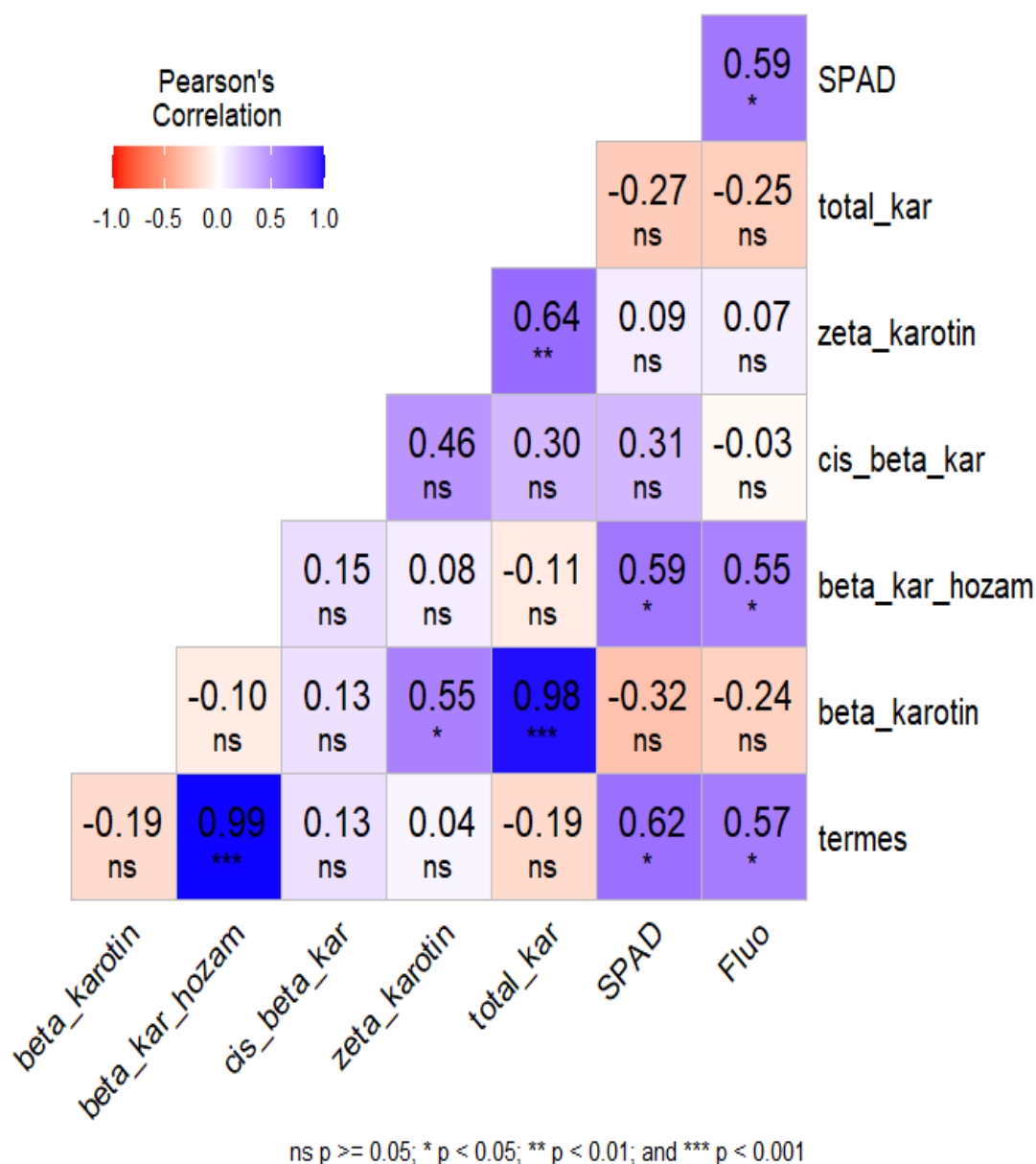
4.1.5 Korrelációs összefüggések vizsgálata Beauregard fajta esetében

A két vizsgálati évben a változók közötti korreláció külön-külön történő értékelése alapján, a β -karotin és a terméshozam közötti korrelációs együttható a 2019-es termesztési szezonban nagyon erős negatív korrelációt mutatott, azaz a β -karotin-tartalom a terméshozam növekedésével csökkent. Mivel az összes karotinoidtartalom több mint 80%-át a β -karotin teszi ki, emiatt az összes karotinoidtartalom is hasonló mértékű negatív korrelációban áll a terméshozammal. A cisz- β -karotin és a ζ -karotin azonban nem mutatott szignifikáns korrelációt a terméshozammal. A növényfiziológiai tényezők közül csak a SPAD és terméshozam között volt szignifikáns mértékű, pozitív előjelű korreláció (9. ábra).



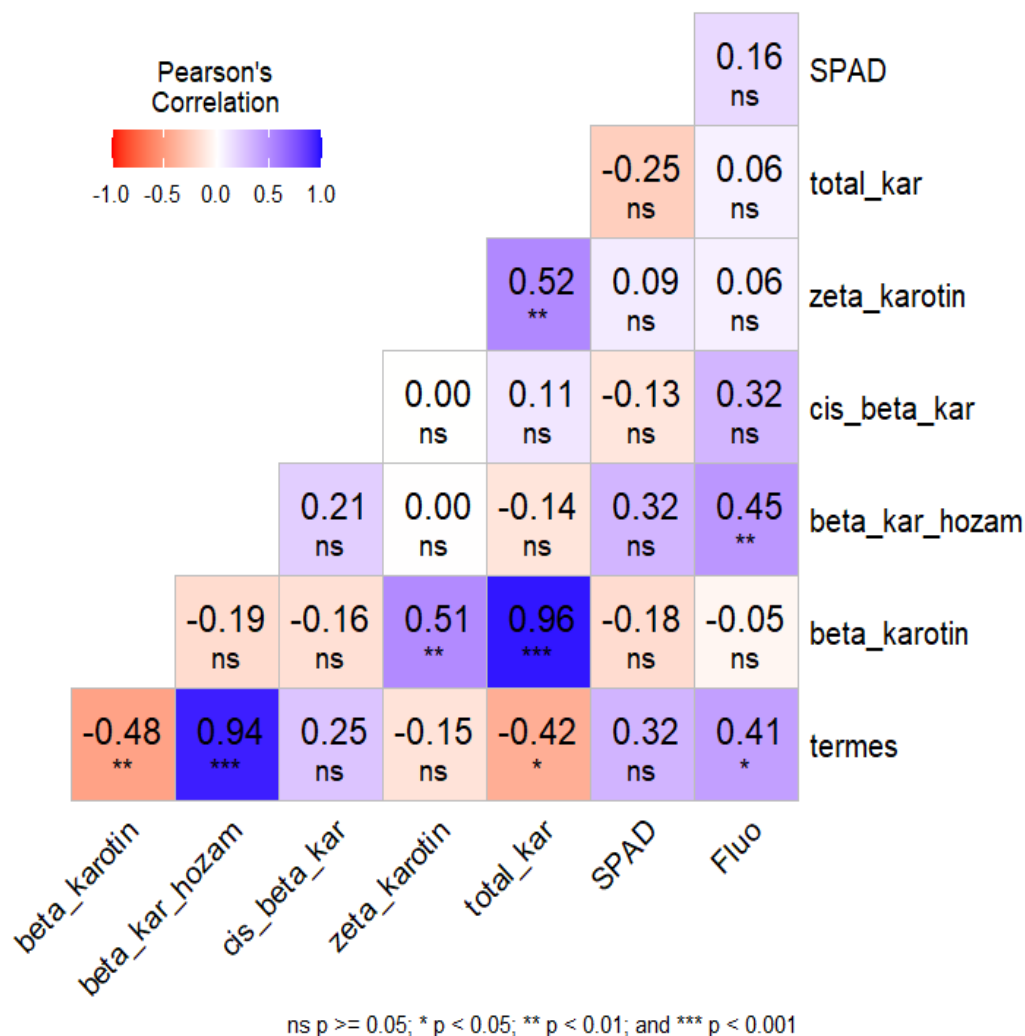
9. ábra A mért változók korrelációs mátrixa a 2019-es kísérleti évben. A SPAD és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében a mérési időpontok átlagát vontam be a számításba.

A 2020-as vegetációs időszakban mindkét növényfiziológiai paraméter összefüggést mutatott a terméshozammal, ami arra utal, hogy a magasabb klorofilltartalmú és fotoszintetikus aktivitást mutató, egészségesebb növények jobb termést produkálnak. Ugyanakkor a vizsgált karotinoid komponensek, sem a terméshozam, sem a növényfiziológiai paraméterekkel nem korreláltak, ami a két év közötti fő különbség, hiszen a β -karotin és a termés a megelőző évben erős negatív korrelációban álltak (9. ábra).



10. ábra A mért változók korrelációs mátrixa a 2020-as kísérleti évben. A SPAD és a klorofill fluoreszcencia (F_v/F_m) esetében a mérési időpontok átlagát vontam be a számításba.

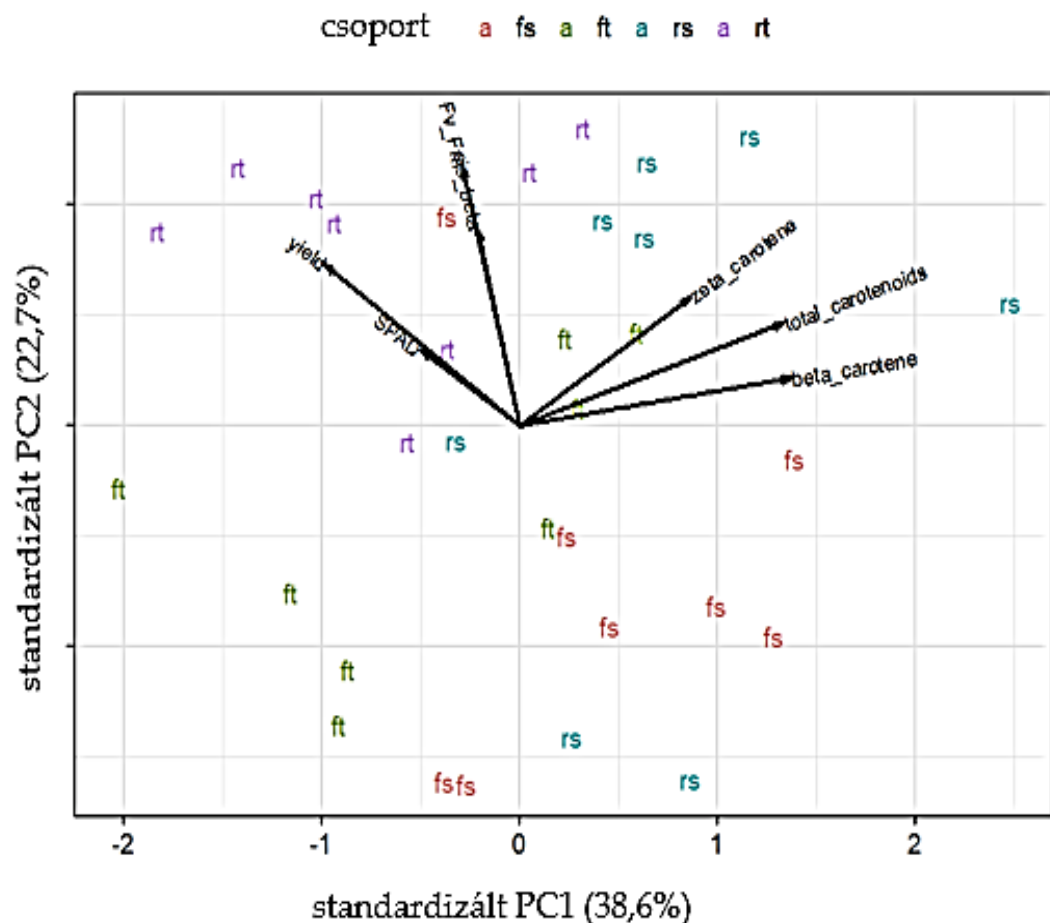
A két év eredményeinek kombinált elemzése erős korrelációs összefüggést mutatott néhány mért paraméter között (11. ábra). A terméshozam és a növényfiziológiai paraméterek közötti összefüggést nem sikerült egyértelműen megerősíteni. Az F_v/F_m értékek alacsony korrelációs együtthatóval ($r=0,41$) mutattak összefüggést a terméshozammal. A β -karotin-tartalom és a terméshozam közötti összefüggés mérsékelt negatív korrelációt mutatott. Ez a Beauregard batáta fő karotinoid komponense, amely az összes karotinoid tartalom 86%-át adja ezért az összes karotinoid tartalom is hasonló mértékű negatív korrelációt mutatott. Nem volt tapasztalható összefüggés azonban a levelek fiziológiai jellemzőivel, úgymint a relatív klorofilltartalommal vagy a klorofill fluoreszcenciával.



11. ábra A mért változók korrelációs mátrixa a 2019-es és a 2020-as kísérleti évben. A SPAD és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében a mérési időpontok átlagát vontam be a számításba.

4.1.6 Főkomponens elemzés (PCA)-eredményei Beauregard fajta esetében

A főkomponens-elemzés eredményeit biplot segítségével vizuálisan ábrázoltam, amelyet a különböző termesztési módszerek és a kísérlet során mért változókra vonatkozó adathalmaz elemzéssel végeztem el, beleértve a növényfiziológiai paramétereket, a terméshozamot és a batátagumók karotinoid komponenseinek értékeit. Ez lehetővé tette, hogy a különböző mérési eredmények hatását egy biplotban aggregáljam, ahol a két főkomponens az adathalmaz varianciájának 38,6%-át, illetve 22,7%-át rögzítette (12. ábra).



12. ábra A PCA biplot a terméshozam, a SPAD, az F_v/F_m és a fő karotinoid komponensek koncentrációjának mért paraméterein végzett főkomponens-elemzés eredményeit mutatja. Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikerosor, S-szimplasor.

A nyilak iránya és hossza jelezte, hogy az egyes változók milyen mértékben járultak hozzá az adathalmaz varianciájához. A változók hatását mutató nyilak szerint hasonló mértékben járultak hozzá a változók a főkomponensek kialakításához, de kiemelkedett a termés, F_v/F_m és az összes-, illetve béta-karotin. Míg a béta-karotin inkább az első főkomponenst (PC1) határozta meg, a klorofill fluoreszcencia és a cisz-béta-karotin nagy hatással volt a második főkomponensre (PC2).

A PCA szerint a terméshozam a SPAD-értékekkel, míg a klorofill fluoreszcencia a cisz-béta-karotinnal mutatott szorosabb összefüggést, amit a korrelációelemzések csak részben igazoltak vissza. Az ikerosor és a szimplasoros ültetési mód értékei a PC1 tengely mentén határozottan elkülönültek egymástól, ami arra utal, hogy a 12. ábrán a szimpla soros beállítások pontjai inkább a béta-karotin és totál karotinoid koncentrációkat jelentő nyilak körül csoportosulnak, míg a terméshozam és növényfiziológiai paraméterek inkább az ikerosor, sűrűbb növényállománynál voltak meghatározók, és érték el magasabb értékeket. Eközben a bakhátas és a sík művelési módszer értékeinek szórása inkább a PC2 tengelyhez kapcsolódott. A terméshozam és a SPAD szorosabb összefüggést mutatott az RT termesztésnél, ami arra utal, hogy ez a módszer magasabb terméshozamot és relatív klorofilltartalmat eredményez, amint azt a SPAD mérési eredményei is mutatják. Az FS-termesztési módszer viszont kevésbé függhet össze ezekkel a változókkal. A gumók β -karotin és összes karotinoid tartalmának vektora szerint, a szimpla sorokba ültetett, ritkább növényállomány pozitívan befolyásolja a gumók karotinoid tartalmát (12. ábra).

4.1.7 Művelésmód, növényzsűrűség és évszáthatás vizsgálata a Beauregard fajta hozam és beltartalmi paramétereire

A 2019-es vegetációs periódusban a művelési módok (bakhát, sík) csak a klorofill fluoreszcenciára mutattak szignifikáns hatást. Az összes karotinoid tartalomra vonatkozóan a p -érték alacsony volt ($p = 0,052$), de a szignifikancia határ fölötti. A növényzsűrűség azonban jelentősen befolyásolta a batátagumók β -karotin és összes karotinoid tartalmát, valamint a hozamot ($p < 0,001$). A SPAD értékek közel voltak a szignifikáns különbséghez, de nem állapítható meg, hogy a növényzsűrűség ($p = 0,06$) ezt egyértelműen befolyásolta volna, hasonlóan az Fv/Fm értékekhez, valamint a cisz- β -karotin és a ζ -karotin koncentrációhoz. A művelés és a növényzsűrűség együttes hatása sem mutatott szignifikáns hatást a vizsgált változókra.

A 2020-as vegetációs időszakban azonban a vizsgálat során némi eltérés mutatkozott. A bakhátas módszer szignifikáns hatást mutatott a termés hozamra, de nem volt szignifikáns hatása a klorofill-fluoreszcenciára, ami ellentmondásos volt a 2019-es eredményekhez viszonyítva. A növényzsűrűség a 2019-es évhez hasonlóan szignifikáns hatással volt a termés hozamra, de nem volt hatással a β -karotin- és az összes karotinoid-tartalomra, ami ellentétes volt az előző évi eredményekkel. Azonban a két változó interakciója szignifikáns hatással volt a β -karotin- és összes karotinoid-tartalomra a statisztikai vizsgálat alapján.

Az eltérő művelési módok, a növényzsűrűség, valamint az évszáthatás a különböző változókra gyakorolt hatásának megállapítása érdekében a külön-külön is értékeltem az éveket, valamint a két vegetációs periódus adatait összevetve, mint évszáthatás. A statisztikai számításokat ezek alapján elvégeztem háromtényezős ANOVA teszt segítségével (M3 melléklet). A művelési módok termésre gyakorolt hatása szignifikáns ($p < 0,001$) volt a két vegetációs periódusban gyűjtött adatok alapján, ami azt jelzi, hogy a sík és a bakhátas művelési módok között jelentős különbség volt a termés hozamot illetően. Hasonlóan jelentős a növényzsűrűség is, ahol szignifikáns ($p < 0,001$) volt a különbség. A művelési mód és a növényzsűrűség kombinált hatásának is a két év vegetációs időszakát együtt vizsgálva a termés hozamra gyakorolt hatása szignifikáns volt ($p < 0,05$). Az évszáthatást figyelembe véve a két év eltérő abiotikus tényezőinek is szignifikáns hatása volt a termés hozamra ($p < 0,01$).

A növényfiziológiai jellemzők tekintetében a SPAD indexet az évszáthatás ($p < 0,001$) mellett a növényzsűrűség ($p < 0,001$) befolyásolta jelentősen. A klorofill fluoreszcencia tekintetében az Fv/Fm-értékeket a művelési mód ($p < 0,001$) mellett az évszáthatás ($p < 0,01$) valamint a növényzsűrűség ($p < 0,01$) is befolyásolta.

Az eltérő termesztési módszerek nem okoztak szignifikáns különbséget a β -karotin tartalomra és a többi vizsgált karotinoid paraméterre sem. Az ikersoros ültetésnél a dupla növényzsűrűség azonban a termés hozamra ($p < 0,001$) hatással volt. A β -karotin tartalomra ($p < 0,01$), valamint az összes karotinoid-tartalomra ($p < 0,01$) is szignifikáns hatást gyakorolt a növényzsűrűség, kivétel a cisz- β -karotin és a ζ -karotin tartalom, ahol a különbség nem volt szignifikáns. A statisztikai elemzés kimutatta, hogy a sorok elrendezése, a növényzsűrűség jelentősen befolyásolta a termés hozamot, az ikersorok jobb eredményt mutattak a szimplasorokhoz képest. Szignifikáns volt a különbség az összes karotinoid és β -karotin-tartalom esetében is, ami azt jelzi, hogy a növényzsűrűség hatással volt a vizsgált fitonutriensek felhalmozódására a batáta gumókban. Az évszáthatás is jelentős tényezőnek bizonyult, mind a termés hozam, mind a beltartalmi paraméterek változásában.

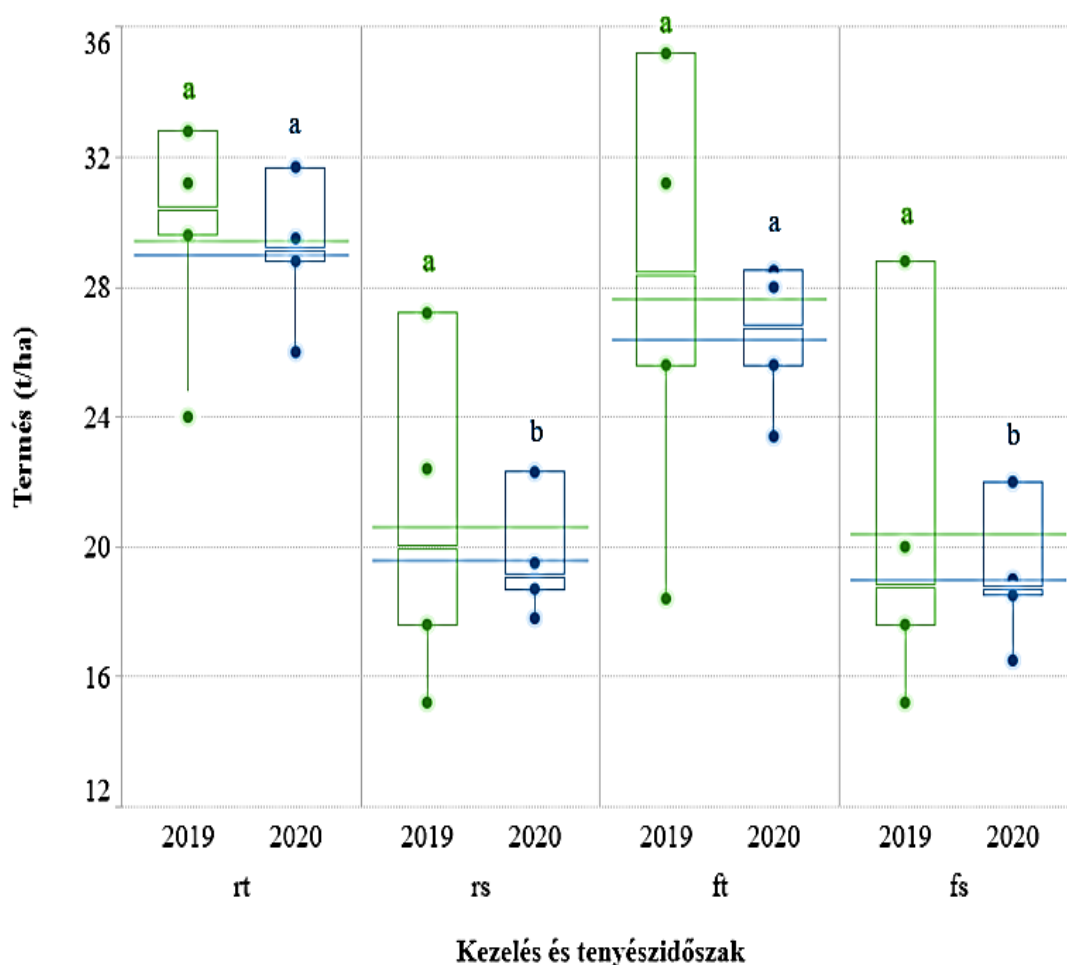
Az változók interakciójának vizsgálata alapján az évszáthatás és művelési mód együttes hatása ($p < 0,01$) mellett a művelési mód és a növényzsűrűség kölcsönhatása is ($p < 0,05$) befolyásolja a termés hozamot. A beltartalmi paraméterek esetében az évszáthatás, a művelési mód és a növényzsűrűség együttes hatása volt kimutatható az

összes karotinoid-tartalomra ($p<0,01$). Az élettani változások közül a SPAD értékre a művelési módok és a sorok együttes hatása volt befolyással ($p<0,05$), míg a klorofill fluoreszcenciát az évjáráthatás és a különböző művelési módok közös interakciója alakította jelentősen ($p<0,001$). Míg a termesztési módszer elsősorban a terméshozamot és az élettani változásokat befolyásolja, addig a növényesűrűség jelentősebb hatással bír a fitonutriensek változására is (M3 melléklet).

4.2 Ásotthalmi-12-es fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

4.2.1 A különböző termesztési módszerek és a növényesűrűség hatása a terméseredményre

A négy különböző beállítás hektáronkénti átlagos terméshozamra gyakorolt hatását mutatja a két kísérleti évben a 13. ábra.



13. 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-ikersor, S-simplasor. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelzik ($p<0,05$).

A 2019-es év meleg volt, amely kedvezett a batáta termesztése szempontjából, a terméseredmények között 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

terméshozam az RT kezelésnél volt megfigyelhető 29,4 t/ha, ami 30,61 %-kal magasabb, mint a legalacsonyabb hozamú FS kezelésben, ahol 20,4 t/ha hozamot mértem, ez egyben a legalacsonyabb érték volt 2019-es betakarításkor. A 2020-as június csapadékosabb volt, mint a 2019-es tenyészidőszak ezen periódusa, melyhez alacsonyabb átlaghőmérséklet is társult. Ezek a környezeti tényezők a kezdeti gumódifferenciálódás szempontjából kevésbé kedvezőek, így a terméshozamok is jobban differenciáltak. Az RT és az FT ikersoros termesztési technológiák során magasabb volt a terméshozam, mint a 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 terméshozamot 29 t/ha, ami 9,5, 31,9 és 32,5%-kal magasabb, mint az FT, FS és az RS kezelések átlagos terméshozama. Találni azonban olyan tanulmányt is, ahol a bakhátas művelés pozitív hatásával ellentmondó eredményeket közöltek. Egy hazai termesztés technológiával foglalkozó tanulmányban a sík művelés átlagosan 26%-kal magasabb hozamot eredményezett. Szintén ebben a kutatásban említik a tőszám növelés terméshozamra gyakorolt pozitív hatását, ahol 33 333-ról 44 444 növényre emelték a tőszámot, amely során a saját vizsgálattal megegyező pozitív hatásról számoltak be a terméshozamot 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)

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

4.2.2.1 Relatív klorofill tartalom mérési eredmények

A SPAD értékek a 2019-es vegetációban az első mérési alkalommal szignifikáns különbséget mutattak, ahol a legmagasabb értéket az RT kezelés során tapasztaltam, majd ezt követték az FT és RS kezelések. A vegetációs periódus előrehaladtával a kezelések közötti különbségek csökkentek, nem volt szignifikáns különbség; a második mérés során azonban a legmagasabb értékeket az RS kezelésnél kaptam. Az utolsó mérési időpontban újra volt szignifikáns különbség, ahol az RT és RS kezelések SPAD értékei magasabbak voltak, mint az FT és FS kezelések. A második mérési alkalomtól a bakhátas termesztésben magasabb SPAD értékek voltak jellemzőek (9. táblázat).

A 2020-as vegetációs periódus első mérése során szignifikáns különbség volt az RT és FT kezelések, valamint az RS és az FS technológia között, ahol az ikersorba ültetett palánták esetében magasabb SPAD értékek voltak jellemzők. A vegetáció során az eltérő mérési időpontokban az RT kezelés szignifikánsan magasabb volt, mint a többi kezelés, valamint megfigyelhető volt, hogy az FT és RS kezelések között nem mutatkozott szignifikáns különbség az első mérési időpontot leszámítva. A teljes 2020-as vizsgálati időszak során az FS kezelés mutatta szignifikánsan a legalacsonyabb SPAD értéket, leszámítva a késő szeptemberi mérési időpontot. Összegezve elmondható, hogy mindkét tenyészidőszakban az RT értékei bizonyultak a legmagasabbnak minden mérési időpontban. Ettől kivétel csak az első vegetációs periódus második, augusztus végi időpontja, ahol a kezelések között nem volt szignifikáns különbség (9. táblázat).

9. táblázat A SPAD vizsgálatok kiértékelése a két vegetációs időszak alatt. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0,05$), ns-nem szignifikáns

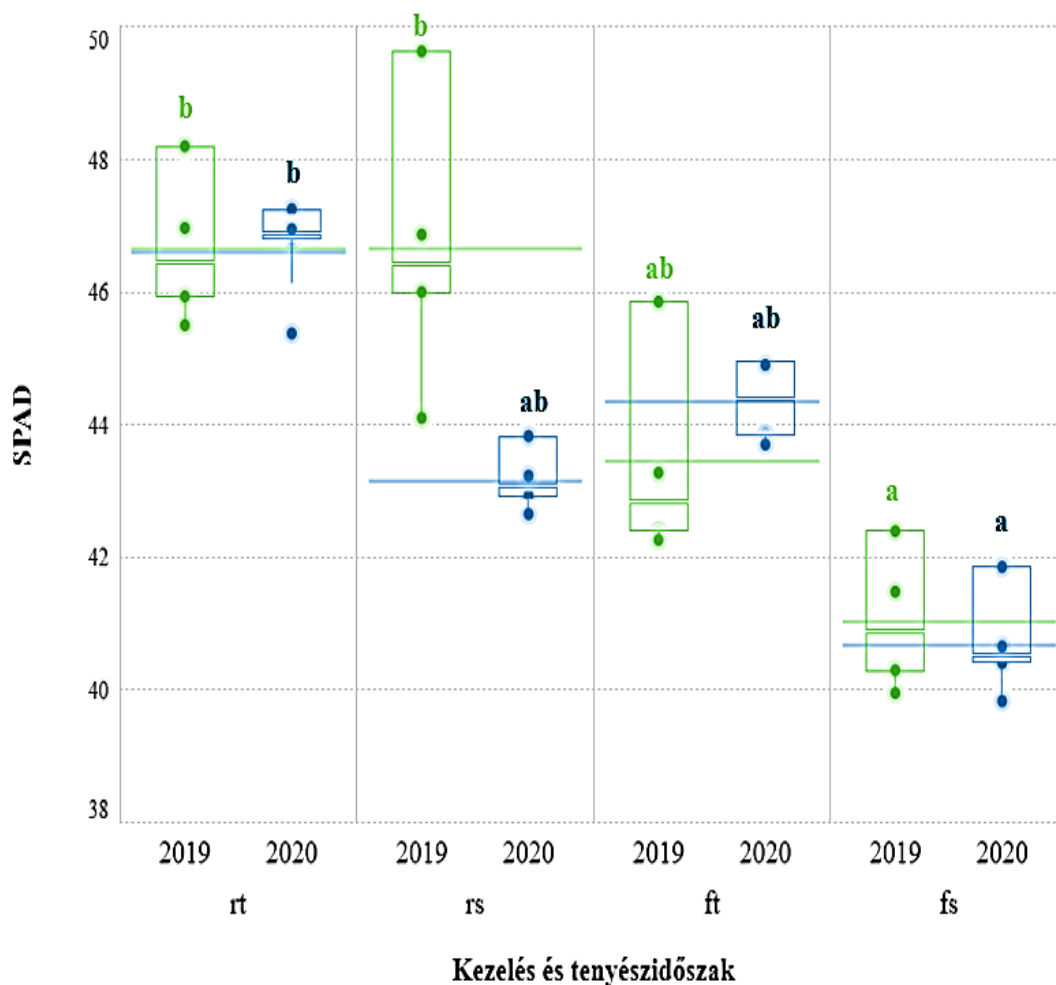
KEZELÉS	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13
FS	40,2 ± 1,5 a	43,0 ± 3,1	39,9 ± 1,4 a
FT	45,2 ± 2,5 ab	44,5 ± 2,9	40,7 ± 1,8 a
RS	43,9 ± 4,6 ab	48,5 ± 3,3	46,90 ± 3,0 b
RT	46,8 ± 0,9 b	47,2 ± 1,7	45,9 ± 2,3 b
P-ÉRTÉK	<0,05	ns	<0,05

KEZELÉS	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
FS	39,5 ±1,5 a	40,3 ± 1,5 a	40,9 ± 1,2 a	42,1 ± 2,4 a
FT	45,8 ± 1,2 b	43,6 ± 1,7 ab	44,1 ± 1,5 b	43,9 ± 2,6 ab
RS	41,3 ± 1,9 a	43,0 ± 1,3 ab	44,6 ± 1,7 b	42,9 ± 1,2 ab
RT	46,4 ± 3,1 b	45,1 ± 2,5 b	48,6 ± 0,9 c	46,3 ± 1,0 b
P-ÉRTÉK	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

A relatív klorofill tartalmat jellemző SPAD-értékek 2019-es tenyészidőszak átlagait a 14. ábra mutatja, ahol szintén látható, hogy az RT, valamint az RS művelési mód hatására az Ásotthalmi 12-es fajta leveleinek klorofill tartalma szignifikánsan magasabb, mint a sík művelési módokban mért értékek az FT és FS kezelésekben. A sík ültetési mód szimpla sorai mutatták a 2019-es vegetációs periódus során átlagosan a legalacsonyabb SPAD-értékeket, ahol a különbség szignifikáns volt.

A 2020-as vegetációs időszakban az RT kezelés SPAD értékei szignifikánsan magasabbak voltak ($p < 0,05$), mint a többi kezelésben mért értékek. Az RS és FT kezelések SPAD értékei a 2020-as évben szignifikánsan nem különböztek egymástól, az első mérési dátum kivételével. Elmondható, hogy a 2020-as tenyészidőszakban, hasonlóan a 2019-es évhez az FS kezelésnél szignifikánsan alacsonyabb SPAD értékeket mértem ($p < 0,05$).

Látható, hogy a két vizsgált év során az Ásotthalmi 12-es batáta fajta az RT művelési módban produkálta (ahol a termés hozam is a legmagasabb volt) a legmagasabb SPAD értéket, míg a legalacsonyabbat az FS kombinációban mértem (14. ábra). Egy hazai kutatásban a saját vizsgálatához 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).



14. ábra A teljes vizsgálati időszak SPAD átlagértékei az Ásotthalmi 12-es fajta esetében. (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhat, F-Sík, T-ikorsor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.2.2.2 Klorofill fluoreszcencia mérési eredmények Ásotthalmi 12-es fajta esetében

Az ANOVA teszt során látható, hogy a 2019-es vegetációs periódusban az első mérési időpontot leszámítva az RT kezelés esetében szignifikánsan magasabb értékeket mértem, mint az RS, FS és az FT kezelések értékei. A két bakhatás kezelésben a növények kedvezőbb fotoszintetikus aktivitást mutattak, mint a sík termesztés-technológiában termesztettek.

A 2020-as vegetációs időszakban mért értékek alapján szintén az RT kezelésű növények szignifikánsan magasabb fotoszintetikus aktivitást mutattak az utolsó mérési dátumot kivéve. A növények öregedése során a vegetációs periódus végén csökken a fotoszintetikus aktivitás. Ennek következtében a klorofill fluoreszcenciában (Fv/Fm) bekövetkező különbségek nem mutattak szignifikáns eltérést, azonban az utolsó mérési dátum során is az RT kezelés mutatta a legmagasabb értéket. Az FT kezelés eredményezte szignifikánsan a második legmagasabb klorofill fluoreszcencia értékeket a mérések során. A 2019-es vegetációs időszaktól eltérően a 2020-as idényben nem a művelési mód, hanem a növénytűrség volt nagyobb hatással a klorofill fluoreszcenciára, amit az évjáráthatás miatt bekövetkező változások okoztak. Továbbá megfigyelhető a növények adaptációs képessége az abiotikus tényezőkre adott válaszreakcióik alapján, ami az eredményekből tükröződik. Jellemzően a

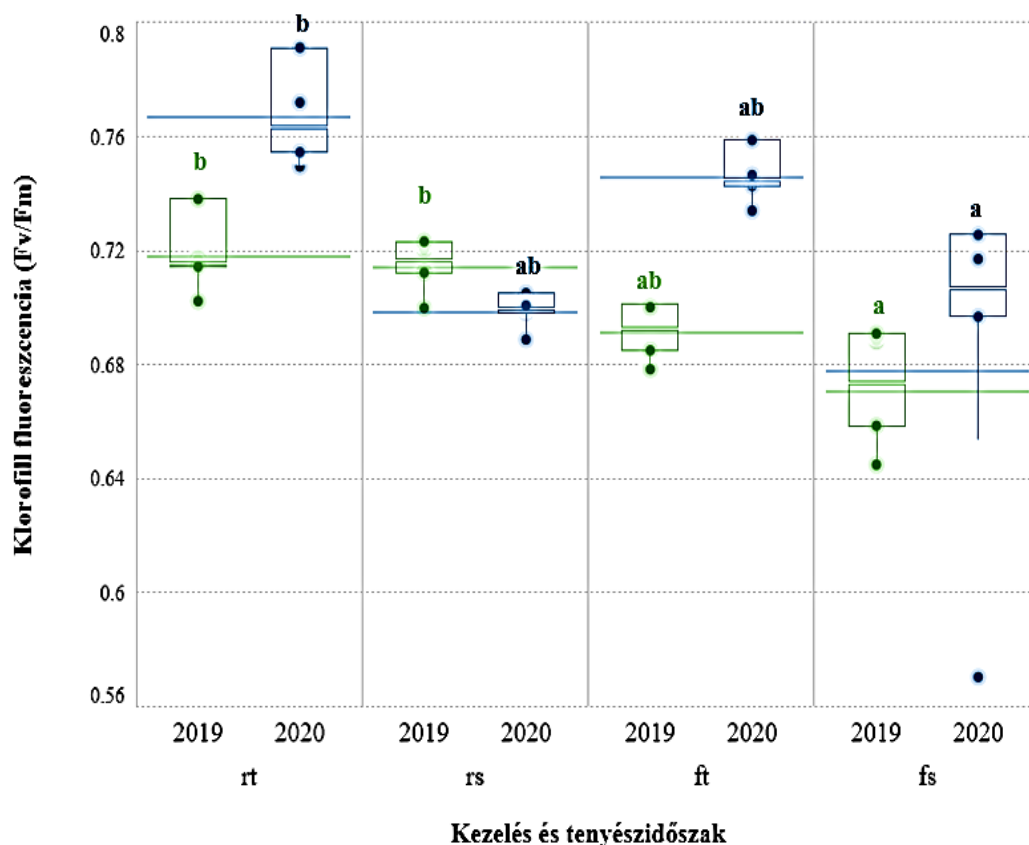
bakhátas termesztés kedvezőbb volt a fotoszintetikus aktivitás szempontjából 2019-ben. Míg az évjáráthatásnak köszönhetően 2020-ban a növényesűrűség volt nagyobb hatással a klorofill fluoreszcencia értékére, látható, hogy az ikersorok esetében magasabb értékeket kaptam (10. táblázat).

10. táblázat Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) eredmények értékelése a két vegetációs periódus során Ásotthalmi 12 fajta esetében. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$) ns-nem szignifikáns.

Kezelés	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13	
RS	0,684 ± 0,01	0,698 ± 0,02 ab	0,759 ± 0,02 b	
RT	0,667 ± 0,04	0,722 ± 0,02 b	0,765 ± 0,02 b	
FT	0,681 ± 0,2	0,686 ± 0,02 ab	0,707 ± 0,02 a	
FS	0,657 ± 0,05	0,662 ± 0,03 a	0,692 ± 0,01 a	
<i>P-ÉRTÉK</i>	ns	<0,05	<0,05	
Kezelés	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
RS	0,691 ± 0,01 a	0,695 ± 0,02 a	0,691 ± 0,03 a	0,708 ± 0,02
RT	0,760 ± 0,04 c	0,758 ± 0,02 b	0,783 ± 0,02 c	0,767 ± 0,02
FT	0,745 ± 0,02 bc	0,734 ± 0,01 b	0,744 ± 0,02 bc	0,759 ± 0,02
FS	0,705± 0,01 ab	0,700 ± 0,02 a	0,708 ± 0,02 ab	0,597 ± 0,26
<i>P-ÉRTÉK</i>	<0,05	<0,05	<0,05	ns

Az első vegetációs évben a művelési mód nagyobb hatással volt a klorofill fluoreszcencia értékekre, mint a növényesűrűség.

A 15. ábra eredményei szerint a két vegetációs periódus során a kezeléskombinációk szignifikáns eltérést mutattak a növények átlagos Fv/Fm értékeit tekintve. A két vegetációs periódus eltérő mód befolyásolta a klorofill fluoreszcencia értékeket. A 2020-as évben átlagosan magasabb volt a fotoszintetikus hatékonysága a növényeknek, kivétel ez alól a bakhátba ültetett szimplasoros (RS) kezelés. A legmagasabb klorofill fluoreszcenciát mindkét vegetációs periódus során az RT termesztési módszernél tapasztaltam, amely a 2019-es és a 2020-as idényben is a legmagasabb terméshozamot mutatta, hasonlóan, mint a Beauregard fajta esetében. A legalacsonyabb fotoszintetikus aktivitást mindkét vegetációs periódus átlaga alapján az FS kombinációban termesztett növények mutatták, melyek hozamban is átlagosan a legalacsonyabb eredményt mutatták a két év vizsgálata során. 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 két fajta 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).

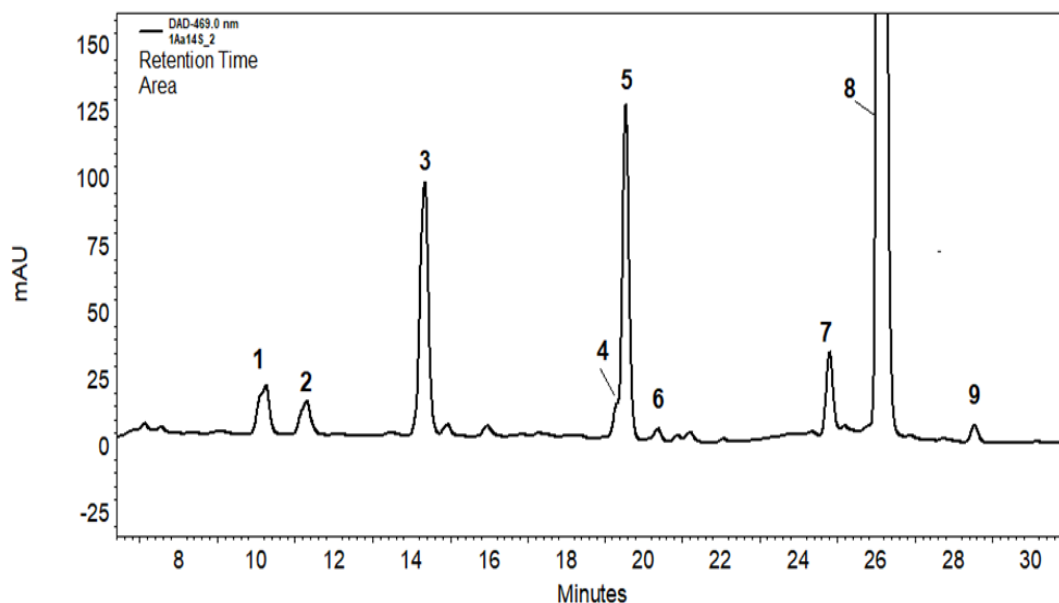


15. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos klorofill fluoreszcencia értékek (F_v/F_m) az Ásotthalmi 12-es fajta esetében (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

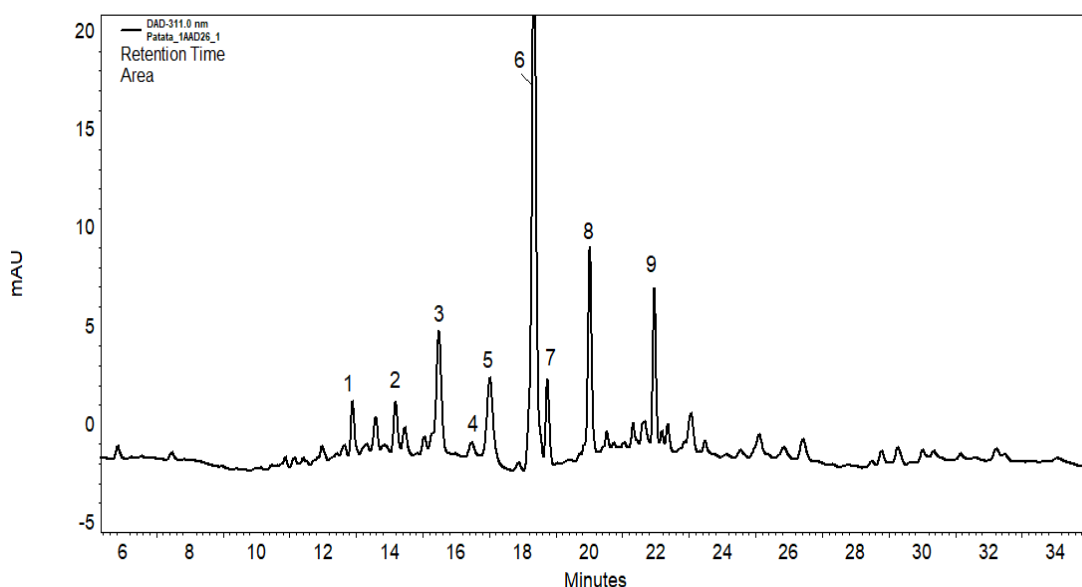
4.2.3 Ásotthalmi-12 batáta polifenol- és karotinoid-profiljának analitikai meghatározása

A folyadék kromatográfiás (HPLC) elválasztás során kilenc különálló csúcs volt megfigyelhető a 8–30 perces retenciós időtartományban, amelyek különböző karotinoid vegyületekhez rendelhetők (16. ábra). A legnagyobb intenzitású csúcs a 25. percnél jelent meg (8. csúcs), amely a β -karotin domináns jelenlétét jelzi a mintában. A többi azonosított komponens kisebb mennyiségben volt jelen, de a különböző epoxidált és cisz-izomer formák jelenléte a karotinoid bioszintézis sokféleségét és a batátafajta táplálkozás-élettani értékét is hangsúlyozza.

A polifenolok meghatározása során kilenc jól elkülönülő csúcs volt azonosítható, amelyek a retenciós idő és UV-abszorbancia profil alapján a 17. ábra látható vegyületekhez voltak rendelhetők. A HPLC analízis során a mintában a klorogénsav (6. csúcs) domináns jelenléte mellett számos más hidroxifahéjsav származék is azonosítható volt. Ezek közé tartoztak különféle kávé- és feruloyl-észterek, amelyek quinic-savval (pl. 1. csúcs feruloyl-quinic-sav, caffeoylquinic-sav izomerek – 4. és 5. csúcs) és glükózzal (pl. di-caffeoyl-glükozid – 9. csúcs) alkotott konjugált formákban jelentek meg. Emellett di-észterek is jelen voltak, például di-caffeoylquinic-sav (7. csúcs) és di-feruloylquinic-sav (8. csúcs) formájában. A vizsgált Ásotthalmi-12 fajta tehát komplex polifenolos profillal rendelkezik, amelyben a kávéssav (2. csúcs) és a kumarinsav (3. csúcs) mellett főként caffeoyl- és feruloyl-quinic-sav származékok fordulnak elő jelentős mennyiségben.



16. 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



17. 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

4.2.4 Az eltérő művelési módok és a növényssűrűség hatása a karotinoid tartalomra

A vizsgálat során az eltérő művelésmód-növényssűrűség kezeléskombinációk a β -karotin és az összes karotinoid tartalom esetében mutattak szignifikáns különbséget a 2019-es tenyészidőszakban. Látható, hogy a szimpla sorok esetében volt statisztikailag magasabb a β -karotin és az összes karotinoid tartalom. Jellemzően nem a művelés mód okozta a beltartalmi értékek pozitív változását, hanem a növényssűrűség. A RS és FS

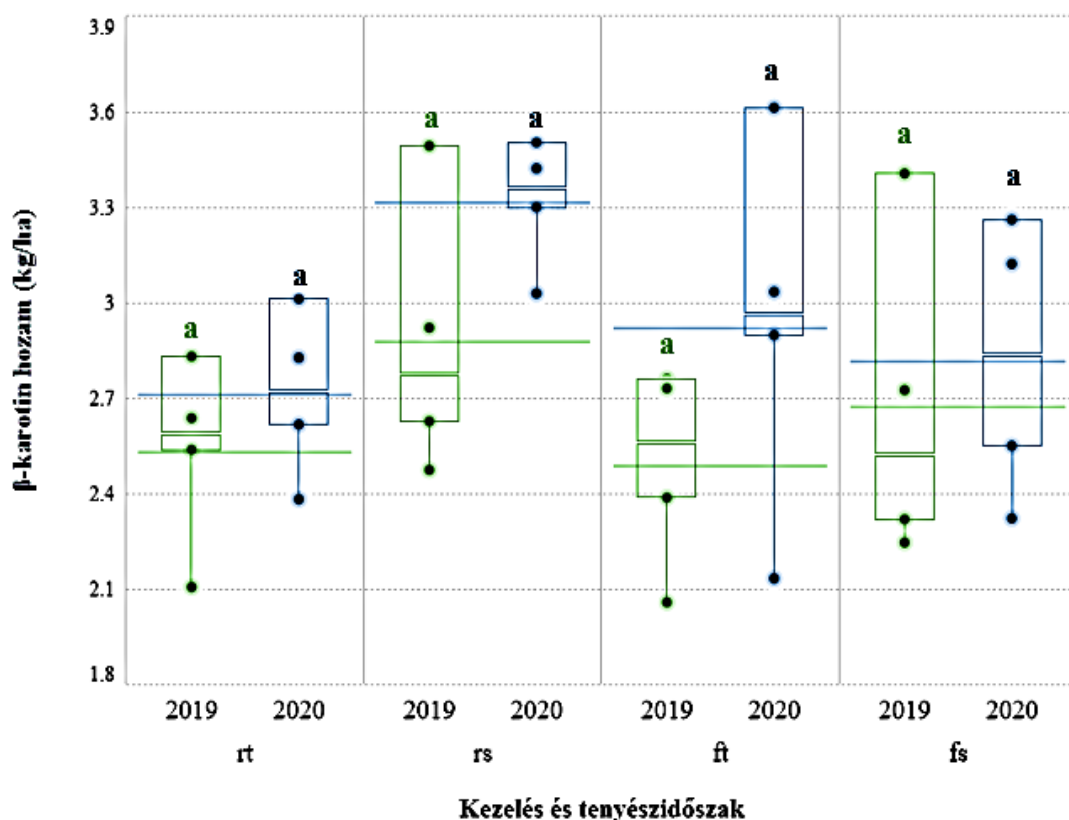
művelési módok, ahol a sík és a bakhátas művelési módban szimpla sorok kerültek alacsony tőszámmal ültetésre, átlagosan 34,7 %-kal magasabb β -karotin és 29,6%-kal magasabb összes karotinoid tartalmat produkáltak az ikersoros termesztéshez képest ($p < 0,05$) (11. táblázat). A kisebb mennyiséget képviselő karotinoidok közül a cis- β -karotin és a ζ -karotin nem mutatott szignifikáns különbséget. Nigériában is hasonló kutatást végeztek, ahol a tőtávolság volt jelentős hatással a beltartalmi paraméterek változására; a 40 cm-es tőtávolság eredményezett magasabb luteint, zeaxhantint β -kriptoxanthint és α -karotin koncentrációt, míg a 20 cm-es tőtávolság magasabb β -karotin tartalmat (Ndah et al., 2018).

A 2020-as év során hasonló értékeket kaptam, mint a 2019-es tenyészidőszakban, ahol szintén a szimplasoros termesztés kezeléseiben (RS és FS) mértem magasabb β -karotin és összes karotinoid tartalmat. A 2020-as évben azonban a sík-ikersoros kombináció szignifikánsan nem különbözött a β -karotin és összes karotinoid tartalmat illetően az FS termesztési módtól. Az RS kombináció 44,8%-kal, 34,2%-kal és 11,7 %-kal haladta meg az RT, FT és FS művelési módokban mért β -karotin tartalmat. Hasonlóan a 2019-es tenyészidőszakhoz a 2020-as évben szintén nem tapasztaltam statisztikai különbséget a kisebb mennyiséget képviselő karotinoidok, a cis- β -karotin és a ζ -karotin esetében.

A két vegetációs év adatainak összegzésében látható, hogy a szimplasorok szignifikánsan magasabb β -karotin és összes karotinoid szintet mutattak az ikersoros termesztéshez képest. A bakhátas és sík művelési módok azonban nem voltak hatással a fitonutriensek változására. Látható, hogy a beltartalmi paraméterek közül a legnagyobb mennyiségben jelenlévő β -karotin és az összes karotinoid tartalmat a növényesűrűség befolyásolta (11. táblázat). Megfigyelhető, hogy a magasabb terméseredménnyel rendelkező művelési módok, például az RT kezelés, során szignifikánsan alacsonyabb β -karotin és összes karotinoid értéket kaptam (11. táblázat). A kisebb mennyiségben jelenlévő karotinoidok, a cis- β -karotin és a ζ -karotin esetében a művelési mód és a növényesűrűség nem eredményezett szignifikáns különbséget.

11. táblázat A különböző művelési módok és a növényesűrűség hatása az Ásotthalmi 12-es fajtájú batáta 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	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

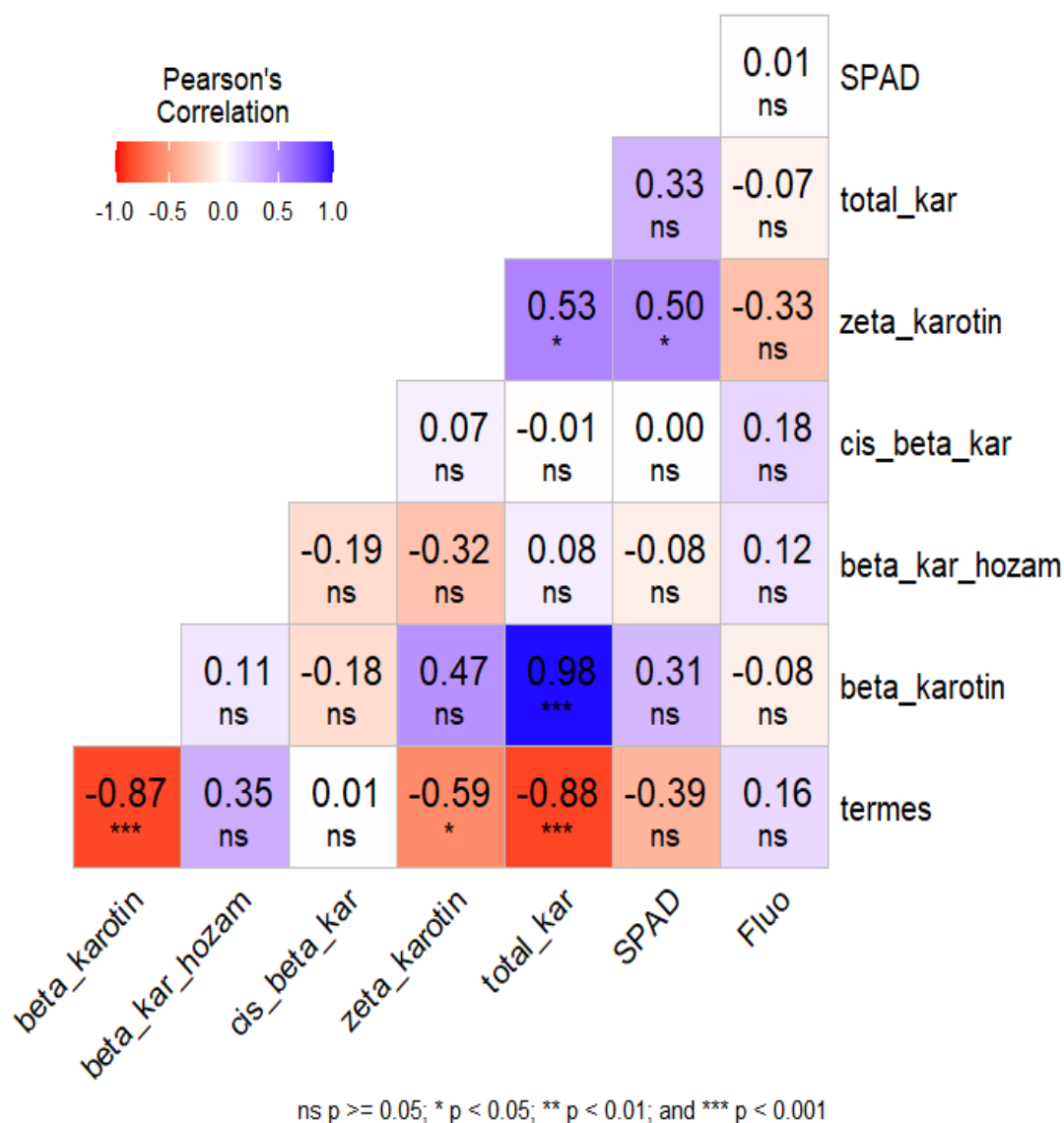


18. ábra Az Ásotthalmi 12-es batáta átlagos β -karotin hozama (kg/ha) az eltérő kezelések hatására az Ásotthalmi 12-es fajta esetében (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyésztidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

A β -karotin hozam esetében az eltérő kezelések a két vegetációs periódust vizsgálva nem mutattak szignifikáns különbséget, mivel a magasabb β -karotin szintet mutató kezelések (általában a szimplasoros RS és FS) alacsonyabb terméshozammal rendelkeztek. A magasabb terméshozam átlagosan alacsonyabb β -karotin szintet eredményezett, ezért a β -karotin hozam esetében az eredmények között nem volt megfigyelhető szignifikáns különbség (18. ábra).

4.2.5 Korreláció-mátrixok eredményei

Pearson korrelációs vizsgálat során a 2019-es vegetációs periódusban látható, hogy a terméshozam a β -karotin-tartalommal és az összes karotinod tartalommal erős negatív korrelációt mutat ($r = -0,87$ és $r = -0,88$). Negatív korrelációt tapasztaltam a fitonutriensek közül még ζ -karotin esetében is ($r = -0,59$). A növényfiziológiai mérések során a SPAD és a klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékei sem a terméshozammal sem a beltartalmi paraméterekkel nem mutattak korrelációt (19. ábra).

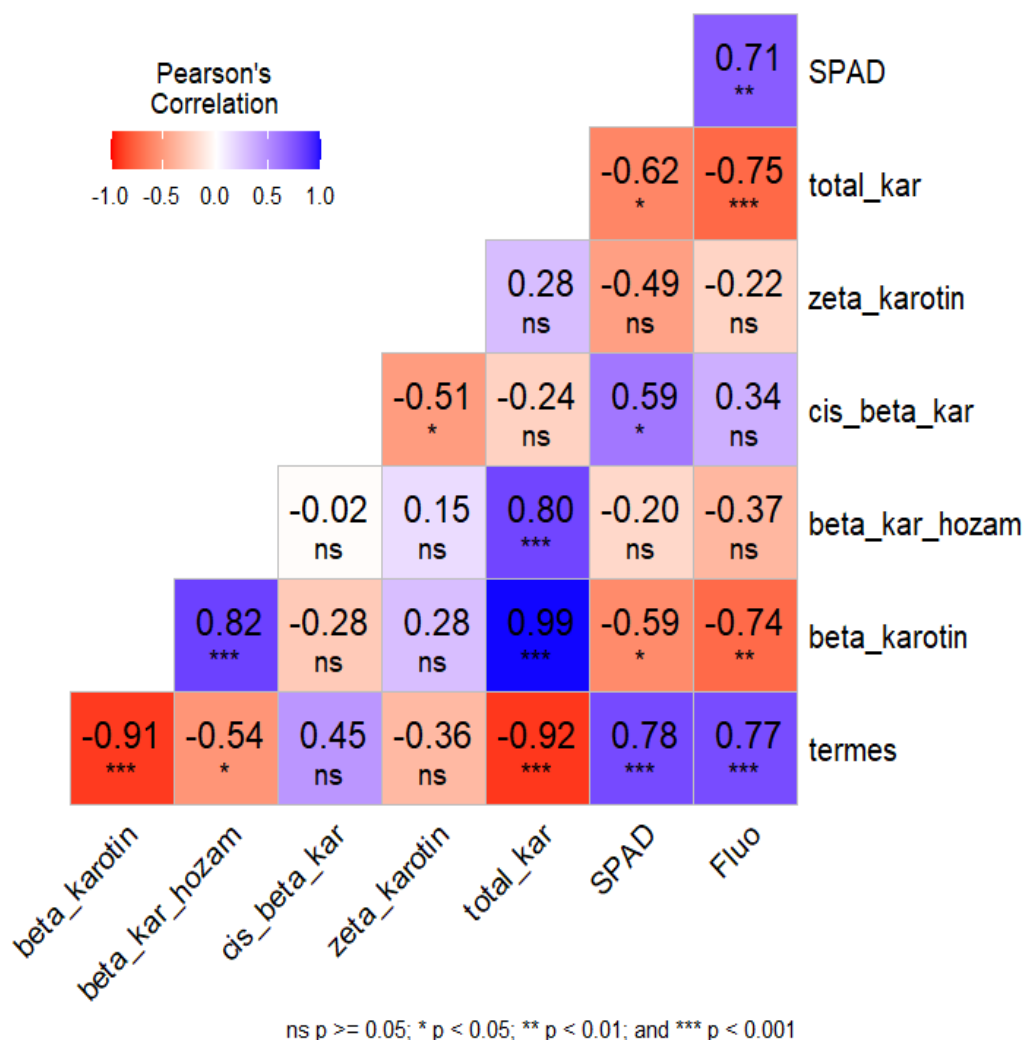


19. ábra Korrelációs mátrix a mért változók függvényében a 2019-es vegetációs periódusban. A hozam a batátagumók termésmennyiségét jelöli. A SPAD-index és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében az összes mérési időpont átlagát vontam be a számításba.

A 2020-as vegetációs időszak eredményei a terméshozam és a beltartalmi paraméterek közül a β -karotin-tartalommal és az összes karotinoid tartalommal - hasonlóan az előző évhez - erős negatív korrelációt mutattak ($r=-0,91$ és $r=-0,92$). Az eltérő évjárat miatt a növényfiziológiai mérések közül a SPAD-indexek és a klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékei is erős korrelációt mutattak a terméshozammal ($r=0,78$ és $r=0,77$). Ez alapján a növényfiziológiai paraméterek jó indikátorai voltak a terméshozam előrejelzésnek, hiszen pozitív a korreláció, azonban ennek hatása csak bizonyos évjáratokban mutat szignifikáns mértékű összefüggést. Látható, hogy a SPAD ($r=-0,59$ és $r=-0,62$) és a klorofill fluoreszcencia értékek ($r=-0,74$ és $r=-0,75$) negatív összefüggést mutattak a β -karotin-tartalommal és az összes karotinoid tartalommal. Ez alapján az évjáráthatáshoz köthető körülmények, amelyek a növényfiziológiai paramétereket negatívan befolyásolják a karotinoid felhalmozódás szempontjából előnyösnek bizonyultak a 2020-as tenyészedőszakban (20. ábra).

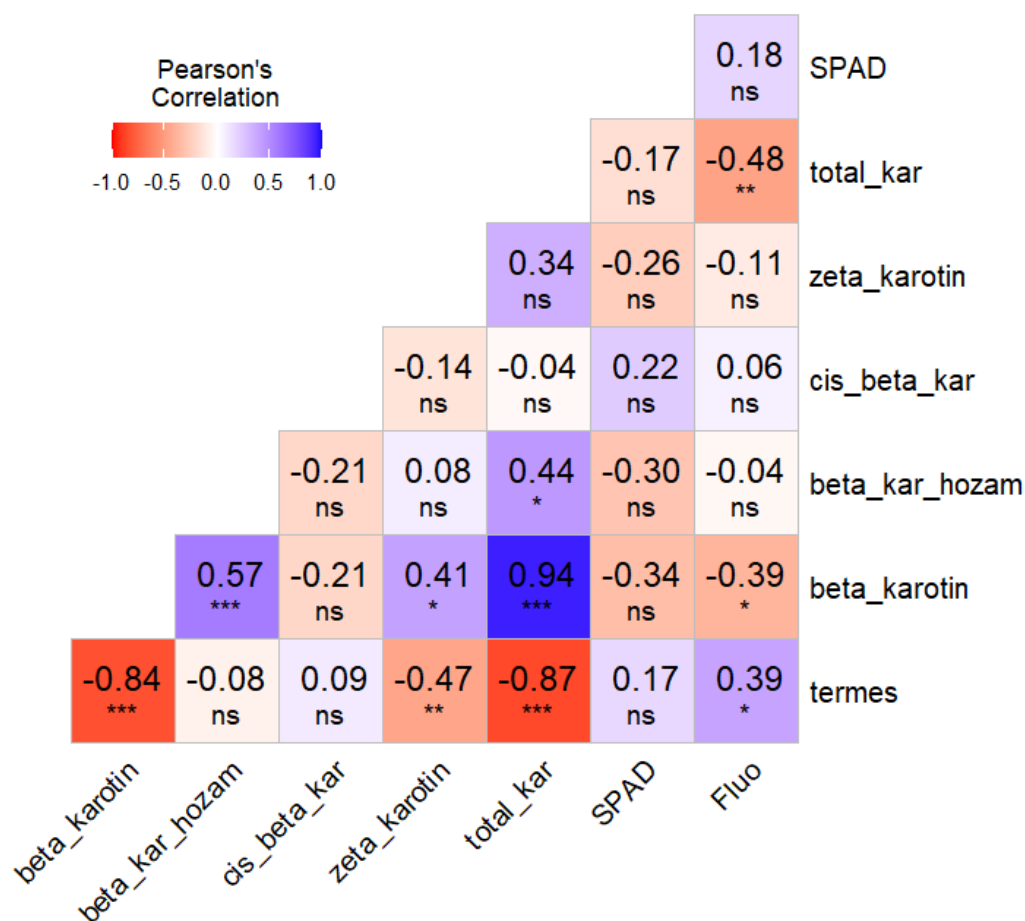
Több kutatás számol be erről a viszonylag jól ismert, széles körben megfigyelhető jelenségről, ami alapján a kedvezőtlenebb környezeti körülmények – például vízhiány,

hőstressz vagy más abiotikus stresszhatások – elősegítik a másodlagos anyagcseretermékek, felhalmozódását. Batáta esetében is kimutatták, hogy a szárazságstressz fokozza a flavonoid szintézist, különösen a szárazságtűrő fajtákban (Yin et al., 2024). Emellett az IbOr gén, amely a batátában a karotinoid bioszintézis kulcsenzimének (fitoén-szintáz, PSY) stabilizálásáért felel, szintén hozzájárul a fokozott β -karotin-felhalmozódáshoz és javítja a növény hőtűrését (Park et al., 2016; Kang et al., 2017).



20. ábra Korrelációs mátrix a mért változók függvényében a 2020-es vegetációs periódusban. A hozam a batátagumók termésmennyiségét jelöli. A SPAD és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében az összes mérési időpont átlagát vontam be a számításba.

A két vegetációs periódus együttes elemzése alapján a beltartalmi paraméterek közül a ζ -karotin a β -karotin-tartalom, valamint az összes karotinoid tartalom is erős negatív korrelációt mutat a termés hozammal ($r=-0,47$; $r=-0,84$ és $r=-0,87$), amely értelmében a növekvő termés hozam alacsonyabb beltartalmi paramétereket eredményez ennél a fajtánál. Az Fv/Fm értékek az összes karotinoid tartalommal mutattak negatív összefüggést ($r=-0,48$). A termés hozam esetében alacsonyabb volt az összefüggés Fv/Fm értékek esetében ($r=0,38$). A SPAD és Fv/Fm értékek között nem tapasztaltam összefüggést (21. ábra).



ns $p \geq 0.05$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; and *** $p < 0.001$

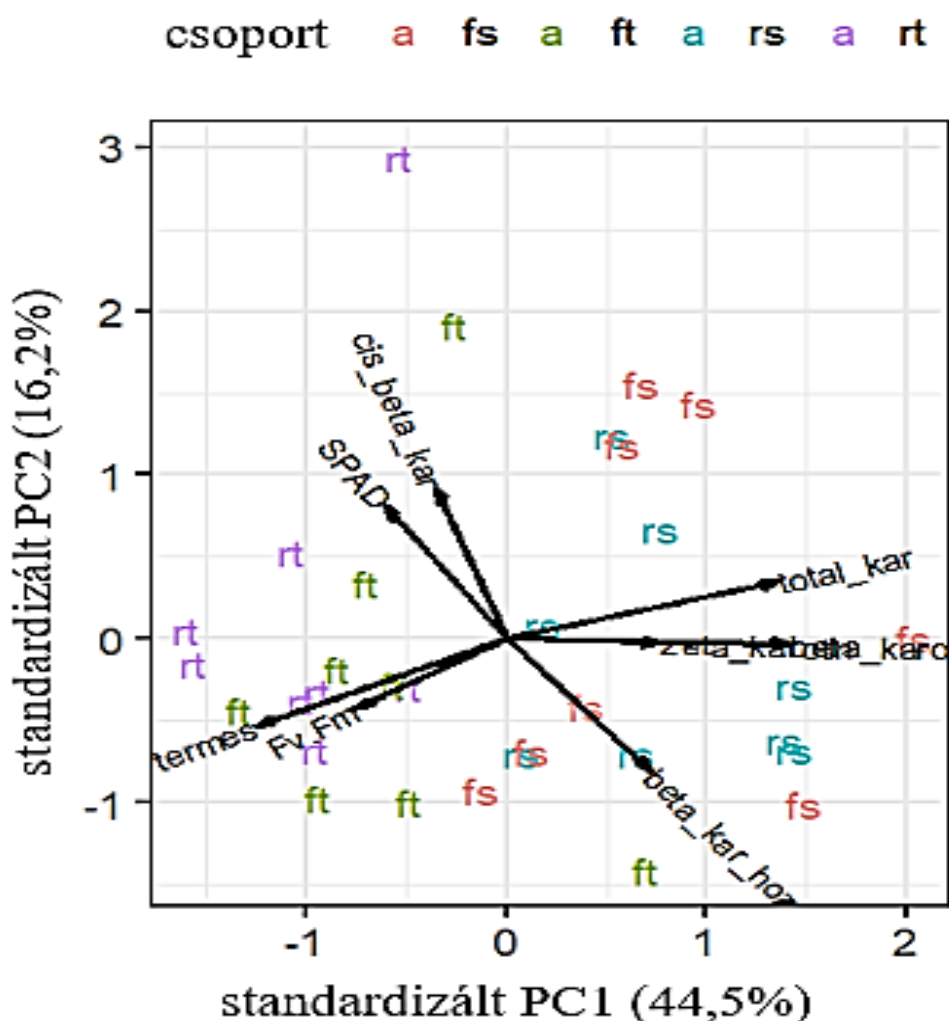
21. ábra A mért változók korrelációs mátrixa, amely a két vegetációs periódus eredményeit egyesíti. A hozam a batáta gumók termésmennyiségét jelöli. A SPAD és a klorofill fluoreszcencia (F_v/F_m) esetében az összes mérési időpont átlagát vontam be a számításba.

4.2.6 Főkomponens elemzés (PCA) eredményei

A PC1 tengely a teljes variancia 44,5%-át rögzíti. A vektorok iránya és hossza jelzi, hogy ezek a változók mennyire erős hatással bírnak az egyes főkomponensekre. A PC1-re leginkább a karotinoidok koncentrációja (β -karotin, ζ -karotin, összes karotinoid) és a termés mennyiség, valamint a klorofill fluoreszcencia F_v/F_m voltak hatással. A PC2 tengely a variancia kisebb részét, 16,2%-át magyarázza. Ez a tengely a SPAD értékek, a cisz- β -karotin koncentráció és a β -karotin hozam variabilitását reprezentálja. Az első főkomponens tengely mentén jól elkülönülnek a pontok a növényesűrűség alapján, ahol is jellemzően a szimpla sorok kerültek a tengely pozitív és az ikersoros beállítások a tengely negatív oldalára.

Termesztéstechnológiák közötti különbségek esetében az RS, valamint az FS kombinációkból származó minták jellemzően magas értéket képviselnek a β -karotin, a ζ -karotin és az összes karotinoid koncentrációban, amit a változókat reprezentáló nyilak körüli csoportosulásuk igazol. Ennek eredménye arra utal, hogy a szimplasoros termesztés-technológia elősegíti a karotinoidok szintézisét, ami kedvező élettani tulajdonságokat biztosít. Az FT (sík, ikersoros) termesztési-technológia a PC1 tengelyen a negatív tartományában van, amely kezeléshez tartozó minták elhelyezkedését a két főkomponens által meghatározott térben kevésbé határozzák meg a karotinoidok koncentrációi. Az RT, hasonlóan az FT kezeléshez a PC1 és PC2

tengelyek negatív tartományában található jellemzően és magasabb értékeket értek el a terméshozam és a klorofill fluoreszcencia tekintetében.



22. ábra A PCA biplot a terméshozam, a SPAD, az Fv/Fm és a fő karotinoid komponensek koncentrációjának mért paraméterein végzett főkomponens-elemzés eredményeit mutatja. Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikercsor, S-szimplasor

4.2.7 Különböző művelési módok és a növényesűrűség hatása az Ásotthalmi-12-es fajta beltartalmára és a terméshozamára

Az ANOVA teszt eredményei táblázatos formában az M3 mellékletben találhatóak meg. Az Ásotthalmi 12-es batáta fajta terméshozamára szignifikánsan hatással volt a növényesűrűség ($p < 0,001$). Az ikercsoros termesztés hatására szignifikánsan növekedett a hozam a szimpla sorokkal összehasonlítva. A művelési mód és az évjáráthatás nem befolyásolta a két év statisztikai elemzése alapján a terméshozamot. A növényesűrűség a terméshozam mellett jelentős hatást gyakorolt a mért beltartalmi paraméterek változására is. A β -karotinra és az összes karotinoid tartalomra is szignifikáns hatást gyakorolt a növényesűrűség, a szimpla sorok esetében magasabb β -karotin és összes karotinoid értéket mértem ($p < 0,001$). A hektáronkénti β -karotin hozamra a bakhátas- és síkművelési módok nincsenek szignifikáns hatással, ellentétben a tőszámsűrítéssel és az évjáráthatással, ami a legnagyobb hatást mutatja. A statisztikai elemzés kimutatta, hogy a növényesűrűség jelentős mértékben befolyásolja a kedvezőbb terméshozamot, míg a szimpla sorok a beltartalmi paraméterek közül a β -karotin és összes karotinoid szintre voltak pozitív hatással, ami azt jelzi, hogy a tőszám sűrítése

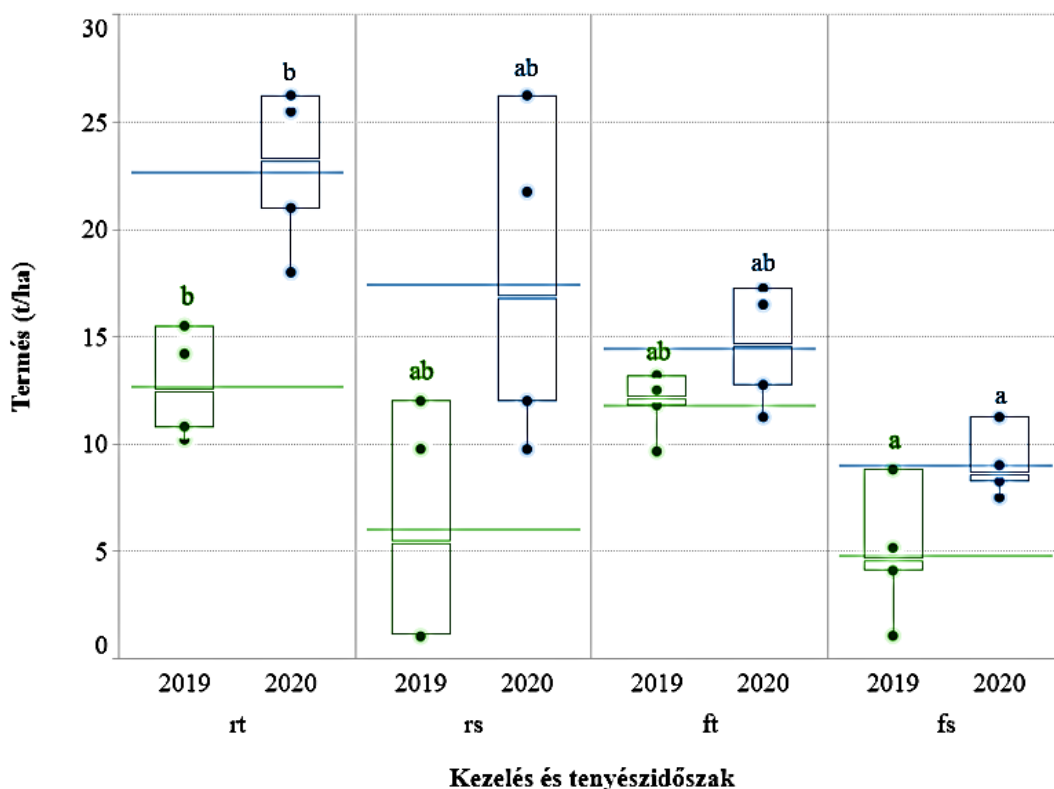
fordítottan arányos a karotinoidok koncentrációjával a gumóban. A növényfiziológiai elemzések során a SPAD értékekre a művelési mód szignifikánsan ($p < 0,01$) magasabb hatást gyakorol, mint a növénytűrűség ($p < 0,05$). A legjelentősebben az évjáráthatás befolyásolja a SPAD indexet ($p < 0,001$). A klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékek esetében a művelési mód és a növénytűrűség gyakorol jelentős hatást ($p < 0,01$).

Az egyes változók kölcsönhatásainak elemzése során a terméshozamra és a fitonutriensek beépülésére nincs interakciós hatással az évjárat, a művelési mód, illetve a növénytűrűség. Ezek a változók külön-külön gyakorolnak hatást a mért értékekre. A növényfiziológiai változások során viszont az évjáráthatás és a növénytűrűség kölcsönhatása érvényesül a SPAD ($p < 0,001$) és kisebb mértékben, de szignifikáns interakcióban a klorofill fluoreszcencia értékek alakulásában ($p < 0,05$) (M3 melléklet). Egy másik hazai kutatás során korrelációt figyeltek meg a SPAD-értékek, a teljes terméshozam és a piacképes terméshozam között két egymást követő tenyészidőszak során, továbbá az ültetési módszer és a SPAD-értékek között is, míg a sortávolság és a SPAD-értékek között nem mutatkozott összefüggés. Az évjárat azonban jelentős hatással volt a SPAD-értékekre (Pepó., 2020).

4.3 Purple fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

4.3.1 A különböző termesztési módszerek és a növénytűrűség hatása a Purple fajta terméseredményre

A négy különböző beállítás hektáronkénti átlagos terméshozamra gyakorolt hatását mutatja a két kísérleti évben a 23. ábra a Purple fajta esetében.



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

Ellentétben a többi fajtával, 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 (23. *ábra*), mint a narancssárga fajtáké (Beauregard (3. *ábra*) és Ásotthalmi 12-es (13. *ábra*).

A két vegetációs időszakot figyelembe véve, az RT kezelés szignifikánsan magasabb termés eredményt produkált, ami 12,68 t/ha volt 2019-ben, míg 2020-ban 22,69 t/ha. Ez az érték a legalacsonyabb termés hozamot produkáló FS kezelésnél az első vegetációs évben 62,3%-kal, a második 2020-as vegetációs periódus során 60,3%-kal magasabb. A Purple fajta esetében a második legmagasabb termés hozamot a 2019-es évben az FT majd ezt követően az RS mutatta, azonban ezek között szignifikáns különbség nem mutatkozott. A 2020-as évben azonban az RS magasabb átlagos termés hozamot eredményezett, mint az FT termesztéstechnológia, de a 2020-as évben sem volt a két kezelés között szignifikáns eltérés. Mindkét évben az FS kezeléskombináció eredményezte a legalacsonyabb termés hozamot e fajta esetében.

Egy másik hasonló kutatás során a tőszámsűrítéssel átlagosan 19 és 27%-os hozam növekedést tapasztaltak lila batáta esetében, amely azonban nem bizonyult szignifikáns különbségnek az alap tőszámhoz képest. Az alap tőszám 42 750 tő/ha volt, amit további 7 500 tő/ha, valamint 17 250 tő/ha batáta palántával növeltek. Fontos azonban megjegyezni, hogy a saját vizsgálatom során alkalmazott tőszámsűrűség jelentősen alacsonyabb volt, mint a Tang et al. (2018) által végzett kutatás során a kiinduló érték.

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

4.3.2.1 Relatív klorofill tartalmat jellemző SPAD mérési eredmények

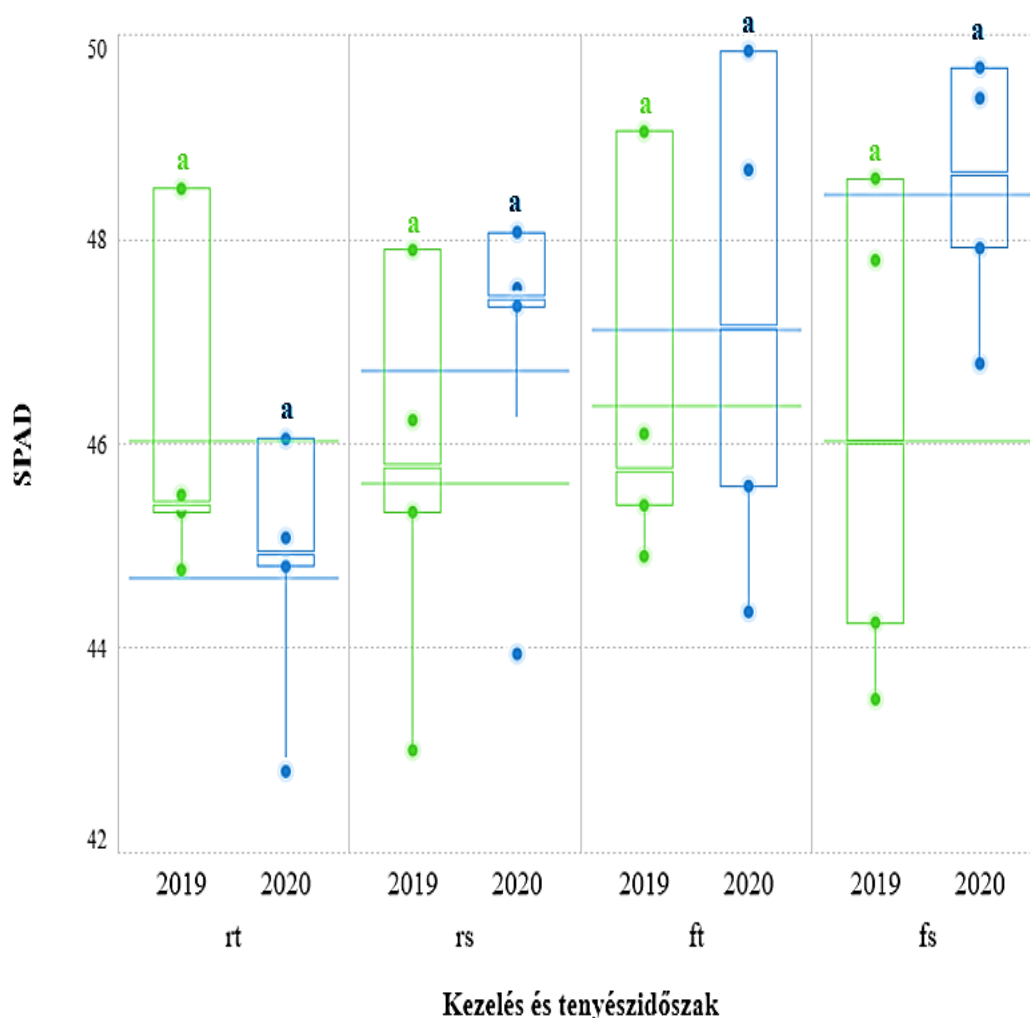
A Purple fajta esetében a levelek relatív klorofill tartalmát jellemző SPAD-index értékek a 2019-es vegetációs periódus során az eltérő termesztéstechnológiai módszerek hatására nem mutattak szignifikáns különbséget egyik mérési időpontban sem. Az első mérési időpontban az RT, a másodikban az FS, míg a harmadik időpontban az FT, valamint az RS kezelések esetében volt a legmagasabb a SPAD érték.

A 2020-as vegetációs periódusban az FS kezelések során volt a legmagasabb a SPAD érték. A második mérési időpontban az FS szignifikánsan magasabb volt a többi kezeléshez viszonyítva. Az FS kezelés magasabb SPAD értékeihez társult a legalacsonyabb termés hozam. A tenyészidőszak későbbi időpontjaiban végzett mérések esetében azonban statisztikailag nem volt szignifikáns különbség a kezelések között (12. *táblázat*).

12. táblázat A SPAD vizsgálatok kiértékelése a két vegetációs időszak alatt. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0,05$) ns-nem szignifikáns.

Kezelés	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13	
RS	45,6 ± 4,1	44,1 ± 3,9	47,2 ± 1,9	
RT	50,6 ± 5,4	43,4 ± 2,1	44,1 ± 0,7	
FT	46,9 ± 3,7	44,9 ± 3,5	47,2 ± 1,5	
FS	45 ± 4,7	46,5 ± 2,2	46,7 ± 2,6	
P-érték	ns	ns	ns	
Kezelés	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
RS	47,3 ± 3,4	48,3 ± 3,0 a	46,1 ± 3,9	45,3 ± 3,9
RT	43,9 ± 6,5	47,2 ± 3,9 a	45,6 ± 3,9	44,9 ± 5,3
FT	46,4 ± 5,3	49,7 ± 3,8 ab	46,8 ± 5,0	44,9 ± 5,3
FS	48,2 ± 3,7	51,9 ± 1,8 b	48,4 ± 6,4	45,3 ± 3,9
P-érték	ns	<0,05	ns	ns

A teljes vizsgálati időszakra vonatkozó átlagos SPAD értékek között a két vegetációs periódus során nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a különböző termesztéstechnológiai módszerek hatására. A SPAD értékek között jelentős szórások vannak. Az eltérő művelési módok és a növénytűsűrűség nem befolyásolta a levelek relatív klorofill tartalmát jellemző SPAD-index értékeket ennél a fajtánál olyan mértékben, hogy azok statisztikai különbséget mutattak volna, így az eltérő mérési időpontban kapott SPAD értékek nem mutattak különbséget, kivéve a 2020-as tenyészedőszak második mérési időpontjában (12. táblázat). A relatív klorofill tartalmat egyértelműen befolyásolja a batáta genotípusa, így a lila fajták között is jelentős különbségeket azonosítottak egy másik kutatás során, ahol 22,1-től egészen 47,8-ig mértek SPAD indexeket (Tshilongo et al., 2024).



24. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos SPAD értékek a Purple fajta esetében (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenyészedőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.3.2.2 Klorofill fluoreszcencia mérési eredmények

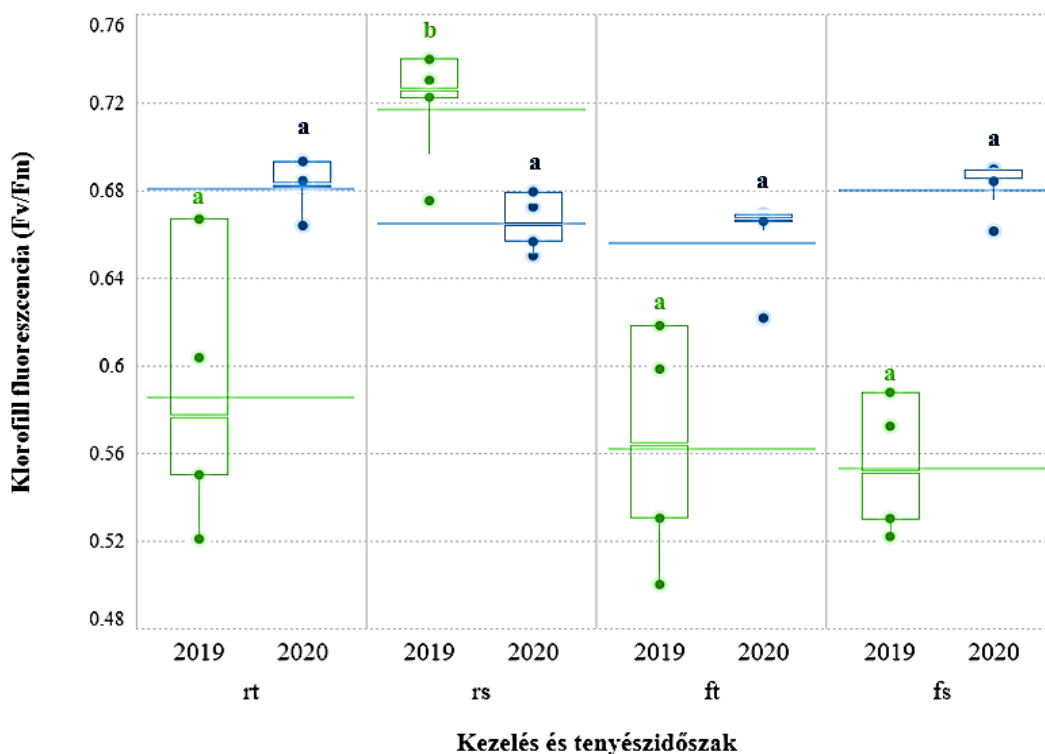
A 2019-es vegetációs periódus értékelése során az ANOVA teszt alapján az első mérési időpontban a klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékét tekintve az RS és RT, bakhátas kezelések szignifikánsan magasabb értékeket mutattak, mint az FT és FS termesztés technológiai módszerek (13. táblázat). A második mérési időpontban már csak az RS esetében volt tapasztalható a szignifikánsan magasabb klorofill fluoreszcencia. Az utolsó mérési időpontban, a vegetáció végén változott a klorofill fluoreszcencia értékek tendenciája, az RT kezelés esetében szignifikánsan magasabb értéket mértem, ezt követte az RS és az FT kezelés. A bakhátas művelési mód esetében a klorofill fluoreszcencia értékek szignifikánsan magasabbak voltak, mint a síkművelés esetében kapott értékek. A legalacsonyabb Fv/Fm értékeket az FS kezelés mutatta, melyhez a legalacsonyabb terméshozam is társult (25. ábra).

A 2020-as termesztési idény során nem volt szignifikáns a különbség az eltérő termesztéstechnológiák között, kivétel az utolsó mérési időpont, ahol az FT kezelésben szignifikánsan alacsonyabb volt a klorofill fluoreszcencia, mint a többi technológia esetében. Az évjáráthatás jelentősen befolyásolja a Fv/Fm értéket.

13. táblázat Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) eredmények értékelése a két vegetációs periódus során lila húsú Purple fajta esetében. A különböző betűk az egyes tenyésztési időszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$) ns-nem szignifikáns.

Kezelés	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13	
RS	$0,679 \pm 0,04$ b	$0,740 \pm 0,05$ b	$0,731 \pm 0,02$ ab	
RT	$0,679 \pm 0,02$ b	$0,324 \pm 0,15$ a	$0,753 \pm 0,03$ b	
FT	$0,643 \pm 0,03$ ab	$0,296 \pm 0,13$ a	$0,706 \pm 0,01$ ab	
FS	$0,569 \pm 0,06$ a	$0,405 \pm 0,02$ a	$0,686 \pm 0,03$ a	
P-érték	<0,05	<0,05	<0,05	
Kezelés	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
RS	$0,648 \pm 0,04$	$0,596 \pm 0,08$	$0,665 \pm 0,07$	$0,751 \pm 0,03$ b
RT	$0,636 \pm 0,05$	$0,595 \pm 0,12$	$0,717 \pm 0,06$	$0,775 \pm 0,02$ b
FT	$0,645 \pm 0,02$	$0,606 \pm 0,09$	$0,650 \pm 0,12$	$0,718 \pm 0,05$ a
FS	$0,660 \pm 0,05$	$0,614 \pm 0,05$	$0,691 \pm 0,09$	$0,756 \pm 0,03$ b
P-érték	ns	ns	ns	<0,05

Az eltérő termesztéstechnológiai módszerek adott tenyésztőn belüli átlagos Fv/Fm értékei között szignifikáns különbséget nem tapasztaltam. Kivételt képez a 2019-es vegetációban az RS termesztési módszer, ahol szignifikánsan magasabb volt a klorofill fluoreszcencia értéke, mint a többi kezelésben mért érték (25. ábra). 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).

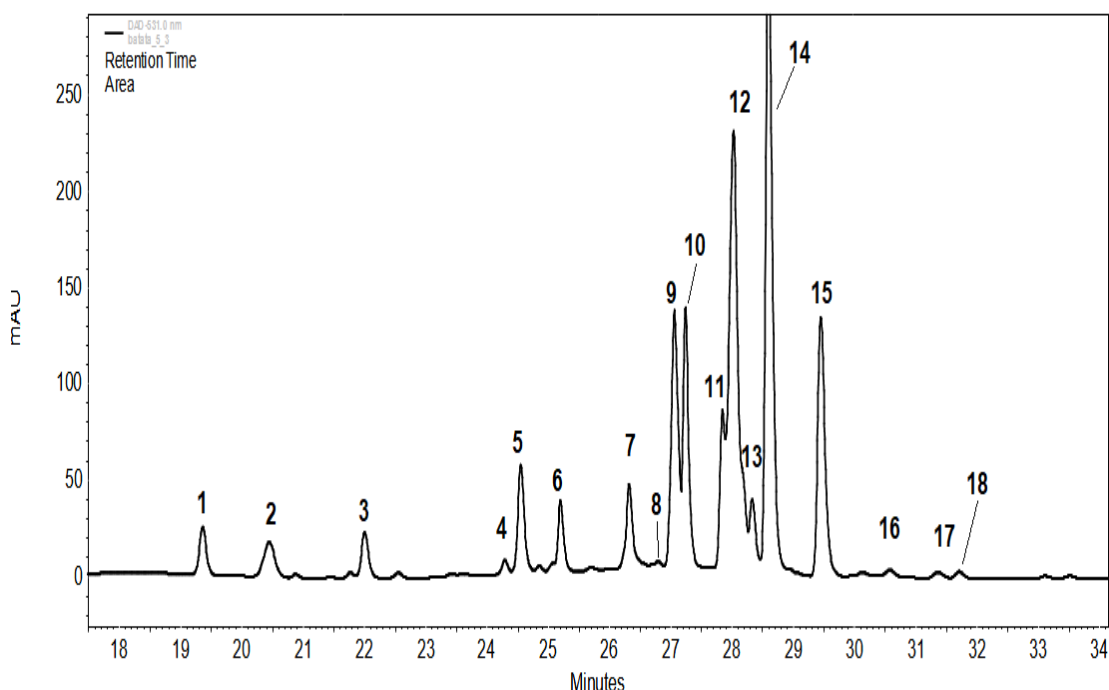


25. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos klorofill fluoreszcencia értékek (Fv/Fm) a Purple fajta esetében (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-simplasor. A különböző betűk az egyes tenyésztési időszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.3.3 Purple batáta antocianin profiljának analitikai meghatározása

A lila húsú batáta antocianin összetételének vizsgálata során a HPLC-analízis eredményeként 17 különböző antocianin vegyületet azonosítottam (26. ábra). Ezek közül a domináns aglikonok a cianidin (Cy), peonidin (Peo) és pelargonidin (Pg) voltak, amelyek különböző cukor- és savmaradékokkal konjugált formában jelentek meg. A leggyakrabban előforduló glikozidok a sophoroside (soph) és a glükóz (glc) voltak, míg az acilezett- (acilcsoporttal kapcsolat) formákban p-hidroxi-benzoészav (p-hb), kávéssav (caf) és ferulasav (fer) maradékokat azonosítottunk. Ezen kívül több diacilezett és polimerizált forma is jelen volt, mint például a 14. csúcsban azonosított Peo3-dicaf soph-5-glc és a 15. csúcsnál azonosított Peo3-caf-p-hb soph-5-glc vegyület. Hasonló eredményekről számoltak be, amikor öt koreai batátafajta fenolos összetételét vizsgálták, és többek között ugyanezen aglikonok (cianidin, peonidin, pelargonidin) acilezett glikozidjait azonosították jelentős mennyiségben (Im et al., 2021).

Az antocianinok szerkezeti sokfélesége, különösen az acilezett formák jelenléte, hozzájárul a vegyületek stabilitásához és biológiai aktivitásához. Tanulmányok kimutatták, hogy a lila húsú batáta antocianinjai, különösen a cianidin- és peonidin-alapú acilezett glikozidok, jelentős antioxidáns aktivitással rendelkeznek, és hozzájárulhatnak a szabadgyökök semlegesítéséhez, valamint gyulladáscsökkentő hatással bírnak (Zhang et al., 2024).

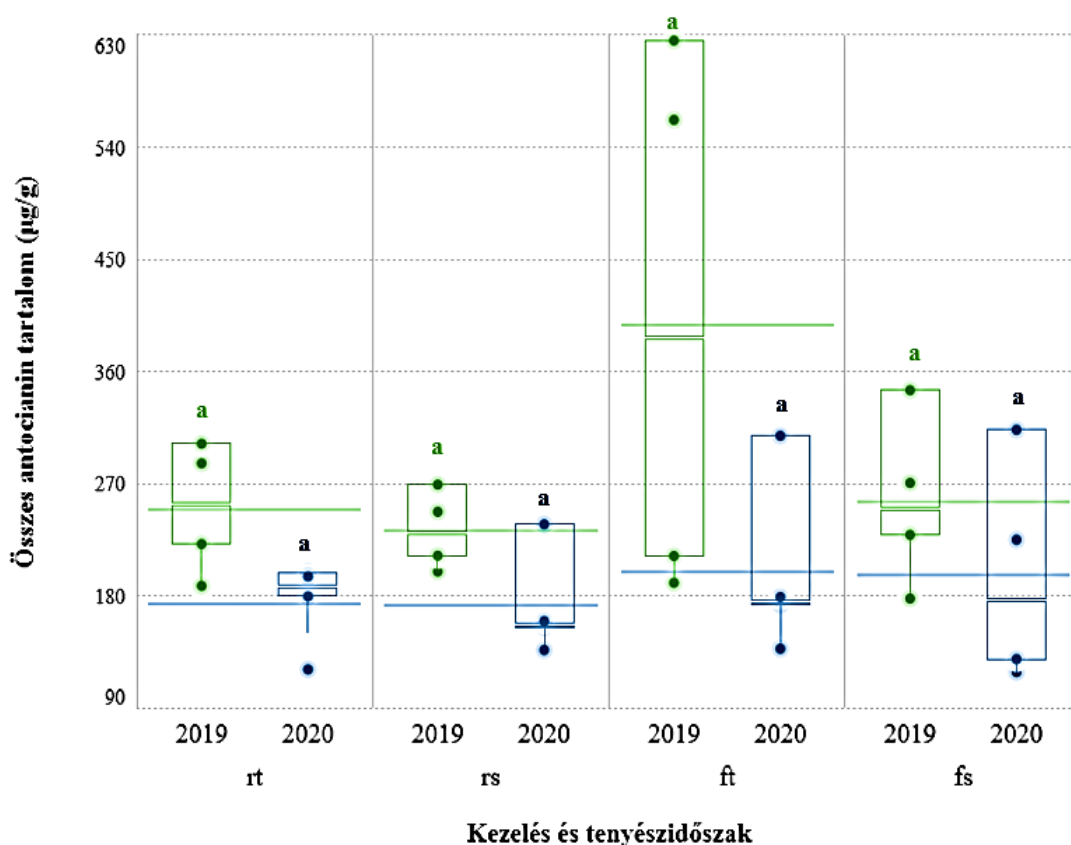


26. ábra Purple batátából kinyert antocianinok HPLC profilja. Jelölések Cy (cianidin); Pg (pelargonidin); Peo (peonidin); p-hb (p-hidroxi-benzoészav); caf (kávéssav); fer (ferulasav); soph (sophoroside); glc (glükóz) rt(rutinoside).

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 növényssűrűség hatása a Purple batáta antocianin tartalmára

Látható, hogy az eltérő művelési módok és a növényssűrűség nem volt statisztikailag igazolható módon hatással az antocianin tartalomra (27. ábra). Ezeknek a fitonutrienseknek a felhalmozódását az évjáráthatás jelentősen befolyásolja, amit a többtényezős varianciaanalízis is mutat. Az eredmények során látható, hogy két rendkívül kiemelkedő értéket kaptam a 2019-es FT kezelés során elemzett batáták esetében. A két összes antocianint mutató érték nagyjából duplája a többi mért értéknek, ami jelentősen torzítja az eredményeket.



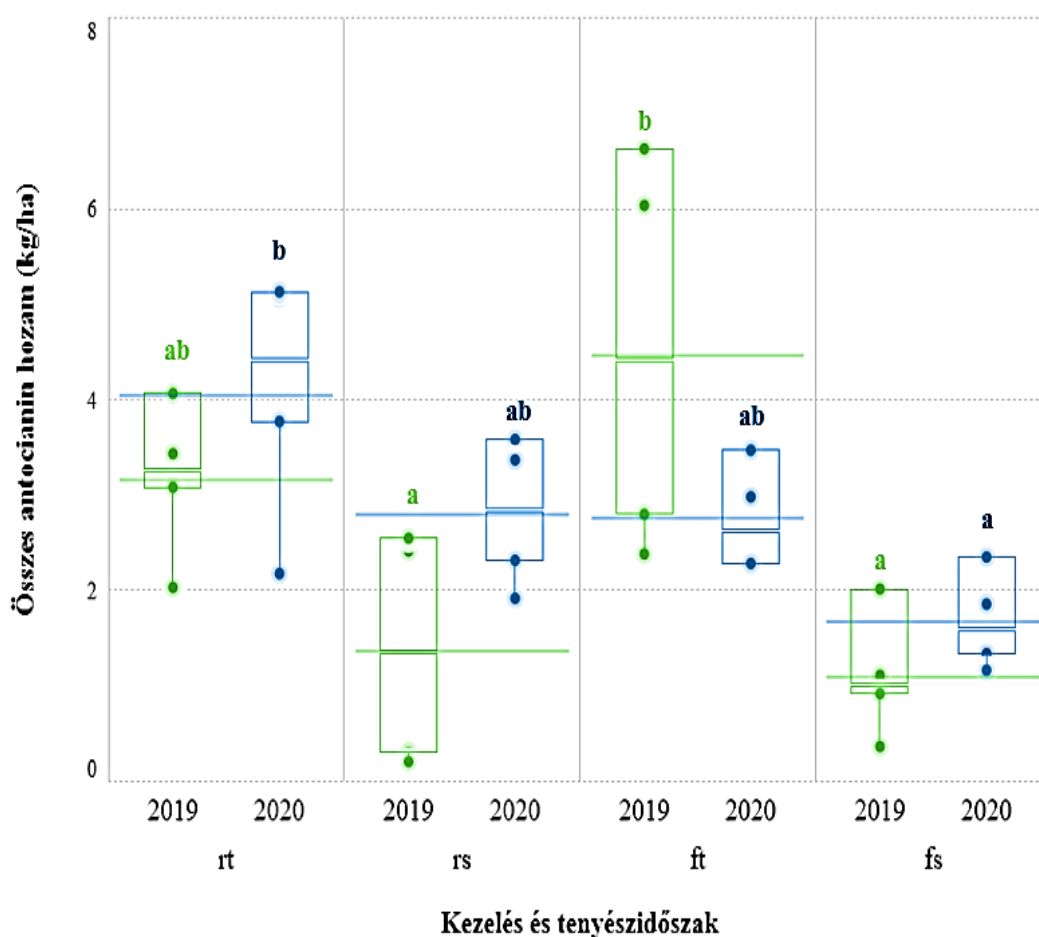
27. ábra A Purple batáta átlagos összes antocianin tartalma az eltérő kezelések hatására a két vegetációs periódusban (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-simplasor. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

Az első vegetációs évben az összes antocianin hozam szempontjából a legmagasabb értéket az FT kezelés eredményezte, amely szignifikánsan felülmúlta a többi művelési mód és kezelési kombináció eredményeit (28. ábra). A második legmagasabb hozamot az RT kezelés adta, amely szintén szignifikánsan magasabb volt, mint az FS és RS technológiák esetében mért értékek. Az első év során az ikersoros termesztés hatására elért magasabb terméshozamokkal lehetett növelni az egységnyi területről lehozható összes antocianin mennyiségét is.

A 2020-as vegetációs évben az eredmények mást mutattak, az RT termesztési mód szignifikánsan magasabb összes antocianin hozamot eredményezett, mint a többi kezelés.

A két év során az RT mutatta ugyan a legmagasabb terméseredményt (23. ábra), azonban az összes antocianin hozamban a 2019-es vegetációs periódusban az FT kezelés kiugróan magas összes antocianin tartalma miatt az összes antocianin hozam eltérő eredményt mutat. Az RS és FT termesztési módok hatására szignifikánsan magasabb volt az összes antocianin hozam, mint az alacsony termésmennyiséget eredményező FS kezelés esetében, mely így az antocianin hozamban is mérsékelt eredményt mutatott. Az eltérő termesztéstechnológiai módszerek az antocianin tartalomban nem mutattak szignifikáns eltérést, ezért az összes antocianin hozamot jelentősen befolyásolta a termésmennyiség.

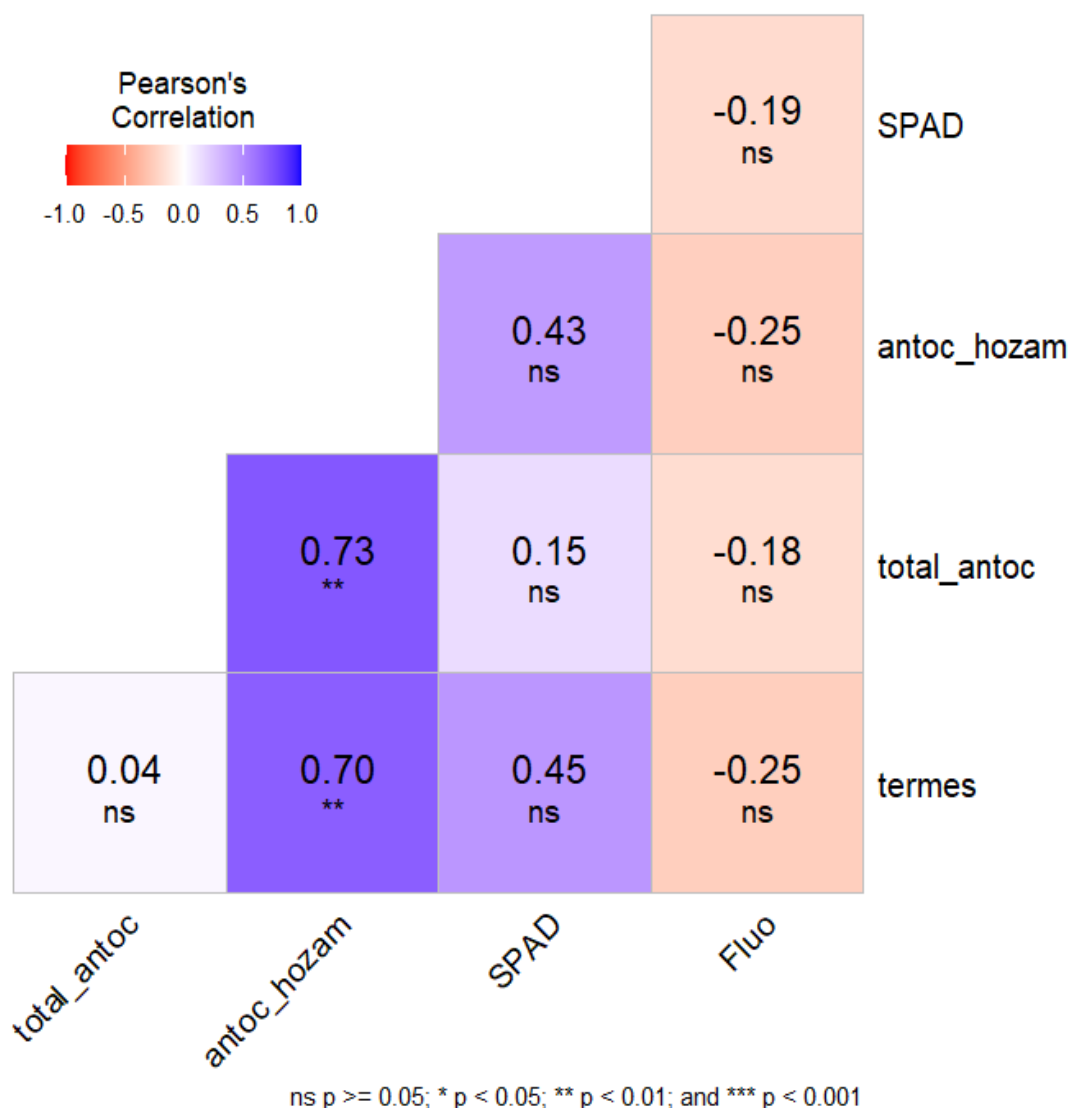
Egy másik kutatás során azt találták, hogy a hozam növekedésért főként a hosszabb tenyészidőszak, míg az antocianin tartalom növekedésért az alacsonyabb hőmérsékleti tartomány felel. A betakarított termés minőségi jellemzői közül az antocianinhozam alacsonyabb talajhőmérséklet esetén emelkedett, ami arra utal, hogy a csökkent talajhőmérséklet pozitív hatással lehet az antocianinok bioszintézisére vagy akkumulációjára. Ezért arra a következtetésre jutottak, hogy az antocianin hozam maximalizálható a termesztési időszak meghosszabbításával és az alacsonyabb talajhőmérsékleten történő betakarítással. (Kurata et al., 2023).



28. ábra A Purple lila batáta átlagos összes antocianin hozama (kg/ha) az eltérő kezelések hatására a két vegetációs periódusban (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplator. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

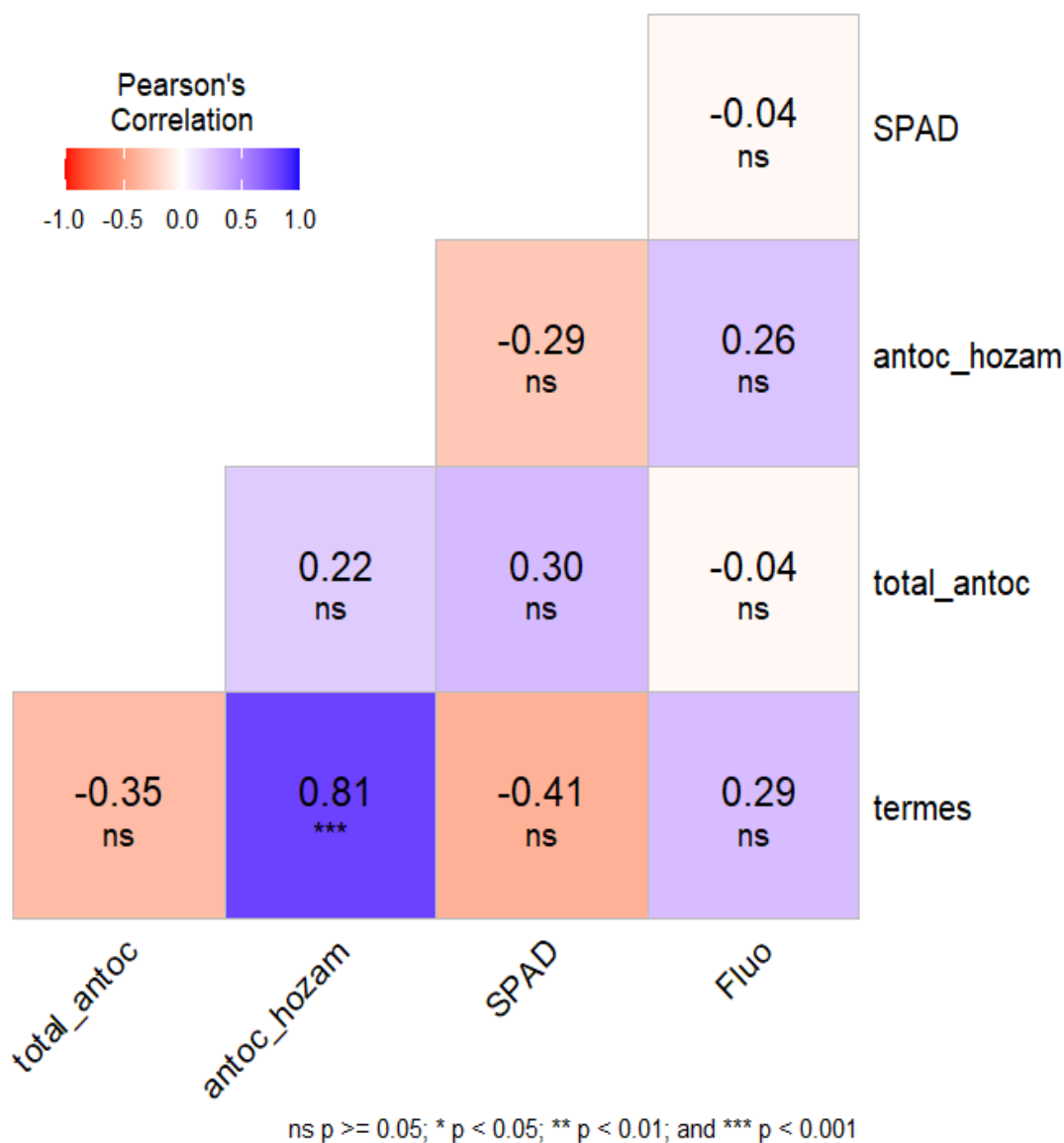
4.3.5 A Purple fajta korrelációs összefüggéseinek vizsgálati eredményei

A 2019-es évben végzett termesztés technológiai vizsgálatok Pearson korrelációs tesztje során mindössze a terméshozam és az összes antocianin-tartalom korrelált az összes antocianin hozammal, mivel ebből a két változóból számítódik (29. ábra).



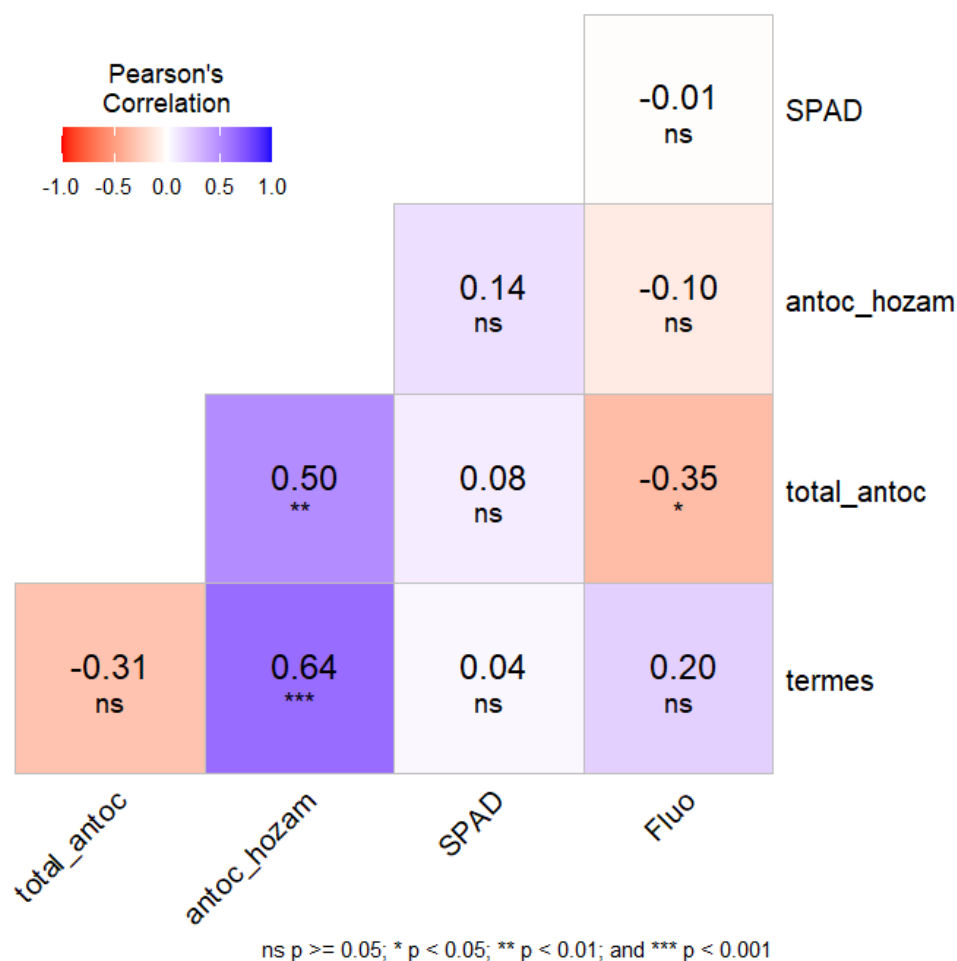
29. ábra Korrelációs mátrix a mért változók függvényében a 2019-es vegetációs periódusban. A hozam a batátagumók termésmennyiségét jelöli. A SPAD-index és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében az összes mérési időpont átlagát vontam be a számításba.

A 2020-as vegetációs periódusban a legtöbb vizsgált paraméter között nem figyelhető meg szignifikáns kapcsolat, kivéve a termés és az összes antocianin hozam közöttit, ahol erős pozitív kapcsolat látható (30. ábra).



30. ábra Korrelációs mátrix a mért változók függvényében a 2020-es vegetációs periódusban. A hozam a batátagumók termésmennyiségét jelöli. A SPAD-index és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében az összes mérési időpont átlagát vontam be a számításba.

Amennyiben a két év eredményeit együtt elemezzük, akkor látható, hogy a fotoszintetikus aktivitást mutató klorofill fluoreszcencia értéke (Fv/Fm) negatív korrelációt mutat az összes antocianin tartalommal. Így a magasabb antocianin tartalommal rendelkező batáták alacsonyabb klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékkel rendelkeznek (31. ábra). Az alacsonyabb klorofill fluoreszcencia, ami a kedvezőtlen abiotikus tényezők eredménye, javítja az antocianin felhalmozódását a két év átlagát elemezve. Látható, hogy erős korreláció van az összes antocianin hozam és a terméshozam között, azaz jelen esetben a terméshozam alakulása nagyobb hatással van a végleges antocianin hozamra, mint a gumók antocianin koncentrációja.



31. ábra A mért változók korrelációs mátrixa Purple lila batáta esetében, amely a két vegetációs periódus eredményeit egyesíti. A hozam a batáta gumók termésmennyiségét jelöli. A SPAD-index és a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében az összes mérési időpont átlagát vontam be a számításba.

4.3.6 Főkomponens elemzés (PCA) a Purple fajtánál

A PCA biplot átfogó képet nyújt a különböző termesztési technológiai módszerek és a vizsgált paraméterek (pl. terméshozam, SPAD, antocianinok) közötti összefüggésekről. A főkomponensek (PC1 és PC2) az adathalmaz varianciájának 34,5%-át (PC1) és 31,5%-át (PC2) magyarázzák, így az adatok varianciájának 66%-át fedik le. Ez az arány megfelelő alapot nyújt az eltérő termesztéstechnológiai módszerekhez kapcsolódó változók közötti különbségek vizsgálatához. Az egyes változók variancia-megoszlásban játszott szerepe a vektorok hosszával és irányával jól azonosítható. A terméshozam, a klorofill fluoreszcencia és az antocianin-tartalom kulcsszerepet játszanak a PC1 varianciájában, míg az összes antocianin hozam és a SPAD inkább a PC2 tengelyen rögzített varianciához járul hozzá, bár a SPAD csak nagyon kis mértékben. Az FT kezelésben található két kiugróan magas antocianin értékkel jellemzett ismétlés a PCA elemzés szerint is elkülönül a többi ismétlést tömörítő pontthalmaztól. Az antocianin mellett még a terméshozamnak és a klorofill fluoreszcenciának volt nagyobb hatása. A pontthalmaz szerint leginkább az FS és az RT kezeléskombinációkhoz tartozó pontok térnek el lényegesen (32. ábra).

32. ábra A PCA biplot a terméshozam, a SPAD, az Fv/Fm és az összes antocianin komponens koncentrációjának mért paraméterein végzett főkomponens-elemzés eredményeit mutatja. Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor.

A főkomponens-elemzés alapján megállapítható, hogy a művelési mód (sík vagy bakhátas) és a növényesűrűség (ikersoros vagy szimplasoros) jelentős hatással van a gumók beltartalmi paramétereire. A bakhátas termesztési technológia különösen kedvező hatású a terméshozam szempontjából, míg a szimplasoros ültetési módok magasabb antocianin koncentrációt eredményezhet.

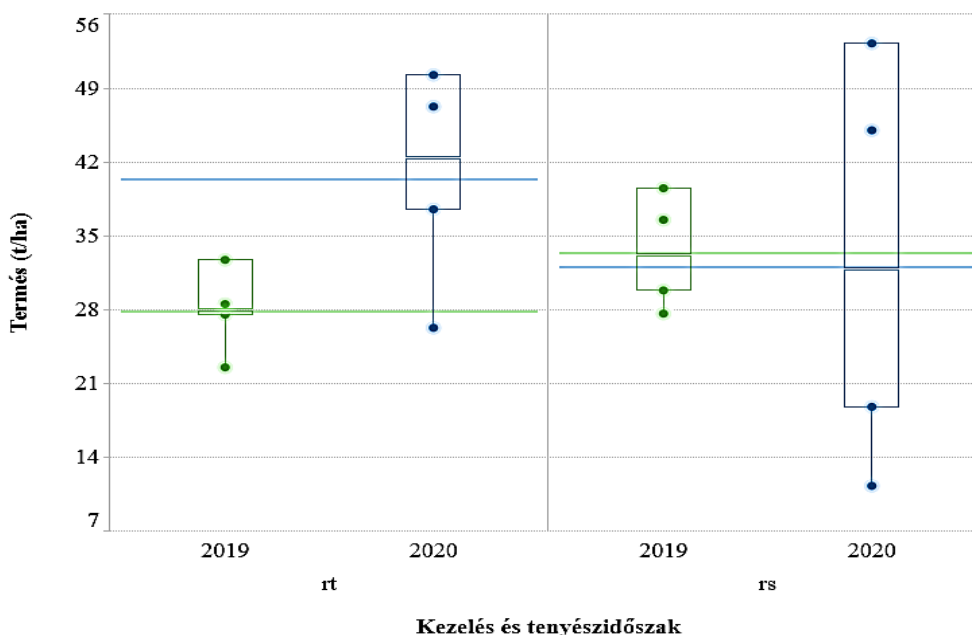
4.3.7 A különböző művelési módok, a növényesűrűség és az évjárat hatásának vizsgálata a beltartalomra és a terméshozamra

Az ANOVA teszt eredményei táblázatos formában az M3 mellékletben találhatóak meg. A lila húsú Purple fajta esetében végzett statisztikai elemzések során a termesztéstechnológiai változók közül a növényesűrűség ($p < 0,001$), majd ezt követően a művelési mód ($p < 0,01$) volt jelentős hatással a terméshozamra. A 2019-es és 2020-as tenyészidőszak jelentősen különbözött egymástól, ezek évjáráthatása nagyban befolyásolta a termés alakulását e fajta esetében ($p < 0,001$). A művelési mód és az évjáráthatás terméshozamra gyakorolt együttes hatása látható, vagyis, egyes évjáratokban az eltérő művelési módok befolyásolják a terméshozamot ($p < 0,05$). A 2020-as évben magasabb hozamokat produkált a kísérletbe vont Purple fajta (23. ábra). Az antocianinok felhalmozódása szempontjából az évjáráthatásnak van kiemelt szerepe ($p < 0,05$). Ellentétben a termesztési megoldások, mint a művelési mód vagy a növényesűrűség nem mutatott kölcsönhatást az összes antocianinra vonatkozóan. A hektáronkénti antocianin hozamot vizsgálva a növényesűrűség esetében tapasztaltam összefüggést, ahol erős szignifikáns hatást adott eredményül a teszt ($p < 0,001$). Az évjáráthatás és a művelési mód külön-külön, valamint az évjáráthatás és a növényesűrűség együttes hatása az összes antocianin hozamra statisztikailag nem mutatott szignifikáns hatást ($p < 0,06$). Az évjáráthatás, művelési mód, valamint a növényesűrűség együttes, kombinált hatása azonban meghatározó szerepet játszott az összes antocianin alakulásában. A levelek klorofill tartalmának értékelése során a SPAD értékek esetében az eltérő termesztéstechnológiák nem mutattak szignifikáns különbséget az ANOVA teszt során. A SPAD értékek alakulására a művelési mód nem volt szignifikáns hatással ($p < 0,07$). Az Fv/Fm értékek szempontjából több tényező egyedi és kombinált hatása is érvényesült. A legerőteljesebb klorofill fluoreszcenciát befolyásoló tényező az eltérő művelési módok alkalmazása volt ($p < 0,001$), amihez hasonló mértékű, szignifikáns értéket mutatott az évjáráthatás is, ami szintén jelentősen befolyásolta az Fv/Fm értékek alakulását ($p < 0,001$). A növényesűrűség is mérsékeltebben, de hatással volt a klorofill fluoreszcenciára ($p < 0,05$). Kombinált hatások tekintetében az évjáráthatás és a művelési mód, valamint az évjáráthatás, művelési mód és tőszám interakciója volt a legmeghatározóbb az Fv/Fm értékek tekintetében ($p < 0,01$). Az évjáráthatás és a növényesűrűség, valamint a termesztéstechnológia a művelési mód és a növényesűrűség kevésbé, de statisztikailag igazolható mód befolyásolta a klorofill fluoreszcencia értékeket ($p < 0,05$) (M3-melléklet).

4.4 Murasaki-29 fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

4.4.1 Az eltérő tőszám hatása a terméseredményre

A 33. ábra a Murasaki-29 fajta bakhátas, szimpla- és ikersoros termesztési módszerek hatékonyságát mutatja a hektáronkénti átlagos terméshozamra vonatkoztatva két vegetációs évben.



33. ábra Az eltérő termesztés technológiai módszerek hatása a Murasaki-29 batáta terméshozamára két vegetációs periódusban (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, T-ikersor, S-szimplasor.

A statisztikai számítás nem mutatott a szimpla- és ikersorok között szignifikáns különbséget egyik vizsgálati évben sem. Azonban az átlagokat tekintve a 2019-es évben a szimpla sorok esetében a terméshozam 33,35 t/ha volt, ami 16,6%-kal magasabb, mint az ikersorokban mért 27,8 t/ha terméshozam. A 2020-as év során azonban a szimplasorokban termesztett Murasaki-29 fajta átlaghozama (32,1 t/ha) 20,5%-kal alul maradt az ikersorokban mért 40,3 t/ha-os hozamhoz képest. Egy másik kutatás során jóval alacsonyabb hozamokat értek el ezzel a fajtával, csupán 15,8 t/ha volt a teljes betakarított mennyiség trópusi körülmények között (Miyasaka et al., 2019). A szimplasorok esetében a hozamban jelentős szórások voltak megfigyelhetők a 2020-as vegetációs évben, ami a palántázás során könnyebben kialakuló tőhiánynak tudható be. A tőhiány és a jelentős szórások ellenére a Murasaki-29 fajta esetében a szimplasorokkal hasonlóan magas terméseredmény érhető el, mint az ikersoros ültetéssel, ami a többi vizsgált fajtára nem igaz (33. ábra) (3. ábra, 13. ábra, 23. ábra). A 2020-as évben az egyedi parcellákat tekintve a legmagasabb terméshozamot az egyik szimplasoros ismétlés mutatta, azonban a szórások miatt az átlaghozam alacsonyabbnak bizonyult, mint az ikersorokban termesztetteké. Termésbiztonság szempontjából előnyösebb az ikersoros termesztés, a nagyobb tőszám alkalmazása, hiszen a palántakori tőpusztulás nem okoz jelentős kiesést a nagyobb növényesűrűség miatt.

4.4.2 A növényesűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra

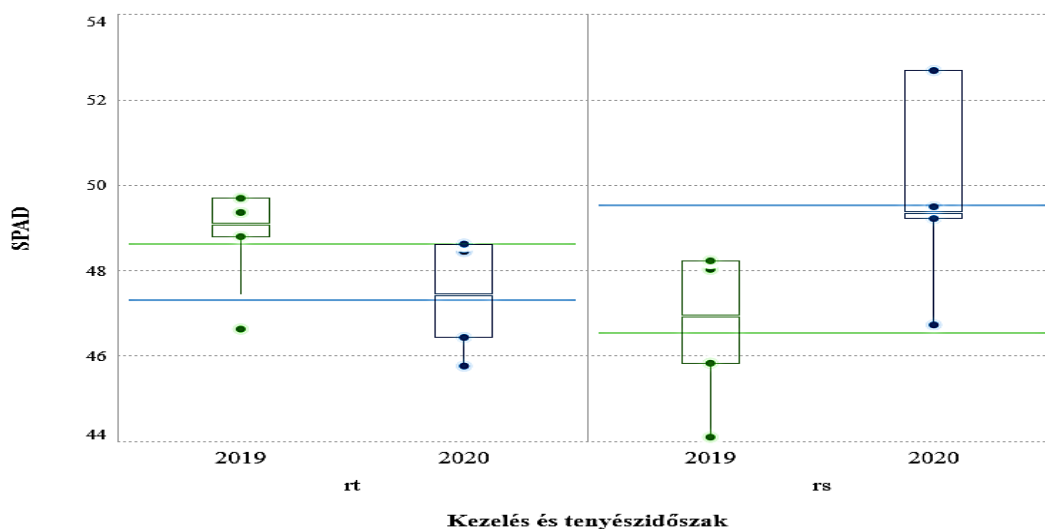
A Murasaki-29 fajta esetében 2019-ben az első két mérési alkalommal nem alakult ki szignifikáns különbség az ikersoros és a szimpla soros állomány SPAD értéke között. A vegetációs periódus végén, amikor a fotoszintetikus aktivitás csökkent az ikersorok esetében mértem szignifikánsan magasabb értéket. Ez azonban nincs összhangban a 33. ábraán látható magasabb hozammal ebben az évben. 2020-ban a második, harmadik és negyedik mérési időpontban is magasabb SPAD-index értékeket kaptam a szimplasoros termesztés során, melyből a második és a negyedik időpont magasabb

értékei statisztikailag is igazolhatók voltak (14. táblázat). A 2020-as évben az utolsó mérési időpontban volt a legjelentősebb a különbség a SPAD értéket nézve, ahol az RS kezelés során mért értékek jelentősen magasabbak voltak, mint az RT technológiában kapott értékek ($p < 0,001$) (14. táblázat).

14. táblázat A SPAD vizsgálatok kiértékelése a két vegetációs időszak alatt. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0,05$), ns-nem szignifikáns

Kezelés	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13	
RS	47,9 ± 3,2	48 ± 2	43,7 ± 1,5	
RT	45,6 ± 5,2	50,8 ± 5,2	49,5 ± 3	
P-érték	ns	ns	<0,05	
Kezelés	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
RS	43,2 ± 4,4	52,6 ± 3,4	52,1 ± 4,3	50,3 ± 5,5
RT	47,3 ± 2,32	49,9 ± 3,5	49,9 ± 4,9	42,2 ± 4,8
P-érték	<0,01	<0,05	ns	<0,001

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 (34. ábra). Az átlag értéket nézve a 2019-es vegetációs periódusban az ikersorok esetében 48,6, míg a szimplasorok esetében 46,5-ös átlagos SPAD-index értéket kaptam, ami 4,3%-kal alacsonyabb volt az ikersorokban mért értékekhez képest. A 2020-as év során a szimplasorok esetében kaptam a legmagasabb átlagolt, 49,5-ös, SPAD értéket, ami 4,5%-kal magasabb az ikersorokban mért 47,3-as értéknél, így az évjáratok között jelentős eltérés volt a relatív klorofilltartalomban.



34. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos SPAD értékek a két vegetációs periódusban a Murasaki-29 fajta esetében (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, T-ikersor, S-szimplasor.

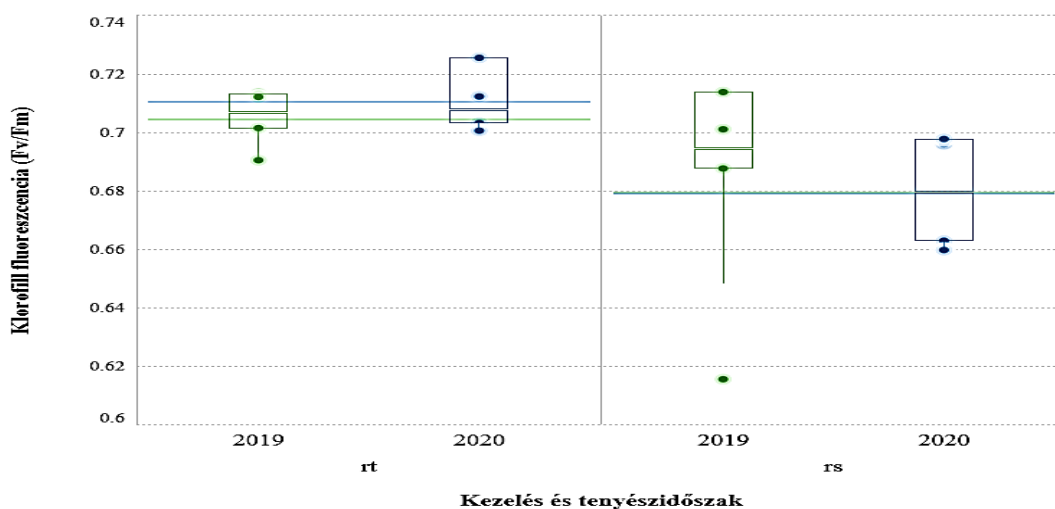
A klorofill fluoreszcencia mérési eredmények ANOVA tesztje alapján látható, hogy az első kísérleti évben a tenyészidőszak végén, az utolsó mérési időpontban volt statisztikai különbség az iker- és szimplasoros termesztés között (15. táblázat). A második mérési időpont során is az ikersoros technológiában mutatott magasabb klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értéket a fajta, azonban a különbség itt statisztikailag nem volt szignifikáns. Bár az utolsó mérési időpontot leszámítva az ikersoros termesztés növényeiben volt magasabb a klorofill fluoreszcencia a 2020-as

tenyészedőszakban, szignifikáns különbség csak a második mérési időpontban volt látható (15. táblázat). Általánosságban megállapítható, hogy az Fv/Fm értékek többnyire az RT kezelésben voltak magasabbak a két vegetációs periódus során.

15. táblázat Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) eredmények értékelése a két vegetációs periódus során Murasaki-29 fajta esetében, ns-nem szignifikáns.

Kezelés	2019.08.16	2019.08.28	2019.09.13	
RS	0,684 ± 0,02	0,640 ± 0,13	0,715 ± 0,02	
RT	0,654 ± 0,03	0,710 ± 0,01	0,749 ± 0,01	
P-érték	ns	ns	<0,05	
Kezelés	2020.07.14	2020.07.28	2020.08.13	2020.09.23
RS	0,684 ± 0,04	0,600 ± 0,13	0,663 ± 0,07	0,762 ± 0,03
RT	0,704 ± 0,04	0,687 ± 0,06	0,699 ± 0,07	0,751 ± 0,03
P-érték	ns	<0.05	ns	ns

Az évjáratonkénti átlagos Fv/Fm értékek esetében a szimpla és ikersorok esetében szignifikáns különbség volt látható mindkét kísérleti évben (35. ábra). A 2019-es vegetációs periódusban az ikersoros beállításban 0,704, míg a szimplasoroknál 0,680 Fv/Fm átlagértéket regisztráltam. A 2020-as év során is az ikersoros termesztés technológiában volt szignifikánsan magasabb a klorofill fluoreszcencia 0,710 Fv/Fm értékkel, míg a szimpla soros, kisebb tőszámú kezelést 0,679-es Fv/Fm átlagérték jellemezte. A klorofill fluoreszcencia szempontjából az ikersorok statisztikailag igazolhatóan ($p < 0,05$) magasabb Fv/Fm értéket mutattak a szimpla sorokhoz képest.



35. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos klorofill fluoreszcencia értékek (Fv/Fm) tenyészedőszakban a Murasaki-29 fajta esetében (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, T-ikersor, S-szimplasor.

4.4.3 Növényesűrűség és az évjárat hatása a termés hozamra és növényfiziológiai paraméterekre

A tőszám beállításának nem volt szignifikáns hatása sem a termés hozamra, sem a SPAD értékekre. A kéttényezős varianciaanalízis alapján a tőszám, a művelési mód és az évjárat hatása együttesen nem befolyásolták szignifikánsan a termés eredményeket. Ugyanakkor szignifikáns interakciós hatás mutatkozott a tőszám és az évjárat között a SPAD érték alakulására ($P < 0,05$). A klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékének változására viszont önállóan a tőszám gyakorolt szignifikáns hatást.

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

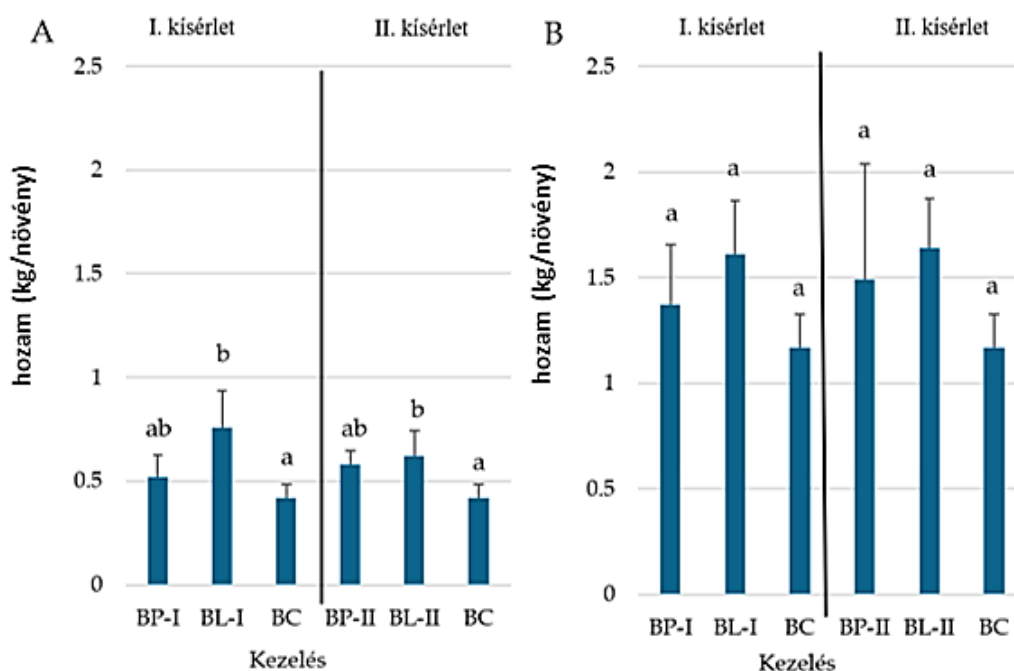
4.5.1 Különböző műtrágyadózisok hatása a Beauregard fajta termés hozamára

Az emelt kálium dózisú műtrágya kijuttatása pozitív hatással volt a termésre (36. ábra). Az I. kísérletben az osztott dózist alkalmaztam a BL-I kódú kezelésben, ahol az alpműtrágyadózison felül a vegetációs időben öt egyenlő részre szétosztott kálium túlsúlyos tápoldat került kijuttatásra melynek eredményeként magasabb termés hozamot produkáltak (0,76 kg/növény-termés 2021-ben és 1,61 kg/növény-termés 2022-ben), mint a BC (0,42 kg/növény termés 2021-ben és 1,17 kg/növény termés 2022-ben) zérókontroll parcellában ültetett batáta. A BL-I kezelés hatására a 2021–2022. évek átlagában a termés mennyisége 29,65%-kal haladta meg a BC kezelés zérókontroll parcelláin mért értéket.

A BL-II kezelés (II. kísérlet) során magasabb alpműtrágya dózist alkalmaztam, mint az I. kísérlet során, ami szintén a kiültetés előtt került kijuttatásra. A vegetációs periódus során ezekben a parcellákban is osztott dózisban további emelt kálium dózisú műtrágya került kijuttatásra tápoldat formájában, ami 30,5 %-kal nagyobb termés hozamot eredményezett (BL-II-0,62 kg/növény-termés 2021-ben és 1,64 kg/növény-termés 2022-ben), a zérókontroll parcellákhoz viszonyítva BC (0,42 kg/növény-termés 2021-ben és 1,17 kg/növény-termés 2022-ben). Ez az eredmény nagyban hasonló, mint amit az I. kísérletben tapasztalt hozam. A termés hozam szempontjából az ültetés előtti alpműtrágya emelt dózisú kijuttatása azonban nem volt hatékony. Fontos megjegyezni, hogy a 2021-es vegetációs időszak az átlag időjárási viszonyokhoz mérten hűvösebb volt, ami nem kedvez a batáta növekedésének, a gumók differenciálódásának, így a termés eredmények nem érték el egy átlagos évre jellemző hozamokat. A második év (2022) időjárási körülményei kedvezőbbek voltak (2. ábra). a Beauregard termesztése szempontjából, mint a 2021-es, így minden kezelés magasabb termés eredményeket mutatott.

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 kezelésé pedig 16%-kal volt alacsonyabb.

Egy Brazíliában végzett kísérlet során a Beauregard fajta legmagasabb termés hozamát 85 kg/ha K_2O műtrágya kijuttatásával érték el (Filho et al., 2016). Egyiptomban különböző tenyésztési időszakokban végzett kutatás során 357,2 kg/ha K_2O -műtrágyázási szint mellett érte el a legmagasabb termés eredményeket, ami 1,19-1,49 kg/növény volt (El-Baky et al., 2010). Egy másik szintén Brazíliában végzett tanulmány szerint a legmagasabb piacképes termés hozamot 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 termés eredménye 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.



36. ábra Különböző dózisú magas káliumtartalmú műtrágya terméshozamra gyakorolt hatása Beauregard fajta esetében a 2021 (A) és a 2022 (B) tenyésztési évszak során ($n=4$). A hibaszávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyésztési évszakokon 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 16. táblázat és a 17. táblázatokban láthatók a Beauregard batáta analitikai vizsgálata során azonosított karotinoid vegyületek közötti különbségek a két vegetációs periódus alatt az eltérő kísérletek hatására. Az elemzés során a fő azonosított karotinoidok a β -karotin, cisz- β -karotin, β -kriptoxantin, α -kriptoxantin, luteokró, cisz-luteokró, β -karotin-epoxid és mutatokró voltak. A Beauregard fajta karotinoid összetételét tekintve a β -karotin található a legnagyobb arányban, ami az összes karotinoid koncentráció 87%-át teszi ki. Találunk olyan vizsgálatokat is, ahol a narancshúsú batátában található β -karotin adja az összes karotinoid-összetétel mintegy 99%-át (Santos et al., 2022). A narancssárgahúsú batátafajták magas β -karotin tartalmáról Ishiguro és munkatársai (2010) is beszámoltak vizsgálataik során. A β -karotint követő legmagasabb koncentrációt a α -kriptoxantin érte el a 2021-es vizsgálat során, amit a cisz- β -karotin követett (16. táblázat). A 2021-es vizsgálati évben a β -karotin és az azt követő második legfontosabb karotinoid vegyület az α -kriptoxantin tartalma szignifikánsan magasabb volt az I. kísérletben a BL-I kezelések során, mint a BP-I és a BC kezelésekben mért értékek (16. táblázat). Azonban a 2022-es tenyésztési évszakban az eltérő kezelések között nem mutatkozott statisztikailag szignifikáns különbség a β -karotin koncentrációban az I. kísérletben (17. táblázat). A 2021-es vegetációs időszakban a II. kísérlet során az eltérő kezelések nem mutattak szignifikáns különbséget egyik karotinoid komponens esetében sem, azonban a 2022-es év során a β -karotin koncentrációja szignifikánsan magasabb volt a BL-II kezelésben, mint a BP-II és a BC kezelésekben.

Ha összehasonlítjuk a 2021-es és 2022-es eredményeket akkor láthatjuk, hogy az I. kísérletben és a II. kísérletben is, a β -karotin után a második legfontosabb karotinoid-

komponens az α -kriptoxantin volt 2021-ben, míg a 2022-es vegetációs időszakban a luteokróm érte el a második legmagasabb szintet (16. táblázat, 17. táblázat).

16. táblázat A Beauregard batátában azonosított karotinoid vegyületek közötti különbség az eltérő műtrágyadózisok függvényében a 2021-es vegetációs időszakban ($n=4$). Átlagértékek $\pm$ SD. Az azonos sorban szereplő értékek kerültek összevetésre, ahol a különböző betűkkel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P \leq 0,05$ szinten.

Összetevők ($\mu\text{g g}^{-1}$)	I. kísérlet			II. kísérlet		
	BP-I	BL-I	BC	BP-II	BL-II	BC
β-karotin	121,3 $\pm$ 3,7 a	188,5 $\pm$ 15 b	129,7 $\pm$ 12,6 a	142,1 $\pm$ 9,4 a	154,1 $\pm$ 33,4 a	129,7 $\pm$ 12,6 a
cis-β-karotin	4,9 $\pm$ 1,6 a	4,8 $\pm$ 1,2 a	5,5 $\pm$ 0,8 a	5,4 $\pm$ 1,2 a	6,6 $\pm$ 4,1 a	5,5 $\pm$ 0,8 a
β-kriptoxantin	2,1 $\pm$ 0,1 b	0,9 $\pm$ 0,1 a	1,1 $\pm$ 0,1 a	2,8 $\pm$ 2,9 a	1 $\pm$ 0 a	1,1 $\pm$ 0,1 a
α-kriptoxantin	5,8 $\pm$ 0,3 a	8,8 $\pm$ 0,7 b	6,6 $\pm$ 1,3 a	7,8 $\pm$ 0,5 a	7,7 $\pm$ 1,4 a	6,6 $\pm$ 1,3 a
luteo-króm	2,6 $\pm$ 0,1 b	1,8 $\pm$ 0,1 a	1,8 $\pm$ 0,1 a	1,8 $\pm$ 0,1 a	1,8 $\pm$ 0,1 a	1,8 $\pm$ 0,1 a
cis-luteo-króm	0,9 $\pm$ 0,4 a	0,7 $\pm$ 0 a	0,7 $\pm$ 0 a	0,7 $\pm$ 0 a	0,7 $\pm$ 0,1 a	0,7 $\pm$ 0 a
β-karotin-epoxid	1,9 $\pm$ 0 a	3,0 $\pm$ 0,2 b	2,3 $\pm$ 0,4 a	2,8 $\pm$ 0,3 a	2,8 $\pm$ 0,9 a	2,3 $\pm$ 0,4 a
Mutatokróm	1,4 $\pm$ 0,3 a	1,4 $\pm$ 0,1 a	1 $\pm$ 0,1 a	1,1 $\pm$ 0,1 a	1,1 $\pm$ 0,1 a	1,0 $\pm$ 0,1 a

17. táblázat A Beauregard batátában azonosított karotinoid vegyületek közötti különbség az eltérő műtrágyadózisok függvényében a 2022-es vegetációs időszakban ($n=4$). Átlagértékek $\pm$ SD. Az azonos sorban szereplő értékek kerültek összevetésre, ahol a különböző betűkkel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P \leq 0,05$ szinten.

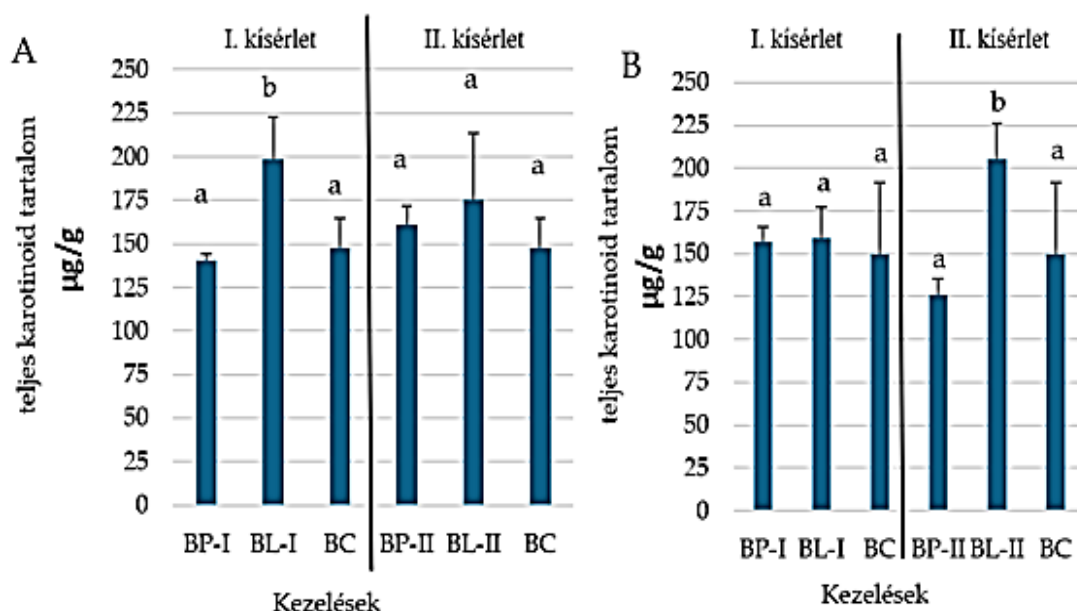
Összetevők ($\mu\text{g g}^{-1}$)	I. kísérlet			II. kísérlet		
	BP-I	BL-I	BC	BP-II	BL-II	BC
β-karotin	142,2 $\pm$ 5,2 a	142,1 $\pm$ 13,6 a	127,2 $\pm$ 41,3 a	105,2 $\pm$ 15,8 a	186 $\pm$ 17,2 b	127,2 $\pm$ 41,3 ab
cis-β-karotin	2,1 $\pm$ 0,5 a	4,0 $\pm$ 0,7 a	2,8 $\pm$ 0,2 a	4,1 $\pm$ 1,6 a	10,4 $\pm$ 7,7 a	2,8 $\pm$ 0,2 a
β-kriptoxantin	0,8 $\pm$ 0 b	0,8 $\pm$ 0 b	0,3 $\pm$ 0,2 a	1,8 $\pm$ 2,2 a	0,9 $\pm$ 0 a	0,3 $\pm$ 0,2 a
α-kriptoxantin	0,9 $\pm$ 0,1 a	1,0 $\pm$ 0,1 a	0,7 $\pm$ 0,1 a	0,7 $\pm$ 0,2 a	0,9 $\pm$ 0,1 ab	0,7 $\pm$ 0,1 a
luteo-króm	5,4 $\pm$ 0,6 a	6,3 $\pm$ 0,3 a	6,5 $\pm$ 0,5 a	4,9 $\pm$ 0,6 a	7,0 $\pm$ 0,5 b	6,5 $\pm$ 0,5 b
cis-luteo-króm	1,8 $\pm$ 0,6 a	1,9 $\pm$ 0,5 a	3,0 $\pm$ 0,1 a	1,8 $\pm$ 0,7 a	2,8 $\pm$ 0,2 a	3,0 $\pm$ 0,1 a
β-karotin-epoxid	1,9 $\pm$ 0,3 ab	2,3 $\pm$ 0,5 b	0,9 $\pm$ 0,2 a	1,3 $\pm$ 0,9 a	1,9 $\pm$ 0,2 a	0,9 $\pm$ 0,2 a
Mutatokróm	0,7 $\pm$ 0,3 a	0,8 $\pm$ 0,2 a	1,0 $\pm$ 0,2 a	0,6 $\pm$ 0,3 a	0,9 $\pm$ 0,2 a	1,0 $\pm$ 0,2 a

A 2021-es tenyészidőben beállított I. kísérletben a BL-I osztott műtrágya dóziséú kezelés során kaptam a legmagasabb összes karotinoid tartalmat mutató batátagumókat, melyek átlagosan 198,8 $\mu\text{g/g}$ karotinoidot tartalmaztak a kezelés hatására. Ez jelentősen ($p < 0,05$) magasabb érték, mint a BP-I és BC kezelések során

tapasztalt (140,7, illetve 147,7 $\mu\text{g/g}$) összes karotinoid tartalom. A 2022-es kísérleti évben a legmagasabb összes karotinoid-koncentrációt szintén a BL-I kezelés során érték el a batátatumók, ahol az átlag összkarotinoid tartalom 159,1 $\mu\text{g/g}$ volt, azonban a kezelések közötti különbség a statisztika alapján nem volt szignifikáns. A II. kísérlet során az I. kísérlethez hasonló eredményeket kaptam, ahol szintén a BL-II. osztott dózisú műtrágyakezelés eredményezte a legmagasabb arányú összes karotinoid koncentrációt. A BL-II kezelés összkarotinoid koncentrációja 175,1 $\mu\text{g/g}$ volt 2021-ben, ami magasabb, mint a BP-I kezeléseké, azonban a különbség nem volt szignifikáns. A 2022-es tenyészidőszakban szintén a BL-II kezelés során voltak a legmagasabb karotinoid koncentrációt mutató értékek (205,4 $\mu\text{g/g}$), melyek szignifikánsan magasabbak voltak a BP-II (126 $\mu\text{g/g}$) és a BC (149,5 $\mu\text{g/g}$) kezelések értékeihez képest (37. ábra).

A batátatermesztés számára kedvezőbb időjárási körülmények miatt látható volt, hogy a növények tápanyaghasznosító képessége is kedvezőbben alakult, így a nagyobb mennyiségű műtrágya (BL-II) kijuttatása hozzájárult az átlagosan mért magasabb koncentrációjú összes karotinoid értékhez (37. ábra). A nagyobb mennyiségű káliumtartalmú műtrágya alkalmazása az összes- és a β -karotin-tartalom növekedését is eredményezte a kezeletlen kontrollhoz (BC) képest, ami megegyezik más kutatások eredményével (El-Baky et al., 2010). Egy másik publikációban leírták azt, hogy az optimális tápanyag-utánpótlási módszerek hozzájárulnak a magasabb β -karotin-koncentrációhoz (Laurie et al., 2012a), ennek egyik oka lehet, hogy a növények könnyebben hozzáférhetnek a tápanyagokhoz, és magasabb koncentrációban képesek szintetizálni a β -karotint.

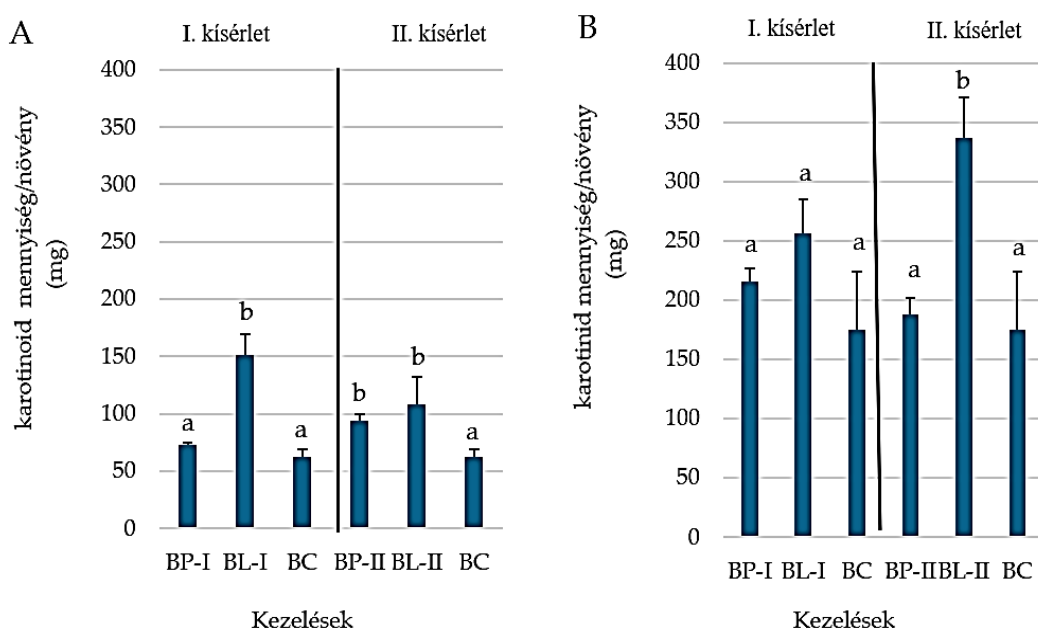
A vizsgálat során a Beauregard minták átlagos β -karotin-koncentrációja 140,6 $\mu\text{g/g}$ volt. Ez 7-szer magasabb koncentráció, mint egy másik vizsgálat során kapott érték, ahol azonban más narancssárga húsú fajtán végeztek β -karotin koncentráció meghatározást (Drapal et al., 2019). Teow és munkatársai (2007) 52%-kal alacsonyabb β -karotin-koncentrációt mértek vizsgálataik során ugyanebből a fajtából.



37. ábra Különböző dózisú magas káliumtartalmú műtrágya összes karotinoid tartalomra gyakorolt hatása Beauregard fajta esetében a 2021 (A) és a 2022 (B) tenyészidőszak során ($n=4$). A hibasávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

Az I. kísérlet során a BL-I kezelés hatására a Beauregard fajta összes karotinoid átlaghozama 151 mg volt növényenként, ami statisztikailag értékelve szignifikánsan magasabb ($p < 0,001$) volt, mint a kontroll (BC) parcellákban kapott 62 mg/növény érték. A BC parcellákban mértem a legalacsonyabbak értéket a 2021-es tenyészidőszak során. A legmagasabb növényenkénti átlagos összes karotinoid hozamot a 2022-es vizsgálati évben szintén az osztott K_2O túlsúlyos kezelés (BL-I) hatására (256,2 mg/növény) tapasztaltam (38. ábra).

Az emelt alaptrágya dózisú kísérlet statisztikai értékelése során a BL-II osztva kijutatott K_2O -ban gazdag műtrágya kezelés eredményezett szignifikánsan magasabb összes karotinoid hozamot növényenként, a kontroll (BC) parcellákhoz képest mindkét vizsgálati évben. A 2022-es tenyészidőszakban mért legmagasabb összes karotinoid hozam 336,9 mg/növény volt a BL-II-es kezelés hatására, ami 51,9 %-kal magasabb, mint a kontroll parcellákban (BC) mért 174,9 mg/növény érték. A BL-I és a BL-II több adagban kijutatott, K_2O -ban gazdag műtrágya dózisos kezeléseket eredményezték a legmagasabb értékeket a növényenkénti összes karotinoid hozam tekintetében, ami minden esetben magasabb volt, mint a zérókontroll parcellákban kapott értékek, valamint a BP-I és BP-II-es kezelésekre elért értékek (38. ábra).



38. ábra Különböző dózisú magas káliumtartalmú műtrágya növényenkénti összes karotinoid mennyiségre gyakorolt hatása Beauregard fajta esetében a 2021-es (A) és a 2022-es (B) tenyészidőszak során ($n=4$). A hibasávok a szórás (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

A terméshozam és a karotinoid tartalom összefüggésének vizsgálata során az I. és II. kísérlet adatait lineáris regressziós modellel elemezve az eredmények magas korrelációt mutattak ($R=0,85$) a 2021-es termesztési időszakban, azonban a 2022-es tenyészidőszakban ez az érték már alacsony korrelációt ($R=0,22$) mutatott. Amikor a két termesztési év eredményeit egy lineáris regressziós modellben értékeltem, nem találtam szignifikáns mértékű korrelációt. Ennek oka, hogy a két termesztési időszakban mért terméshozam és ehhez kapcsolódó karotinoid tartalom jelentős szórásértékekkel rendelkezett, ami nagy különbözőséget mutatott az értékelés során.

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

Az eredményeket megvizsgálva egyértelműen látszik, hogy a kálium meghatározó szerepet játszik a Purple fajta terméshezamának alakulásában (39. ábra). A III. és IV. kísérlet során a káliumban gazdag műtrágya mindkét vizsgálati évben javította a terméshezamot a kontroll parcellákhoz viszonyítva. A 2021-es vegetációs évben a legmagasabb terméshezamot, 0,18 kg/növény, az LL-I kezelés hatására mértem, ami 80 %-kal magasabb volt, mint a kontroll parcellában kapott érték, 0,1 kg/növény (39. ábra).

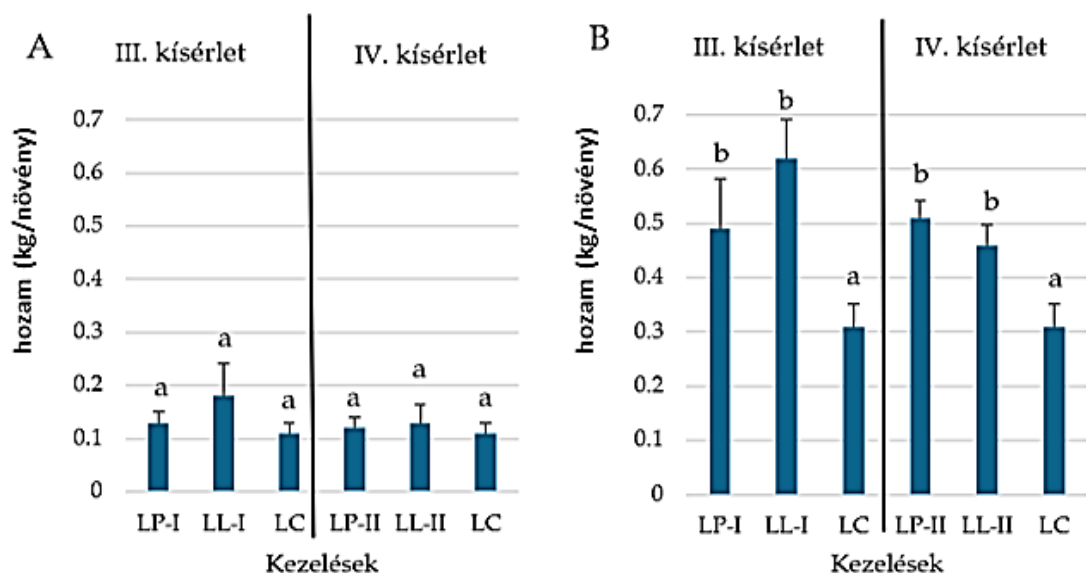
A 2022-es vegetációs időszak kedvezőbb volt a batáta termesztése szempontjából, így a terméshezamok jelentősen magasabbak voltak, mint az első évben. A legmagasabb értéket a 2022-es vegetációs időszakban is az LL-I kezelés során mértem (0,62 kg/növény). Az LL-I kezelés 100%-kal magasabb terméshezamot eredményezett az LC-kontrollhoz képest, amely csupán 0,31 kg/növény hozamot produkált.

A IV. számú kísérletben végzett mérések alapján a legmagasabb termés mennyiséget az LP-II kezelés hatására mértem a 2022-es vegetációs időszakban. A terméshezamok közötti eltérés 2021-ben minimális, statisztikailag nem volt szignifikáns. A második kísérleti évben a kétszeres dózisban kijuttatott ültetés előtti műtrágya esetében mért terméshezamok közel 40%-kal meghaladták a zérókontroll LC parcellákban tapasztalt hozamokat. A 2022-es vegetációs évben a LL-II kezelés során alkalmazott kálium túlsúlyos műtrágya több részletben történő kijuttatásának hatására a Purple fajta terméshezama elmaradt az LP-II-es kezeléstől (39. ábra).

A IV. számú kísérletben a több, nagyobb dózisban történő káliumban gazdag műtrágya kijuttatása csökkentette a terméshezamot összehasonlítva a III. számú kísérletben kapott eredményekkel, ami arra utal, hogy a túlzott, nagy mennyiségű műtrágya termésdepressziót okoz a Purple fajta esetében. 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 zérókontroll 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.

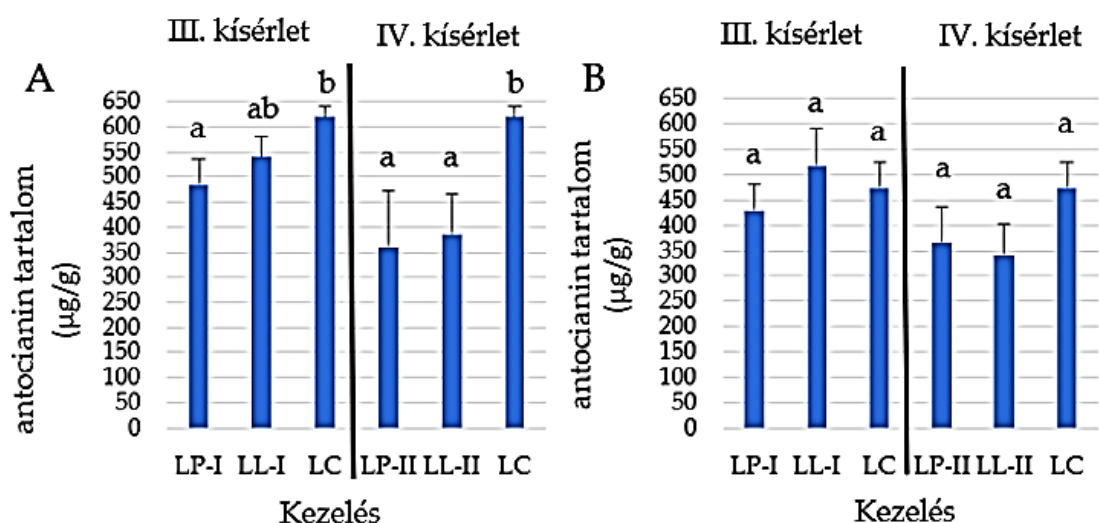
Egy másik kutatócsoport (Jian et al., 2001) eredményei szerint a batáta optimális terméshezamát 150-300 kg K_2O kg/ha műtrágya kijuttatásával lehet elérni. Kísérleteim során a legmagasabb termés mennyiséget ennél nagyobb dózisú kálium tartalmú műtrágyával értem el, azonban a műtrágya hasznosulása és annak felvehetősége nagyban függ a talaj adottságoktól.



39. ábra Különböző dózisú magas káliumtartalmú műtrágya terméshozamra gyakorolt hatása Purple fajta esetében a 2021 (A) és a 2022 (B) tenyésztézőszak során ($n=4$). A hibasávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyésztézőszakokon 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. számú kísérlet kiértékelése során a 2021-es tenyésztézőszakban a gumók antocianin tartalma a kontroll parcellákban szignifikánsan magasabb értéket mutat, mint a különböző műtrágya dózisokkal kezelt parcellákban mért eredmények ($p<0,05$) (40. ábra). A tápanyaghiány jelentős stressz faktor (Liu et al., 2017), aminek hatására a kontroll parcellákban lévő batáták esetében fokozottabb volt az antocianin képződés (Wang et al., 2013). Ennek következtében a zérókontroll LC parcellákban mért antocianin értékek ($620,2 \mu\text{g/g}$) voltak a legmagasabbak. A III. számú kísérlet elemzése során azonban ettől eltérő eredményeket kaptam a 2022-es vizsgálati évben (40. ábra).



40. ábra Különböző dózisú 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 tenyésztézőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p<0,05$).

A lila fajtájú batáta esetében az antocianin képződést jelentősen befolyásolják a környezeti tényezők, az abiotikus stresszfaktorok (Hu et al., 2024). A 2021-es tenyészidőt jellemző meteorológia adatok a batáta termesztés szempontjából kedvezőtlenek voltak, amit az alacsony termés hozamok is alátámasztanak. Ebben az évben a III. számú kísérletben az LL-I kezelés során kapott 540,3 µg/g érték ugyan 13%-kal kevesebb, mint a kontroll parcellákban mért 620,2 µg/g koncentráció, de statisztikailag nem mutatott egyértelmű különbséget.

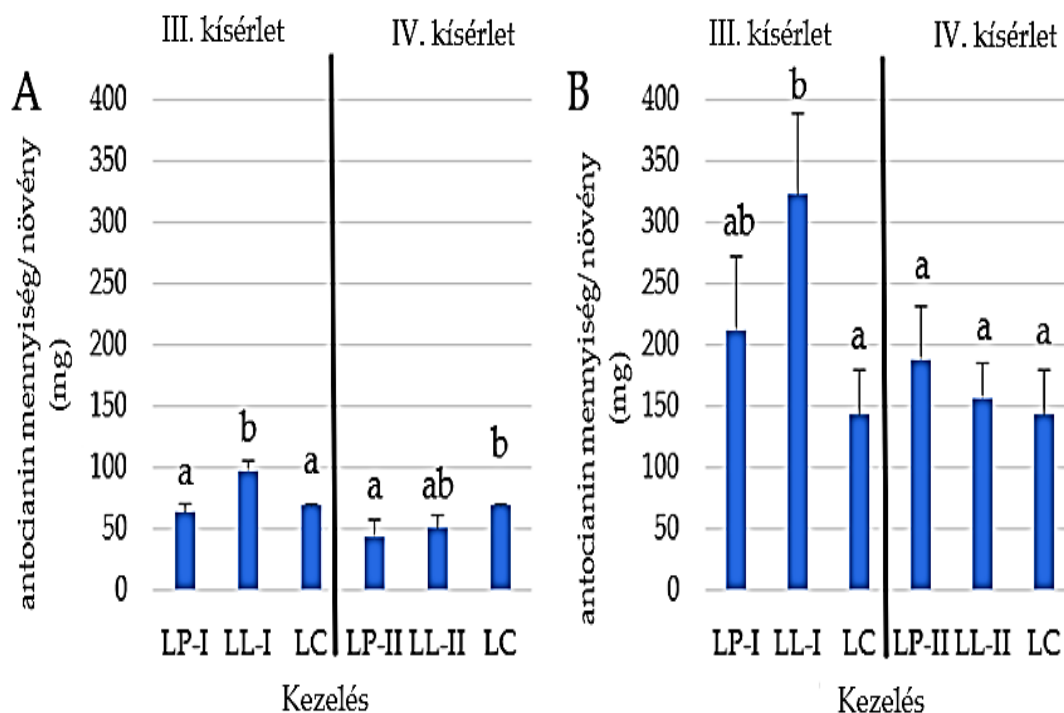
Peng és munkatársai (2021) kutatásaik során kereskedelmi forgalomban kapható lila fajtájú batáták összes antocianin tartalmát mérték és jelentéseik alapján 793-3650 µg/g (száraz tömegre számítva) közötti értékeket kaptak. A koreai Sinjami lila fajtából extrém magas összes antocianin-tartalmat (30446 µg/g (száraz tömegre számítva)) állapítottak meg a kutatók (Im et al., 2021). Zheng és szerzőtársai (2008) szerint is a polifenol anyagok elsődlegesen az abiotikus stressz hatására halmozódnak fel a batáta gumókban.

Látható, hogy a 2022-es kísérleti év kedvezőbb volt a Purple termesztése szempontjából, ezt a magasabb terméseredmények is jól mutatják, valamint erre utal a csökkent antocianin tartalom is az előző 2021-es évvel összehasonlítva, ahol a tenyészidőszakban az átlaghőmérséklet alacsonyabb volt (2. ábra).

Elmondható, hogy a tápanyagutánpótlás, a műtrágyázás nem növelte egyértelműen a Purple fajta antocianin tartalmát ellentétben az abiotikus stressz, mint például az alacsonyabb hőmérsékleti értékek, ami a 2021-es vegetációs év során megfigyelhető volt. Érdemes megjegyezni azonban a 2022-es tenyészidőszak esetében, hogy az LL-I-es tápanyagutánpótlási kezelés hatására a batáta gumók magasabb összes antocianin szintet értek el, mint a többi kezelésben, ugyanakkor nem volt szignifikáns a növekedés.

A 41. ábrán látható az egy növényre jutó összes antocianin hozam, amely amíg a 2021-es tenyészidőszakban az LL-I kezelés hatására 97,2 mg/növény volt, addig ez az érték a 2022-es év során már 322,9 mg/növényre emelkedett. Megfigyelhető, hogy a magasabb hozamok jobban befolyásolják az egységnyi területről lehozható összes antocianin hozamot, mint a gumókban felhalmozott magasabb antocianin tartalom. A termés hozam és a gumók antocianin tartalma nem mutatott összefüggést egymással, ami hasonló eredmény, mint egy másik kutatás során kapott következtetés (Tang et al., 2018).

A termés hozam és az összes antocianin koncentráció adatai közötti összefüggést korrelációs analízissel értékeltem, ami a III. számú kísérlet során nem mutatott korrelációt. A IV. számú kísérletet is hasonló statisztikai megoldással értékeltem, a termés hozam és az antocianin tartalom összefüggése szempontjából itt is alacsony volt a korrelációs együttható ($R = 0,21$). Az összes antocianin mennyiség szempontjából nézve, a III. számú kísérletben az LL-I-es kezelés volt az optimális. E kezelés hatására kaptam a legmagasabb termés hozamot és a növényenként elérhető legmagasabb összes antocianin hozamot is (41. ábra).



41. ábra Különböző dózisú magas káliumtartalmú műtrágya növényenkénti összes antocianin hozamra gyakorolt hatása Purple fajta esetében a 2021-es (A) és a 2022-es (B) tenyészidőszak során ($n=4$). A hibasávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p<0,05$).

4.5.5 Az eltérő tápanyagutánpótlási módszerek hatása a Beauregard és Purple fajtájú batáták növényfiziológiai paramétereire

4.5.5.1 A különböző tápanyagutánpótlási technológiák hatása a SPAD indexre

Az I. számú kísérlet során látható, hogy a 2021-es vegetációs periódusban a mérések kezdetekor nem volt tapasztalható különbség a relatív klorofilltartalmat jelző SPAD indexekben. A vegetáció előrehaladtával a BL-I kezelés a harmadik és negyedik mérési időpontban szignifikánsan magasabb SPAD indexet mutatott, mint a zérókontroll parcellákban mért érték. Az utolsó mérési időpontban is magasabb volt a BL-I kezelés SPAD-index értéke, a különbség azonban nem volt számottevő a kezelések között, ami a növények fiziológiai öregedését mutatják (18. táblázat).

A 2022-es évben a SPAD indexek vizsgálata során statisztikai különbség nem mutatkozott a kezelt és a zérókontroll parcellák között (18. táblázat). A 36. ábrán láthatók a terméseredmények, amelyek ugyan magasabbak voltak a 2022-es tenyészidőszakban, mint a 2021-ben mért értékek, viszont a hozamok kiegyenlítettebbek voltak, megegyezően a SPAD értékeknél tapasztalható tendenciával.

A 18. táblázat adatai alapján az első, a második és utolsó mérési időpontban is a BL-I kezelés mutatta a legmagasabb SPAD-indexeket összehasonlítva a BP-I és BC kezelésekkel, mely a 36. ábrán látható terméshozamok tekintetében is a legmagasabb értéket produkálta.

18. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása a SPAD értékre az I. számú kísérletben Beauregard fajta esetében 2021-2022. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3.	Augusztus 18.	Szeptember 1.	Szeptember 15.	Szeptembe r 27.
BP-I	45,6 ± 3,9 a	44,8 ± 3,4 a	42,9 ± 3,5 a	44,4 ± 4,2 ab	42,3 ± 3,5 a
BL-I	45,1 ± 4,1 a	44,1 ± 4,1 a	46,1 ± 4,1 b	46,8 ± 5,9 b	45,3 ± 4,2 a
BC	45,3 ± 3 a	43,1 ± 3,5 a	45,4 ± 3,1 ab	42,8 ± 2,9 a	44,4 ± 3,8 a

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11.	Augusztus 25.	Szeptember 7.	Szeptember 22.
BP-I	41,9 ± 2,8 a	49,3 ± 6,9 a	42,3 ± 4,0 a	43,3 ± 4,5 a
BL-I	45,6 ± 0,3 a	47,4 ± 1,5 a	44,6 ± 4,9 a	46,4 ± 4,3 a
BC	44,7 ± 3,2 a	40,3 ± 5,7 a	47,5 ± 2,6 a	40,5 ± 3,5 a

A II. számú kísérlet során a 2021-es vegetációs periódusban a BP-II kezelés hatására a SPAD-indexek szignifikánsan magasabb értéket mutattak, mint a kezeletlen BC parcellák a második és negyedik mérési időpontban. A harmadik és az utolsó mérés során szintén jobb SPAD-értéket eredményezett a BP-II kezelés a kontrollhoz képest, de az eltérés statisztikailag nem igazolható. A BP-II kezelés hatására mutatott magasabb SPAD-indexeket összevetve a 36. ábrán látható terméshozamokkal, a 2021-es év során megfigyelhető, hogy a BP-II kezelés nagyobb terméshozamokat produkált, mint a zérókontroll parcellákban mért érték. Azonban nem a BP-II kezeléshez tartozó magasabb SPAD-értékek eredményezték a II. számú kísérlet során a legmagasabb hozamokat, hanem a BL-II kezelés, melynek SPAD értékei alacsonyabbak voltak, mint a BP-II kezeléshez tartozó értékek a 2021-es évben (19. táblázat).

A 2022-es vizsgálati évben a második és harmadik mérési időpontban a BP-II parcellákban mért SPAD-indexek szignifikánsan magasabb értéket mutattak a BC parcellákban mért értékeknél, míg az utolsó időpontban a BL-II volt magasabb, mint a zérókontroll. A terméshozamokat elemezve a 2022-es vegetációs év kedvezőbb volt, mint a 2021-es év (36. ábra), amelynél a kezelt táblákhoz (BP-II, BL-II) magasabb SPAD-indexek (19. táblázat) társultak, mint az alacsonyabb terméshozammal és SPAD-értékekkel rendelkező BC zérókontroll parcellák.

19. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása a SPAD értékre az II. számú kísérletben Beauregard fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

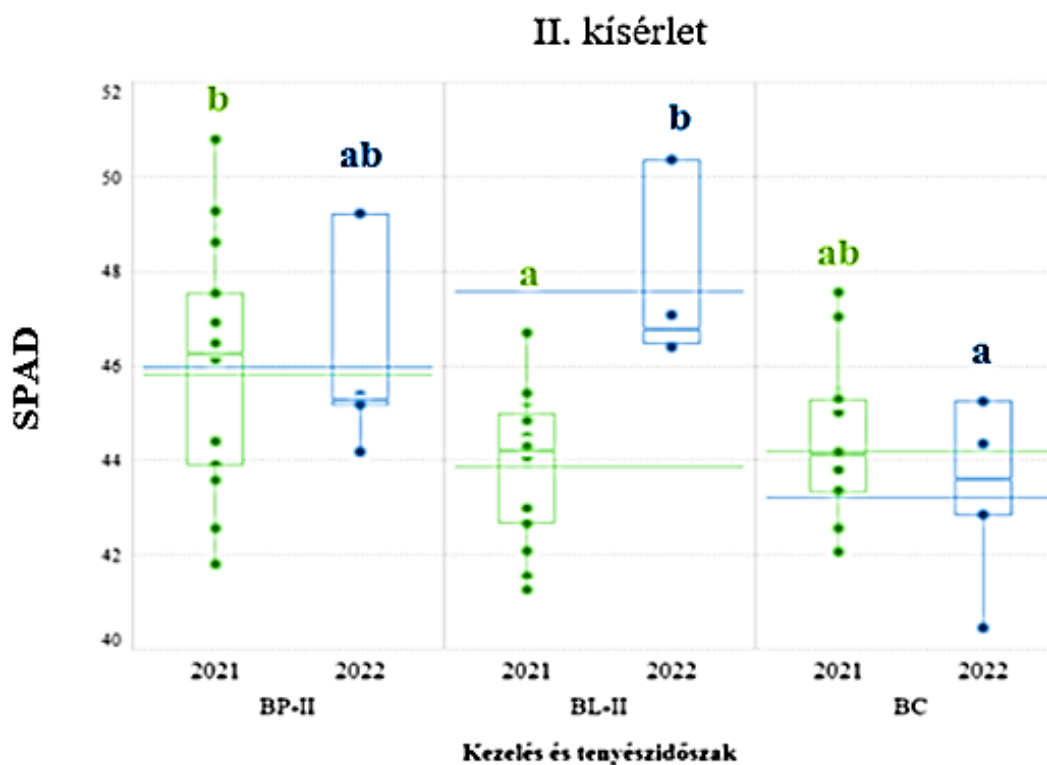
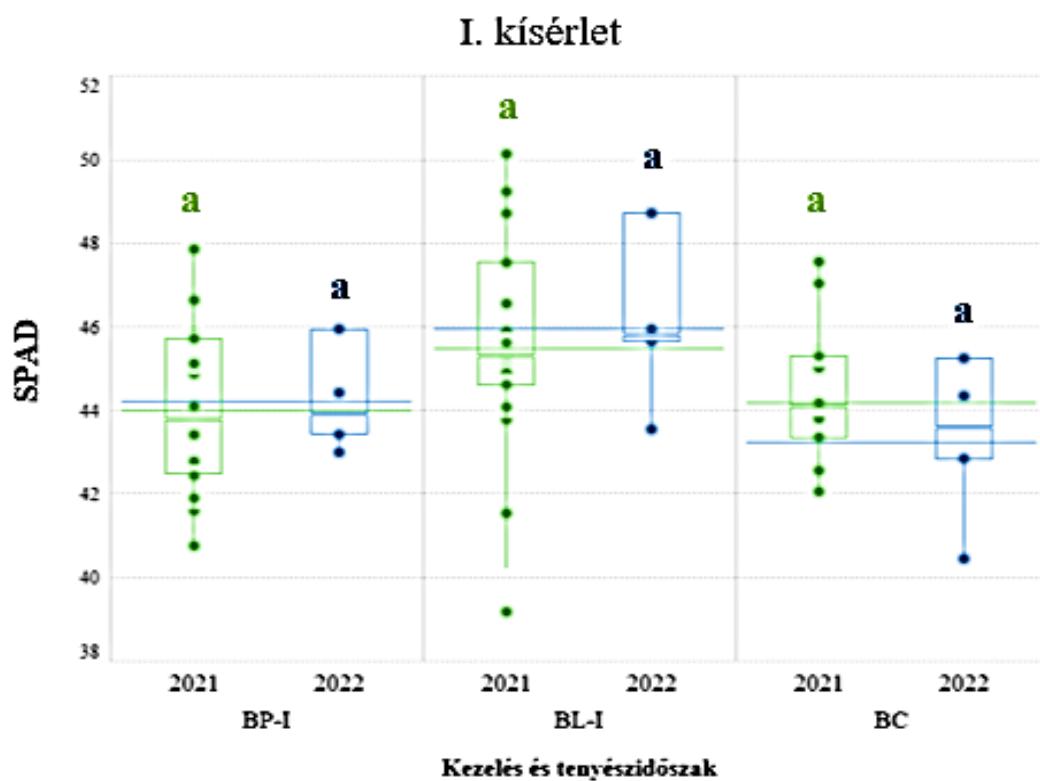
Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
BP-II	43,4 ± 3,7 a	46,6 ± 4,3 b	46,9 ± 3,7 a	47,6 ± 7,2 b	44,5 ± 3,6 a
BL-II	46,2 ± 3,2 a	42,8 ± 5,0 ab	45,7 ± 3,5 a	41,2 ± 4,1 a	43,5 ± 3,7 a
BC	45,3 ± 3 a	43,1 ± 3,5 a	45,4 ± 3,1 a	42,8 ± 2,9 a	44,5 ± 3,8 a

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
BP-II	36,3 ± 4,8 a	49,8 ± 4,2 b	52,4 ± 2,8 b	45,6 ± 1,9 ab
BL-II	47,5 ± 1,7 b	47,9 ± 3,0 ab	47,7 ± 1,9 ab	47,7 ± 5,9 b
BC	44,7 ± 3,2 b	40,3 ± 5,7 a	47,5 ± 2,6 a	40,5 ± 3,5 a

A vizsgálati időszak átlagos SPAD-értékeinek elemzése alapján az I. számú kísérletben a 2021 és 2022 közötti időszakban nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség az egyes kezelések és a kontroll parcella SPAD-értékei között. Azonban, ha megfigyeljük a 2021-es vegetációs periódus során a BL-I kezelés hatására átlagosan magasabb SPAD-index értékeket látunk, mint a BC kontroll esetében. Ez a 2022-es vegetációs időszakban is hasonló, volt, ahol a BL-I kezelés hatására kaptam a legmagasabb SPAD-index értékeket. A BL-I megosztott kijuttatást alkalmazó műtrágyás technológia, melynél az alaptrágya tápoldatozással került kiegészítésre. Ez a Beauregard fajta esetében magasabb SPAD értékeket produkált (42. ábra).

A 2021-es szezonban a BP-II kezelés szignifikánsan magasabb SPAD értékeket mutatott a tenyészidőszak átlagát tekintve, mint a BL-II kezelés vagy a kontroll BC parcellákban mért SPAD érték. Míg a 2022-es időszakban a BL-II kezelés szignifikánsan magasabb volt, mint a BP-II és a BC zérókontrollban mért érték. Látható, hogy a II. számú kísérlet esetében a kezelt parcellák növelték a Beauregard fajta SPAD indexszámát a zérókontroll parcellákhoz képest, de a kijuttatási technológia hatása nem volt egyértelmű (42. ábra).

Hasonló kutatásban a kálium dózisok mérséklésével jelentősen csökkenő SPAD értékről számoltak be. A kutatás során 321,8 kg K₂O/ha dózishoz képest a 160,8 kg/ha K₂O dózisú műtrágya 8 %-os SPAD értékcsökkenést eredményezett, míg a zérókontroll esetében 22%-os csökkenésről számoltak be (Sharmin et al., 2024). Hasonlóan a legmagasabb dózisú K₂O műtrágyázás hatására mérték a legmagasabb SPAD indexet abban a kísérletben, ahol 300-, 200-, 100-, valamint 0 kg/ha K₂O dózisok kerültek összehasonlításra. Elmondható azonban, hogy a 300 kg/ha K₂O műtrágya dózis SPAD indexre gyakorolt hatása statisztikailag nem volt igazolható ebben a vizsgálatban (Hayati et al., 2024).



42. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos SPAD-index értékek a két tenyészidőszak során a Beauregard fajta esetében (zöld: 2021 év, kék: 2022 év). Rövidítések jelölik a különböző tápanyag-utánpótlási technológiákat I. számú kísérlet: BP-I, BL-I, BC, II. számú kísérlet: BP-II, BL-II, BC. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

A 2021-es tenyészidőszak során a III. számú kísérletben kapott SPAD-értékek eredményei alapján az LP-I a második, harmadik és az utolsó mérési időpontban is szignifikánsan magasabb értéket mutatott, mint az LC parcellákban mért SPAD-index átlaga. A második és utolsó időpontban az LL-I is szignifikánsan megelőzte a zérókontrollt. Az első és a negyedik mérési időpontban is magasabb SPAD-értékeket mértem a LP-I és LL-I kezelésekben, mint az LC-ben kapott értékek, ugyan a különbségek nem voltak szignifikánsak ezekben az időpontokban. Az LP-I és LL-I kezelések statisztikailag nem különböztek egymástól, azonban az átlagértékek alapján az LP-I kezelés értékei voltak a legtöbb mért időpontban a legmagasabbak 2021-ben (20. táblázat). A 39. ábraán látható terméshozamokat összehasonlítva a 20. táblázatban kapott 2021-es év SPAD-indexszámok értékeivel látható, hogy az eltérő tápanyag-utánpótlási technológiák hatására az LP-I és LL-I magasabb terméshozamaihoz szignifikánsan magasabb SPAD-indexek kapcsolódnak a kontroll parcellákban mért hozamokkal és SPAD-indexekkel összehasonlítva.

A 2022-es vegetációs időszakban a III. számú kísérletben a SPAD-indexszámok között az eltérő mérési időpontokban szignifikáns különbség nem alakult ki, hasonlóan, mint az I. számú kísérletben vizsgált Beauregard fajta esetében (18. táblázat). A termesztés szempontjából az évjáráthatást figyelembe véve jóval kedvezőbb volt a 2022-es év a Purple fajta esetében, amit a 39. ábra látható magasabb terméshozamok is mutatnak. A kiegyenlített évjárat során a relatív klorofilltartalommal összefüggő SPAD-indexekben nem találtam különbséget. Ebben az esetben a kontroll parcellákban a második, harmadik és negyedik mérésnél kaptam a legmagasabb SPAD-indexszámot (20. táblázat), amihez a legalacsonyabb terméseredmény társult (39. ábra).

20. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása a SPAD értékre az III. számú kísérletben Purple fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
LP-I	51,9 ± 5 a	51,3 ± 3,6 b	55,9 ± 7,1 b	52,8 ± 3 a	55,2 ± 3,1 b
LL-I	49,8 ± 5,9 a	50,3 ± 6,0 b	52,6 ± 6,3 ab	52,9 ± 4,2 a	54,6 ± 4,1 b
LC	48,6 ± 3,2 a	45,1 ± 3,1 a	50,5 ± 5,2 a	50,1 ± 4,8 a	48,9 ± 6,5 a

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
LP-I	51,9 ± 1,7	49,9 ± 4	48,8 ± 2,2	50,4 ± 4,7
LL-I	54,4 ± 7,2	50,3 ± 1,7	46,4 ± 5,3	45,5 ± 6
LC	50,9 ± 3,3	52,5 ± 3,2	51,6 ± 1,3	55,3 ± 4,8
	ns	ns	ns	ns

A legmagasabb kálium dózisu alaptrágyázást alkalmazó kísérlet (IV. számú kísérlet) során a 2021-es vegetációs periódusban az LP-II kezelés hatására egyértelmű, szignifikánsan magasabb SPAD-indexek mindössze a harmadik mérési időpontban voltak. Ezen kívül az első mérési időpontban az LP-II és LL-II kezelések átlagai között volt egyértelmű különbség. A többi mérési napon nem volt szignifikáns eltérés a kezelt LP-II, LL-II és a kezeletlen LC kontroll területeken mért értékek alapján. Az átlagos SPAD-index a második mérés során szintén az LP-II kezelésnél mutatta a legmagasabb értéket, majd a negyedik mérés és az utolsó mérés során az LL-II

kezelésben mértem a legmagasabb relatív klorofill tartalmat a növények levelein. Az LP-II és az LL-II kezelés hatására magasabb SPAD-indexet produkált az állomány, mint a kezeletlen LC kontrollnál mért értékek majdnem minden esetben (21. táblázat). Amennyiben megfigyeljük a 39. ábra látható terméshozamokat, közöttük nem volt szignifikáns különbség, de az LP-II és az LL-II kezelés hatására a hozamok magasabbak voltak, mint a kontroll parcellákban kapott értékek. Ezek a hozameredmények megegyeznek a 21. táblázat látható, a tenyészidőszak során eltérő időpontban végzett relatív klorofilltartalom mérések eredményével, ahol az LP-II és LL-II parcellákon magasabb SPAD-indexszámokat mutattak a növények, mint a kontrollban.

A 2022-es vizsgálati évben csak az utolsó mérési időpontban volt szignifikáns különbség az LL-II kezelés esetében az LC-hez képest (21. táblázat). A III. számú kísérlethez (20. táblázat) hasonlóan ebben az időszakban a terméseredmények is mutatják a kedvezőbb évjárat hatást, ami az eltérő kezelések SPAD-index számokban okozott változását kevésbé tették érzékelhetővé a mérések alapján.

21. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása a SPAD értékre az IV. számú kísérletben Purple fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
LP-II	50,7 ± 4,9 b	48,03 ± 4,8 a	56,4 ± 7,8 b	51,9 ± 3 a	49,9 ± 3 a
LL-II	46,3 ± 3,7 a	46,8 ± 5,6 a	51,9 ± 5,4 ab	52,2 ± 4,7 a	52,9 ± 5 a
LC	48,6 ± 3,2 ab	45,1 ± 3,1 a	50,5 ± 5,2 a	50,1 ± 4,8 a	48,9 ± 6,5 a

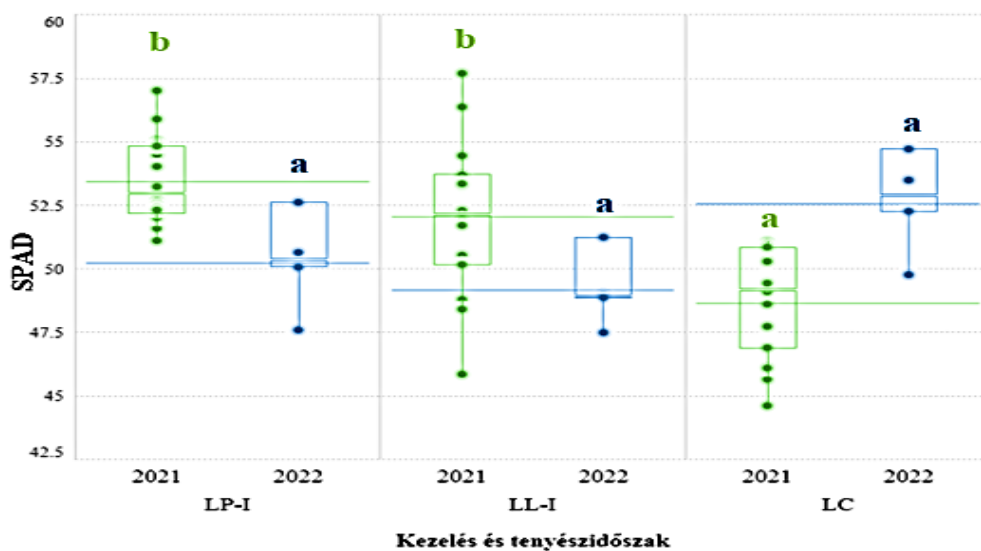
Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
LP-II	49,6 ± 4,1 a	50,6 ± 6,3 a	49,9 ± 4 a	45,9 ± 0,8 a
LL-II	53,2 ± 4,2 a	51,03 ± 1,6 a	51,9 ± 2,8 a	49,7 ± 4,8 ab
LC	50,9 ± 3,3 a	52,5 ± 3,2 a	51,6 ± 1,3 a	55,3 ± 4,8 b

A 43. ábra látható, hogy a III. számú kísérlet során a 2021-es SPAD mérési időszak átlagait figyelembe véve a káliumban gazdag műtrágyázás szignifikánsan növelte a két eltérő kezelés során a Purple fajta relatív klorofill tartalmát jellemző SPAD-index értékeket a kontrollhoz képest. A 2021-es vegetációs periódus kedvezőbb volt a SPAD értékeket tekintve, mint a 2022-es, hiszen az átlagok magasabbak voltak az első évben. A 2022-es tenyészidőszak során statisztikailag szignifikáns különbség nem volt kimutatható, ugyanakkor az átlagértékek alapján az LC kezelés eredményezte a legmagasabb SPAD-indexet. A környezeti tényezők jelentősen befolyásolták a relatív klorofill tartalmat, így az évjáráthatás kiemelkedő volt a SPAD-értékek alakulása szempontjából ebben a szezonban (43. ábra).

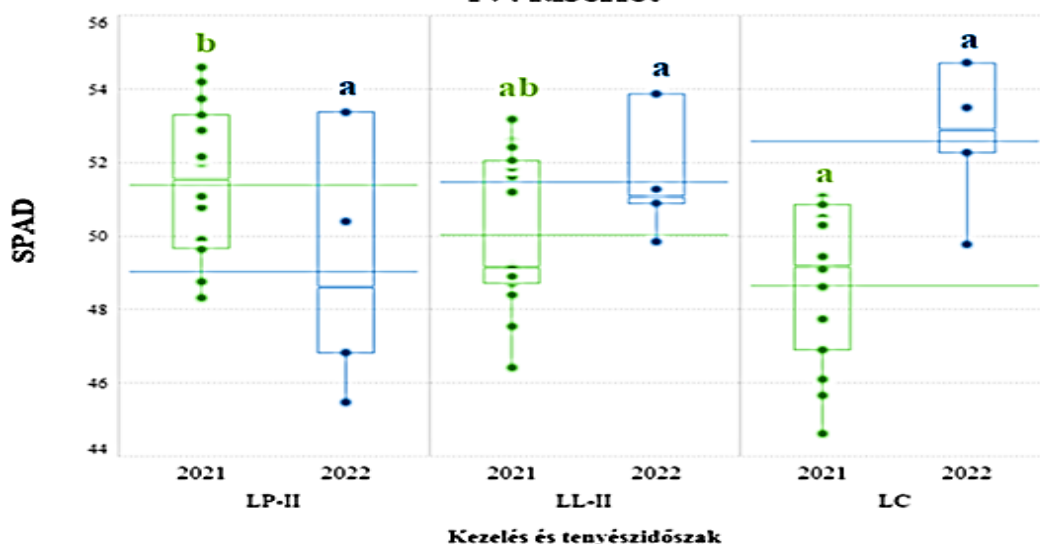
A IV. számú kísérletben szintén látható az évjáratok közötti különbség. A 2021-es szezonban a magas alapműtrágyát kapott LP-II-es parcellákban kaptam szignifikánsan a legmagasabb SPAD értéket, bár a másik, tápoldatos kezelésben részesített, LL-II-es parcellákkal összevetve, a különbség nem egyértelmű. A 2022-es szezonban jóval kiegyenlítettebben alakultak a SPAD értékek, és a különbségek statisztikailag nem igazolhatók. Hasonlóan a III. számú kísérlethez itt is a kontroll LC parcellákban kaptam a legmagasabb SPAD átlagot, ellentétben a 2021-es tenyészidőszakban

tapasztaltakkal (43. ábra). Geng és munkatársai (2024) által végzett vizsgálat során a K_2O műtrágyának és az évjáráthatásnak nem volt szignifikáns interakciója a SPAD indexszámokra. Mindkét évben a kontroll kezelésben mérték a legalacsonyabb SPAD indexeket. Továbbá a SPAD indexszámok növekedtek a K_2O műtrágya dózisok emelésével, azonban a 200 és a 300 kg/ha dózis között nem volt szignifikáns különbség, ugyanakkor a 100 kg/ha dózishoz képest igen. Másik kutatásban két termőhelyen összehasonlított két különböző lila fajta az Okinawan Purple és Purple Sweet Lord átlagos SPAD indexszámai 41,08 és 47,23 voltak, amelyek alacsonyabbak a III. és IV. számú kísérleteimben mért átlagos SPAD indexszámoknál, amiket a (43. ábra). mutat (Ruangsuriya et al., 2023).

III. kísérlet



IV. kísérlet



43. ábra A teljes vizsgálati időszak alatti átlagos SPAD index értékek a két tenyésztidőszak során a Purple fajta esetében (zöld: 2021 év, kék: 2022 év). Rövidítések jelölik a különböző tápanyag-utánpótlási technológiákat III. számú kísérlet: LP-I, LL-I, LC, IV. számú kísérlet: LP-II, LL-II, LC A pontjelek az egyes parcellákban mért ismétlések során kapott SPAD értékek szezonális átlagát jelölik. A különböző betűk az egyes tenyésztidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.5.5.2 A különböző tápanyagutánpótlási technológiák hatása a klorofill fluoreszcenciára

A klorofill fluoreszcencia mérések során az I. számú kísérletben az első mérési időpontban a BP-I, míg a harmadik mérési időpontban BP-I és BL-I kezelések hatására alakult ki szignifikáns különbség a BC zérókontrollhoz képest. A többi mérési időpontban a kezelések és a zérókontroll klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értéke statisztikailag nem különbözik egymástól (22. táblázat). Az utolsó mérési időpontban tapasztalható magasabb klorofill-fluoreszcencia a zérókontroll parcellák esetében az alacsony terméshozammal negatív korrelációt mutat, ami arra utal, hogy ebben a késői, betakarítás előtti fázisban a fiziológiai öregedés vagy stressz jelei láthatók, amely már nem a termés növekedését mutatja, hanem a klorofill lebomlását, amely az élettani változások eredményeként léphet fel.

22. táblázat Különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) értékre az I. számú kísérletben Beauregard fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
BP-I	0,722 ± 0,05 b	0,777 ± 0,03 a	0,781 ± 0,01 b	0,808 ± 0,02 a	0,812 ± 0,01 a
BL-I	0,681 ± 0,06 a	0,780 ± 0,03 a	0,775 ± 0,02 b	0,807 ± 0,02 a	0,807 ± 0,02 a
BC	0,677 ± 0,06 a	0,785 ± 0,02 a	0,759 ± 0,01 a	0,795 ± 0,02 a	0,813 ± 0,01 a

A II. számú kísérletben a BP-II kezelés hatására voltak a legmagasabbak az Fv/Fm értékek és a különbség szignifikáns volt a második és harmadik mérési alkalommal a kontrollhoz képest, illetve az ötödik mérési időpontban a BL-II-höz képest. Az Fv/Fm értékek a kezelt parcellák esetében általában magasabbak voltak, mint a zérókontroll parcellában kapott érték, mely hasonló eredmény egy másik kutatásban leírt közléssel, ahol K₂O kezelés szintén növelte az Fv/Fm értéket a kontrollhoz képest. A vegetációs periódus során az 50., 100., illetve 150. napon mért Fv/Fm értékek közül a tenészedő közepén mérték ebben a vizsgálatban is a legmagasabb Fv/Fm értéket (0,830-0,840 Fv/Fm), ami magasabb, mint a vizsgálatom során mért értékek (Geng et al., 2024). Egy másik kutatásban különböző agrofóliával takart bakhátaba ültetett Beauregard fajta Fv/Fm értékeit vizsgálták, ahol a takarás nélküli kontrollhoz képest magasabb értékeket kaptak a fekete agrofóliával takart sorok esetében. Az átlag 0,700 Fv/Fm érték nem haladja meg a saját kutatásom során tapasztalt átlagos 0,770 Fv/Fm értéket (Sapakhova et al., 2024).

A 36. ábra látható, terméshozamban lévő különbségekkel összevetve, a BP-II kezelés hatására magasabb volt a terméshozam, mint a zérókontroll BC parcellákban, megegyezően a 23. táblázatban látható klorofill fluoreszcencia értékek között lévő különbségekkel. Ugyanakkor a legmagasabb terméshozamot a BL-II kezelés eredményezte (36. ábra).

23. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása klorofill fluoreszcencia (F_v/F_m) értékre az II. számú kísérletben Beauregard fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
BP-II	$0,702 \pm 0,06$ a	$0,801 \pm 0,01$ b	$0,782 \pm 0,01$ b	$0,806 \pm 0,03$ a	$0,817 \pm 0,01$ b
BL-II	$0,702 \pm 0,06$ a	$0,783 \pm 0,02$ a	$0,766 \pm 0,02$ ab	$0,798 \pm 0,01$ a	$0,805 \pm 0,01$ a
BC	$0,677 \pm 0,06$ a	$0,785 \pm 0,02$ a	$0,759 \pm 0,01$ a	$0,795 \pm 0,02$ a	$0,813 \pm 0,01$ ab

A III. számú vizsgálat során a Purple fajta esetében a klorofill fluoreszcencia értékek közül az LP-I és LL-I kezelés szignifikánsan magasabb értéket mutatott az első mérési időpontban. Ez a statisztikailag igazolható különbség a harmadik mérés során már csak az LL-I kezelés javára volt látható, a többi mérési időpontban pedig nem volt szignifikáns különbség. A második, negyedik és az utolsó mérés során is a legmagasabb F_v/F_m értéket az LL-I kezelés mutatta, bár a különbség nem volt szignifikáns (24. táblázat). A 39. ábra lévő terméshozamokat elemezve láthatjuk, hogy a legmagasabb értéket ennél a fajtánál az LL-I kezelés eredményezte ebben a vizsgálati évben, ahol a legmagasabb klorofill fluoreszcenciát is tapasztaltam (24. táblázat).

24. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása klorofill fluoreszcencia (F_v/F_m) értékre az III. számú kísérletben lila húsz Purple fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum m 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
LP-I	$0,730 \pm 0,05$ b	$0,773 \pm 0,03$ a	$0,756 \pm 0,02$ a	$0,792 \pm 0,02$ a	$0,808 \pm 0,01$ a
LL-I	$0,728 \pm 0,04$ b	$0,782 \pm 0,02$ a	$0,781 \pm 0,02$ b	$0,802 \pm 0,01$ a	$0,807 \pm 0,01$ a
LC	$0,654 \pm 0,07$ a	$0,768 \pm 0,03$ a	$0,759 \pm 0,03$ a	$0,789 \pm 0,04$ a	$0,804 \pm 0,02$ a

A IV. számú kísérlet (25. táblázat) F_v/F_m értékei hasonlóan alakultak, mint a III. számú (24. táblázat) kísérlet során kapott klorofill fluoreszcencia értékek. Az első és harmadik mérési időpontban az LL-II-es parcellák esetében szignifikánsan magasabb volt az F_v/F_m érték, mint a zérókontroll parcellában. Látható, hogy a többi mérési időpontban, ahol a különbség nem volt statisztikailag igazolható az LL-II tápanyagutánpótlási technológia során voltak a legmagasabbak a klorofill fluoreszcencia értékek, kivéve az utolsó mérési időpontot. Szintén látható, hogy a magasabb terméshozamhoz (39. ábra) magasabb klorofill fluoreszcencia kapcsolódik, mivel az LL-II kezelés során az LC parcellákhoz viszonyítva az F_v/F_m érték az utolsó mérési időpont kivételével nagyobb volt. Mivel a IV. kísérletben magasabb dózisu káliumban gazdag tápanyagutánpótlási technológiát alkalmaztam, mint a III. kísérletben, így látható, hogy a vegetáció végén az utolsó mérési időpontban az összes kezelés átlag klorofill fluoreszcencia F_v/F_m értékét nézve ez már stresszfaktorként jelent meg. Egy másik kísérlet során lila vad fajta, valamint transzgenikus lila fajták F_v/F_m értékeit hasonlították össze, ahol szignifikáns különbséget nem tapasztaltak a fajták F_v/F_m értékei között. Az F_v/F_m értékek 0,650-0,750 között változtak (Park et

al., 2015). Ezek a klorofill fluoreszcencia értékek alacsonyabbak, mint a kísérletem során vizsgált Purple fajta esetében mért átlagos értékek.

25. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása klorofill fluoreszcencia (F_v/F_m) értékre az IV. számú kísérletben Purple fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2021	Augusztus 3	Augusztus 18	Szeptember 1	Szeptember 15	Szeptember 27
LP-II	0,715 ± 0,04 b	0,782 ± 0,02 a	0,775 ± 0,02 ab	0,794 ± 0,02 a	0,813 ± 0,02 a
LL-II	0,712 ± 0,04 b	0,789 ± 0,01 a	0,787 ± 0,02 b	0,800 ± 0,05 a	0,771 ± 0,07 a
LC	0,654 ± 0,07 a	0,767 ± 0,03 a	0,759 ± 0,03 a	0,789 ± 0,04 a	0,804 ± 0,02 a

4.5.5.3 A különböző tápanyagutánpótlási technológiák hatása az NDVI indexre

Az I. számú kísérletben az NDVI magas értéket mutat, közel az 1 értékhez, ami a növények kedvező vegetatív tulajdonságaira utal. Statisztikailag nem volt kimutatható különbség a kezelt (BP-I, BL-I), valamint a kezeletlen kontroll (BC) között az NDVI mérés során (26. táblázat). A BL-I kezelés hatására érte el a Beauregard fajta a legmagasabb NDVI-t, ami a terméshozamban (36. ábra) is megjelenik. A magasabb asszimilációs szint kedvezőbb terméshozamokat eredményezett ennél a fajtánál (26. táblázat).

26. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása az NDVI értékre az I. kísérletben Beauregard fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
BP-I	0,732 ± 0,02	0,786 ± 0,03	0,786 ± 0,03	0,803 ± 0,02
BL-I	0,749 ± 0,02	0,790 ± 0,02	0,790 ± 0,02	0,811 ± 0,02
BC	0,747 ± 0,02	0,789 ± 0,02	0,789 ± 0,02	0,802 ± 0,01
	ns	ns	ns	ns

A II. számú kísérlet során az eltérő kezelések hatására az NDVI értékek között nem találtam szignifikáns eltérést (27. táblázat), hasonlóan az I. számú kísérletben megfigyelt eredményhez (26. táblázat). Így az emelt műtrágya dózis (BP-II, BL-II) sem okozott statisztikailag kimutatható magasabb vegetációs index a kontroll BC parcellákhoz képest. A II. számú kísérletben, nem egyértelmű a kezelt (BP-II, BL-II) parcellák magasabb vegetációs index a BC parcellákhoz képest. A második és harmadik mérési alkalmakor a BC parcella magasabb NDVI értékkel rendelkezett, mint a kezelt BP-II, BL-II parcellák a különbség azonban nem szignifikáns.

27. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása az NDVI értékre az II. számú kísérletben Beauregard fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
BP-II	0,735 ± 0,02	0,787 ± 0,03	0,787 ± 0,03	0,811 ± 0,03
BL-II	0,752 ± 0,01	0,783 ± 0,02	0,783 ± 0,02	0,816 ± 0,02
BC	0,747 ± 0,02	0,789 ± 0,02	0,789 ± 0,02	0,802 ± 0,01
	ns	ns	ns	ns

A III. számú kísérletben mért NDVI értékek esetében a második és harmadik mérési időpontban is az LL-I kezelés hatására szignifikánsan magasabb vegetációs index alakult ki, mint a LP-I kezelésben, azonban sosem volt szignifikánsan magasabb a zérókontrolltól (28. táblázat).

28. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása az NDVI értékre az III. számú kísérletben a Purple fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
LP-I	0,749 ± 0,01	0,772 ± 0,02 a	0,772 ± 0,02 a	0,799 ± 0,02
LL-I	0,734 ± 0,01	0,804 ± 0,02 b	0,805 ± 0,01 b	0,805 ± 0,01
LC	0,746 ± 0,02	0,802 ± 0,02 b	0,788 ± 0,02 ab	0,805 ± 0,02
	ns	p<0,05	p<0,05	ns

A IV. számú vizsgálat során a 29. táblázatban látható, hogy a második mérési időpontban az LL-II, valamint az LC kontroll szignifikánsan magasabb NDVI értékkel rendelkezett, mint az LP-II kezelés. A többi vizsgálati dátumnál nem volt a különbség statisztikailag igazolható. A IV. számú kísérletben mért kedvezőbb vegetációs indexhez (29. táblázat) magasabb hozamok társultak (39. ábra). A IV. vizsgálat során a legmagasabb hozam az LL-II kezelésnél volt megfigyelhető (39. ábra), amely parcelláknál a vegetációs indexszáma, az NDVI is magas volt.

Amennyiben megvizsgáljuk a I-II-III-IV. kísérlet NDVI értékeit azok kedvezőbb növényfiziológiai állapotot mutatnak, mint egy dél-afrikai kísérletben végzett mérés során tapasztalt eredmények, ahol a tenyészidőszak több periódusában is az NDVI érték 0,5 alatti volt (Fatokun et al., 2022).

29. táblázat A különböző tápanyagutánpótlási módszerek hatása az NDVI értékre az IV. számú kísérletben Purple fajta esetében. Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,05$ szinten, ns-nem szignifikáns.

Kezelések/Dátum 2022	Augusztus 11	Augusztus 25	Szeptember 7	Szeptember 22
LP-II	0,743 ± 0,01	0,782 ± 0,01 a	0,782 ± 0,01	0,805 ± 0,02
LL-II	0,752 ± 0,02	0,800 ± 0,01 b	0,801 ± 0,02	0,819 ± 0,01
LC	0,746 ± 0,02	0,802 ± 0,02 b	0,788 ± 0,02	0,805 ± 0,02
	ns	p<0,05	ns	ns

4.6 Korrelációs vizsgálatok a mért paraméterek vonatkozásában

A Pearson-féle korrelációs teszt eredményei alapján a Beauregard és Purple batáta fajták SPAD-értékeinek hozammal és a főbb beltartalmi paraméterrel kapcsolatos összefüggéseit értékeltem a 2019-2022 közötti vizsgálati évek adatai alapján, amely az 30. táblázatban látható. Az eredmények alapján látható, hogy Beauregard fajta esetében szignifikáns mértékű pozitív korreláció volt a SPAD és a termés hozam között. Ez azt jelzi, hogy a magasabb SPAD-értékek összefüggést mutatnak a magasabb hozammal. A klorofillkoncentráció növekedése a növény jobb tápanyaghasznosítási- és fotoszintetikus aktivitását tükrözi, amely ezáltal hozzájárul a termés hozam növekedéséhez. A SPAD-értékek és az összes karotinoid tartalom között azonban nem volt szignifikáns korreláció. Ez arra enged következtetni, hogy a karotinoid koncentrációja nem áll szoros kapcsolatban a klorofill-koncentrációval vagy annak változásával.

A Purple fajta esetében a SPAD-érték és a termés hozam pozitív korrelációt mutat. Ez alapján a Purple fajta leveleinek klorofilltartalma (SPAD) még erőteljesebb hatással van a hozam alakulására, mint a Beauregard fajtánál tapasztalt korreláció. Ez a különbség a fajtajellegből adódhat, ami magasabb fotoszintetikus kapacitására és hatékonyabb asszimilátum képzésre vezethető vissza. A SPAD-értékek és az összes antocianin tartalom között erős korrelációt tapasztaltam (30.táblázat).

Hasonló megállapítást írtak le abban a tudományos értekezésben, ahol az antocianinok antioxidáns hatását mutatják be az abiotikus stresszre adott védekezőmechanizmusuk kapcsán, amely csökkenti az abiotikus stressz hatását, ami reaktív oxigén fajták termelését okozza a növényekben (Naing et al., 2021). Ennek eredményeként a növények élettani mutatói kedvező irányban változnak.

A Pearson-féle korrelációs vizsgálatokat elvégeztem külön a 2021-2022-es tenyészidőszakban is, ahol az eltérő tápanyag-utánpótlási rendszerek hatását értékeltem a hozamra, beltartalmi paraméterekre és növényfiziológiai változásokra. A korrelációs teszt egyik batáta fajta esetében sem mutatott szignifikáns összefüggést a változók vizsgálata során csak a két év adatsorát együtt vizsgálva.

30. táblázat *Pearson-féle korrelációs vizsgálatok a SPAD-index számok termés hozam és beltartalmi paraméterek között*

	SPAD értékek	
Fajták	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 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 K₂O ellátás nincs szignifikáns hatással a cis- β -karotin, cis-luteo-króm, valamint a mutatókróm 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 $\mu\text{g g}^{-1}$ összes antocianin tartalom) 1060 kg/ha alap és tápoldattal kijuttatott nagy mennyiségű műtrágya hatására a kezeletlen parcellákban mért értékhez képest (LC, átlagosan 546,66 $\mu\text{g g}^{-1}$). 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 ($r=0,51$, $p<0,001$).

6 Következtetések

A vizsgált fajták jelentős különbséget mutattak hozam szempontjából az eltérő, bakhátas és síkművelési módokat, valamint a növényesűrűséget illetően.

A Beauregard fajta esetében a hozam szempontjából a növényállomány sűrűsége fontosabb tényezőnek bizonyult, mint a sík vagy bakhátas művelési módok. A kezelések közötti viszony mindkét tenyészidőszakban hasonló tendenciát mutatott. A statisztikai tesztek alapján a Beauregard fajta esetében az RT-bakhátba ültetett 35 000 tő/ha tőszámú ikersoros technológia biztosította a vizsgálati helyszínt jellemző környezeti feltételek mellett mindkét évben a legmagasabb hozamot. A SPAD értékeket tekintve az eredmények nem minden mérési időpontban voltak szignifikánsak, azonban az RT kezelés során magasabb értékeket tapasztaltam. Ez arra utal, hogy a bakhátas technológiák elősegítik a batáta levelek magasabb relatív klorofillszintjét és ez a fajta jól reagált a sűrítésre ebben a tőszám-tartományban. A két vizsgálati év során az RT technológia mutatta átlagosan a legmagasabb Fv/Fm értékeket. A SPAD-értékek, valamint a klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékek közötti összefüggés hiánya az első tenyészidőszakban és a két éves adatoknál arra utal, hogy a relatív klorofilltartalom, ami a fotoszintetikus pigmentek mennyiségével áll kapcsolatban, eltérő fiziológiai folyamatot tükröz, mint a fotoszintetikus rendszer aktuális működési hatékonyságát bemutató klorofill fluoreszcencia Fv/Fm érték. Ezért a két mutató együttes vizsgálata szükséges a batáta fiziológiai állapotának átfogó értékeléséhez. Ezzel megegyező eredményt kaptam az Ásotthalmi 12-es fajta esetében is, amely mutatja, hogy ez a jelenség nem fajtaspecifikus és más narancssárga húsú fajtáknál is megjelenik. A gyenge és nem szignifikáns korrelációk azt igazolják, hogy a SPAD, valamint a klorofill fluoreszcencia értékek nem állnak szoros összefüggésben a fajta karotinoid tartalmával. A β -karotin-tartalom és a hozam közötti negatív korreláció arra utal, hogy a magasabb hozam a termés beltartalmi értékének és egyben színének csökkenésével jár. Ezért, ha a magasabb karotinoid tartalmú batáta termesztése a cél, akkor azt alacsonyabb tőszámmal és bakhátban történő ültetéssel tudjuk leginkább elérni.

Az Ásotthalmi 12-es fajta esetében a növényesűrűség jelentősen befolyásolta a terméshozamot. A sűrűbb tőszámú (35 000 tő/ha), ikersoros ültetési módok biztosítják a magasabb hozamot, ezen belül érdemes a bakhátas művelési módot választani, mivel az RT kezelés során mértem a legmagasabb termésmennyiséget. Fontos azonban figyelembe venni, hogy β -karotin-tartalom szempontjából az Ásotthalmi 12-es fajta rosszul reagál a magasabb tőszámra. A Beauregardhoz hasonlóan fordítottan arányos a hozam a β -karotin-tartalommal. Az évjáráthatás is jelentős szerepet játszott az Ásotthalmi-12 batáta fiziológiai jellemzőinek és beltartalmi paramétereinek alakulásában, ami kiemeli a környezeti tényezők fontosságát a termesztéstechnológiai döntések meghozatalakor. Az Fv/Fm értékek negatív korrelációja a karotinoid tartalommal arra mutat rá, hogy a karotinoidok, különösen az antioxidáns hatású komponensek (például β -karotin), védelmi mechanizmusként halmozódnak fel stresszhatások (például oxidatív stressz, fényintenzitás változása) alatt, amikor a fotoszintetikus rendszer sérül vagy kevésbé hatékonyan működik.

Az analitikai vizsgálatok során azonosított vegyületek jelenléte alapján a Beauregard és az Ásotthalmi-12-es fajta jelentős táplálkozás-élettani potenciállal rendelkezik, amely a β -karotin dominanciáját mutató, változatos karotinoid-összetételének és a komplex polifenolokat tartalmazó profiljának köszönhető. A kimutatott epoxidált és cisz-karotinoid izomerek, valamint a polifenolok körében azonosított kávé- és feruloyl-származékok, fenol savak (pl. caffeoylquinic- és feruloylquinic-sav

származékok, di-észter formák) jelenléte a fajták fitokémiai gazdagságát és biológiai értékét is kiemelik, különösen az antioxidáns és egészségvédő hatás szempontjából. A Purple fajtánál a hozamot elsősorban a növényesűrűség határozza meg, majd ezt követően érvényesül csak a művelési mód. A legmagasabb hozamot az RT művelési mód eredményezte, ami javasolható termesztéstechnológiai módszer a Purple fajta esetében is. Az évjáráthatás jelentősen befolyásolja a termést, ami látható az eltérő évek hozamadataiból, így ez a fajta termesztési szempontból érzékenyebben reagál az abiotikus tényezőkre, azaz kevésbé ellenálló, mint a vizsgált narancssárgahúsú fajták. Az antocianinok felhalmozódása szempontjából egyértelműen az évjáráthatásnak volt a legnagyobb befolyása, ami arra utal, hogy a környezeti feltételek, a fényintenzitás, a hőmérséklet, döntő szerepet játszanak ezeknek a vegyületeknek a bioszintézisében és a gumóban való felhalmozódásában. A termesztéstechnológiai tényezőkkel kevésbé befolyásolható az antocianin tartalom ennél a fajtánál. Ezt igazolja, hogy a művelési mód és a növényesűrűség kombinált hatása sincs szignifikáns hatással az antocianin képződésre. Egyedül a hektáronkénti antocianin-hozam növelhető szignifikáns mértékben a magasabb tőszámú, ikersoros technológiával, amely hozzájárul az antocianin kumulatív mennyiségéhez. A SPAD-értékek alakulásában a művelési mód és a növényesűrűség külön-külön nem játszott szignifikáns szerepet. Az Fv/Fm értékek korrelációs vizsgálata során a két tenyésztési időszak eredményeit együtt vizsgálva látható volt, hogy a klorofill fluoreszcencia mérsékelt negatív korrelációt mutat az összes antocianin tartalommal, de ennek a megbízható igazolásához további vizsgálatok szükségesek, mivel az egyes tenyésztési időszakokat külön-külön vizsgálva még gyenge korreláció sem került feltárára. Az alacsonyabb Fv/Fm értékek, amelyek a fotoszintetikus rendszerek (PSII) működésének csökkent hatékonyságát jelzik, kedvezőtlen abiotikus tényezők (például hőmérsékleti stressz, fényintenzitás változás, UV sugárzás stb.) jelenlétére utalnak. Ezek a stresszhatások serkenthetik az antocianinok bioszintézisét, mivel az antocianinok fontos antioxidáns és stresszvédelmi szerepet töltenek be a növényekben. Ez a mechanizmus a növények adaptációját segíti a negatív környezeti hatásokkal szemben, így a Purple fajta is a stressz által kiváltott oxidatív károsodás elleni védelem érdekében fokozza az antocianinok felhalmozódását. Ezért az Fv/Fm és az összes antocianin közötti negatív korreláció arra utal, hogy a növények energiát csoportosítanak át a fotoszintetikus teljesítmény helyett a védekező mechanizmusok, például az antioxidáns vegyületek szintézisére. Az enyhe stresszhatások előidézése fontos lehet az antocianinok szintjének növelése érdekében, ami ezáltal lehetőséget kínálhat a funkcionális élelmiszerek előállításának optimalizálására, hiszen a Purple batáta az oxidatív stressz és más kedvezőtlen környezeti tényezők ellensúlyozására fokozza az antocianinok felhalmozását. A HPLC-analízis során azonosított 17 különböző antocianin vegyület, köztük a cianidin-, peonidin- és pelargonidin-alapú acilezett glikozidok, jelentős antioxidáns és gyulladáscsökkentő potenciált hordoznak. Az acilezett, diacilezett és polimerizált formák jelenléte a bioaktív vegyületek stabilitását és biológiai hasznosulását növeli, tovább erősítve a Purple fajta táplálkozás-élettani értékét. A Murasaki fajta esetében az ikersoros magasabb tőszámú ültetés nagyobb fotoszintetikus aktivitást mutatott az Fv/Fm értékek alapján, ám ez nem párosult sem a hozam, sem a SPAD értékek szignifikáns eltéréseivel. Gazdasági szempontból a vizsgált fajták közül az egyedüli, mely során a terméshozam alapján a szimpla soros alacsonyabb tőszámú technológia javasolható.

A különböző tápanyag-utánpótlási módszerek értékelése a Beauregard fajta esetében az I. és II. kísérletben alkalmazott, K₂O-ban gazdag műtrágya osztott kijuttatása – az ültetés előtti alaptrágyázásként, valamint tápoldatként, csepegtető öntözés révén – mindkét tenyésztési időszakban növelte a termésmennyiséget a kezeletlen zérókontrollhoz

képest. Az osztott kijuttatás nemcsak a tápanyagok hatékonyabb felvételét tette lehetővé a tenyészidőszak elején, hanem a növény fejlődésének kritikus időszakában is elegendő káliumot biztosított, ami kulcsszerepet játszik a fotoszintézis, a vízháztartás és az általános növényi metabolizmus optimalizálásában. Az összes karotinoid tartalmat szintén pozitívan befolyásolta a csepegtető öntözéssel kijuttatott káliumban gazdag tápoldattal kiegészített technológia, mint a kizárólag az ültetés előtt kijuttatásra kerülő műtrágya. A vizsgálatok alapján a Beauregard fajta esetében az osztott, káliumban túlsúlyos BL-I és a BL-II kezelés bizonyult hatékonynak a hozam maximalizálása szempontjából, azonban gazdaságilag a BL-I kezelés javasolható a termelők részére. Azok számára, akiknél a tápoldatozás technológiai feltételei nem adóttak, a BP-II kezelés alkalmazása javasolt, mivel a BL-I és a BP-II kezelések között a 2021–2022. évek átlagában mindössze 3,5%-os különbség mutatkozott a növényenkénti hozam tekintetében.

A vizsgálat során sikeresen azonosítottam a narancssárga húsz Beauregard batáta fajta fő karotinoid komponenseit, a β -karotint, cis- β -karotint, β -kriptoxantint, α -kriptoxantint, luteokromot, cis-luteokromot, β -karotin-epoxidot és mutatokromot. A domináns összetevő, a β -karotin, amely az összes karotinoid koncentráció 87%-át tette ki. A K_2O -túlsúlyos eltérő tápanyagutánpótlási technológiák hatása nem volt egyértelmű az alacsonyabb koncentrációban jelenlévő karotinoid komponensekre. A vizsgált tápanyagutánpótlási technológiák jelentős hatással vannak az összes karotinoid koncentrációra, a legmagasabb értékeket a tápoldatozással kiegészített BL-I és BL-II (I. és II. kísérlet) kezeléseknél mértem mindkét tenyészidőszak során, így az egész vegetáció alatt az osztott tápanyagutánpótlási rendszer szerepe meghatározó és javasolható a technológiák közül.

A Purple lila húsz fajta esetében az LL-I (III. kísérlet) osztott dózisban kijuttatott káliumban túlsúlyos tápanyagutánpótlási technológia bizonyult a leghatékonyabbnak a terméshozam maximalizálása szempontjából, függetlenül a tenyészidőszakok eltérő évjáráthatásától. Az LL-I kezelés a két szezonátlagot véve 47,5 %-kal növelte a kezeltlen zérókontrollhoz (LC) képest a hozamot. A dupla dózisú, káliumban gazdag műtrágya kezelés (IV. kísérlet) azonban már termésdepressziót okoz ennél a fajtánál, továbbá kedvezőtlenül hat az antocianin tartalomra is. Az LL-I kezelés során értem el a legmagasabb hozamot, továbbá itt kaptam az összes antocianin hozam szempontjából is a legmagasabb értéket, mivel a káliumban gazdag műtrágya szignifikánsan nem befolyásolta a gumók összes antocianin tartalmát. A kijuttatási technológia során alkalmazott különböző káliumban gazdag műtrágyák hatása nem volt egyértelmű a SPAD indexet tekintve, évjáratonként változó értéket mutattak. Megfigyelhető azonban az a tendencia, hogy a kezelt parcellák esetében a SPAD index átlagok magasabbak voltak, mint a zérókontroll parcellákban mért érték. A Purple fajta esetében a III. és IV. számú vizsgálatokban, az évjáráthatás jelentősebb hatást gyakorolt a SPAD értékek változására, mint a tápanyagutánpótlási technológiák. A különböző fiziológiai vizsgálatok, klorofill-fluoreszcencia, NDVI értékek mérése a vegetációs aktivitás indikátoraként szolgálhat, de nem feltétlenül mutatja meg a tápanyagutánpótlási technológiák teljes hatását, különösen olyan fajták esetében, amelyek vegetációs jellemzői jelentősen változnak a környezeti és fenológiai tényezők hatására. Fontos ezért, hogy ezeknek az értékeknek az együttes értelmezését más mérőszámokkal is ki kell egészíteni a tápanyagreakciós vizsgálatok során.

Az értekezés során a mindkét tenyészidőszakot (2021-2022) átfogó növényfiziológiai korrelációs vizsgálatok a Beauregard fajta esetében azt mutatták, hogy a levelek relatív klorofilltartalma összefügg a hozammal, bár a szerepe mérsékelt. Ez arra utal, hogy a klorofillkoncentráció növekedése, a fotoszintetizáló pigmentek számának növekedése útján hozzájárul a magasabb hozamhoz, de ez nincs hatással a karotinoidok akkumulációjára. A Purple esetében a hozam mellett az összes antocianin tartalom is

összefügg a SPAD értékekkel. Látható a kísérletekből, hogy a magas antocianin koncentrációval rendelkező kontroll parcellákban figyelhető meg a legalacsonyabb hozam, amely megerősíti azt a feltételezést, hogy az antocianin tartalom növekedése stresszre adott válasz, nem pedig a hozam növekedésének indikátora.

7 Összefoglalás-Summary

Az értekezés két fő részből épül fel az egyik a batáta sík, illetve bakhátas művelési rendszerben való termesztésének és növényzsűrűségi beállításainak hatását vizsgálja eltérő fajtákon, míg a kutatás másik részében eltérő, káliumban gazdag tápanyagutánpótlási rendszerek hatékonyságának az összehasonlítását végeztem el.

A termesztéstechnológiai vizsgálat négy batátafajtára – Beauregard, Purple, Ásotthalmi 12 és Murasaki 29 – terjedt ki, két eltérő évjáratípusban (2019 és 2020), amely során vizsgáltam a fajták agronómiai paramétereit, élettani jellemzőit, karotinoid és antocianin tartalmának profilját és változását. A hozam mellett kulcsfontosságú növényfiziológiai paramétereket, mint például a SPAD-index és a klorofill-fluoreszcencia (Fv/Fm) változását követtem nyomon a növények egészségi állapotának és fotoszintetikus teljesítményének felmérése érdekében. A karotinoid-polifenol és antocianin tartalmat nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával (HPLC) határoztam meg.

A hozamok szempontjából a bakhátas, 35 000 tő/ha tőzsűrűségű, ikersoros termesztés technológia a legelőnyösebb a vizsgált fajták esetében. Az eredmények alapján 161,5 %-os terméshozam növekedés várható a bakhátas, ikersorba ültetett 35 000 tőszámhoz képest, míg az Ásotthalmi-12 fajta esetében a sík, szimplasorba ültetett 17 500 tőszámhoz képest, míg az Ásotthalmi-12 fajta esetében a javulás mértéke 48,2%, a Purple fajtánál pedig 156,7% volt. Mindhárom fajta esetében két év átlagát tekintve az RT kezelés biztosította a legmagasabb hozamokat. A síkművelés, különösen az alacsonyabb tőszámú, szimplasoros ültetés (17 500 tő/ha) eredményezte a legalacsonyabb hozamokat. A Murasaki-29 fajta esetében is a bakhátba ültetett 35 000 tő/hektár ikersoros termesztés biztosította a legmagasabb terméshozamokat (RT), ami 4,13%-kal haladta meg a bakhátas, 17 500 tő/ha szimpla soros ültetést (RS), azonban ez gazdaságilag nem indokolt, így ennél a fajtánál ajánlható a szimpla soros (RS) ültetés. A statisztikai elemzések alapján a növényzsűrűség nagyobb hatással volt a hozamra és a karotinoid-tartalomra, mint a művelési mód önmagában.

A HPLC analitikai vizsgálatok során a Beauregard fajta esetében 11 különböző karotinoid és 11 polifenol vegyületet, míg az Ásotthalmi-12 esetében 9 karotinoid és 9 polifenol vegyületet azonosítottam. A Purple fajta analitikai elemzése során 18 eltérő antocianin vegyületet sikerült detektálni. A legnagyobb elérhető β -karotin koncentrációt a bakhátas, szimplasoros ültetési (RS) módban 17 500 tő/ha növényzsűrűségnél mértem a két év átlagát nézve, a Beauregard (244 mg/g β -karotin) és az Ásotthalmi-12-es (156,94 mg/g β -karotin) fajtánál is. A Beauregard esetében ez 22,68 %-kal haladta meg a legalacsonyabb, ikersoros 35 000 tő/ha (FT) kezelésben mért értéket. Az Ásotthalmi 12-es fajta esetében ez a növekmény jóval magasabb volt, 72,54 %-kal haladta meg a legalacsonyabb, szintén ikersoros 35 000 tő/ha (RT) kezelésnél mért koncentrációt. A vizsgálat során megállapításra került, hogy a bakhátas művelési mód ikersoros elrendezéssel (35 000 növény/ha) a Beauregard és az Ásotthalmi-12-es fajta esetében stabil és kiemelkedő terméshozamot biztosít. Ugyanakkor az alacsonyabb növényzsűrűség a szignifikánsan magasabb karotinoid koncentráció kialakulását segíti, azonban ez jelentős hozamcsökkenéssel jár együtt. A hozam és a karotinoid koncentráció alakulása fordítottan arányos egymással a Beauregard és az Ásotthalmi 12-es fajta esetében. A Purple fajta vizsgálatakor az eltérő művelési módok és a növényzsűrűség nem volt statisztikailag igazolható módon hatással az antocianin tartalomra, ezért az összes antocianin hozamot a terméshozam befolyásolta elsősorban. Az antocianinok felhalmozódását az évjáratathatás befolyásolta hangsúlyosan, amit a kutatás statisztikai számításai is alátámasztanak.

A növényfiziológiai vizsgálatok során a SPAD- és a klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékei korrelációt mutattak a hozammal, ugyanakkor nem volt szignifikáns mértékű összefüggésük a Beauregard és az Ásotthalmi-12-es fajták karotinoid tartalmával.

A tápanyag-utánpótlási kísérletek két egymást követő termesztési szezonban (2021–2022) zajlottak, a narancshúsú Beauregard és a lilahúsú Purple fajta bevonásával. A kísérletek alatt különböző, káliumban gazdag alapműtrágyázási és tápoldatozási módszerek terméseredményre, fitonutriensekre és növényfiziológiai paraméterekre gyakorolt hatása került összehasonlításra. Az eredmények szerint a megosztott tápanyag kijuttatású kezelések, amelyekben az alapműtrágyázás tápoldatozással került kiegészítésre, magasabb hozamot eredményezett a zérókontroll parcellákhoz képest. A Beauregard fajtánál a kísérletben vizsgált tápanyagutánpótlási módszerek közül a két év átlagát nézve kiemelkedett a BL-I kezelés, ahol 797 kg/ha K₂O hatóanyag többlet került kijuttatásra tápoldat formájában a 120 kg/ha dózisú K₂O alaptrágyázás mellé. A termés mennyiséget ez a módszer két év átlagát nézve 29,65 %-kal növelte a zérókontroll parcellákhoz képest. Nem ajánlható azonban az ültetés előtt a teljes tenyészidőszakra szánt nagy mennyiségű káliumban gazdag alapműtrágya, mert hozamcsökkenést okoz.

A Purple fajta esetében a III. és IV. kísérlet során a káliumban gazdag műtrágya a két tenyészidőszak során javította a terméshozamot a zérókontroll parcellákhoz viszonyítva. A III. kísérletben a két év átlagával számolva az LL-I kezelés kiemelkedő volt, ahol 797 kg/ha K₂O hatóanyag többlet került kijuttatásra tápoldat formájában a 120 kg/ha K₂O alaptrágyázás mellé, hiszen 47,5 %-kal magasabb terméshozamot eredményezett, mint a zérókontroll parcellákban mért hozamérték. A IV. kísérletben a magasabb dózisú, káliumban gazdag alaptrágyázás (263 kg/ha K₂O, LP-II kezelés), továbbá az ezt kiegészítő 797 kg/ha K₂O hatóanyag többletű tápoldat (LL-II kezelés) alkalmazása a terméshozam csökkenéséhez vezetett a III. kísérlet eredményeihez képest. Ez arra utal, hogy a túlzott mennyiségű műtrágya negatív hatást gyakorol a Purple fajta terméshozamára. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás, például az LL-I kezelés (III. kísérlet) alkalmazása bizonyult a leghatékonyabbnak a vizsgált lila húsú fajta esetében, kiemelkedő terméshozamot eredményezve.

A beltartalmi paraméterek vizsgálata során a HPLC mérés alapján meghatározásra került a Beauregard fajta karotinoid összetétele, melynek a 87%-a β -karotin volt. Az I., II., III. kísérletben az osztott, úgymint az alap és tápoldatos kezelések együttes hatására mindkét fajta esetében magasabb volt a fitonutriensek koncentrációja, így a karotinoid- és ezen belül β -karotin a Beauregard fajtánál (BL-I 165,3 μ g/g; BL-II 170,1 μ g/g) és az antocianin-tartalom (LL-I 527,5 μ g/g) mintha csak alaptrágyázással került volna kijuttatásra a káliumban gazdag műtrágya (β -karotin: BP-I 131,8 μ g/g; BP-II 123,7 μ g/g; antocianin: LP-I 456,0 μ g/g). A két év átlagában a legmagasabb hozam (0,4 kg/tő) mellett az LL-I kezelésben volt a legmagasabb az összes antocianin hozam (két év átlagban 210,1 μ g/g), mivel a kálium túlsúlyos műtrágya szignifikánsan nem befolyásolta a gumók összes antocianin tartalmát.

A növényfiziológiai változások közül a tenyészidőszakokban mért SPAD szezonátlagok esetében a Beauregard fajta az I. kísérlet során nem mutatott statisztikailag szignifikáns különbséget, míg a II. kísérlet során a magasabb dózisú műtrágya hatására a SPAD szezonátlag értékei szignifikánsan különböztek a zérókontrolltól. A III. és IV. kísérlet során a Purple fajta esetében a SPAD értékek között csak az első tenyészidőszak során volt szignifikáns különbség a kezelt parcellák és a zérókontroll között, a második tenyészidőszak során nem volt igazolható az eltérés. A tápanyagutánpótlási rendszereknél az évjáráthatás jelentősebb hatást gyakorolt a SPAD értékekre az eredmények alapján. A klorofill fluoreszcencia Fv/Fm értékei főként a vizsgálati időszak középső szakaszában mutattak szignifikáns különbséget a

kezelés hatására, azonban ez az egész tenyészidőszak alatt nem volt végig nyomon követhető egyik tápanyagutánpótlási kísérlet során sem, hasonlóan az NDVI értékek esetéhez.

A kétéves tápanyagutánpótlási vizsgálat során rögzített SPAD értékek a Beauregard és a Purple fajta esetében is összefüggést mutattak a hozammal, továbbá a Purple esetében az összes antocianin tartalommal is. Ez arra utal, hogy az antocianin antioxidáns tulajdonságai hozzájárulnak a növény stresszhatásokkal szembeni védekezőképességének javításához, valamint kedvezően befolyásolják a növényfiziológiai paramétereket.

This dissertation examines two primary research objectives: (1) to evaluate the effects of cultivation methods (flat and ridged) and plant density (simple and double row) on sweet potato performance, and (2) to compare the effectiveness of potassium-predominant nutrient supply strategies.

Cultivation technology field experiments were conducted over two consecutive growing seasons (2019 and 2020) using four sweet potato cultivars—Beauregard, Purple, Ásotthalmi 12, and Murasaki 29. The investigation focused on agronomic performance, physiological traits, and the accumulation of carotenoids and anthocyanins. Key physiological parameters, including SPAD index and chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), were measured to assess photosynthetic activity and overall plant health.

High-performance liquid chromatography (HPLC) was employed to identify and quantify carotenoid (e.g., trans- β -carotene, cis- β -carotene, ζ -carotene, mutatochrome), polyphenol, and anthocyanin compounds. Based on the HPLC results, 11 carotenoid and 11 polyphenol compounds were detected in the Beauregard variety, while Ásotthalmi 12 showed 9 compounds from each group. In the Purple cultivar, a total of 18 different anthocyanin compounds were successfully identified.

The results showed that ridged double-row planting at a density of 35,000 plants per hectare produced the highest yields across most cultivars. Compared to flat single-row planting at 17,500 plants per hectare, yield increases were substantial: 161.5% for Beauregard, 48.2% for Ásotthalmi 12, and 156.7% for Purple. In contrast, Murasaki 29 displayed only a moderate yield increase (4.13%) under ridged double-row planting relative to the ridged single-row system, suggesting that the latter remains economically preferable for this cultivar.

Statistical analysis indicated that plant density had a more significant effect on yield and carotenoid concentration than cultivation method alone. The highest β -carotene concentrations were measured under ridged single-row planting at 17,500 plants per hectare: 244 mg/g in Beauregard and 156.94 mg/g in Ásotthalmi 12. These increased concentrations were associated with lower yields, showing an inverse relationship between yield and carotenoid content.

For the Purple variety, neither cultivation method nor plant density significantly influenced anthocyanin concentration. Therefore, total anthocyanin yield was primarily determined by overall tuber yield, with a significant seasonal effect observed.

Physiological measurements demonstrated positive correlations between SPAD values, Fv/Fm ratios, and yield; however, no significant correlation was found between these indicators and carotenoid concentration in Beauregard and Ásotthalmi 12.

The effects of different fertilization levels on the yield, carotenoids, and phenolic content of orange- and purple-fleshed sweet potato varieties (Beauregard and Purple) were evaluated over two consecutive seasons (2021–2022). Various potassium-predominant fertilizer treatments, combining basal fertilization with liquid

fertilization, were assessed for their impacts on yield, phytonutrient concentrations, and physiological parameters.

Split nutrient applications (basal fertilizer plus liquid fertilization) consistently increased yields compared to zerocontrol plots. Specifically, Beauregard exhibited the highest yield increase (36.1%) under BL-I treatment (797 kg/ha K₂O through liquid fertilization in addition to 120 kg/ha basal fertilizer). Overabundant pre-planting potassium fertilizer negatively impacted yields, underscoring the necessity of balanced nutrient management.

In the Purple variety, the LL-I treatment (797 kg/ha K₂O via liquid fertilization combined with 120 kg/ha basal fertilizer) increased yields by 47.5% compared to controls. Conversely, excessive nutrient applications (LL-II treatment) reduced yields, highlighting the importance of moderate potassium supply.

HPLC analyses revealed Beauregard's carotenoid profile predominantly consisted of β -carotene (87%). Treatments involving combined basal fertilization and liquid fertilization significantly increased phytonutrient levels compared to basal fertilization alone. Despite the highest anthocyanin yields occurring with LL-I treatment, the total anthocyanin concentration remained unaffected significantly by potassium-predominant fertilizers.

Physiological parameters (SPAD index and chlorophyll fluorescence) exhibited notable seasonal variability, particularly mid-season. SPAD values correlated positively with yield in both varieties and additionally correlated with anthocyanin content in the Purple variety, suggesting anthocyanins contribute to enhanced stress resistance and physiological resilience.

8 Mellékletek Irodalomjegyzék

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(4), 433–459. <https://doi.org/10.1002/WICS.101>
- Abdissa, T. (2011). Yield and Yield Components of Sweet potato as Influenced by Plant Density: In Adami Tulu Jido Kombolcha District, Central Rift Valley of Ethiopia. *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(2), 40–48. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2011/173>
- Aboyaji, C. M., Adekiya, A. O., Dunsin, O., Adebisi, O. T. v, Aremu, C. O., Olofintoye, T. A. J., Ajiboye, B. O., & Owolabi, I. O. (2019). *The Open Agriculture Journal Response of Soil Chemical Properties, Performance and Quality of Sweet Potato (Ipomoea Batatas L.) to Different Levels of K Fertilizer on a Tropical Alfisol*. 13, 58–66. <https://doi.org/10.2174/1874331501913010058>
- Adak, S., Bandyopadhyay, K. K., Sahoo, R. N., Mridha, N., Shrivastava, M., & Purakayastha, T. J. (2021). Prediction of wheat yield using spectral reflectance indices under different tillage, residue and nitrogen management practices. *Current Science*, 121(3), 402–413. <https://doi.org/10.18520/CS/V121/I3/402-413>
- Ahmed M., R., N.-D., & Bekele, A. (2012). Effect of planting methods and vine harvesting on shoot and tuberous root yields of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] in the Afar region of Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 7(7). <https://doi.org/10.5897/AJAR11.894>
- Alam, M. K., Rana, Z. H., & Islam, S. N. (2016). Comparison of the Proximate Composition, Total Carotenoids and Total Polyphenol Content of Nine Orange-Fleshed Sweet Potato Varieties Grown in Bangladesh. *Foods 2016*, Vol. 5, Page 64, 5(3), 64. <https://doi.org/10.3390/FOODS5030064>
- Alexander, P. N., & Masinde, P. (2022). Growth, yield and quality of selected sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] lam.), lines under varying soil moisture conditions. *African Journal of Science, Technology and Social Sciences*, 1(1). <https://doi.org/10.58506/AJSTSS.V1I1.31>
- Alhammadi, A., Rezk, A., Alnaqbi, W., -, al, Rahmawati, Y., Mahmudatussa, A., & Yogha, S. (2016). Effect of processing techniques on color and active components amount of sweet potato (*Ipomoea Batatas* l) flakes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 128(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/128/1/012043>
- Amoanimaa-Dede, H., Hongbo, Z., Kyereko, W. T., Yeboah, A., Agyenim-Boateng, K. G., Sakyi, M. E., & Asiamah, C. A. (2019). Structure, Functions and Biosynthetic Pathway of Naturally Occurring Anthocyanin in Sweet Potato - A Review. *Journal of Plant Biochemistry & Physiology*, 7(2), 1–9. <https://doi.org/10.35248/2329-9029.19.7.234>
- Anedo, E. O., Asawalam, D. O., Njoku, J. C., Adesina, B. A., Okoye, A. C., & Nwogha, J. S. (2018). Enhanced root yield and β -carotene content of orange fleshed sweetpotato using integrated nutrient management. *Nigeria Agricultural Journal*, 49(1), 253–259. <https://www.ajol.info/index.php/naj/article/view/177528>
- Aninbon, C., Surach, N., Phungam, N., Janket, A., Bunphan, D., Charirak, P., & Ruttanaprasert, R. (2024). *Folia Horticulturae Folia Hort*. 36(4) (2024): 1-16 Stability of anthocyanin, carotenoid and root yield of 10 sweet potato genotypes. <https://doi.org/10.2478/fhort-2024-0031>
- Antonious, G. F. (2024). Impact of biochar and organic fertilizers on sweet potato yield, quality, ascorbic acid, β -carotene, sugars, and phenols contents. *International Journal of Environmental Health Research*. <https://doi.org/10.1080/09603123.2024.2318368>
- Bahati, A., Stephen, M. G., Wariara, K., & Hemedi, M. S. (2021). Evaluation of different methods of multiplying sweet potato planting material in coastal lowland Kenya. *African Journal of Agricultural Research*, 17(2), 208–214. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.15164>
- Baluja, J., Diago, M. P., Goovaerts, P., & Tardaguila, J. (2012). Assessment of the spatial variability of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor: Relationships with vine vigour and yield. *Precision Agriculture*, 13(4), 457–472. <https://doi.org/10.1007/S11119-012-9261-X>

- Berni, P., Chitchumroonchokchai, C., Canniatti-Brazaca, S. G., de Moura, F. F., & Failla, M. L. (2015). Comparison of content and in vitro bioaccessibility of provitamin A carotenoids in home cooked and commercially processed orange fleshed sweet potato (*Ipomea batatas* Lam). *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/S11130-014-0458-1>
- Bin-bin, Z., Chun-yu, S., Hong-juan, L., Guo-bo, R., Zhe, S., Bin-bin, Z., Chun-yu, S., Hong-juan, L., Guo-bo, R., & Zhe, S. (2017). Basal application of potassium benefits the yield formation of sweet potato. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2017, Vol. 23, Issue 1, Pages: 208-216, 23(1), 208–216. <https://doi.org/10.11674/ZWYF.16091>
- Bourke, R. M. (2006). Recent research on sweetpotato and cassava in Papua New Guinea. *Acta Horticulturae*, 703, 241–246. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2006.703.30>
- Brandenberger, L., Shrefler, J., Rebek, E., Damicone, J. (2014): Sweet potato production. Oklahoma Cooperative Extension Service, HLA-6022. Oklahoma State University, 8.
- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521–530. <https://doi.org/10.1002/JPLN.200420485>
- Carrera, C., Zelaya-Medina, C. F., Chinchilla, N., Ferreiro-Gonzalez, M., Barbero, G. F., & Palma, M. (2021). How Different Cooking Methods Affect the Phenolic Composition of Sweet Potato for Human Consumption (*Ipomea batata* (L.) Lam). *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 1636, 11(8), 1636. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11081636>
- CBI (2023): The European market potential for sweet potatoes, <https://www.cbi.eu/market-information/fresh-fruit-vegetables/sweet-potatoes-0/market-potential#product-description>
- Filho, C. A. B., Nascimento, S. M. C., Silva, A. S. N., & Vargas, P. F. (2016). Agronomic performance of sweet potato with different potassium fertilization rates. *Horticultura Brasileira*, 34(4), 588–592. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160421>
- Chaerle, L., Leinonen, I., Jones, H. G., & van der Straeten, D. (2007). Monitoring and screening plant populations with combined thermal and chlorophyll fluorescence imaging. *Journal of Experimental Botany*, 58(4), 773–784. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERL257>
- Chée, R. P., Schultheis, J. R., & Cantliffe, D. J. (1992). *Micropropagation of Sweet Potato (Ipomoea batatas L.)*. 107–117. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07770-2_7
- 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>
- Daoud, 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>
- Darko, C., Yeboah, S., Amoah, A., Opoku, A., & Berchie, J. N. (2020). Productivity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) as influenced by fertilizer application in different agro-ecologies in Ghana. *Scientific African*, 10, e00560. <https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2020.E00560>
- de Faria, A. F., de Rosso, V. v., & Mercadante, A. Z. (2009). Carotenoid composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), determined by HPLC-PDA-MS/MS. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 64(2), 108–115. <https://doi.org/10.1007/S11130-009-0111-6>
- de Rosso, V. v., & Mercadante, A. Z. (2007). Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5062–5072. <https://doi.org/10.1021/JF0705421>
- Degras, L. (2003). Sweet potato. *The Tropical Agriculturalist*. Malaysia: Macmillan Publishers Ltd.
- Dhliwayo, P., Chiunzi, P. D. (2004). A Guide to profitable sweet potato production, Harare, Biotechnology Trust of Zimbabwe, 3-9

- Diaz, F., Eyzaguirre, R., Espinoza, J., Burgos, G., Felde, T. Z., Andrade, M., R., & Mwanga. (2012). *Heritability estimates for an Accelerated Breeding Scheme (ABS) in clonally propagated crops-using sweetpotato as a model*.
- Dike Gbaraneh, L., & Wilson, V. (2021). *The Journal of the Society for Tropical Plant Research Seedbed types and effects on growth and yields of orange fleshed Sweet Potato varieties in a humid high rainfall area of Nigeria*. <https://doi.org/10.22271/tpr.2021.v8.i1.007>
- Drapal, M., & Fraser, P. D. (2019). Determination of carotenoids in sweet potato (*Ipomoea batatas* L., Lam) tubers: Implications for accurate provitamin A determination in staple sturdy tuber crops. *Phytochemistry*, 167, 112102. <https://doi.org/10.1016/J.PHYTOCHEM.2019.112102>
- Duan, W., Wang, Q., Zhang, H., Xie, B., Li, A., Hou, F., Dong, S., Wang, B., Qin, Z., & Zhang, L. (2018). Comparative study on carbon–nitrogen metabolism and endogenous hormone contents in normal and overgrown sweetpotato. *South African Journal of Botany*, 115, 199–207. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2017.11.016>
- Duan, W., Zhang, H., Xie, B., Wang, B., & Zhang, L. (2019). Impacts of nitrogen fertilization rate on the root yield, starch yield and starch physicochemical properties of the sweet potato cultivar Jishu 25. *PLOS ONE*, 14(8), e0221351. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0221351>
- 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.
- El-Deen, S., Ezzat, A. S., & El-Morsy, A. H. A. (2011). EFFECT OF PHOSPHORUS FERTILIZER RATES AND APPLICATION METHODS OF HUMIC ACID ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SWEET POTATO. In *J. Plant Production, Mansoura Univ* (Vol. 2, Issue 1).
- Essilfie, M., Dapaah, H., Tevor, J., & Darkwa, K. (2016). Number of Nodes and Part of Vine Cutting Effect on the Growth and Yield of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in Transitional Zone of Ghana. *International Journal of Plant & Soil Science*, 9(5), 1–14. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2016/22776>
- Fageria, V. D. (2001). NUTRIENT INTERACTIONS IN CROP PLANTS. *Journal of Plant Nutrition*, 24(8), 1269–1290. <https://doi.org/10.1081/PLN-100106981>
- FAO. (2024) FAO Stat Crop Production. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Faria, A., Fernandes, I., Mateus, N., & Calhau, C. (2013). Bioavailability of anthocyanins. *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes*, 2465–2487. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_75
- Fatokun, K., Motsa, N. M., & Modi, A. T. (2022). Orange Fleshed Sweet Potato Response to Filter Cake and Macadamia Husk Compost in Two Agroecologies of KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Agronomy* 2022, Vol. 12, Page 3091, 12(12), 3091. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12123091>
- Fernández-Alonso, F. J., Hernández, Z., & Torres-Costa, V. (2023). A Cost-Effective Portable Multiband Spectrophotometer for Precision Agriculture. *Agriculture* 2023, Vol. 13, Page 1467, 13(8), 1467. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13081467>
- Fox, J.; Bouchet-Valat, M. *Rcmdr: R Commander*. R Package Version 2.9-4. 2024. Available online: <https://github.com/RCmdr-Project/rcmdr> (accessed on 14 October 2024).
- Fraser, P. D., Truesdale, M. R., Bird, C. R., Schuch, W., & Bramley, P. M. (1994). Carotenoid Biosynthesis during Tomato Fruit Development' Evidence for Tissue-Specific Gene Expression. *Plant Physiol*, 105, 405–413. <https://academic.oup.com/plphys/article/105/1/405/6068259> *from-roots-to-riches-a-guide-to-profitable-production-of-sweet-potatoes-btz*. (n.d.).
- Gao, Y., Tang, Z., Xia, H., Sheng, M., Liu, M., Pan, S., Li, Z., & Liu, J. (2021). Potassium fertilization stimulates sucrose-to-starch conversion and root formation in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) lam.). *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4826. <https://doi.org/10.3390/IJMS22094826/S1>

- Geng, J., Zhao, Q., Li, Z., Yang, X., Lei, S., Zhang, Q., Li, H., Lang, Y., Huo, X., & Liu, Q. (2024). Effects of Various Potassium Fertilizer Dosages on Agronomic and Economic Assessment of Sweet Potato Fields. *Horticulturae* 2024, Vol. 10, Page 44, 10(1), 44. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE10010044>
- George, M. S., Lu, G., & Zhou, W. (2002). Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Field Crops Research*, 77(1), 7–15. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00043-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00043-6)
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 217–225. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00221-8)
- Guo, K., Liu, S., Zhang, L., Zhang, Q., Yu, Y., Ma, P., Jia, Z., Wei, C., & Bian, X. (2024). Influence of Elevated Potassium Fertilization on Structural and Functional Properties of Sweet Potato Root Tuber Starch. *Foods*, 13(23), 3890. <https://doi.org/10.3390/FOODS13233890/S1>
- Habibullah, M., Mohebian, M. R., Soolanayakanahally, R., Wahid, K. A., & Dinh, A. (2020). A Cost-Effective and Portable Optical Sensor System to Estimate Leaf Nitrogen and Water Contents in Crops. *Sensors* 2020, Vol. 20, Page 1449, 20(5), 1449. <https://doi.org/10.3390/S20051449>
- Haldimann, P., Fracheboud, Y., & Stamp, P. (1996). Photosynthetic performance and resistance to photoinhibition of *Zea mays* L. leaves grown at sub-optimal temperature. *Plant, Cell & Environment*, 19(1), 85–92. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3040.1996.TB00229.X>
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods in Enzymology*, 186(C), 1–85. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86093-B](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86093-B)
- 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>
- Hawkins, T.S., Gardiner, E.S., Comer, G.S. (2009): Modeling the relationship between extrable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *J. Nature Conservation*, 17, 123–127.
- HAYASHI, K., OHARA, N., & TSUKUI, A. (1996). Stability of Anthocyanins in Various Vegetables and Fruits. *Food Science and Technology International, Tokyo*, 2(1), 30–33. <https://doi.org/10.3136/FSTI9596T9798.2.30>
- Hayati, M., Saparudin, Kurniawan, T., Hifnalisa, Muzaifa, M., Ichsan, C. N., Nura, & Faudiah, N. (2024). The effects of dosages of potassium fertilizer on growth and harvest index of two types of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1297(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1297/1/012037>
- He, W., Zeng, M., Chen, J., Jiao, Y., Niu, F., Tao, G., Zhang, S., Qin, F., & He, Z. (2016). Identification and Quantitation of Anthocyanins in Purple-Fleshed Sweet Potatoes Cultivated in China by UPLC-PDA and UPLC-QTOF-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(1), 171–177. <https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.5B04878>
- Honti M., (2007): Az eutrofizáció automatikus észlelése, A késleltetett fluoreszcencia spektroszkóp módszertani továbbfejlesztése, PhD értekezés, Budapest
- Horváth L. (1991a): A batáta és termesztése: A batáta Magyarországon. *Kertészet és Szőlészet*. 40. 15: 16–17.
- Horváth L. (1991b): A batáta Magyarországon: Védelem, tárolás. *Kertészet és Szőlészet*. 40. 16:
- Horváth L. (1991c): A batáta szaporítása. *Kertészet és Szőlészet*. 40. 21: 7
- Horváth L., Proksza P. (2005): Burgonyatermesztőknek az édesburgonyáról. *Burgonyatermesztés – A gyakorló burgonyatermelők részére*, 6 (1): 19–22

- 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. <https://doi.org/10.3390/IJMS25042096/S1>
- Hwang, Y. P., Choi, J. H., Choi, J. M., Chung, Y. C., & Jeong, H. G. (2011). Protective mechanisms of anthocyanins from purple sweet potato against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatotoxicity. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 49(9), 2081–2089. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2011.05.021>
- Im, Y. R., Kim, I., & Lee, J. (2021). Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.): Varietal Comparisons and Physical Distribution. *Antioxidants* 2021, Vol. 10, Page 462, 10(3), 462. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10030462>
- Ishiguro, K., Yoshinaga, M., Kai, Y., Maoka, T., & Yoshimoto, M. (2010). Composition, content and antioxidative activity of the carotenoids in yellow-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). *Breeding Science*, 60, 324–329. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.60.324>
- 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>
- Jaakola, L. (2013). New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. *Trends in Plant Science*, 18(9), 477–483. <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2013.06.003>
- Jaakola, L., Määttä, K., Pirttilä, A. M., Törrönen, R., Kärenlampi, S., & Hohtola, A. (2002). Expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis in relation to anthocyanin, proanthocyanidin, and flavonol levels during bilberry fruit development. *Plant Physiology*, 130(2), 729–739. <https://doi.org/10.1104/PP.006957>
- Jeong, B. C., Oh, S. K., Park, K. Y., & Rho, S. P. . C. E. S. (1986). Effects of fertilizer amount, planting density and date on growth and tuber root yields in planting sprouted root pieces of sweet potato. *Research Reports of the Rural Development Administration - Crops (Korea R.)*, 28(2).
- Jiang, J. Y., Wang, C. W., Chen, C. I., Chen #, C. W., Wong, S. L., Chen ##, S. P., Huang, M. Y., & Weng, J. H. (n.d.). Photosystem II efficiency in response to diurnal and seasonal variations in photon flux density and air temperature for green, yellow-green, and purple-leaved cultivars of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *International Journal for Photosynthesis Research*. <https://doi.org/10.32615/ps.2024.007>
- 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.
- Jin, Z., Wang, Y., Si, C., Kumar, S., Nie, L., & Khan, M. N. (2023). Effects of shading intensities on the yield and contents of anthocyanin and soluble sugar in tubers of purple sweet potato. *Crop Science*, 63(5), 3013–3024. <https://doi.org/10.1002/CSC2.21076>
- Johnson, J. B., Budd, C., Mani, J. S., Brown, P., Walsh, K. B., & Naiker, M. (2021). Carotenoids, ascorbic acid and total phenolic content in the root tissue from five Australian-grown sweet potato cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 50(1), 32–47. <https://doi.org/10.1080/01140671.2021.1895230>
- Jung, J. K., Lee, S. U., Kozukue, N., Levin, C. E., & Friedman, M. (2011). Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 29–37. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2010.03.025>
- Kang, L., Kim, H. S., Kwon, Y. S., Ke, Q., Ji, C. Y., Park, S. C., Lee, H. S., Deng, X., & Kwak, S. S. (2017). IbOr regulates photosynthesis under heat stress by stabilizing ibpsbp in sweetpotato. *Frontiers in Plant Science*, 8, 267421. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2017.00989>

- Kang, L., Park, S. C., Ji, C. Y., Kim, H. S., Lee, H. S., & Kwak, S. S. (2017). Metabolic engineering of carotenoids in transgenic sweetpotato. *Breeding Science*, 67(1), 27–34. <https://doi.org/10.1270/JSBBS.16118>
- Kaupa, P., & Rao, B. K. R. (2014). Nitrogen mineralization and efficiency from co-applied animal manures and mineral fertilizer in sweetpotato under humid tropical conditions. *Field Crops Research*, 168, 48–56. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2014.08.011>
- Kaur, M., & Sandhu, K. S. (2016). Sweet Potato Flour and Starch. *Tropical Roots and Tubers: Production, Processing and Technology*, 479–506. <https://doi.org/10.1002/9781118992739.CH11A>
- Kidmose, U., Christensen, L. P., Agili, S. M., & Thilsted, S. H. (2007). Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(3), 399–406. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2007.03.025>
- Kim, H. W., Kim, J. B., Cho, S. M., Chung, M. N., Lee, Y. M., Chu, S. M., Che, J. H., Kim, S. N., Kim, S. Y., Cho, Y. S., Kim, J. H., Park, H. J., & Lee, D. J. (2012). Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. *Food Chemistry*, 130(4), 966–972. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2011.08.031>
- Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923–933. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00438-2)
- Kósa E. I., (2009): Abiotikus stresszorok és stressztoleranciát befolyásoló tényezők hatásainak vizsgálata kukoricában (*Zea Mays L.*) PhD értekezés, Keszthely
- Krochmal-Marczak, B., Sawicka, B., & Michałek, 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>
- Krochmal-Marczak, B., Sawicka, B., & Tobiasz-Salach, R. (2018). Impact of cultivations technology on the yield of sweet potato (*Ipomoea Batatas L.*) tubers. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(11), 978–983. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i11.1863>
- Kurata, R., & Kobayashi, T. (2023). Effect of Cultivation Temperature on Yield and Anthocyanin Content of Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas L.*). *The Horticulture Journal*, 92(3), 290–298. <https://doi.org/10.2503/HORTJ.QH-044>
- Kuts, O., Shevchenko, S., Semenenko, I., Dukhin, E., Yakovchenko, A., & Yakovchenko, O. (2021). Study of the Efficiency of Sweet Potato Growing in the Forest-Steppe of Ukraine by Different Methods of Soil Mulching. *EUREKA: Life Sciences*, 6, 17–24. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.002156>
- la Bonte, D. R., Villordon, A. Q., Clark, C. A., Wilson, P. W., & Stoddard, C. S. (2008). ‘Murasaki-29’ Sweetpotato. *HortScience*, 43(6), 1895–1896. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1895>
- Lamaro, G. P., Tsehay, Y., Girma, A., Vannini, A., Fedeli, R., & Loppi, S. (2023). Evaluation of Yield and Nutraceutical Traits of Orange-Fleshed Sweet Potato Storage Roots in Two Agro-Climatic Zones of Northern Ethiopia. *Plants* 2023, Vol. 12, Page 1319, 12(6), 1319. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12061319>
- Laurie, S. M., Bairu, M. W., & Laurie, R. N. (2022). Analysis of the Nutritional Composition and Drought Tolerance Traits of Sweet Potato: Selection Criteria for Breeding Lines. *Plants* 2022, Vol. 11, Page 1804, 11(14), 1804. <https://doi.org/10.3390/PLANTS11141804>
- Laurie, S. M., Faber, M., van Jaarsveld, P. J., Laurie, R. N., du Plooy, C. P., & Modisane, P. C. (2012a). β -Carotene yield and productivity of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas L.* Lam.) as influenced by irrigation and fertilizer application treatments. *Scientia Horticulturae*, 142, 180–184. <https://doi.org/10.1016/J.SCIEN.2012.05.017>
- Laurie, S. M., van Jaarsveld, P. J., Faber, M., Philpott, M. F., & Labuschagne, M. T. (2012b). Trans- β -carotene, selected mineral content and potential nutritional contribution of 12 sweetpotato varieties.

- Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2), 151–159. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2012.05.005>
- Laveriano-Santos, E. P., López-Yerena, A., Jaime-Rodríguez, C., González-Coria, J., Lamuela-Raventós, R. M., Vallverdú-Queralt, A., Romanyà, J., & Pérez, M. (2022). Sweet Potato Is Not Simply an Abundant Food Crop: A Comprehensive Review of Its Phytochemical Constituents, Biological Activities, and the Effects of Processing. *Antioxidants* 2022, Vol. 11, Page 1648, 11(9), 1648. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX11091648>
- Lemma, M. H., Mohammed, A., Gurmu, F., & Beshir, H. M. (2023). Nutrient Uptake and Efficiencies of Orange-Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties under Different Rates of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers. *International Journal of Agronomy*, 2023(1), 4231940. <https://doi.org/10.1155/2023/4231940>
- Li, S., Zhao, L., Zhang, S., Liu, Q., & Li, H. (2021). Effects of Nitrogen Level and Soil Moisture on Sweet Potato Root Distribution and Soil Chemical Properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 536–546. <https://doi.org/10.1007/S42729-020-00381-0/METRICS>
- Lin, C. H., & Chen, B. H. (2003). Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1012(1), 103–109. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)01138-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)01138-5)
- Liu, B. K., Xv, B. J., Si, C. C., Shi, W. Q., Ding, G. Z., Tang, L. X., Xv, M., Shi, C. Y., & Liu, H. J. (2023). Effect of potassium fertilization on storage root number, yield, and appearance quality of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Frontiers in Plant Science*, 14, 1298739. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1298739/BIBTEX>
- Liu, H., Shi, C., Zhang, H., Wang, Z., & Chai, S. (2013). Effects of potassium on yield, photosynthate distribution, enzymes' activity and ABA content in storage roots of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). *AJCS*, 7(6), 735–743.
- Liu, M., Zhang, A., Chen, X., Jin, R., Li, H., & Tang, Z. (2017b). The effect of potassium deficiency on growth and physiology in sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] during early growth. *HortScience*, 52(7), 1020–1028. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12005-17>
- Lu, J., Wu, D. M., Zheng, Y. L., Hu, B., Cheng, W., & Zhang, Z. F. (2012). Purple sweet potato color attenuates domoic acid-induced cognitive deficits by promoting estrogen receptor- α -mediated mitochondrial biogenesis signaling in mice. *Free Radical Biology & Medicine*, 52(3), 646–659. <https://doi.org/10.1016/J.FREERADBIOMED.2011.11.016>
- Ludvik, B., Hanefeld, M., & Pacini, M. (2008). Improved metabolic control by *Ipomoea batatas* (Caiapo) is associated with increased adiponectin and decreased fibrinogen levels in type 2 diabetic subjects. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 10(7), 586–592. <https://doi.org/10.1111/J.1463-1326.2007.00752.X>
- 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>
- Markwell, J., Osterman, J.C., Mitchell, J.L. (1995): Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynth. Res.*, 46, 467–472.
- Mátai A., (2019): Az antioxidáns válaszok előhangolása (priming) megváltoztatja a növények abiotikus és biotikus stresszreakcióit, PhD értekezés, Pécs
- Melillos, G., Themistocleous, K., Papadavid, G., Agapiou, A., Prodromou, M., Michaelides, S., & Hadjimitsis, D. G. (2016). Integrated use of field spectroscopy and satellite remote sensing for defence and security applications in Cyprus. <https://doi.org/10.1117/12.2241207>, 9688, 127–135. <https://doi.org/10.1117/12.2241207>
- Mello, A. F. S., da Silva, G. O., da Silva Minguita, A. P., dos Santos, F. N., Samborski, T., Ferreira, J. C., de Carvalho, J. L. V., Nuti, M. R., Siquieroli, A. C. S., & Severo, J. (2022). Quality parameters in

- orange flesh sweetpotato grown in different Brazilian states. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107, 104406. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2022.104406>
- Miyasaka, S. C., Wall, M., Labonte, D., & Arakaki, A. (2019). Sweetpotato cultivar trials on Hawai'i Island. *HortTechnology*, 29(6), 967–975. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04387-19>
- Mohanraj, R., & Sivasankar, S. (2014). Sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - a valuable medicinal food: a review. *Journal of Medicinal Food*, 17(7), 733–741. <https://doi.org/10.1089/JMF.2013.2818>
- Monostori T, Kis K., Komarek L., Bartók A., Gombos Zs., Vojnich V., Jakab P., Bordé Á., Szarvas A. (2020): Mezőgazdasági és vidékfejlesztési kutatások a jövő szolgálatában. MTA SZAB Mezőgazdasági Szakbizottság, Szeged.177–182. o. AZ ÜLTETÉS ÉS BETAKARÍTÁS IDEJÉNEK HATÁSA A BATÁTA [*IPOMOEA BATATAS* (L.) LAM.] TERMÉSÉRE
- Monostori T., Jakab P., Marótiné T. K., Váraljai T., Váraljai L., (2015): A batáta termesztésének lehetőségei Magyarországon. In: A gazda szemétől a precíziós mezőgazdaságig-120 év a Dél-Alföld agráriumáért. Magyar Tudomány Ünnepe 2015.11.20 Hódmezővásárhely, 36-42
- Montefusco, A., Durante, M., Grassi, S., Piro, G., Dalessandro, G., & Lenucci, M. S. (2014). Assessment of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] for bioethanol production in southern Italy. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 148(6), 1117–1126. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.965799>
- 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>
- Nakavoua, A. H. W., Binaki, A. F., Ouenadio, E. S., Elenga, R. G., Verney, V., Nakavoua, A. H. W., Binaki, A. F., Ouenadio, E. S., Elenga, R. G., & Verney, V. (2022). Impact of Photonic Action on the Hygroscopy of Sweet Potato Starch-Based Bioplastics from Congo. *Open Journal of Applied Sciences*, 12(1), 42–50. <https://doi.org/10.4236/OJAPPS.2022.121004>
- Nascimento, S. M. C., Filho, A. B. C., da Silva, A. S. N., & Vargas, P. F. (2019). Carotene Yield in Sweet Potato After Potassium and Phosphorous Fertiliser Application. *Revista Caatinga*, 32(3), 851–857. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019V32N330RC>
- Ndah LS, Ojimelukwe PC (2018) Effect of Planting Space on Carotenoid Content and Carotenoid Profile of Two Orange Fleshed Sweet Potato Varieties. *J Plant Sci Crop Protec* 1(2): 206
- Nebiyu, A., Getachew, M., & Beyene, K. (2015). *Effect of Number of Nodes and Storage Duration of Vine Cuttings on Growth, Yield and Yield Components of Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) at Jimma, Southwest Ethiopia*. 5(22). www.iiste.org
- Nedunchezhiyan M, Byju G (2005) Effect of planting season on growth and yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties. *Journal of Root Crops* 31 (2): 111-114 (n.d)
- Nedunchezhiyan, M. (2009). *Effect of organic production of orange fleshed sweet potato (Ipomoea batatas L.) on root yield, quality and soil biological health*. <https://www.researchgate.net/publication/267838071>
- Nedunchezhiyan, M., Byju, G. and Jata, S.K. (2012a) *Sweet Potato Agronomy, Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. Global Science Books, 1-10. - References - Scientific Research Publishing.* (n.d.). Retrieved February 8, 2025, from <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1317273>
- Nedunchezhiyan, M., Byju, G., & Ray, R. C. (2012b). Effect of Tillage, Irrigation, and Nutrient Levels on Growth and Yield of Sweet Potato in Rice Fallow. *International Scholarly Research Notices*, 2012(1), 291285. <https://doi.org/10.5402/2012/291285>
- Nemeskéri, E., & Helyes, L. (2019). Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *Agronomy* 2019, Vol. 9, Page 447, 9(8), 447. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9080447>
- Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2024), Egységes Kérelem Területi Megoszlás -Jelentés-

- Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., Chiewchan, N., & Raghavan, V. (2020). Plant carotenoids evolution during cultivation, postharvest storage, and food processing: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1561–1604. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12564>
- Njualement DK, Leke WN, Yuh RN, Koi JT, Ngeh MN (2005) Status of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) production, research and utilization in Cameroon. In: *Concise Papers of the 2nd International Symposium on Sweet Potato and Cassava*, 14-17 June 2005, Kuala Lumpur, Malaysia, pp 141-142
- Okeowo, G. A., & Okeowo, T. (2024). Proceedings of the 36th FAMAN Conference 7th – 10th October, 2024, LASUSTECH Iko. *FAMAN PROCEEDINGS*. https://www.academia.edu/124845246/Proceedings_of_the_36th_FAMAN_Conference_7th_10th_October_2024_LASUSTECH_Iko
- Olivoto, T., & Lúcio, A. D. C. (2020). metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(6), 783–789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>
- Olson, J. A. (1989). Provitamin A Function of Carotenoids: The Conversion of β -Carotene into Vitamin A. *The Journal of Nutrition*, 119(1), 105–108. <https://doi.org/10.1093/JN/119.1.105>
- OMSZ-Hungaromet (2019): https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/
- OMSZ-Hungaromet (2020): <https://www.met.hu/rolunk/hirek/index.php?id=2791>
- Onwueme. I. C. (1999): The Tropical Tuber Crops, John Wiley and Sons Ltd, London. 43
- Oscos, L. P., Ramos, A. P. M., Pinheiro, M. M. F., Moriya, É. A. S., Imai, N. N., Estrabis, N., Ianczyk, F., de Araújo, F. F., Liesenberg, V., de Castro Jorge, L. A., Li, J., Ma, L., Gonçalves, W. N., Marcato, J., & Creste, J. E. (2020). A Machine Learning Framework to Predict Nutrient Content in Valencia-Orange Leaf Hyperspectral Measurements. *Remote Sensing 2020, Vol. 12, Page 906*, 12(6), 906. <https://doi.org/10.3390/RS12060906>
- Oti, E., & Aniedu, A. (2010). Potentials of sweetpotato (*Ipomoea Batatas*) for confectionaries: Implications for food security. *Journal of Agriculture and Social Research (JASR)*, 10(2). <https://doi.org/10.4314/JASR.V10I2.67541>
- Padda, M. S., & Picha, D. H. (2008). Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2), 176–180. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2007.06.014>
- Park, S. C., Kim, S. H., Park, S., Lee, H. U., Lee, J. S., Park, W. S., Ahn, M. J., Kim, Y. H., Jeong, J. C., Lee, H. S., & Kwak, S. S. (2015). Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing IbOr-Ins gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar. *Plant Physiology and Biochemistry*, 86, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.11.017>
- Park, S., Kim, H. S., Jung, Y. J., Kim, S. H., Ji, C. Y., Wang, Z., Jeong, J. C., Lee, H. S., Lee, S. Y., & Kwak, S. S. (2016). Orange protein has a role in phytoene synthase stabilization in sweetpotato. *Scientific Reports 2016 6:1*, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep33563>
- Pazos, J., Zema, P., Corbino, G. B., Gabilondo, J., Borioni, R., & Malec, L. S. (2022). Growing location and root maturity impact on the phenolic compounds, antioxidant activity and nutritional profile of different sweet potato genotypes. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 5, 100125. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHMS.2022.100125>
- Peng, J., Wang, K., Ma, C., Long, J., Tu, K., & Pan, L. (2021). Determination of anthocyanin and moisture content of purple sweet potatoes during drying process by their optical properties in the 400-1050 nm range. *Food Chemistry*, 359. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.129811>
- Pepó, P. (2018a). The effect of different planting methods on the yield and spad readings of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Columella*, 5(1), 7–12. <https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2018.5.1.7>
- Pepó, P. (2018b): Tenyésztési terület vizsgálatok batáta (*Ipomoea batatas* L.) fajtáknál Növénytermelés. 67. 1. 19-30. <https://novenytermeles.hu/pub/168/?lang=hu>

- 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>
- Phillips, S. B., Warren, J. G., & Mullins, G. L. (2005). Nitrogen Rate and Application Timing Affect Beauregard Sweetpotato Yield and Quality. *HortScience*, 40(1), 214–217. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.1.214>
- Picha, D. H. (1987). Carbohydrate Changes in Sweet Potatoes During Curing and Storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1), 89–92. <https://doi.org/10.21273/JASHS.112.1.89>
- Pszczółkowski, P., Sawicka, B., Skiba, D., Barbaś, P., & Noaema, A. H. (2023). The Use of Chlorophyll Fluorescence as an Indicator of Predicting Potato Yield, Its Dry Matter and Starch in the Conditions of Using Microbiological Preparations. *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 10764, 13(19), 10764. <https://doi.org/10.3390/APP131910764>
- Rahman, M. H., Alam Patwary, M. M., Barua, H., Hossain, M., & Nahar, S. (2013). Evaluation of Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Genotypes for Higher Yield and Quality. *The Agriculturists*, 11(2), 21–27. <https://doi.org/10.3329/AGRIC.V11I2.17483>
- Ramaekers, L., Remans, R., Rao, I. M., Blair, M. W., & Vanderleyden, J. (2010). Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. *Field Crops Research*, 117(2–3), 169–176. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2010.03.001>
- Ramírez, D. A., Yactayo, W., Gutiérrez, R., Mares, V., de Mendiburu, F., Posadas, A., & Quiroz, R. (2014). Chlorophyll concentration in leaves is an indicator of potato tuber yield in water-shortage conditions. *Scientia Horticulturae*, 168, 202–209. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2014.01.036>
- Ravi V., A. C. H. C. S. S. and G. Byju. (2011). (PDF) Ravi V., A. C. Hridya, C. S. Suchitra and G. Byju. 2011. Rapid method for determining total chlorophyll, chlorophyll a and b and carotene content in leaves of elephant foot yam using SPAD meter. *Journal of Root Crops*, 37(1) : 29-31. *Journal of Root Crops*, 37(1) : 29-31. https://www.researchgate.net/publication/328768896_Ravi_V_A_C_Hridya_C_S_Suchitra_and_G_Byju_2011_Rapid_method_for_determining_total_chlorophyll_chlorophyll_a_and_b_and_carotene_content_in_leaves_of_elephant_foot_yam_using_SPAD_meter_Journal_of_Root_C
- Ray, P. K., Mishra, S., Mishra, S. S., Ray, P. K., Mishra, S., & Mishra, S. S. (1983). Sweet-potato productivity as affected by recurrent use of vines as planting-material. *ScHor*, 20(4), 319–322. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(83\)90145-0](https://doi.org/10.1016/0304-4238(83)90145-0)
- Reddy, K. R., & Zhao, D. (n.d.). *Interactive effects of elevated CO₂ and potassium deficiency on photosynthesis, growth, and biomass partitioning of cotton*. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.004>
- Redovniković, I. R., Bogović, M., Belko, D., Delonga, K., Fabek, S., Novak, B., & Toth, N. (2012). Influence of potassium fertilisation on the levels of phenolic compounds in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87(1), 47–51. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512829>
- Rengel, Z., & Damon, P. M. (2008). Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 624–636. <https://doi.org/10.1111/J.1399-3054.2008.01079.X>
- Rodrigues, F. E., Fernandes, A. M., Oliveira, A. v., Vargas, P. F., Souza, E. F. C., Guedes, P. T. P., Figueiredo, R. T., & Guimarães, Í. T. (2024). Application of a Portable Chlorophyll Meter to Assess the Nitrogen Sufficiency Index and Nitrogen Requirements in Sweet Potatoes. *Agriculture* 2024, Vol. 14, Page 2167, 14(12), 2167. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE14122167>
- Rodriguez-Delfin, A., Posadas, A., Leon-Velarde, C., Mares Universidad, V., Agraria, N., Molina, L., & Quiroz, R. (2015). *Nutrient Uptake and Yields of Four Sweet Potato Cultivars Grown in Soilless Culture at Three N, P and K Different Levels*.

- Rolston, L. H., Clark, C. A., Cannon, J. M., Randle, W. M., Riley, E. G., Wilson, P. W., & Robbins, M. L. (1987). Beauregard' Sweet Potato. *HortScience*, 22(6), 1338–1339. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.22.6.1338>
- Römheld, V., & Kirkby, E. A. (2010). Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant and Soil*, 335(1), 155–180. <https://doi.org/10.1007/S11104-010-0520-1/METRICS>
- Ruangsuriya, N., & Sungthongwises, K. (2023). Growth and yield response of sweet potato (*Ipomoea batatas* var. *batatas*) under acid sandy soil, northeast of Thailand. *Agronomy Research*, 21(S3), 1541–1554. <https://doi.org/10.15159/AR.23.106>
- Saha, B. C., & Ueda, S. (1983). Alcoholic fermentation of raw sweet potato by a nonconventional method using *Endomycopsis fibuligera* glucoamylase preparation. *Biotechnology and Bioengineering*, 25(4), 1181–1186. <https://doi.org/10.1002/BIT.260250425>
- SAHA, U. K., HYE, M. A., HAIDER, J., & SAHA, R. R. (1997). Effect of Rice Straw Mulch on the Water Use and Tuber Yield of Potato Grown under Different Irrigation Schedules. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, 41(3), 168–176. <https://doi.org/10.11248/JSTA1957.41.168>
- Sapakhova, Z., Islam, K. R., Toishimanov, M., Zhapar, K., Daurov, D., Daurova, A., Raissova, N., Kanat, R., Shamekova, M., & Zhambakin, K. (2024). Mulching to improve sweet potato production. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101011. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2024.101011>
- Sapakhova, Z., Raissova, N., Daurov, D., Zhapar, K., Daurova, A., Zhigailov, A., Zhambakin, K., & Shamekova, M. (2023). Sweet Potato as a Key Crop for Food Security under the Conditions of Global Climate Change: A Review. *Plants* 2023, Vol. 12, Page 2516, 12(13), 2516. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12132516>
- Saqib, M., Khalid, M. F., Hussain, S., & Anjum, M. A. (2017). Effect of Water Stress and Planting System on Growth, Yield and Quality of Sweet Potato. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 16(6), 201–210. <https://doi.org/10.24326/asphc.2017.6.18>
- Sharmin, S., Arfin, M. N. H., Tareque, A. M. M. M. U., Kafi, A. al, Miah, M. S., Hossen, M. Z., Talukder, M. A. S., & Robin, A. H. K. (2024). Reduction of Potassium Supply Alters the Production and Quality Traits of *Ipomoea batatas* cv. BAU Sweetpotato-5 Tubers. *Stresses*, 4(4), 883–895. <https://doi.org/10.3390/STRESSES4040059/S1>
- Shimada, T., & Otani, M. (2007). Sweet Potato. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, 59, 337–353. https://doi.org/10.1007/978-3-540-36752-9_18
- Shrestha, S., & Miles, C. (2022). Plastic Mulch and In-row Spacing Effects on Sweetpotato Yield in Northwest Washington. *HortTechnology*, 32(2), 241–251. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04992-21>
- Shu, X., Jin, M., Wang, S., Xu, X., Deng, L., Zhang, Z., Zhao, X., Yu, J., Zhu, Y., Lu, G., & Lv, Z. (2024). The Effect of Nitrogen and Potassium Interaction on the Leaf Physiological Characteristics, Yield, and Quality of Sweet Potato. *Agronomy* 2024, Vol. 14, Page 2319, 14(10), 2319. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY14102319>
- Sihachakr, D., Haïcour, R., Cavalcante Alves, J. M., Umboh, I., Nzoghé, D., Servaes, A., & Ducreux, G. (1997). Plant regeneration in sweet potato (*Ipomoea batatas* L., Convolvulaceae). *Euphytica*, 96(1), 143–152. <https://doi.org/10.1023/A:1002997319342>
- Stintzing, F. C., & Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 15(1), 19–38. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2003.07.004>
- Stommel, J. R., Lightbourn, G. J., Winkel, B. S., & Griesbach, R. J. (2009). Transcription factor families regulate the anthocyanin biosynthetic pathway in capsicum annum. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(2), 244–251. <https://doi.org/10.21273/JASHS.134.2.244>
- Suda, I., Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., & Furuta, S. (2003). Physiological Functionality of Purple-Fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and Their Utilization in

- Foods. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 37(3), 167–173. <https://doi.org/10.6090/JARQ.37.167>
- Sulistiani, R., Rosmayati, Siregar, L. A. M., & Harahap, F. (2020). The Effects of Temperature and Potassium Fertilizer on the Growth, Yield, and Biochemical Parameters of *Ipomoea batatas* var. Antin-1. *Acta Agrobotanica*, 73(3). <https://doi.org/10.5586/aa.7337>
- 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
- Suzuki, T., Sakamoto, M., Kubo, H., Miyabe, Y., & Hiroshima, D. (2023). Effects of Solar Radiation on Leaf Development and Yield of Tuberous Roots in Multilayered Sweet Potato Cultivation. *Plants* 2023, Vol. 12, Page 287, 12(2), 287. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12020287>
- Szarvas, A., Szél, M., & Monostori, H.-T. (2019). The effect of plant density on the yield of sweet potato. *Acta Agraria Debreceniensis*, 1, 125–128. <https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/2383>
- Taduri, S., Bheemanahalli, R., Wijewardana, C., Lone, A. A., Meyers, S. L., Shankle, M., Gao, W., & Reddy, K. R. (2023). Sweetpotato cultivars responses to interactive effects of warming, drought, and elevated carbon dioxide. *Frontiers in Genetics*, 13, 1080125. <https://doi.org/10.3389/FGENE.2022.1080125/BIBTEX>
- Tahinjanahary, F. (2014) Contribution à la valorisation de la patate douce pour la production d'alcool. Mémoire de fin d'études d'ingénieur Chimie Appliquée. Antananarivo. 108 p.
- Tamás L., Fodor F., Nyitrai P., Oszvald M., Rudnóy Sz., Sárvári É., Solti Á., Szigeti Z., Tóth G., (2013) Növényélettani vizsgáló módszerek, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 27p.
- Tang HengPeng Tang HengPeng, Li LiJie Li LiJie, Yang ShouXiang Yang ShouXiang, Liu YunPing Liu YunPing, Liu Qian Liu Qian, Qian Xiao Gang Qian Xiao Gang.,(2016): Effects of different potassium fertilizer on growing development, yield and quality of sweet potato. Journal article: *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2016, Vol. 29, No. 5, 1150-1155 ref. 19
- Tang ZH, Zhang YG, Wei M, Chen XG, Shi XM, Zhang AJ, Li HM, Ding YF (2014) Screening and evaluation indicators for low potassium-tolerant and potassium efficient sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) varieties (lines). *Acta Agron Sin* (in Chinese) 40:542–549
- Tang, W., Zhang, Y. gang, Liu, Y. ju, Wang, X., Kou, M., Yan, H., Ma, D. fu, & Li, Q. (2018). Quantifying cultivation technique and growth dynamics of purple-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) in China. *Field Crops Research*, 227, 41–48. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2018.08.007>
- Tang, Z. H., Zhang, A. J., Wei, M., Chen, X. G., Liu, Z. H., Li, H. M., & Ding, Y. F. (2015). Physiological response to potassium deficiency in three sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) genotypes differing in potassium utilization efficiency. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(8), 1–10. <https://doi.org/10.1007/S11738-015-1901-0/METRICS>
- Teow, C. C., Truong, V. den, McFeeters, R. F., Thompson, R. L., Pecota, K. v., & Yencho, G. C. (2007). Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103(3), 829–838. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.09.033>
- Tshilongo, L., Mianda, S. M., Seke, F., Laurie, S. M., & Sivakumar, D. (2024). Influence of Harvesting Stages on Phytonutrients and Antioxidant Properties of Leaves of Five Purple-Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Genotypes. *Foods*, 13(11), 1640. <https://doi.org/10.3390/FOODS13111640/S1>
- Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, 91(1), 37–46. <https://doi.org/10.1007/S11120-006-9077-5/METRICS>

- Ukom, A. N., Ojmelukwe, P. C., & Alamu, E. O. (2011). All trans-cis β -carotene content of selected sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) varieties as influenced by different levels of nitrogen fertilizer application. *African Journal of Food Science*, 5(3), 131–137. <http://www.academicjournals.org/ajfs>
- Truong, V. D., R. Y. Avula K. V. Pecota, and G. C. Yencho (2018): Sweetpotato Production, Processing, and Nutritional Quality, Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, Volume II, Second Edition. Edited by Muhammad Siddiq and Mark A. Uebersax. 2018 John Wiley & Sons Ltd. Published 2018 by John Wiley & Sons Ltd. USDA
- Vance, C. P., Uhde-Stone, C., & Allan, D. L. (2003). Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*, 157(3), 423–447. <https://doi.org/10.1046/J.1469-8137.2003.00695.X>
- Varga Zs., (2022): A terepi távérzékelés és a roncsolásmentes növényvizsgálatok fejlesztési lehetőségei, PhD értekezés, Budapest
- Wang, H., Fan, W., Li, H., Yang, J., Huang, J., & Zhang, P. (2013). Functional Characterization of Dihydroflavonol-4-Reductase in Anthocyanin Biosynthesis of Purple Sweet Potato Underlies the Direct Evidence of Anthocyanins Function against Abiotic Stresses. *PLOS ONE*, 8(11), e78484. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0078484>
- Wang, J. dong, Wang, H., Zhang, Y., Zhou, J., & Chen, X. (2015a). Intraspecific variation in potassium uptake and utilization among sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. *Field Crops Research*, 170, 76–82. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2014.10.007>
- Wang, N., Hua, H., Egrinya Eneji, A., Li, Z., Duan, L., & Tian, X. (2012). Genotypic variations in photosynthetic and physiological adjustment to potassium deficiency in cotton (*Gossypium hirsutum*). *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 110, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOBIO.2012.02.002>
- Wang, S., Nie, S., & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*, 89, 90–116. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.08.032>
- Wang, X. G., Zhao, X. H., Jiang, C. J., Li, C. H., Cong, S., Wu, D., Chen, Y. Q., Yu, H. Q., & Wang, C. Y. (2015b). Effects of potassium deficiency on photosynthesis and photoprotection mechanisms in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Integrative Agriculture*, 14(5), 856–863. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60848-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60848-0)
- Xu, J., Su, X., Lim, S., Griffin, J., Carey, E., Katz, B., Tomich, J., Smith, J. S., & Wang, W. (2015). Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. *Food Chemistry*, 186, 90–96. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.08.123>
- 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
- Yaya, C., Xiaoli, D., Shasha, C., Lianjun, W., Jian, L., Xiaojie, J., Xinsun, Y., Wenying, Z., Yaya, C., Xiaoli, D., Shasha, C., Lianjun, W., Jian, L., Xiaojie, J., Xinsun, Y., & Wenying, Z. (2024). Effects of Interaction between Substrate and Fertilizer on Quality of Vegetable Sweet Potato. *Journal of Southwest University Natural Science Edition*, 46(5), 77–86. <https://doi.org/10.13718/J.CNKI.XDZK.2024.05.007>
- Yin, Y., Qiao, S., Kang, Z., Luo, F., Bian, Q., Cao, G., Zhao, G., Wu, Z., Yang, G., Wang, Y., & Yang, Y. (2024). Transcriptome and Metabolome Analyses Reflect the Molecular Mechanism of Drought Tolerance in Sweet Potato. <https://doi.org/10.3390/plants13030351>
- Yuan, J., Shi, K., Zhou, X., Wang, L., Xu, C., Zhang, H., Zhu, G., Si, C., Wang, J., & Zhang, Y. (2023). Interactive impact of potassium and arbuscular mycorrhizal fungi on the root morphology and nutrient uptake of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Frontiers in Microbiology*, 13, 1075957. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.1075957/BIBTEX>

- Zaharah A, Tan SL (2006) Performance of selected sweet potato varieties under different growing seasons on bris sandy soil in Malaysia. In: *14th Triennial Symposium of International Society of Tropical Root Crops*, 20-26 november 2006, Central Tuber Crops Research Institute, Thiruvananthapuram, India, pp 225-226
- Zhang, Z. F., Lu, J., Zheng, Y. L., Hu, B., Fan, S. H., Wu, D. M., Zheng, Z. H., Shan, Q., & Liu, C. M. (2010). Purple sweet potato color protects mouse liver against d-galactose-induced apoptosis via inhibiting caspase-3 activation and enhancing PI3K/Akt pathway. *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(8–9), 2500–2507. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2010.06.023>
- Zhang, Z., Cai, B., Guo, Y., Na, T., & Guo, Y. (2024). The Impact of Different Nitrogen Levels on the Tuber Yield and Anthocyanin Synthesis of Purple Potatoes. *Agriculture (Switzerland)*, 14(1), 125. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE14010125/S1>
- Zhao, C. L., Chen, Z. J., Bai, X. S., Ding, C., Long, T. J., Wei, F. G., & Miao, K. R. (2014). Structure-activity relationships of anthocyanidin glycosylation. *Molecular Diversity*, 18(3), 687–700. <https://doi.org/10.1007/S11030-014-9520-Z>
- Zheng, S.H.; Yamazaki, N.; Nakamoto, H.; Yoshikado, T.; Arima, S. Relationship between polyphenol content of tubers and cultivating conditions in sweet potato (*Ipomoea batatas*) Coast. *Bioenviron.-Saga Univ. (Jpn.)* 2008. ISSN: 1348-7175.
- Zongo, K. F., Coulibaly, A., Guebre, D., Naba, A., Nandkangre, H., Sanon, A., Hien, E., Zongo, K. F., Coulibaly, A., Guebre, D., Naba, A., Nandkangre, H., Sanon, A., & Hien, E. (2023). Effects of Agro-Ecological Practices on the Productivity of Orange-Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and Soil Fertility in the Sudano-Sahelian Zone of Burkina Faso. *Agricultural Sciences*, 14(12), 1624–1642. <https://doi.org/10.4236/AS.2023.1412105>
- Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 656–669. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2013.08.008>
- http1: <https://www.atlasbig.com/en-gb/countries-by-sweet-potato-production>
- http2: <https://www.freshplaza.com/north-america/article/9555097/we-re-producing-20-000-tons-of-sweet-potatoes-this-year/>
- http3: NC State University, Horticulture Science, Sweetpotato and Potato Breeding and Genetics Programs,2024 <https://potatoes.cals.ncsu.edu/sweetpotato/sweetpotato-varieties/>
- http4: LSU AgCenter, 2024, https://www.lsuagcenter.com/portals/our_offices/research_stations/sweetpotato/features/varieties/sweet-potato-variety-descriptions
- http5: <https://bivalyos.hu/fajtaink-batata-palanta-edesburgonya-dugvany/>
- http6: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/
- http7: <https://sensing.konicaminolta.eu/mi-en/products/colour-measurement/chlorophyll-meter/spad-502plus>

M2-Melléklet Kutatási módszertan, segédanyag

2019-2020 tenyészidőszak																		
Fajta	Művelési mód		Növényűrűség tő/ha		Növényfiziológiai mérések	Beltartalmi paraméterek												
			iker	szimpla														
Beauregard	bakhát	sík	35000	17500	SPAD	Fv/Fm	β-karotin	cis-β-karotin	ζ-karotin	teljes karotinoid								
Ásotthalmi-12	bakhát	sík	35000	17500	SPAD	Fv/Fm	β-karotin	cis-β-karotin	ζ-karotin	teljes karotinoid								
Purple	bakhát	sík	35000	17500	SPAD	Fv/Fm	teljes antocianin											
Murasaki-29	bakhát		35000	17500	SPAD	Fv/Fm												
2021-2022 tenyészidőszak																		
Fajta	Kódnév	Alaptrágyázás (Teljes kg ha−1)			Táppoldat (Teljes kg ha−1)			Növényfiziológiai mérések			Beltartalmi paraméterek							
		K2O	N	P2O5	K2O	MgSO4	SO3											
I. kísérlet																		
Beauregard	BP-I	100,6	35	48,1	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	β-karotin	cis-β-karotin	β-kriptoxantin	α-kriptoxantin	luteo-króm	cis-luteo-króm	β-karotin-epoxid	Mutatokróm
Beauregard	BL-I	100,6	35	48,1	669,4	29,4	55,1	SPAD	Fv/Fm	NDVI	β-karotin	cis-β-karotin	β-kriptoxantin	α-kriptoxantin	luteo-króm	cis-luteo-króm	β-karotin-epoxid	Mutatokróm
Beauregard	BC	0	0	0	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	β-karotin	cis-β-karotin	β-kriptoxantin	α-kriptoxantin	luteo-króm	cis-luteo-króm	β-karotin-epoxid	Mutatokróm
II. kísérlet																		
Beauregard	BP-II	221,4	73,3	105,9	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	β-karotin	cis-β-karotin	β-kriptoxantin	α-kriptoxantin	luteo-króm	cis-luteo-króm	β-karotin-epoxid	Mutatokróm
Beauregard	BL-II	221,4	73,3	105,9	669,4	29,4	55,1	SPAD	Fv/Fm	NDVI	β-karotin	cis-β-karotin	β-kriptoxantin	α-kriptoxantin	luteo-króm	cis-luteo-króm	β-karotin-epoxid	Mutatokróm
Beauregard	BC	0	0	0	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	β-karotin	cis-β-karotin	β-kriptoxantin	α-kriptoxantin	luteo-króm	cis-luteo-króm	β-karotin-epoxid	Mutatokróm
III. kísérlet																		
Purple	LP-I	100,6	35	48,1	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	teljes antocianin							
Purple	LL-I	100,6	35	48,1	669,4	29,4	55,1	SPAD	Fv/Fm	NDVI	teljes antocianin							
Purple	LC	0	0	0	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	teljes antocianin							
IV. kísérlet																		
Purple	LP-II	221,4	73,3	105,9	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	teljes antocianin							
Purple	LL-II	221,4	73,3	105,9	669,4	29,4	55,1	SPAD	Fv/Fm	NDVI	teljes antocianin							
Purple	LC	0	0	0	0	0	0	SPAD	Fv/Fm	NDVI	teljes antocianin							

M3-Melléklet ANOVA eredmények-Beauregard, Ásotthalmi-12, Purple

Beauregard
2019-2020

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 × Művelés	**	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	***	n.s.
Évjáráthatás × Sor	n.s.	**	***	**	n.s.	n.s.	n.s.	.
Művelés × Sor	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
Évjáráthatás × Művelés × 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 ($p \geq 0,1$)								

Ásotthalmi-12
2019-2020

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 × Művelés	n.s	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s	n.s	n.s.
Évjáráthatás × Sor	n.s	n.s.	n.s	n.s.	n.s.	n.s	*	***
Művelés × Sor	n.s	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s	n.s.	n.s
Évjáráthatás × Művelés × 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 ($p \geq 0,1$)

Purple 2019-2020

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 ($p \geq 0,1$)

9 Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni őszinte hálámat és köszönetemet mindazoknak, akik támogatásukkal, útmutatásukkal és biztatásukkal hozzájárultak e kutatási munka, értekezés elkészítéséhez.

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, **Prof. Dr. Helyes Lajosnak**, valamint konzulensemnek, **Dr. Takács Sándornak**, akik szakmai iránymutatásukkal, értékes tanácsaikkal és folyamatos támogatásukkal, türelmükkel segítették munkámat.

Kiemelt hálával tartozom **Prof. Dr. Hussein G. Daoodnak** és **Égei Mártonnak** az analitikai és labormunkák során nyújtott segítségükért, tudományos támogatásukért, amely segített a beltartalmi paraméterek vizsgálatában és hozzájárult a kutatásom eredményességéhez.

Kutatómunkám sikeréhez nagymértékben hozzájárult **Dr. Neményi András** és **Dr. Pék Zoltán** tanár urak közreműködése, melyet ezúton is hálásan köszönök.

Külön köszönet illeti **családomat** és **barátaimat**, akik végig mellettem álltak, türelmükkel, szeretetükkel és biztatásukkal segítettek átlendülni a kihívásokon.

Végül, de nem utolsósorban, hálás vagyok **munkatársaimnak** is a folyamatos támogatásért, bátorításért és inspirációért, amely sokat jelentett e hosszú és kitartást igénylő út során.

Köszönettel és tisztelettel,

Balázs Viktor