

**DEBRECENI EGYETEM**  
**KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA**

*Doktori Iskola Vezető*

**Prof. Dr. Holb Imre**, MTA doktora

*Témavezetők*

**Prof. Dr. Nagy János**, MTA doktora  
professor emeritus

**Dr. Micsinai Adrienn**, PhD  
ügyvezető

**Biológiai alapok értékelése, innovatív hasznosítása a precíziós csemegekukorica  
(*Zea mays convar. saccharata* Koern.) termesztésben**

*Készítette*

**Bakos Zsuzsanna Éva**  
doktorjelölt

**Debrecen**

**2025**

**Biológiai alapok értékelése, innovatív hasznosítása a precíziós csemegekukorica  
(*Zea mays convar. saccharata* Koern.) termesztésben**

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében, növénytermesztési és  
kertészeti tudományok tudományágában

Írta: **Bakos Zsuzsanna Éva**

okleveles biotechnológus

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája (Növénytermesztési és  
kertészeti tudományok doktori programja) keretében

**Témavezetők:**

Prof. Dr. Nagy János, MTA doktora

Dr. Micsinai Adrienn, PhD

**Az értekezés bírálói:**

név	tudományos fokozat	aláírás
.....	.....	.....
.....	.....	.....

**A bíráló bizottság:**

név	tudományos fokozat	aláírás
<b>elnök:</b> .....	.....	.....
<b>tag:</b> .....	.....	.....
<b>titkár:</b> .....	.....	.....

Az értekezés védésének időpontja:

# Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS.....	5
2.	IRODALMIÁTTEKINTÉS.....	7
2.1.	A csemegekukorica termesztés jelentősége.....	7
2.2.	A karotinoidok biológiai jelentősége.....	9
2.3.	A csemegekukorica típusai.....	12
2.4.	A csemegekukorica molekuláris markerei, referencia gének.....	14
2.5.	A csemegekukorica táplálkozás-élettani hatásai.....	15
2.6.	A csemegekukorica beltartalmi értékei.....	18
2.7.	A csemegekukorica precíziós termesztéstechnológiája.....	23
2.8.	Az arbuszkuláris mikorrhiza gombák szerepe, jelentősége.....	26
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	28
3.1.	A szántóföldi kísérlet helyszíne, körülményei.....	28
3.2.	Meteorológiai viszonyok.....	28
3.3.	Laboratóriumi módszerek.....	30
3.3.1.	Mintavétel, mintaelőkészítés.....	30
3.3.2.	RNS szintézis, cDNS szintézis.....	31
3.3.3.	Kvantitatív PCR.....	31
3.3.4.	Referencia gének értékelése, szekvenálás.....	31
3.3.5.	A karotinoid útvonal gének vizsgálata qPCR-rel.....	32
3.3.6.	Elem meghatározás laborvizsgálati módszerrel.....	33
3.4.	A kísérletben vizsgált hibridek.....	34
3.5.	A kísérlet termesztés technológiája, 2020, 2021,2022.....	35
3.6.	Statisztikai módszerek.....	36
3.7.	Mikorrhiza kolonizáció vizsgálat.....	37
4.	EREDMÉNYEK.....	38
4.1.	Csemegekukorica hibridek összehasonlító eredményei 2020-ban.....	38
4.2.	Csemegekukorica hibridek összehasonlító eredményei 2021-ben.....	40
4.3.	Csemegekukorica hibridek összehasonlító eredményei 2022-ben.....	43
4.4.	Normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek eredményeinek értékelése (2020, 2021, 2022.....	45
4.5.	Az évjárathatás értékelése.....	47
4.5.1.	A normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek eredményeinek összefüggése az évjáratokkal és a hibrid x évjárat kapcsolat értékelése.....	47
4.5.2.	Normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek összefoglaló statisztikai értékelése három évjáratban.....	62
4.6.	Csemegekukorica hibridek molekuláris biológiai markereinek értékelése.....	69
4.6.1.	Spektrofotometriai vizsgálatok eredményei.....	69
4.6.2.	Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése szekvenálással.....	70
4.6.3.	A karotinoid gének értékelése valós idejű PCR-rel.....	72
4.7.	Gyökérfestés és arbuszkuláris mikorrhiza kolonizáció intenzitásának értékelése.....	73
5.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	79
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	85

<b>7.</b>	<b>GYAKORLATBAN ALKALMATHATÓ EREDMÉNYEK.....</b>	<b>87</b>
<b>8.</b>	<b>ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>88</b>
<b>9.</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>94</b>
<b>10.</b>	<b>IRODALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>99</b>
<b>11.</b>	<b>PUBLIKÁCIÓSJEGYZÉK.....</b>	<b>109</b>
<b>12.</b>	<b>KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....</b>	<b>112</b>
<b>13.</b>	<b>NYITATKOZATOK.....</b>	<b>113</b>

## 1. BEVEZETÉS

A kukorica évezredek óta termesztett növény az amerikai kontinensen. A csemegekukorica a 4. számú kromoszómán bekövetkezett mutáció révén a domináns allél helyett recesszív allél tulajdonsága fejeződik ki. A magvakban található cukor keményítővé történő átalakulása nem megy végbe, részben gátolt. Ez azt eredményezi, hogy a csemegekukorica keményítőtartaloma alacsonyabb, míg cukor tartalma magasabb, így édesebb és zsendébb állagú (Daniel, 1978, Revilla et al. 2021). A csemegekukorica minőségét elsősorban a cukortartalom határozza meg, amely hibridenként nagy változatosságot mutat (Abadi és Sugiharto 2019).

A globális csemegekukorica termőterület nagyjából 1,6 millió hektár mintegy 20 millió tonna termeléssel és 13,029 tonna/ha az átlagos terméshozam (Anonymous, 2020). A kukorica a világ lakosságának ételmezésében betöltött kiemelt szerepe valamint a termelésének gyors növekedése miatt a világ egyik legfontosabb kultúrnövénye lett (Nagy 2021). A megfelelő hozam és terméshozam eléréséhez kiemelkedően fontos a termelési célokhoz és az adott ökológiai feltételekhez leginkább illeszkedő hibridek kiválasztása és elengedhetetlen a harmonikus tápanyagutánpótlás. A növekvő népesség megkerülhetlenné teszi a stabil, növekvő volumenű kukoricatermést. A csemegekukorica az egész világon széles körben fogyasztott gabona, termése bőségesen tartalmaz tápanyagokat (fehérjék, szénhidrátok, ásványi anyagokat), ételmi rostot valamint fitokemikáliákat, beleértve a karotinoidekat (Parra et al. 2007). A csemegekukorica, mint egészséges ételmezés kiemelt jelentőségű, az ételmezésiparban betöltött szerepe folyamatosan növekszik elsősorban beltartalmi értéke miatt (Swapna et al. 2020).

A csemegekukoricát legnagyobb területen, a Tiszántúlon termesztik, ezen belül is Hajdú-Bihar vármegyében. A fontosabb zöldségnövényekkel ellentétben termőterülete napjainkban sem csökkent, 30,000 - 35,000 hektár. legjelentősebb termelője az USA, az Európai Unió, valamint Thaiföld. Magyarország csemegekukorica termesztése nemzetközi viszonylatban is az élmezőnybe tartozik. Az Európai Unió legnagyobb csemegekukorica-termesztő országa vagyunk megelőzve Franciaországot. A hazai termelés kiemelkedő részét a konzervgyárak, kisebb részét a hűtőipar hasznosítja, azonban évről évre növekszik a frissárúként való fogyasztása is. A csemegekukorica exportjában Magyarország második helyen áll világviszonylatban, az USA után. Hazánkban az egyik legnagyobb tömegben feldolgozott ételmezésipari nyersanyaggá

vált. A csemegekukorica iránt egyre növekvő a kereslet, az éves termés 500,000 tonna, melynek 90-95%-ka exportra kerül. A termelői költségek minimalizálása és a kiváló minőségű csemegekukorica biztosítása céljából a termesztés alapját a precíz tervezés és termesztés biztosítja, melyhez optimális alapot nyújt a különböző csemegekukorica hibridek tenyésztésének ismerete. Magyarországon elsősorban ausztrál és amerikai hibrideket termesztnek. A sikeres terméshozam elérése érdekében a nemesítő cégek a tenyészidő hosszát napokban vagy hőegységre lebontva mellékelik.

A Kerpely Kálmán Doktori Iskola kutatási programjához kapcsolódva célul tűztük ki, hogy

- A szántóföldi csemegekukorica kísérletekben meghatározzuk az eltérő évjáratok (2020,2021,2022) hatásait a nyerstermésre és a beltartalmi értékekre.
- A kutatás során az évente rendelkezésre álló víz (csapadékvíz+öntözővíz) mennyiségek és a hasznos hőösszegek alapján hatékonysági paraméterek megállapítását.
- Értékelni kívánjuk statisztikai elemzésekkel, a vizsgált években és azok átlagában, a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek termés és terméselem eredményeit.
- Megvizsgáljuk és értékeljük a nyers szemtermés ásványi anyag, lutein és xanthofil tartalmait, az egészséges táplálkozás szempontjait figyelembe véve.
- Meghatározzuk az élelmiszeripari feldolgozás szempontjaiból fontos szem, csutka és csuhé arányokat.
- Kutatásaink során célunk a csemegekukorica hibridek lutein bioszintézis molekuláris biológiai markereinek nyomonkövetése, célzott génexpressziós vizsgálatokkal, a növények generatív fázisában.
- A vizsgálat célja volt az is, hogy a különböző csemegekukorica hibridek között van-e eltérés az arbuskuláris mikorrhiza kolonizációban.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A csemegekukorica termesztés jelentősége

A kukorica a világ egyik legtermékenyebb és legdominánsabb növénye, számos előnnyel rendelkezik. A csemegekukorica magas rosttartalma az egyik legfontosabb táplálkozási előnye. Az élelmi rostok, mint ismert, jótékony hatással vannak egészségünkre. Segíti az emésztést, csökkentheti a szívbetegségek, a stroke, a 2-es típusú cukorbetegség és a bélrák kockázatát. A csemegekukorica más zöldségekhez viszonyítva sok energiát tartalmaz. Táplálkozási értékét jelentős fehérje- és szénhidrát-tartalma adja, 100 g nyers szem átlagosan 9,2 mg C-vitamint; 0,19 mg B<sub>1</sub>-vitamint; 0,12 mg B<sub>2</sub>-vitamint és 64 mg B<sub>3</sub> - vitamint tartalmaz (Bajtay, 1979). Vitamin tartalmából a 10-15 perces főzés során viszonylag keveset veszít (Daniel, 1978). Felhasználhatók különféle kukoricaalapú emberi élelmiszerek előállítására beleértve a kukoricadara vagy massa őrését, kukoricaolajba préselését, valamint alkoholos italokká, például bourbon whiskyvé történő fermentálást és desztillációt, valamint felhasználható vegyi alapanyagként is.

A csemegekukorica tápértéke jelentős, kitűnő ízanyagai mellett táplálkozás-élettani jelentőségét magas fehérje- és szénhidrát-, illetve vitamintartalma adja. Fontos szerepe van az idegrendszer és az anyagcsere megfelelő működésében, a bőr védelmében valamint a csontok, fogak és vérerek egészségének megőrzésében. A csemegekukorica az antioxidánsok és más fitokemikáliák, például a melatonin és triptofán gazdag forrása. A melatonin fokozza az agyból származó neurotróf faktor génexpresszióját, ami az idegsejtek működését javítja és öregedésgátló hatása van az agysejtekre (Chumpiya et al. 2016). Antioxidáns hatását a karotinoid-tartalmának köszönhetően (0-20 µg/100 g) fejt ki, melynek meghatározó szerepe van a daganatos betegségek valamint a szív- és koszorúér betegségek megelőzésében (Kuhnen és társai, 2012). Élettani hatásuk elsősorban fokozott antioxidáns hatásuknak köszönhető. Egyes karotinoidok provitaminként funkcionálnak a szervezetünk számára.

A karotinoidok elengedhetetlenek a növények élettani folyamataiban és potenciális antioxidánsként működnek a növényi stressz során. A növények fotoszintetikus folyamatai során segítik a fényenergia elnyelését és antioxidáns hatások révén kiemelkedő szerepük van a szabad gyökök deaktiválásában (Stahl és Sies 2003). A csemegekukorica a karotinoidok fontos forrása (Kuhnen et al. 2012).

Das és Singh (2016) csemegekukorica antioxidáns tartalmát vizsgálva, rámutattak, hogy a csemegekukorica kiemelten magas antioxidáns tartalommal rendelkező növény. Song és társai (2016) összehasonlították csemegekukoricában a karotinoidok összetételét és eredményeik szerint a különféle csemegekukorica hibridekben a karotinoidok mennyisége nagymértékű változatosságot mutat.

A táplálkozásunkban kiemelt szerepet töltenek be a növényi karotinoidok, számos korrall összefüggésbe hozható betegség megelőzésében segíthetnek (Mares 2016). Gyulladáscsökkentő és immunrendszerre gyakorolt jótékony hatásukat (Bendich 1989) valamint daganatellenes tulajdonságukat (Fraser et al. 2004) számos tanulmány alátámasztja. Az emberi szervezetben biztosítják az A-vitamin prekursorait (Gurmu et al. 2014). Klinikai vizsgálatok alátámasztják, hogy a karotinoidok fogyasztása csökkenti a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát (Langi et al. 2018). Ennek eredményeként a flavonoidoktól kezdve természetesen magas antioxidáns tartalmú csemegekukorica genotípusok kifejlesztése fontos feladat a nemesítők számára. A kukoricában az antocianinok kulcsfontosságú antioxidáns források, csökkentik számos krónikus betegség kialakulásának a kockázatát (Kim et al. 2019).

Jelenleg mintegy 650 különböző karotinoidot ismerünk. Szervezetünk számára 50 féle előnyös, amelyek közül kiemelkedőek egyes xantofillok pl. a zeaxanthin és a lutein valamint a  $\beta$ -karotin (Santos és társai, 2014). A kukoricában található sokféle bioaktív anyag közül érdemes kiemelni a luteint és a zeaxantint, amelyek a szem „vitaminjának” is tekinthetőek mivel az időskori makuladegeneráció (AMD) és a szürkehályog előfordulásának csökkentésével is összefüggésbe hozzák (El-Sayed et al. 2013). Egyre növekvő az érdeklődés a csemegekukoricaszemek beltartalmának a növelésére (Becerra et al. 2020).

A speciális kukorica alapú funkcionális élelmiszerek diverzifikációja még erősen korlátozott. A jövőben várhatóan ez lesz a funkcionális élelmiszerek fontos alkotóeleme, hogy javítsa a különleges imázsát mint kiváló élelmiszer-anyag. Éppen ezért sok kutatás folyik ezen anyagok étrend-kiegészítőként történő felhasználásával kapcsolatban, akár funkcionális élelmiszereknek is tekinthetők (Aqil et al. 2020).

## 2.2. Karotinoidok biológiai jelentősége

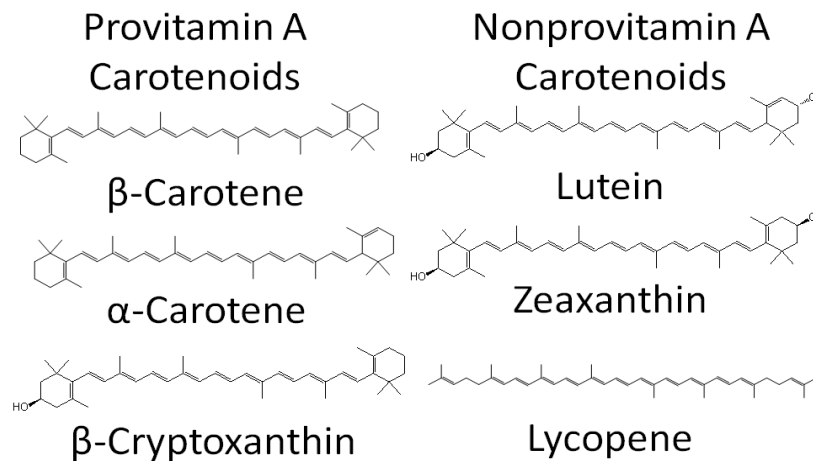
A karotinoidok sárga, narancssárga, piros és lila színű hidrofób tetraterpenoidok a természetben legszélesebb körben elterjedt pigmentek, melyek leginkább a fotoszintetikus szervezetek plasztidjaiban szintetizálódnak, mint baktériumok, gombák, algák és növények valamint a kromoplasztokban is. Fotoszintetikus baktériumok, gombák, algák és növények de novo képesek karotinoidokat szintetizálni ezzel ellentétben az állatok és az ember a karotinoidok előállítására nem képesek, így a fontos izoprenoidokat csak táplálkozás során tudjuk bevinni a szervezetünkbe (Alós et al. 2016).

A karotinoidok másodlagos anyagcsere folyamatok során szintetizált pigmentek legnagyobb csoportja, több mint 600 szerkezet jellemzi. Ezen bioaktív vegyületek az izoprenoid pigmentek komplex osztályába tartoznak (Fiedor et al. 2014). Ezek olyan zsírban oldódó antioxidánsok, amelyeket a növények a szabad gyökök károsító hatásaitól való védelem érdekében termelnek (Messias et al. 2014). Ezek a természetben előforduló zsírban oldódó pigmentek egyik legelterjedtebb típusai. Általában sárga-narancssárga gyümölcsökben található meg és nélkülözhetetlen szerepük van a fotoszintézisben és a fényvédelemben (Maiani et al. 2009). A legtöbb karotinoid nyolc izoprén egységből áll és 40 szénatomos vázból épül fel.

A karotinoidokat kategorizálhatjuk, mint A-vitamin aktivitással rendelkező A-pro-vitamin-karotinoidok és A-pro-vitamin aktivitástó eltérő bioaktivitású karotinoidok (Namitha et al. 2010) (1.ábra). Az A-pro-vitamin karotinoidok: az  $\alpha$ -,  $\beta$ -kriptoxantin és az  $\alpha$ -,  $\beta$ -karotin jól dokumentált a kukoricában (Berardo et al., 2004). Az A-pro-vitamin karotinoidok táplálkozás során átalakulnak retinollá, ami kiemelten fontos a látás szempontjából (Nagao et al. 1996).

A karotinoidokat két csoportra oszthatók: karotinok és xantofilok. A nem A-pro-vitamin karotinoidok, mint a lutein és a zeaxantin a kukoricában található fő karotinoidok, az összes karotinoid több mint 70%-a a xantofilok közé sorolható (Kean et al. 2008). Karotinok, például  $\alpha$ -karotin,  $\beta$ -karotin,  $\beta,\psi$ -karotin ( $\gamma$ -karotin) és a likopin szénhidrogének. A természetben körülbelül 50 féle karotin található. A xantofilok, mint például a  $\beta$ -kriptoxantin, lutein, zeaxantin, asztaxantin, fukoxantin és peridinin olyan karotinoidok, amelyek oxigénatomokat tartalmaznak.

Egyes xantofilok zsírsavként vannak jelen észterek, glikozidok, szulfátok és fehérjekomplex formában. A xantofilok szerkezete jelentős változatosságot mutat. 2018-ig megközelítőleg 850 természetben előforduló karotinoidot ismerünk.



1.ábra. A 6 fő karotinoid szerkezete és osztályozása  
(Kansas State University Human Nutrition Flexbook Chapter 12.)

A karotinoidok a fotoszintetikus folyamatban nélkülözhetetlen pigmentek a klorofillel együtt. A karotinoidok fényvédőként, antioxidánsként, színvonzóként és a növényi hormonok a növények nem fotoszintetikus szerveiben. Az állatok nem képesek de novo karotinoidokat szintetizálni, így azok is, amelyeket találtak állatokban vagy közvetlenül a táplálékból halmozódnak fel, vagy részben metabolikus reakciók révén módosulnak. Az állati karotinoidok szerkezeti sokszínűséget mutatnak. Az állatokban található karotinoidok fontos szerepet játszanak, mint az A-vitamin prekursorai, fényvédők, antioxidánsok, az immunitás fokozói (Maoka 2011).

A karotinoidok létfontosságúak a különböző növényi folyamatokban, és antioxidánsokként működnek a növényi stressz során. A növényi stressz bármilyen olyan külső tényezőként leírható, ami negatívan befolyásolja a növények fejlődését, produktivitását, szaporodási képességét és túlélését. A környezeti változások folyamatos hatással vannak a növényekre és a karotinoidok, mint kapocs jelentik az egyik kémiai határfelületet a környezet és a növények között. Preventív hatásuk összefügg kémiai szerkezetükkel: a többségében negyven szénatomos, hosszú szénláncú, számos kettőskötést tartalmazó molekulák delokalizált elektronrendszere jól gerjeszthető, az UV-

fény elnyelésével megvédik a növényi membránokat, fehérjéket a károsodástól. Ezen kívül a fotoszintézisben is fontos szerepet játszanak. A hatékonyabb fényelnyelést segítik elő és a klorofill molekulákat védik a gerjesztett állapotban bekövetkező fénykárosodástól (Vass 2000; Mora-Gutierrez et al.; 2018; Yi et al. 2016). A növények képesek védekező reakciókat generálni az oxidatív stressz ellen, a nem enzimatisz antioxidánsok aktiválása révén, többek között a karotinoidok szintézisét a levelekben (Uarotta et al. 2018), amelyek a második védelmi vonalat képviselik a ROS (reaktív oxigén intermedierek) ellen.

A karotinoidok a nem fotoszintetikus szervekben is jelen vannak, mint a gyümölcsök, madvak, maghéj, gyökerek és virágok. Ezekben a nem fotoszintetikus szervekben mutatják a legnagyobb szerkezeti sokféleséget és másodlagos anyagcsere útján jönnek létre olyan reakciók révén mint például oxidáció, izomerizáció és poliénláncok hasadása (Britton et al. 2008). A nem fotoszintetikus szervekben található karotinoidok fényvédőként, antioxidánsként, színvonzóként és növényi hormonok előanyagaiként működnek. Különböző típusú bioaktív karotinoidok a kukoricában vannak jelen a legnagyobb mennyiségben más világszerte fogyasztott gabonafélékkel szemben (Kandlakunta et al. 2008, Kean et al. 2007).

A növényi karotinoidok kiemelt szerepet töltenek be táplálkozásunkban a számottevő oldható rost segít csökkenteni a koleszterinszintet. Kutatások bizonyítják, hogy a kukorica főzése növeli a fitokemikáliák és az antioxidánsok szintjét. A karotinoidok több emberi szervben is megtalálhatók, mint pl a bőr, a máj, a mellékvese, a petefészkek, a tüdő, a herék, a prosztatata, és vérszérum, eloszlásuk azonban szerv specifikusságot mutat. A karotinoidok az emberi eritrocitákban is felhalmozódnak (Nishino et al. 2015). Emberben a lutein a szemben és az agyban található karotinoidok több mint felét teszi ki, ahol védelmet nyújt fénykárosodás, oxidatív stressz és gyulladások ellen (Niu et al. 2020). A likopin a prosztatában halmozódik fel. A lutein és a zeaxantin észterezett formában megtalálható a bőrben és a bőr alatti szubkután szövetekben, ahol UV-védelemben van kiemelkedő szerepe (Wingerath et al. 1998). Xantofillok, például  $\beta$ -kriptoxantin, lutein, a zeaxantin megtalálható az agyban (Craft et al. 2004). A karotinoidokon belül a xantofillok (zeaxantin és lutein) felhalmozódnak a szem retina makulájában, és csökkentheti az időskori makuladegeneráció valamint a szürkehályog kialakulásának kockázatát (Snodderly, 1995). A szürkehályog a szemlencse elhomályosodása, amely

elzárja a fény áthaladását, ami gyakran látásromláshoz és akár vaksághoz is vezet (Lin et al. 2005; Goula et al. 2017, Perry et al. 2009).

Az életkorral összefüggő makuladegeneráció (AMD) a vezető oka a visszafordíthatatlan látásvesztésnek 65 év felettiéknél (Friedman et al. 2004). A szem kifejezetten veszélyeztetett az oxidatív károsodásoktól, mivel a hosszú távú fényexpozíció szabadgyök-képződést gerjeszti és ez a folyamat a lencse és a sárgafolt regenerációra képtelen sejtjeinek krónikus, visszafordíthatatlan károsodásához vezethet. A retina magas többszörösen telítetlen zsírsavtartalma miatt fokozottan érzékeny az oxidatív stresszre, a szemlencsében pedig a fehérjék károsítása fokozza szürkehályog kialakulásának kockázatát.

Számos vizsgálat kimutatta, hogy az étrendi karotinoidok csökkentik egyes rákbetegségek kockázatát és egyéb súlyos állapotokat az immunrendszer stimulálása révén valamint jótékony hatással van az emberi bőr egészségére (Britton et al. 2009; Xue et al. 2015). A karotinoidokban gazdag ételek rendszeres fogyasztása csökkenti a nem fertőző betegségek kockázatát (Namitha et al. 2010). Különbőféle karotinoidokról, például az  $\alpha$ -karotintról, a  $\beta$ -karotintról a likopinről, a luteinről, a zeaxantinről, a  $\beta$ -kriptoxantinről, a fukoxantinről, a kantaxantinről és az asztaxantinről bebizonyosodott, hogy számos szövetben anti-karcinogén hatást fejtenek ki (Tanaka et al. 2012). A gyümölcsök és zöldségek a legfontosabbak karotinoidok forrása az emberi étrendben. Számos kutató beszámol, hogy a karotinoidok minőségi és mennyiségi tartalma különböző a gyümölcsökben és zöldségekben (Mangels et al. 1993).

Sommerburg et al. (1998) vizsgálataik során különféle termékek karotinoid tartalmát hasonlították össze és a legnagyobb mennyiségben luteint és zeaxantint találtak a tojássárgájában (54 mol% lutein és 35 mol% zeaxantin), kukoricában (60 mol% lutein és 25 mol% zeaxantint). Kukoricában találták a legmagasabb lutein tartalmat az összes zöldség között.

### **2.3. A csemegekukorica típusai**

A csemegekukorica a hat fő kukoricafajtának egyike, a többi a gabonakukorica, a kovakő kukorica, a hüvelyes kukorica, a pattogatott kukorica és a liszt-kukorica. A csemegekukorica fajtákat kategorizálhatjuk tenyészidő, a kukoricaszemek színe és cukortartalom szerint is. Tenyészidő alapján igen korai, korai, középkorai, középerésű, középkésői és késői csoportokat különböztetünk meg. A csemegekukorica fajták szemei

lehetnek sárgák (sötétebb, illetve világosabb) és fehérek, de láthatunk időnként kék, lila és vörös árnyalatú fajtákat is. Az érésidők évről évre és helyenként változnak az időjárástól, főleg a hőmérséklettől függően. A cukortartalmat tekintve, megjelentek újabban az édes csemegekukoricánál édesebb, úgy nevezett “nugát” fajták. Ennél a fajtatípusnál a cukor keményítővé történő átalakulása részben megy végbe, ezért ezek a kukoricák édesebbek és jobban tárolhatók. A “szuperédes” fajták még ennél is ízletesebbek, magas cukortartalommal.

#### Normálédes csemegekukorica (su1)

A normálédes fajtákat sok éve termesztik. Ezek a fajták a hagyományos csemegekukorica ízzel és állaggal rendelkeznek. A csemegekukorica 4. kromoszómáján egy monogénes recesszív változás történik a keményítőszemcsék képződése során. A cukorszint betakarításkor általában 10-15 % között van. A szokásos csemegekukorica-fajták nem tárolhatók jól, mivel a cukrok a betakarítás után gyorsan keményítővé alakulnak. Friss fogyasztása és ipari feldolgozása is jelentős.

#### Nugát (emelt cukortartalmú) csemegekukorica (su1se)

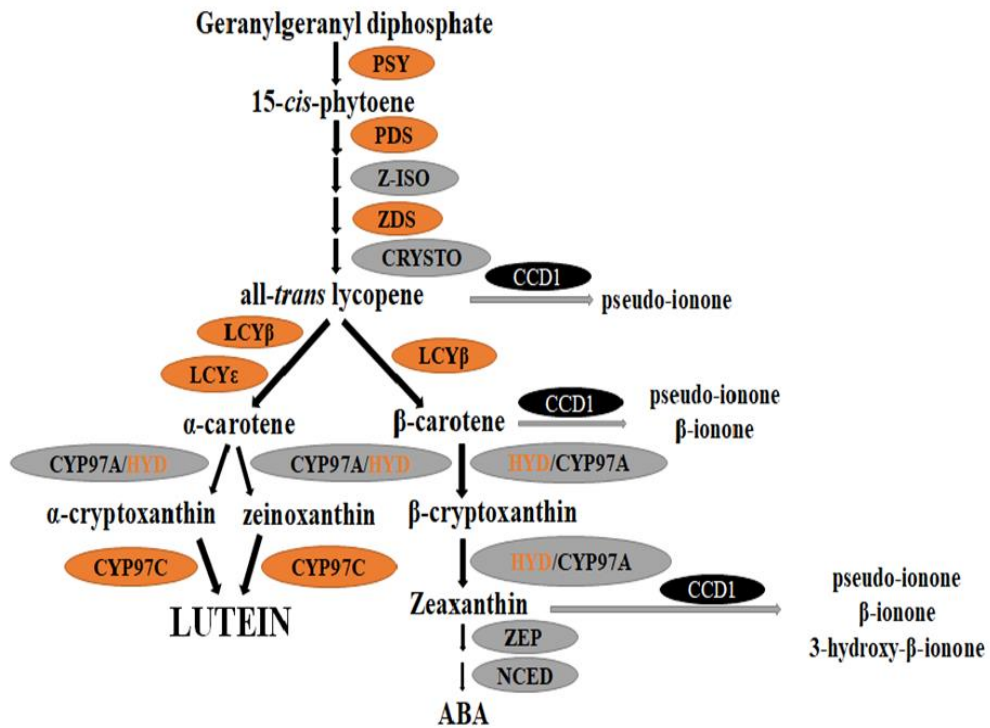
Az su1 génben kialakult mikro mutáció következtében alakult ki. Ezen mutáció eredménye az emelkedett maltóztartalom. A maltóz kevésbé édes, mint a cukróz, viszont növeli a csemegekukorica redukált cukortartalmát és az eltarthatóságuk is 1-2 nappal hosszabb, minőség romlás nélkül 4 napig eltartható. Íze édes, lágyan krémes, cukortartalma 15-32 % között van. Friss vagy ipari fogyasztásra alkalmazzák attól függően, hogy heterozigóta vagy homozigóta formában van jelen. Nem hőkezelhető.

#### Szuperédes csemegekukorica (sh2)

A csemegekukorica harmadik génjén bekövetkezett mutáció következtében jöttek létre. A mutáció eredményeként emelkedett a szacharóz tartalom. Ezek a fajták nagyon magas cukorszinttel rendelkeznek, és lassan alakítják át a cukrot keményítővé, ami hosszabb betakarítási időszakot és akár 10 napig tartó eltarthatóságot tesz lehetővé hűtve. Redukáló cukortartalma 20-40 % között van. A mag kevésbé krémes a maghéja meglehetősen vastag, kevésbé zsenge így a kukorica szilárdabb, ropogós textúrát ad. Friss fogyasztásra vagy konzervipari célokra alkalmazható.

## 2.4. A csemegekukorica molekuláris markerei, referencia gének

A karotinoidok bioszintézise rendkívül összetett, több lépcsős és szabályozást tekintve részben feltárt folyamat (Messias et al. 2014) (2.ábra). A karotenogenezis első és egyben meghatározó lépése a fitoén-szintáz (PSY) enzim katalizálta reakció, amikor két geranylgeranyl-pirofoszfát (GGPP) molekula kondenzációjából fitoén jön létre (Uarotta et al. 2018), ezért a fitoén-szintáz az első elkötelezett lépés a karotinoidok felé a növényi anyagcserében. Ezt követően egy sor reakció követi egymást ennek az útvonalnak a likopin ciklizálása a döntő lépése, ezen a ponton válik ketté az útvonal. A béta- vagy alfa karotin előállítását a likopin  $\epsilon$ - és  $\beta$ -ciklázsal (LCYE, LCYB) enzimek katalizálják. Legvégül a zeaxantint a  $\beta$ -karotin-hidroxilázok (BCH1) míg a lutein az  $\epsilon$ -karotin-hidroxilázok és a CYP97C együttesen katalizálják (He et al. 2019).



2.ábra. Karotinoid bioszintetikus útvonal

(Bakos és társai 2022)

## 2.5. A csemegekukorica táplálkozás-élettani hatásai

A főtt kukorica nemcsak ízletes, hanem rendkívül tápláló is, ezért érdemes beépíteni az étrendünkbe. A csemegekukoricának kimagasló a tápértéke, kiváló ízanyagai mellett, sok energiát is ad. 100 g csemegekukoricában 3-4 g fehérje, 20 g szénhidrát, 8-12 mg C-vitamin található, de karotint, vasat, foszfort és meszet is tartalmaz. A csemegekukorica ízét a benne található cukortartalom határozza meg, amely zsenge, ún. tejes-érési állapotában a legmagasabb. Érettebb állapotában alacsonyabb a cukortartalma, keményebb és kevésbé élvezhető. A főtt csemegekukorica jelentős mennyiségű vitamint és ásványi anyagot tartalmaz. Különösen fontosak a benne található B-vitaminok, amelyek az idegrendszer megfelelő működéséhez járulnak hozzá. A magas magnézium- és káliumtartalom pedig a szív- és érrendszer egészségéhez elengedhetetlen.

A csemegekukorica oldható és oldhatatlan rostokban gazdag, amelyek elősegítik az emésztést és hosszú távon hozzájárulnak a teltségérzet fenntartásához. Az oldható rostok lebomlanak és gélt képeznek a belekben és szerepet játszanak a koleszterin szabályozásában. A kukorica oldhatatlan rostja prebiotikumként is működik, táplálja és támogatja az egészséges bélbaktériumok növekedését. Az élelmi rost fontos makrotápanyag, amelyről kimutatták, hogy számos egészségügyi előnyt biztosít, beleértve a gyomor-bélrendszer (GI) működését és mozgékonyágát, növeli a bélmikrobióta életképességét és sokféleségét, javítja a vastagbél, a szív- és érrendszeri és az anyagcsere egészségét, valamint az immunrendszer egészségét (Venter et al. 2022, Reynold et al. 2019; Barber et al. 2020). Az élelmi rostok mind gyermekeknél, mind felnőtteknél támogathatják a normál GI-működést és a vércukorszint fenntartását, csökkentve a szív- és érrendszeri megbetegségek és a II-es típusú diabétesz jövőbeli kockázatát (Anderson et al. 2009).

Az étrend az egyik legfontosabb külső tényező, amely a bélmikrobióma összetételét és metabolikus tevékenységét alakítja. A bél mikrobióma döntő szerepet játszik a gazdaszervezet egészségében, beleértve az immunrendszer fejlődését, a tápanyag-anyagcserét és a bioaktív molekulák szintézisét. Ezenkívül a bél mikrobiomát számos mentális rendellenesség kialakulásában kritikus fontosságúnak írták le.

A táplálkozási pszichiátria egy olyan feltörekvő kutatási terület, amely kapcsolatot teremthet az étrend, a mikrobiális működés és az agy egészsége között (Alejandro et al. 2024). Az elmúlt években egyre több kutatás irányult a táplálkozási minták, a

bélmikrobióta összetétele és ezeknek a mentális egészségre gyakorolt együttes hatása közötti kölcsönhatásra (Taylor et al. 2019).

Az étrend befolyásolhatja a gazdaszervezet anyagcseréjét és immunrendszerét, és így módosíthatja a mikrobiom alakját különböző anyagokon keresztül, mint például az indol-származékok, az A- és D-vitaminok, valamint a többszörösen telítetlen zsírsavak (Luthold et al. 2017). A bél mikrobiom-agy hálózata három elemet köt össze: az agyat, a beleket és a mikrobiomot. Az étrend különböző összetevői különböző kommunikációs csatornákon keresztül befolyásolják az agyat, a bélrendszert és a bél mikrobiómát (Hibberd et al. 2017).

A bél mikrobióma közbenső metabolitjai (pl. rövid szénláncú zsírsavak és triptofán-katabolitok), citokinek és neurotranszmitterek részt vehetnek a különböző agyi funkciókban (O'Mahony et al. 2015; Sandhu et al. 2017; Cryan et al. 2019). Így a bél mikrobióma is kulcsszerepet játszik számos neuropszichiátriai rendellenesség kialakulásában (Cryan és Dinan 2015; Lach et al. 2018; Cryan et al. 2020; Borrego-Ruiz és Borrego 2024).

A kukorica antioxidánsokat is tartalmaz, amelyek segítenek a sejtkárosodás elleni védelemben. A csemegekukorica kiváló lutein- és zeaxantinforrás, amelyek a kukorica sárga színét is adják. A lutein és a zeaxantin rendkívüli jelentőséggel bír a szem egészsége szempontjából. A két anyag a retinában rakódik le, különösen annak a közepén, a makulának nevezett részen, amely elnyeli a kék fényt, megvédve a szem sejtjeit a károsodástól. A luteinben és zeaxantinban gazdag étrend ezáltal csökkenti a makuladegeneráció kockázatát, amely az életkor előrehaladtával maradandó látásvesztést okozhat. A csemegekukorica felhasználható főzve köretnek vagy más zöldségekkel együtt savanyúságnak; saláták szintén kedvelt kiegészítője, de mélyhűtve tartósíthatjuk is. Az üzletekben kapható fagyasztott csemegekukorica termékek egyre népszerűbbek, korszerű érzékszervi vizsgálatok eredményei állnak rendelkezésre (Sipos és társai 2017). Beérett állapotban őrölve, lisztként, vagy daraként a kukoricás ételek alapanyaga.

A vitaminok és ásványi anyagok felnőttek számára ajánlott napi beviteli referencia értéke (NRV), a lakosság tápláltsági állapotának felmérésére, a fogyasztók kielégítő informálására szolgálnak (1.táblázat). Az NRV érték a felnőttek számára ajánlott napi beviteli referencia érték, mellyel az élelmiszerek, étrend-kiegészítők jelölésén is találkozhatunk. Százalékos adat jelzi, hogy a készítmény 100 grammja vagy

meghatározott adagja az adott vitamin vagy ásványi anyag a napi beviteli referencia értéknek hány százalékát fedezi.

A vitaminok és ásványi anyagok mennyiségét illetően a szabályozás meglehetősen rugalmas, azonban a napi ajánlott bevitt sokszorosán meghaladó vitamin/ásványi anyag tartalmú készítmények hosszú távon történő, rendszeres fogyasztása szükségtelen. Az egyéb, élettani vagy táplálkozási szempontból fontos anyagokra (pl. zsírsavak, aminosavak, taurin, L-karnitin, növényi komponensek, kivonatok és természetes antioxidánsok stb.) vonatkozó EU szintű szabályozás jelenleg még nem harmonizált.

1.táblázat. *Felnőttek számára ajánlott napi vitamin és ásványi anyag beviteli referencia értékek (NRV) a 1169/2011/EU rendelet XIII. melléklete alapján, 2024*

Tápanyag, mértékegység	Mennyiség	Tápanyag, mértékegység	Mennyiség
<b>Vitaminok</b>		<b>Ásványi anyagok</b>	
A-vitamin, µg	800	Kálium, mg	2000
D-vitamin, µg	5	Klorid, mg	800
E-vitamin, mg	12	Kalcium, mg	800
K-vitamin, µg	75	Foszfor, mg	700
C-vitamin, mg	80	Magnézium, mg	375
Tiamin, mg	1,1	Vas, mg	14
Riboflavin, mg	1,4	Cink, mg	10
Niacin, mg	16	Réz, mg	1
B6-vitamin, mg	1,4	Mangán, mg	2
Folsav, µg	200	Fluor, mg	3,5
B12-vitamin, µg	2,5	Szelén, µg	55
Biotin, µg	50	Króm, µg	40
Pantoténsav, mg	6	Molibdén, µg	50
		Jód, µg	150

Forrás: [ogyei.gov.hu](http://ogyei.gov.hu) (2024), saját szerkesztés

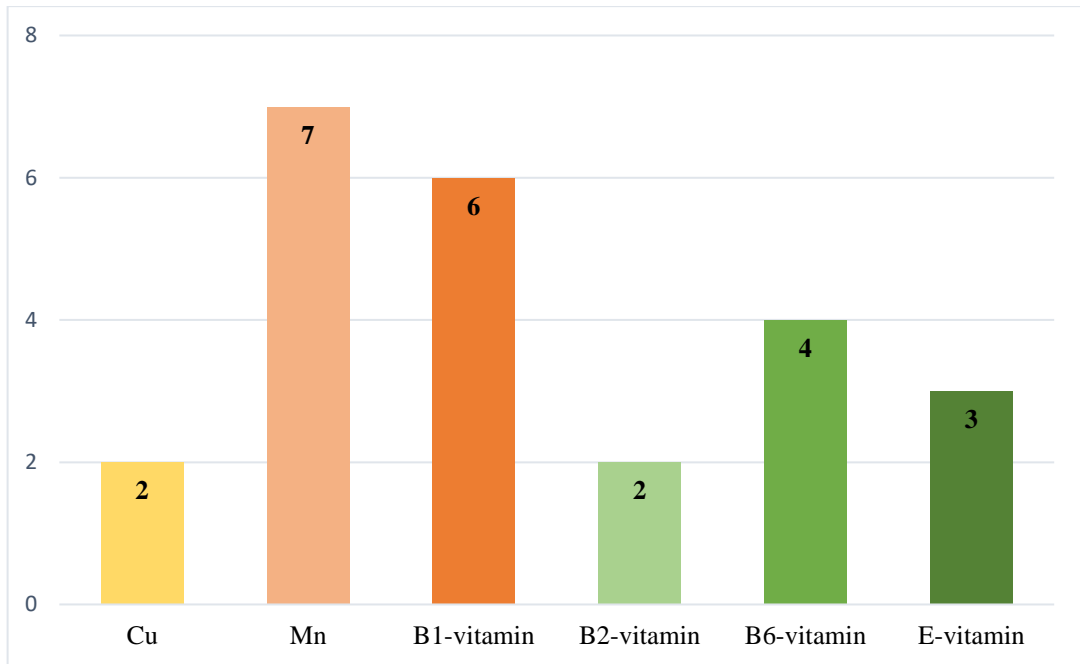
## 2.6. A csemegekukorica beltartalmi értékei

A Webbeteg (2024) rendszeresen követi a legfontosabb zöldségek és gyümölcsök, táplálkozás szempontjából fontos, beltartalmi értékeit. Az értékek 100 g friss főtt csemegekukoricára vonatkoznak: szénhidrát 18,7 g; cukortartalom 6,26g; fehérje 3,27g; zsír 1,35 g; rost 2 g. Jelentősek az ásványianyag tartalmak: kálium (K) 270 mg; foszfor (P) 89 mg; magnézium (Mg) 37 mg; nátrium (Na) 15 mg; kalcium (Ca) 2 mg; vas (Fe) 0,52 mg; cink (Zn) 0,46mg; mangán (Mn) 0,163mg. A fontos vitamin tartalmat mg-ban adja meg: C-vitamin 6,8; Niacin 1,77; Pantoténsav 0,717; B1-vitamin 0,155; E-vitamin 0,07; B6-vitamin 0,093. Legfontosabb a B8-vitamin tartalom: 23 mg/100g. A xantofillokat és a K-vitamint mikrogrammban fejezték ki: Lutein-zeaxantin 644, Béta-kriptoxantin 115, Béta-karotin 47, Alfa-karotin 16 és a K-vitamin 0,3 mikrogramm (2.táblázat). A főtt csemegekukorica többszörösen telítetlen zsírsav tartalma 0,487 g, egyszeresen telítetlen zsírsav 0,432 g, telített zsírsav 0,325 g. Az egészséges táplálkozáshoz jó információkat nyújt a nemzetközi egység (NE) és a retinol aktivitás egyenérték (RAE). Az A-vitamin 187 NE-nek és 9 RAE-nek felel meg (3-5.ábra).

2.táblázat. Tápanyagtartalom a főtt friss csemegekukoricában (100g) és szárazanyag tartalmában (1kg), 2024

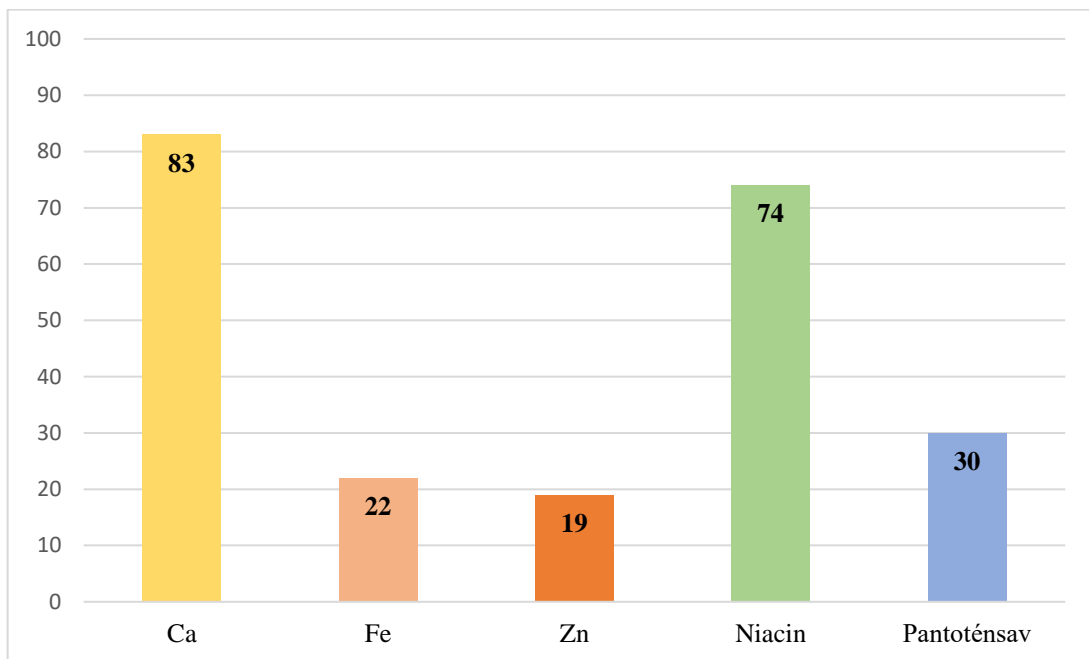
Tápanyag	Főtt csemegekukorica (100g)	1 kg szárazanyagban
Víz tartalom (g)	76,05	-
Energia (kcal)	86	3586
Fehérje (g)	3,27	136
Zsír (g)	1,35	56
Szénhidrát (g)	18,7	780
Rost (g)	2	83
Cukortartalom (g)	6,26	261
Kalcium (mg)	2	83
Vas (mg)	0,52	22
Magnézium (mg)	37	1543
Foszfor (mg)	89	3711
Kálium (mg)	270	11259
Nátrium (mg)	15	626
Cink (mg)	0,46	19
Réz (mg)	0,054	2
Mangán (mg)	0,163	7
Szelén (µg)	0,6	25
C-vitamin (mg)	6,8	284
B1-vitamin (mg)	0,155	6
B2-vitamin (mg)	0,055	2
Niacin (mg)	1,77	74
Pantoténsav (mg)	0,717	30
B6 vitamin (mg)	0,093	4
Folát (µg)	42	1751
B8-vitamin (mg)	23	959
A-vitamin (NE)	187	7798
A-vitamin (RAE)	9	375
Alfa-karotin (µg)	16	667
Béta-karotin (µg)	47	1960
Béta-kriptoxantin (µg)	115	4796
Lutein-zeaxantin (µg)	644	26855
E-vitamin (mg)	0,07	3
K-vitamin (µg)	0,3	13
Telített zsírsav (g)	0,325	14
Egyszeresen telített zsírsav (g)	0,432	18
Többszörösen telített zsírsav (g)	0,487	20

Forrás: WEBbeteg, Saját szerkesztés, Élelmiszerek, tápanyagtartalom, csemegekukorica, 2024



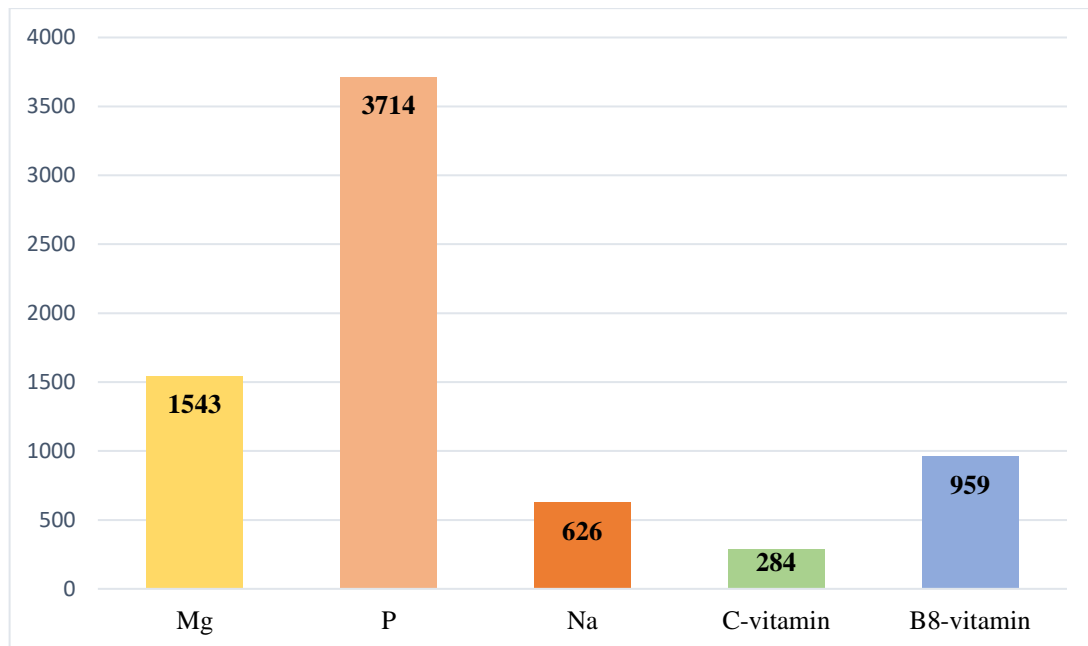
3.ábra. A főtt csemegekukorica Cu, Mn, és a B1 B2, B6, E-vitamin tartalma, mg/kg, Debrecen, 2024

(Webbeteg 2024, saját szerkesztés)



4.ábra. A főtt csemegekukorica Ca, Fe, Zn, Niacin és a Pantoténsav tartalma mg/kg, Debrecen 2024

(Webbeteg 2024, saját szerkesztés)



5.ábra. A főtt csemegekukorica Mg, P, Na, C-vitamin és B8-vitamin tartalma, mg/kg, Debrecen, 2024

(Webbeteg 2024, saját szerkesztés)

A csemegekukorica más zöldségekkel összehasonlítva sok energiát tartalmaz. A csemegekukoricát friss, fagyasztott és konzerv piacra is természetnek. Táplálkozásra, friss szemes állapotban és szemes konzervként is alkalmas. Táplálkozási jelentőségét szénhidrát- és fehérjetartalma adja. A csemegekukoricának a kiemelkedő tápértéke mellett, kitűnő az íze és sok energiát is szolgáltat. 100 g kukorica konzerv átlagosan 81 kalóriát 2,7 g fehérjét, 15 g szénhidrátot, valamint 3,3 g rostot tartalmaz. Magyarországon számos gyártó által előállított csemegekukorica konzerv található a piacon. A Magyarországon kapható csemegekukorica konzervek között kiemeltet azokat a termékeket melyek kiemelkedően magas értékeket mutatnak (3.táblázat).

A különböző csemegekukoricafajták betakarítás utáni minőségi változásának kulcstényezője a cukor, az íz és az állag változása. Vizsgálatunk során kiderült, hogy a hibridek közötti minőségromlás eltéréséhez elsősorban a keményítő- és szacharózananyagcserével, sejtfalbontással, ligninszintézissel, növényi hormonokkal, flavonoid bioszintézissel, valamint a növény-kórokozó kölcsönhatásban részt vevő gének és metabolitok járulnak hozzá (Shaoqing et al., 2024). A csemegekukorica betakarítás után érzékeny a minőségromlásra, beleértve az édesség- és ízvesztést, ami negatívan befolyásolja az érzékszervi és táplálkozási tulajdonságokat (Wang et al., 2019).

A csemegekukorica minősége Xie et al. (2016) szerint magasabb hőmérsékleten tárolva gyorsan változik, károsodnak az oldható cukrok, csökken a fehérjetartalom és a C-vitamin tartalom. Calvo-Brenes et al. (2019) vizsgálati eredményei szerint a csemegekukorica karotinoid tartalma gyorsan változik a tárolási hőmérséklet függvényében. A csemegekukorica tárolására a legoptimálisabb hőmérséklet a 4 °C.

3.táblázat. Átlagos tápérték- és energiatartalom 100 g termékben (töltő tömeg)

	Átlagos tápérték- és energiatartalom 100g termékben (töltő tömeg)					
	>500 KJ	>2 g	>20 g/5,0 g	>3 g	>3 g	Só
	Energia	Zsír (amelyből telített zsírsavak)	Szénhidrát (amelyből cukor)	Rost	Fehérje	Só
Aro csemegekukorica	427 kJ (102 kcal)	0,9 g / 0,2 g	19,0 g / <b>5,5 g</b>	*	2,7 g	0,60 g
Auchan Tipp csemegekukorica	<b>507 kJ</b> (120 kcal)	1,2 g / 0,2 g	<b>23,0 g / 6,0 g</b>	*	2,7 g	0,50 g
Bonduelle Gold csemegekukorica	334 kJ (80 kcal)	1,9 g / 0,5 g	10,8 g / <b>5,2 g</b>	<b>3,8 g</b>	2,9 g	0,40 g
Bonduelle csemegekukorica	471 kJ (112 kcal)	1,3 g / 0,2 g	<b>20,5 g</b> / 2,9 g	2,9 g	3,0 g	0,39 g
CBA Morzsolt csemegekukorica	500 kJ (118 kcal)	1,3 g / 0,1 g	<b>22,0 g</b> / 3,5 g	<b>3,3 g</b>	3,0 g	0,53 g
Coop csemegekukorica	220 kJ (50 kcal)	1,6 g / 0,3 g	11,0 g / 3,2 g	*	2,0 g	1,87 g
Dawtona csemegekukorica	<b>533 kJ</b> (126 kcal)	1,2 g / 0,2 g	<b>24,0 g</b> / 2,2 g	*	2,9 g	0,68 g
Deko szuperédes csemegekukorica	322 kJ (77 kcal)	1,8 g / 0,4 g	11,0 g / 5,0 g	2,8 g	2,7 g	0,00 g
EKO csemegekukorica	427 kJ (101 kcal)	0,9 g / 0,2 g	19,0 g / 4,8 g	*	2,7 g	0,60 g
Fine Life szuperédes csemegekukorica	283 kJ (67 kcal)	0,6 g / 0,2 g	10,4 g / <b>8,8 g</b>	*	2,7 g	0,70 g
Freshona csemegekukorica (LIDL)	352 kJ (83 kcal)	1,0 g / 0,2 g	14,6 g / 4,2 g	2,6 g	2,7 g	0,28 g
Globetti csemegekukorica	220 kJ (50 kcal)	0,0 g / 0,0 g	11,0 g / 1,2 g	*	2,0 g	1,20 g
Globus Gold csemegekukorica	373 kJ (89 kcal)	<b>2,4 g</b> / 0,5 g	12,0 g / 4,9 g	<b>3,8 g</b>	2,9 g	0,43 g
Globus Kids szuperédes csemegekukorica	373 kJ (89 kcal)	<b>2,4 g</b> / 0,5 g	12,0 g / 4,9 g	<b>3,8 g</b>	2,9 g	0,43 g
Glogus csemegekukorica	500 kJ (118 kcal)	1,3 g / 0,1 g	<b>22,0 g</b> / 3,5 g	<b>3,3 g</b>	3,0 g	0,53 g
Globus bio szuperédes csemegekukorica	373 kJ (89 kcal)	<b>2,4 g</b> / 0,5 g	12,0 g / 4,9 g	<b>3,8 g</b>	2,9 g	0,43 g
Globus Vital csemegekukorica	322 kJ (77 kcal)	1,8 g / 0,4 g	11,0 g / 5,0 g	2,8 g	2,7 g	0,00 g
Happy-Frucht csemegekukorica	285 kJ (67 kcal)	1,2 g / 0,2 g	12,6 g / <b>8,7 g</b>	*	1,6 g	0,60 g
King's Crown szuperédes csemege (ALDI)	380 kJ (90 kcal)	1,2 g / 0,2 g	16,0 g / 4,8 g	*	2,8 g	0,48 g
König morzsolt csemegekukorica	220 kJ (50 kcal)	1,8 g / 0,5 g	11,0 g / <b>5,2 g</b>	*	2,0 g	0,45 g
Metro Cher csemegekukorica	373 kJ (89 kcal)	<b>2,4 g</b> / 0,5 g	12,0 g / 4,9 g	*	2,9 g	0,43 g
Mr Cibus csemegekukorica	500 kJ (118 kcal)	1,3 g / 0,1 g	22,0 g / 3,5 g	3,3 g	3,0 g	0,53 g
Natur farm szuperédes csemegekukorica	289 kJ (69 kcal)	0,6 g / 0,2 g	11,0 g / <b>5,5 g</b>	3,2 g	<b>3,2 g</b>	0,40 g
Rege szuperédes csemegekukorica	358 kJ (85 kcal)	2,1 g / 0,5 g	12,4 g / 5,0 g	*	2,7 g	0,30 g
Rege Bio szuperédes csemegekukorica	482 kJ (114 kcal)	1,4 g / 0,0 g	<b>20,6 g / 7,5 g</b>	*	<b>4,1 g</b>	0,80 g
Spar csemegekukorica	443 kJ (105 kcal)	1,2 g / 0,2 g	19,0 g / 3,5 g	<b>3,7 g</b>	2,7 g	0,50 g
Spar szuperédes csemegekukorica	299 kJ (71 kcal)	1,2 g / 0,3 g	11,0 g / <b>7,0 g</b>	<b>3,1 g</b>	2,5 g	0,50 g
Spar Bio szuperédes csemegekukorica	299 kJ (71 kcal)	1,2 g / 0,3 g	11,0 g / 3,1 g	<b>3,1 g</b>	2,5 g	0,30 g
S Budget csemegekukorica	443 kJ (105 kcal)	1,2 g / 0,2 g	19,0 g / 3,5 g	<b>3,7 g</b>	2,7 g	0,50 g
Tesco csemegekukorica	289 kJ (69 kcal)	0,6 g / 0,2 g	11,0 g / <b>5,5 g</b>	<b>3,2 g</b>	<b>3,2 g</b>	0,30 g
Vilgain csemegekukorica BIO	335 kJ (80 kcal)	2,0 g / 0,5 g	11,7 g / <b>6,9 g</b>	2,9 g	2,3 g	0,34 g
<b>ÁTLAG</b>	<b>372 kJ (80,94 kcal)</b>	Zsír: <b>1,4 g</b> ; Telített zsírsav: <b>0,3 g</b>	Szénhidrát: <b>15,0 g</b> ; Cukor: <b>4,7 g</b>	<b>3,3 g</b>	<b>2,7g</b>	<b>0,52 g</b>
<b>MINIMUM</b>	<b>220 kJ (50 kcal)</b>	Zsír: <b>0,6 g</b> ; Telített zsírsav: <b>0,1 g</b>	Szénhidrát: <b>10,4 g</b> ; Cukor: <b>1,2 g</b>	<b>2,6 g</b>	<b>1,6 g</b>	<b>0,30 g</b>
<b>MAXIMUM</b>	<b>533 kJ (126 kcal)</b>	Zsír: <b>2,4 g</b> ; Telített zsírsav: <b>0,5 g</b>	Szénhidrát: <b>24,0 g</b> ; Cukor: <b>8,8 g</b>	<b>3,8 g</b>	<b>4,1 g</b>	<b>1,87 g</b>

\* nincs adat

Forrás: internet (2024), saját szerkesztés

Az energia tartalmakat vizsgálva megállapítottuk, hogy átlagon felüli értékeket két csemegekukorica termék mutat, a Dawtona csemegekukorica 533 kJ energiát tartalmaz 100 g termékre vetítve. Zsír, valamint rost tartalomban 2,4 g illetve 3,8 g-os értékeivel kiemelkednek a Globus termékek. Valamennyi termék fehérje tartalma kedvező (1,6 g - 4,1 g), ellenben a szénhidrát és cukor tartalomban jelentős a szórás, 23 g szénhidrát tartalommal a Dawtona csemegekukorica vezet, míg cukor tartalmat figyelembe véve a Fine Life (8,8 g) szuperédes csemegekukorica áll az élen.

## **2.7. A csemegekukorica precíziós termesztéstechnológiája**

Magyarországon a csemegekukorica az egyik legfontosabb szántóföldi zöldség növény (Pereczes 1999, Hodossi 2004). Éves termés mennyisége (500 ezer tonna) jelentős, évenkénti ingadozással. Az aszály 2019-ben és 2022-ben jelentős termés kiesést okozott. A csemegekukorica termesztés technológia megválasztása nagy szakmai tudást, fegyelmet igényel. A csemegekukorica vetőmag ellátása jó, a vetőmagok minősége megfelelő (Hadi 1993). Az utóbbi években az államilag elismert csemegekukorica hibridek száma növekedett: 2021-ben 49, 2025-ben 71 volt (NEBIH, 2021, 2024). Ugyanakkor a csemegekukorica termelők, elsősorban a feldolgozó üzemekkel és az integrátorokkal együttműködésben, mindössze 12-14 hibridet használnak. Jelenleg és a jövőben még inkább a csemegekukorica termesztés precíziós - technológiát igényel (Orosz 2009). A termelés teljesen gépesített, korszerű öntözéses technológiát megvalósítva. Magyarországon a csemegekukorica a legnagyobb területen termesztett zöldségféle (32-40%). A precíziós csemegekukorica termesztéstechnológia, amennyiben a víz- és a tápanyag ellátás biztosított, lehetővé teszi a feldolgozó ipar igényeinek megfelelően a folyamatos alapanyagellátást (Nemeskéri és társai 2017). A betakarítás, szállítás és a folyamatos alapanyag biztosítás legfontosabb feltétele a vetés szakaszolása és a vetés idők pontos tervezése és precíz kivitelezése (Gutiérrez 2020, Jones 2020, Garcia 2021/c, Anderson 2023, Tracy 2023). A szakszerű vízellátáshoz, a precíziós öntözéshez, a termésbiztonság növeléséhez szükség van a talajnedvesség monitorozására, mérésére (Allen és társai 2020, Smith 2020, Sharma 2021, Miller 2023). A sikeres csemegekukorica termesztés megalapozása a talajműveléssel kezdődik, figyelembe véve a termesztett növény igényeit és a talaj műveléskori állapotát (Garcia 2021/b, Tracy 2021). A termesztett csemegekukorica hibridek megválasztásánál is nagyon fontos a

termőhely és a helyi klimatikus paraméterek ismerete (Jones 2019, Garcia 2021/a, Thomson 2022, Miller 2023). Új kutatási eredmények bizonyítják, hogy a csemegekukorica precíziós termesztéstechnológiája az egyik legfejlettebb integrált termelési rendszer. A technológia képes megfelelni az érzékeny, igényes csemegekukorica növényállomány igényeinek, különös tekintettel a virágzás idején és a teljes generatív szakaszban, a betakarításig (Hernandez 2022/a). A jó minőségű termés eléréséhez szükség van a folyamatos klíma kontrollra, az adatok felvételezésére és azok értékelésére (Hernandez 2022/b, Smith 2022).

A termelők és a feldolgozók elemi, közös érdeke a pontos, korszerű, magas szintű termelés technológia megvalósítása, a vetéstől a betakarításig (Hadi 2003, Bene és társai 2014). A talajelőkészítéshez, magágykészítéshez automata kormányzással ellátott erőgépeket és szenzorokkal ellátott eszközöket használnak. A csemegekukorica precíziós termesztésénél fontos a fogások szélessége, ez lehetővé teszi a különböző munkaszélességek pontos csatlakozásait, befolyásolva a munka termelékenységét és jó munkagép kapcsolatokat tesz lehetővé. A precíziós csemegekukorica termesztésben fontos az egymásra épülő munkaműveletek precíz összehangolása. Ha ősszel a talajművelést 76 cm szélességben hasítókéssel végezzük, akkor tavasszal a helymeghatározó rendszer és az automata kormányzás lehetővé teszi, hogy a vetést pontosan a rések nyomában végezzük.

Fontos, hogy az egyes technológiai elemeknél ugyan azokat a koordináta értékeket használjuk (Nagy 2021). A vetés minősége és a vetés egyöntetűsége az évjáratok hatásaitól is jelentősen függenek (Bene és Sárvári, 2017). Nagyon fontos a hibridek kiválasztása és a hibridek adaptációja. A termesztéstechnológia hatékonysága függ az egyes elemek interakciójától (Pepó 2019). Berzsenyi (1988) számszerűen is kimutatta, hogy jelentős a kölcsönhatás a vetésidő, a N műtrágyázás és termés eredmények között. A precíziós csemegekukorica termesztés szinte teljesen öntözéssel gazdálkodásban valósul meg. Dong és társai (2019) kimutatták, hogy a tápanyag x öntözés hatások meghatározzák a termesztés eredményességét. Hazánkban az intenzív, precíziós csemegekukorica termesztés kockázatát csökkenti, hogy 70-80%-ban öntözhető területen termesztik. Az öntözött technológiában nagyon fontos a tápanyagellátottság optimális szintje, a termés mennyisége szempontjából különösen a N-ellátottság nagyon fontos (Raja 2001, Salardini et al. 1992, Sanchez 1989). Grazia és társai (2003) kutatásaikban kimutatták, hogy a csemegekukorica árú jó minősége szempontjából fontos a kálium, a

foszfor és nitrogén tápanyagellátás optimalizálása, jó minőségű talajon a növényállomány növekedése, fejlődése is kedvezőbb (Russel 1973). A harmonikus tápanyag ellátás biztosítja a feldolgozott csemegekukorica minőségét, kedvező fehérje és ásványi anyag tartalmát (Taber és Cox, 1983, Stone és társai 1998). Aboul El- Yazied (2007) kutatási eredményei bizonyítják a N és a Ca levéltrágyázás hatékonyságát a csemegekukorica termesztésben.

A termés elemek és a termés mennyiségek kedvező összefüggést mutatnak a precíziós öntözéses csemegekukorica termesztésben (Nagy és társai, 2023). Martonfy (1979) részletesen kimutatta a fő és másodvetésű termesztések lehetőségeit és a feltételeit.

Anor (2018) szerint a csemegekukorica a legigényesebb szántóföldi növények közé tartozik. Nagyon fontos a csemegekukorica hőösszeg igényének ismerete a legfontosabb fenofázisokban, különösen a betakarítás idejének a meghatározásában (Orosz 2016). Amennyiben lehetőség van a növényápolásra kultivátorral akkor a precíziós géphasználat kiemelt jelentőségű. A kultivátorozáshoz is ugyanazokat a koordináta értékeket használjuk, mint a megelőző termesztéstechnológiai elemeknél. Ez lehetővé teszi a pontos sor - sorköz művelést.

A fejtrágyázás is kiváló hatékonysággal végezhető, ilyenkor lehetőség van a precíz növényvédelemre. A jövőben a tápanyagpótlásban egyre nagyobb területen lesz lehetőség figyelembe venni a talajheterogenitást. A növényvédelem a fertőzöttség függvényében végezhető. A csemegekukorica termesztésben az egyik nagy kihívás a gyengébb talajfoltok tápanyagellátottságának biztosítása. A táblán belül lehetnek olyan talajfoltok, amelyek igénylik az eszközök szakaszos működtetését, különösen a fejtrágyázás hatékonyságának növelésében.

A precíziós csemegekukorica termesztést nagymértékben segíti az RTK 2-2,5 cm pontosságú helymeghatározása. Ez lehetővé teszi a munkagépek vezérlését. A jövő a lézeres és videokamerákkal felszerelt munkagépek használata, amelyek egy új generációs fejlesztést és gyakorlatot jelentenek. A képfeldolgozó rendszerek megmutatják azokat a pontokat, foltokat, pl.: gyomnövények, ahol szükséges a munkagépet bekapcsolni.

A pontos tápanyag kijuttatás egyszerre jelenthet megtakarítást és hozzájárulhat a terméseredmények növeléséhez is. Fontos a precíziós betakarítás is. A produkció mérést érdemes nedvességméréssel is kiegészíteni. Az adatok alapján hozam térkép készíthető, amely felhasználható a következő évi agrotechnikai termesztéshez. A betakarított

csemegekukorica termés azonnali feldolgozást igényel. A betakarítás idejének ütemezéséhez ismerni kell a termesztett csemegekukorica hibridek hőösszeg igényét (Orosz 2006, Nagy és társai 2023). A betakarított termés nem tárolható.

A csemegekukorica termesztésben és feldolgozásban elengedhetetlen az integráció, ez jelentős előnyökkel és kötöttségekkel jár. A felvásárlók meghatározzák a betakarítás és egyben a szállítás ütemét. A szerződés kötés legfontosabb feltétele az öntözés lehetőségének biztosítása, öntözés nélkül a kockázat többszörös lehet. Meg kell állapodni a csemegekukorica hibridek vetési arányáról, a szakaszos vetésidőkről és a betakarítás menetéről (Temesvári és Borbély 2005). A termelő igyekszik a termés stabilitását figyelembe venni (Mousavi és társai 2024). Fontos tényezők az üzemi agrometeorológiai paraméterek (Nagy és társai 2021). Demeter és társai (2021) szerint a precíziós csemegekukorica termesztésben magas beltartalmi értékekkel rendelkező alapanyagok állíthatók elő. A fogyasztók érdekében a zöldségek minőségét élelmiszervizsgálatokkal ellenőrzik (Székely és társai 2015). Az utóbbi időben a termelők és a feldolgozók is jobban figyelemmel kísérik a friss és feldolgozott csemegekukorica beltartalmi értékeit (Bakos és társai 2021, Demeter 2022, Mousavi és társai 2024). Demeter és társai (2020) újszerű vizsgálatokat végeztek a normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek beltartalmi értékeinek összehasonlító elemzésével.

## **2.8. Az arbuszkuláris mikorrhiza gombák szerepe, jelentősége**

Az arbuszkuláris mikorrhizagombák némiképp egyszerű szerveződésű, a talajban és a gyökérzetben belül is kiterjedt hifahálózatot képző, spórákkal szaporodó fajok. A gombák országának önálló törzsébe, az úgynevezett Glomeromycota törzsbe tartoznak.

Az arbuszkuláris mikorrhizát a növény gyökerei és arbuszkuláris mikorrhizás gombák alkotják. A gombák micéliumai egyrészt a gyökéren kívül helyezkednek el, segítve a talajból a tápanyagok felvételét, míg a másik részük a gyökér belsejében találhatóak és szoros kapcsolatban állnak a növény sejtszövetével. A növény és a gomba kapcsolata mindkét fél számára előnyös, ugyanis a gomba hifa- (gombafonal-) rendszere révén hatékonyabban szerez tápanyagokat és vizet a növény számára és képes a növény számára nem felvehető anyagok egy részét felvehető formává alakítani, a növény viszonzásul a fotoszintézis által előállított cukrokkal látja el a gombát. Az arbuszkuláris mikorrhizás (AM) gombák mindenütt jelen vannak a természetes és a mezőgazdasági ökoszisztémákban egyaránt.

Ezen gombák segítik a növényt a tápanyagok felvételében, így régóta folynak velük kapcsolatos kutatások. Kutatások bizonyítják, hogy növelhetik a gazdanövény szárazságnak való ellenálló képességét, segíthetik a kórokozók elleni védekezését és hatásuk van a növényi egyedfejlődés módosítására (hajtásnövekedés fokozása, levélfelület növelése), sóstressz vagy nehézfémek elleni védelemre, valamint a talaj fizikai és biológiai sajátosságainak javítására. Az is beigazolódott, hogy az AM gombák a talaj biológiai közösségének tagjaival való együttműködésük által szerepet játszanak a talajszerkezet fenntartásában és állandó vegetáció esetében befolyásolják a növénytársulások összetételét és változatosságát.

A mikorrhizagombák által előállított és a gombafonalak valamint a spórák felszínének fizikai védelmét ellátó fehérjecsoport a glomalinok, melyek a talajban szabaddá válva ragasztóanyagként növelik a talaj morzsalékosságát. Lényeges a mikorrhizagombáknak az a szerepe, amelynek révén mozgósítják és szervezik a segítő talajbaktériumok csoportjait, saját működésük érdekében elősegítve és felhasználva például azok tápanyagmobilizáló képességét.

Az AM gombákat tekinthetjük közvetítőnek is a talajban található tápanyagok és a növények között, így tulajdonképpen a növény tápanyagfelvételének biológiai szabályozói. A mikorrhiza szimbiózis számos szempontból előnyös a legtöbb termesztett növényünk számára, leginkább a tápanyagfelvétel - azon belül is különösen a foszfát felvétele - szempontjából, de sokféle stresszhatás esetén kínál extra védelmet a gazdanövény számára. A mikorrhiza kolonizáció mértéke, gyökérbeli kiterjedtsége alapvetően függ a növény mikorrhiza iránti igényétől, ezért pl. alacsony talaj foszfortartalom esetén legtöbbször magasabb szintet mérhetünk. A növény aktívan befolyásolja a mikorrhiza kolonizáció mértékét, szabályozza annak gyökérbeli elterjedését (Parádi és társai 2003, Balogh és társai 2020).

A kukorica erősen mikorrhizafüggő növény, azaz általában magas a gyökérbeli kolonizáció, de ezt természetesen a külső körülmények, agrárkezelések és a talaj állapota jelentősen befolyásolja. Búza esetén kimutatható, hogy a nemesített fajtákban kisebb mértékű a kolonizáció, mint az ősi típusokban, de a termesztett kukoricafajták esetén kevés ismeretünk van arról, hogy van-e közöttük eltérés a mikorrhiza iránti igényben.

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. A szántóföldi kísérlet helyszíne, körülményei

A kísérletek elvégzéséhez szükséges levél, termés és gyökér minták a Debreceni Egyetem Böszörményi úti Campusának Bemutató kertjéből kerültek begyűjtésre, amely a 47.5524502, 21,5999328 alatt található. A kísérleti terület rendkívül jó víz és tápanyaggazdálkodási paraméterekkel rendelkező kilúgzott mészlepedékes csernozjom talaj. A talaj legfelső 1 méteres rétegének átlagos pH értéke 7,59 egység. Arany féle kötöttségi száma 45,8 (4.táblázat).

A szántóföldi méréseket kutatócsoporttal közösen végeztük. Vizsgálatainkat 3 év során 4 hibrid bevonásával végeztük. Az általunk vizsgált csemegekukorica hibridek minőségi paraméterek meghatározását a betakarításkor vett mintából laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Agrárműszerközpontjában. A beltartalmi értékeinek statisztikai elemzéséhez szükséges mintavételekre véletlenszerűen választottuk ki a növényeket. A kezeléseket négy ismétlésben állítottuk be, a méréseket és a mintavételeket ismétlésenként 10-10 növényen végeztük, ezek az adatok képezték a statisztikai értékeléseink alapadatait.

4.táblázat. A vizsgált terület talajának főbb kémiai tulajdonságai a felső 0-100 cm-es szelvényben (Debrecen, 2021)

Kémiai tulajdonság	Érték
Szénsavas mész (m/m%)	15,33
Humusz (m/m%)	3,35
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,0065
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	435,5
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	7,97
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	5,27
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	343,8
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) 8mg/kg légsz.a.)	274,68
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	54,23

Forrás: Demeter és társai 2021

## 3.2. Meteorológiai viszonyok

A kísérleti évek időjárását a Debreceni Egyetem Böszörményi úti kampuszán működő automata meteorológiai állomás mérési adatait felhasználva értékeltük. A tenyészidőszakra vonatkozóan (április-szeptember) havi bontásban értékeltük a hőmérsékleti- és csapadékviszonyokat. Összehasonlításként az 1981-2010 közötti 30 éves időszak klímaadatait használtuk, vizsgáltuk kiterjedt a téli félévek időjárására is.

2020-ban 261 mm csapadék hullott a (megelőző) téli félév során. A 2019-es év megfelelő vízellátottságú volt, a lehullott csapadék a talajok mélyebb rétegeit is feltöltötte. A tenyészidőszakban nagy mennyiségű csapadék hullott, a 447 mm-es érték jelentősen meghaladja a sokévi átlagot. Az eloszlása is kifejezetten optimális volt a kukorica számára. A csapadék többnyire a három nyári hónapban esett, legtöbb, júliusban (149 mm), kedvező vízellátottságot biztosítva a termés szempontjából meghatározó fenológiai fázisokban (virágzás, terméskötés, szentelítődés). Hőmérséklet tekintetében is kedvező volt a 2020-as évjárat. Csupán a május volt az átlagosnál jelentősen hűvösebb. A június és július a sokévi átlagnak megfelelő volt, az augusztust és a szeptembert mérsékelt pozitív hőmérsékleti anomália jellemezte (5-6.táblázat).

A 2021-es tenyészidőszak az előző évihez hasonlóan, megfelelő talajnedvességi állapottal indult. Az átlagnál valamivel csapadékosabb téli félévben a talajok a teljes szelvényükben telítődtek a szántóföldi vízkapacitásukig. Áprilisban és májusban végig az évszakhoz képest hűvös időjárás volt jellemző, áprilisban átlag alatti (33 mm), májusban átlagos csapadékkal (66 mm). Júniusban határozott fordulat következett be az időjárásban. A nyár első hónapját a szokásosnál lényegesen melegebb időjárás jellemezte és kevés csapadék hullott (6 mm). A lokális záporok következtében a csapadékhiány csak átmenetileg mérséklődött. A térség nagy részétől eltérően a kísérleti területen a júliusi csapadék (70 mm) némileg meghaladta a sokévi átlagot. A tenyészidőszak hátralevő része is száraz, csapadékmentes volt. A nyári magas hőmérsékletnek fontos szerepe volt az aszály kialakulásában. A június után a július is 3,3°C-al volt melegebb a sokévi átlagnál és augusztus első felében is folytatódott a kánikula (Gombos és Nagy 2022).

2022-ben még az előző évinél is súlyosabb aszály alakult ki. Ebben fontos szerepe volt annak, hogy a téli időszakban a talajok mélyebb rétegei nem tudtak átnedvesedni. Igen aszályos tenyészidőszakot követően téli félévben mindössze 150 mm csapadék hullott. Az április átlagosan csapadékos, ezt követően azonban augusztusig minden hónap

rendkívül száraz volt. A három nyári hónapban összesen 66 mm csapadék hullott, ami 115 mm-el elmarad az átlagostól. A vízhiányt és annak káros hatásait fokozta, hogy az időjárás a szokásosnál lényegesen melegebb volt. A nyári hónapok rendre 3,4, 2,4, 2,9 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát mutattak. Szeptember folyamán igen sok eső esett, több mint a megelőző öt hónapban, így a teljes tenyészidőszak csapadékösszege - megtévesztő módon - már nem utal szélsőségesen száraz viszonyokra (Gombos és Nagy 2023).

5.táblázat. *A csapadék havi és féléves összegei a 2020-2022 időszakban (Debrecen-Agrárkampusz), zárójelben az 1981-2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések*

<b>időszak</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022)</b>
<b>téli félév (X-III)</b>	261 (+47)	246 (+32)	150 (-64)
<b>nyári félév (IV-IX)</b>	447 (+101)	232 (-114)	320 (-26)
<b>április</b>	17 (-36)	33 (-20)	50 (-3)
<b>május</b>	45 (-19)	66 (+2)	39 (-25)
<b>június</b>	119 (+53)	6 (-60)	19 (-47)
<b>július</b>	149 (+83)	70 (+4)	38 (-28)
<b>augusztus</b>	70 (+21)	38 (-11)	9 (-40)
<b>szeptember</b>	47 (-1)	19 (-29)	<b>165 (+116)</b>

Forrás: Gombos és Nagy 2022

6.táblázat. *A hőmérséklet havi és féléves középértékei a 2020-2022 időszakban (Debrecen-Agrárkampusz), zárójelben az 1981-2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések*

<b>időszak</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022)</b>
<b>téli félév (X-III)</b>	5,4 (+1,2)	4,3 (+0,1)	4,2 (0,0)
<b>nyári félév (IV-IX)</b>	17,7 (+0,2)	18,1 (+0,6)	18,9 (+1,4)
<b>április</b>	10,8 (-0,4)	9,1 (-2,1)	9,6 (-1,6)
<b>május</b>	14,0 (-2,6)	15,1 (-1,5)	17,7 (+1,1)
<b>június</b>	19,7 (+0,4)	22,6 (+3,3)	22,7 (+3,4)
<b>július</b>	21,0 (-0,3)	24,6 (+3,3)	23,7 (+2,4)
<b>augusztus</b>	22,6 (+1,8)	21,0 (+0,2)	23,7 (+2,9)
<b>szeptember</b>	18,2 (+2,0)	16,4 (+0,2)	15,8 (-0,4)

Forrás: Gombos és Nagy 2023

### **3.3. Laboratóriumi módszerek**

#### **3.3.1. Mintavétel, mintaelőkészítés**

A vizsgálatainkhoz szükséges levél, gyökér és termés minták begyűjtése a csemegekukorica generatív szakaszának kezdetétől a betakarításig történtek. A mintákat a legfelső, már teljesen kifejlett levelekből és a termésekből levágott kukoricaszemekből lettek begyűjtve. A mintavétel során az RNS védelme érdekében helyszíni fagyasztást végeztünk folyékony nitrogénben, majd a replikátumok a vizsgálatokig  $-80\text{ °C}$ -on kerültek betárolásra.

#### **3.3.2. RNS izolálás, cDNS szintézis**

A mintavétel során az RNS megőrzése érdekében helyszíni fagyasztást végeztünk folyékony nitrogénben. A laboratóriumban a minták homogenizálása majd az ezt követő RNS izolálás folyékony nitrogén alatt történt a polimer óriásmolekula bomlékonysága miatt. A teljes RNS-t az MN - Nucleo Spin RNA Plant, Mini Kit for RNA segítségével nyertük ki a gyártói utasítást követve. Vizsgálatainkhoz  $100\text{ }\mu\text{g}$  szemszövet/hibrid használtunk fel. Az izolált RNS-t  $60\text{ }\mu\text{l}$  RNáz-mentes  $\text{H}_2\text{O}$ -ban eluáltuk. A kinyert ribonukleinsav (RNS) minőségét gélelektroforézissel történő elválasztás követte. Az elektroforézis során a DNS fragmentumok a hosszuk szerint vannak megkülönböztetve és integrálódó vegyületek és UV fény alkalmazásával vannak vizualizálva. Ezt követően az RNS minőségét és mennyiségét NanoDrop 2000/2000c készülék segítségével spektrofotometriásan értékeltük a  $\text{A}_{260}/\text{A}_{280}$  és  $\text{A}_{260}/\text{A}_{230}$  arányokat alkalmazva. Következő lépésben a Thermo Scientific RevertAid First Stand cDNS szintézis kit és Random hexamer primerek felhasználásával  $20\text{ }\mu\text{L}$  komplementer DNS-t (cDNS) állítottunk elő.

#### **3.3.3. Kvantitatív PCR**

A cDNS kvantifikációjához a Thermo quantStudio 5 készüléket használtuk Applied Biosystems TM SYBR TM Select Master Mix festékkészlet alkalmazásával. A különböző primerkészletek PCR termékeit olvadási görbe analízisnek (Melting Curve Analysis) vetettük alá a nem specifikus ampikonok valamint a primer dimerek jelenlétének kimutatására.

### 3.3.4. Referencia gének értékelése, szekvenálás

A referencia gének konstitutívan expresszált gének csoportjából állnak. Minden sejt számára esszenciális funkciókat kódolnak. Egy szervezet minden egyes sejtjében kifejeződnek, függetlenül a szövet típusától, fejlődési szakasztól, sejtciklus állapotától vagy külső jeltől (Kozera és Rapacz 2013). Jelenlétük nélkülözhetetlen az alapvető sejtfunkciók fenntartásához. Szakirodalmi adatok alapján a referencia gének, amelyekkel génkifejeződésbeli különbségeket összehasonlítottuk a vizsgálataink során az aktin (ACT), a tudulin (TUB), ubiquitin (UBI) és egy tioredoxin-szerű gént (TLG) kódolnak (7.táblázat).

7.táblázat. A vizsgálatainkba bevont háztartásigének

Gén	Forward primer szekvencia (5'-3')	Reverz primer szekvencia (5'-3')
<b>TUB</b>	AGAACTGCGACTGCCTCCAAAGG	AGATGAGCAGGGTGCCCATTC
<b>ACT</b>	CATGGAGAACTGGCATCACACCTT	CTCTCTGTTGGCGACACGACTCA
<b>UBI</b>	GTTTAAGCTGCCGATGTGCCTG	GACACGACTCATGACACGAACA
<b>TLG</b>	GGACCAGAAGATTGCAGAAG	CAGCATAGACAGGAGCAATG

Forrás: *Mesiass et al. 2014*, Saját szerkesztés

### 3.3.5. A karotinoid útvonal gének értékelése valós idejű PCR-rel

He et al. 2019 vizsgálatához hasonlóan vizsgáltuk és validáltuk az ismert molekuláris biológiai markereket. A lutein bioszintézis génexpressziójához 8 pár primert és 6 célgént választottunk ki a megelőző vizsgálatokhoz (PSY, PDS, ZDS, LCYB, LCYE CYP97C). A specifikus primerek a karotinoidhoz kapcsolódó kukorica gének amplifikálásához (Sigma-Aldrich) a (8.táblázat) tartalmazza. Az eredményeink azt mutatják, hogy a reakcióink hatékonyak, az olvadáspont-görbe analízis pedig azt, hogy vannak különböző termékek.

8.táblázat. A karotinoid útvonal génexpressziós vizsgálataihoz használt primerszettek

Gén	Forward primer szekvencia (5'-3')	Reverz primer szekvencia (5'-3')
<b>PSY</b>	CATCTTCAAAGGGGTCGTCA	CAGGATCTGCCTGTACAACA
<b>PDS</b>	GAAATCATCGATGCAACTATGGAA	CTTCGATAGGTGACCTTTGGA
<b>ZDS</b>	GTGTGGTAAAAGATCGGACAA	AGAGAGTTGCTCCTTCCAT
<b>LCYB</b>	CATCGTAAGGTTCTCGACA	ATGCCGAAGCAGAAGAAGCTC
<b>LCYE</b>	TTTACGTGCAAATGCAGTCAA	TGACTCTGAAGCTAGAGAAAG
<b>CYP97C</b>	GTTGACATTGGATGTGATTGG	AACCAACCTTCCAGTATGGC

Forrás: W. He et al., 2019, Saját szerkesztés

### 3.3.6. Elem meghatározása laborvizsgálati módszerrel

Az általunk vizsgált csemegekukorica hibridek minőségi paraméterek meghatározását a betakarításkor vett mintából laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Agrárműszerközpontjában. A beltartalmi értékeinek statisztikai elemzéséhez szükséges mintavételekre véletlenszerűen választottuk ki a növényeket. Hegyes vágóeszközzel mag mintákat vettünk teljes csőhosszúságban, a cső alapi részétől teljesen a cső csúcsáig. A laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges minták szállítása folyékony nitrogénben történt, majd a vizsgálatig, -84 °C-on, kerültek betárolás. Az elem meghatározás érdekében a csemegekukorica hibridek szemtermésének szárítása kíméletes, alacsony hőmérsékleten zajlott. A szárítás 50 °C-on történt majd ezt követően feldolgozásig 24 °C-on kerültek betárolásra a minták. A begyűjtést követően szárítószekrényben (Binder FD 720 hőkamra), maximális levegősebességgel azonnal megkezdődött a minták feldolgozása (El-Abady, 2014). A minták elemtartalmának meghatározása céljából az előkészített szemmintákból 0,5 g-ot mértünk be majd ezt követően 5 ml desztillált cc. HNO<sub>3</sub>-at és 3 ml 30%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ot adagoltunk a mintákhoz. A lezárás követően ETHOS Plus Milestone mikrohullámú roncsolóval négy lépésben roncsoltuk a mintákat az Application Note 076 módszerrel. Következő lépésben a roncsolt mintákat tartalmazó edényeket visszahűtöttük, majd 50 ml-es mérőlombiba öntöttük. A méréseket ICAP 7000 spektrofotométerrel (Thermo Scientific) végeztük, mely során az egyes elemekre jellemző hullámhosszú spektrumvonalat mértük.

A karotinoidok (lutein, zeaxantin) mennyiségének meghatározásához a Moros et al. (2002) módszert alkalmaztuk. A mintáinkat szárazjég hozzáadása mellett megdaráltuk majd a vizsgálatig -18 °C-on tároltuk. A vizsgálat során 0,6 g darált mintát mértünk 50

ml-es centrifugacsőbe és 6 ml 100%-os etanol hozzáadását követően 30 másodpercig vortexeltük a mintákat majd 5 percig hűtött ultrahang kádban ultrahangoztuk. Következő lépésben hozzáadtunk 3 ml 10%-os NaCl oldatot és 10 ml hexánt, majd ismét vortexeltük a mintákat 30 másodpercig. A fázisok szétválásáig 5000 rpm-en centrifugáltuk a mintákat 3 percig. A felső, hexános fázist bepárlócsőbe pipettáztuk. A hexános szétválasztást még kétszer megismételtük egészen az alsó, vizes-alkoholos fázis elszíntelenedéséig. Az összegyűjtött hexános frakciókat nitrogénáram alatt szobahőmérsékleten, sötétben szárazra pároltuk. A bepárolt mintákhoz 2 ml 0,1% Butil Hidroxil Toloult (BHT) tartalmazó metanolt (MeOH) adtunk majd vortexeltük és ultrahang segítségével feloldottuk, majd az oldatot 0,22 µm-es pórusátmérőjű fecskendőszűrőn HPLC fiolába szűrtük. A nagy teljesítményű folyadékkromatográfia (HPLC) vizsgálatig a minták -18 °C-on kerültek betárolásra.

A csemegekukorica minták nedvességtartalmát is vizsgáltuk. A szemmintákat szárazjég jelenlétében ledaráltuk ezt követően a darált minta megközelítőleg 1/3-át 40 ml-es EPA fiolába helyeztük. A szárazjég elszublimálásáig a mintákat nyitott edényben tároltuk szobahőmérsékleten majd lemértük a fiola tömegét. A fiolákat ezután 500 mbar vákuumot alkalmazva 70 °C-os vákuumszáritószekrénybe helyeztük, majd 3 óra elteltével a vákuumot lecsökkentettük 100 mbar-ra és egy éjszakán át szárítottuk. A szárítószekrényből kivéve a fiolákat légmentesen lezártuk és szobahőmérsékletre visszahűlve meghatároztuk a pontos tömegüket.

### **3.4. A kísérletben vizsgált hibridek**

A vizsgálatainkhoz mindhárom kísérleti évben négy eltérő genotípusú csemegekukorica hibrid került kiválasztásra (9.táblázat). A vizsgált négy hibridből, a normál édes Honey és a szuperédes GSS6924 hibridek laboratóriumi eredményei megbízható összehasonlítás alapját képezték, a részletes statisztikai értékelésekhez.

9.táblázat. Csemegekukorica hibridek 2020-2022

Jelölés	2020	2021	2022
	Hibridek		
H1	Honey normál édes (Martonvásár)	Honey normál édes (Martonvásár)	Honey normál édes (Martonvásár)
H2	GSS6924 szuperédes (Syngenta)	GSS6924 szuperédes (Syngenta)	GSS6924 szuperédes (Syngenta)
H3	Dessert R80 szuperédes (Unicorn)	Dessert R80 szuperédes (Unicorn)	Dessert R80 szuperédes (Unicorn)
H4	SV1899 szuperédes (Semini)	SV1899 szuperédes (Semini)	SV1899 szuperédes (Semini)

### 3.5. A kísérlet termesztés technológiája, 2020, 2021, 2022

Mind a három kísérleti évben, mind a négy vizsgált csemegekukorica hibrid esetében az elvetett magszám 55.000/ha. A vetés ideje 2020.05.22., 2021.04.29., 2022.05.12. A megvalósított precíziós termelés technológiát csepegtető öntözéssel egészítettük ki.

A technológia elemei:			
2019.09.12	Sárzúzás	2021.04.29	Vetés
2019.10.15	Őszi szántás	2021.05.21	Gyomirtás
2020.03.28	Szántás elmunkálás	2021.08.20	Betakarítás
2020.04.03	Műtrágyaszórás	2021.11.03	Szárzúzás
2020.05.20	Magágykészítés	2021.11.09	Szárbontó Natur NOVA, MCIRO
2020.05.22	Vetés	2021.11.10	Tárca
2020.06.05	Gyomirtás	2021.11.17	Lazítás
2020.06.29	Sorközművelés	2021.11.24	Szántás
2020.08.19	Betakarítás	2022.03.10	Szántás elmulasztása
2021.03.09	Talajmintavétel (0-30 cm)	2022.04.11	Műtrágyaszórás
2021.03.18	Talajmintavétel (0-200 cm)	2022.04.11	Kombinátorozás műtrágyaszórás után
2021.03.30	Műtrágyaszórás	2022.05.02	Talajmintavétel
2021.03.30	Kombinátorozás műtrágyaszórás után	2022.05.12	Vetés
2021.04.23	Ásóborona vetés	2022.05.27	Gyomírás
2021.04.26	Kombinátorozás vetés előtt	2022.07.31	Betakarítás

A kísérlet során alkalmazott gyomirtószer, Laudis 5 l/ha. A folyamatos vízellátást vezérelhető csepegtető öntöző rendszerrel biztosítottuk. Az öntözővíz 2020-ban 45 mm;

2021-ben 268 mm; 2022-ben 304mm volt. A kísérletben a N műtrágya Mg-ot is tartalmazott (10.táblázat).

10.táblázat. A kísérletben alkalmazott műtrágya (kg/ha) 2020-2022

Év	N	CaO	Mg
<b>2020</b>	80	21	15
<b>2021</b>	90	23	16
<b>2022</b>	101	26	18

### 3.6. Statisztikai módszerek

A különféle értékek közötti szignifikáns különbségek meghatározására a Fisher-féle legkisebb szignifikáns különbség (LSD) tesztet alkalmaztuk. A változók közötti korrelációt a Pearson-féle korrelációs együtthatóval jellemeztük. Ezt a korrelációs mátrixot használtuk a főkomponens-elemzés kiindulópontjaként. A főkomponens elemzés (PCA) alkalmazhatóságát, amely egy többváltozós statisztikai eljárás, Kaiser–Mayer–Olkin teszttel határoztuk meg (Dzhuiban és Shirkey 1974). A teszt kritikus értéke 0,5. Ha bármelyik változó MSA (Measure of Sampling Adequacy) értéke meghaladja ezt az értéket, az alkalmas elemzésre. A főkomponensek száma úgy került beállításra, hogy a korrelációk variancia együtthatója 80% felett legyen. Az egynél kisebb sajátértékű komponenseket figyelmen kívül hagytuk, ezeket csak az ábrázolásban használtuk. A korreláció analízis során a következő rövidítéseket alkalmaztuk: növénymagasság (nm), szárátmérő (szárát), termés (term), csőátmérő (csőát), csőhossz (csőho), szemtömeg (szem), csutka (csutka) illetve az ásványi anyagok tekintetében magnézium (Mg) a kálium (K), vas (Fe), foszfor (P), kalcium (Ca), cink (Zn). A kísérleti eredmények statisztikai értékelése R 3.2.4. statisztikai környezetben (Teams 2016a), az RStudio (Team2016b) grafikus felület használatával, „gplots” (Warnes et. al., 2015), „autó” (Fox és Wesiberh 2011) és „agricolae” (De Mendiburu, 2016) csomag és Minitab LLC. (PA, USA) és statisztikai szoftver segítségével jellemeztük.

### **3.7. Mikorrhiza kolonizáció vizsgálat**

Mintavétel helyszíne a Debreceni Egyetem Böszörményi úti Campusának Bemutató kertje volt. A mintavételre 2021. július 16-án és 2021. július 30-án került sor. Három kukoricahibrid (H1, H3 és H4) mikorrhiza kolonizációs értékeit vizsgáltuk kísérleteinkhez kapcsolódóan. Két időpontban történt mikorrhiza vizsgálat, hibridenként 4-4 mintavételi helyen.

#### **Gyökérfestés és arbuskuláris mikorrhiza kolonizáció intenzitásának értékelése:**

A gyökerekben a mikorrhiza kolonizáció meghatározása speciális tinta/ecet estési eljárással történik, amelynek során a tárolt mintákból vett részmintákat 10%-os KOH-ban főzzük, majd 5%-os ecetsavas oldatban 5%-os tintában tovább forraljuk. Ezt követően vízzel történő mosás után 10%-os ecetsavas oldatban mossuk őket. Végül mintánként harminc db 1 cm-es gyökérdarabot helyezünk mikroszkópos tárgylemezre. A kolonizáció becslése mikroszkóppal, Trouvelot és mtársai (1986) módszere alapján történik, amelynek során minden egyes gyökérdarab esetében megbecsüljük a gyökér teljes kolonizációját, valamint a kolonizált gyökértöredéken belüli arbuskulum- és vezikulumtartalmat. A teljes kolonizáció értéke 0-5, az arbuskulum- és vezikulum tartalom 0-3 között becsült.

#### **A mikorrhiza kolonizációt jellemző paraméterek:**

- F%: A mikorrhiza gyakorisága, a gyökérdarab bármilyen kolonizációval rendelkező %-ának aránya.
- M%: A kolonizáció teljes intenzitása a teljes gyökérben, azaz mennyire elterjedt a kolonizáció a gyökérben.
- A%: Az arbuskuláris kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben.
- V%: A vezikulum kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben.

## 4. EREDMÉNYEK

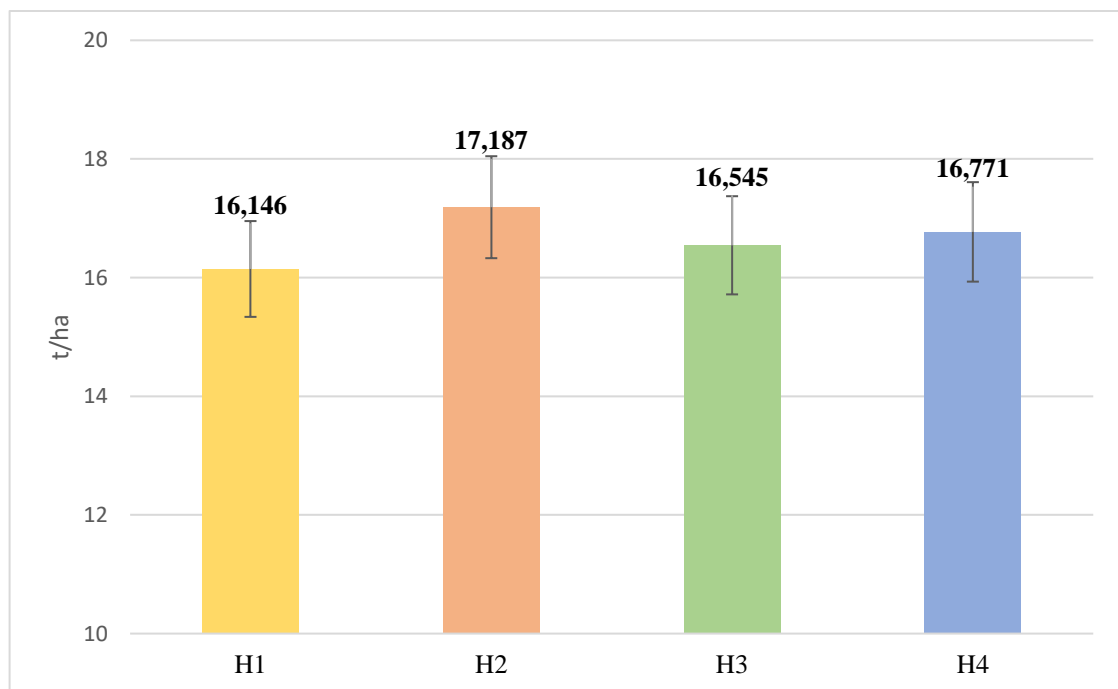
### 4.1. Csemegekukorica hibridek összehasonlító eredményei 2020-ban

2020 a csemegekukorica számára megfelelő, átlagos évjárat volt. Az elővetemény betakarításától a vetés idejéig jelentős, 261 mm csapadék hullott. A kedvező vízellátottság, a lehullott csapadék a talaj mélyebb rétegeit is feltöltötte. A tenyészidőszakban lehullott csapadék (447 mm) felülmúlta a sokéves átlagot. A csapadék eloszlása a tenyészidőszakban kiváló volt, júliusban 149 mm csapadék esett. Először hibridenként elemeztük a terméseredményeket és terméselemeket. A H1 hibrid nyerstermése hektáronként 16,146 tonna volt, a kedvező évjáratban (6.ábra). A nyers szemtermés aránya közepes eredményt mutatott, 51% (7.ábra). A csutka aránya kedvezőtlen: 42,5% (6,872 t/ha). Az ipari feldolgozás szempontjából a csuhé aránya nagyon kedvezően alakult, 6,5%. Ez az arány áruátvételkor, átlagos évjáratokban 9-10%. A H2 hibrid nyerstermése a legkedvezőbb volt a vizsgált hibridek közül, 17,187 t/ha. Kiemelkedő volt a nyers szem aránya is, 57% (9,22 t/ha). A csutka aránya szintén kedvező, 39% és a csuhé aránya is, 7%. A H3 hibrid nyers termése volt a legkisebb (16,545 t/ha). A szem (52%) és a csutka (40%), a csuhé aránya (8%). A H4 hibrid eredményei, a kiváló évjárat ellenére átlagosnak értékelhető. A nyerstermés 16,771 tonna és a nyers szemtermés 8,843 tonna volt hektáronként. A szem (53%) és a csutka aránya (38%) kedvező, azonban a csuhé (9%) aránya a legmagasabb volt.

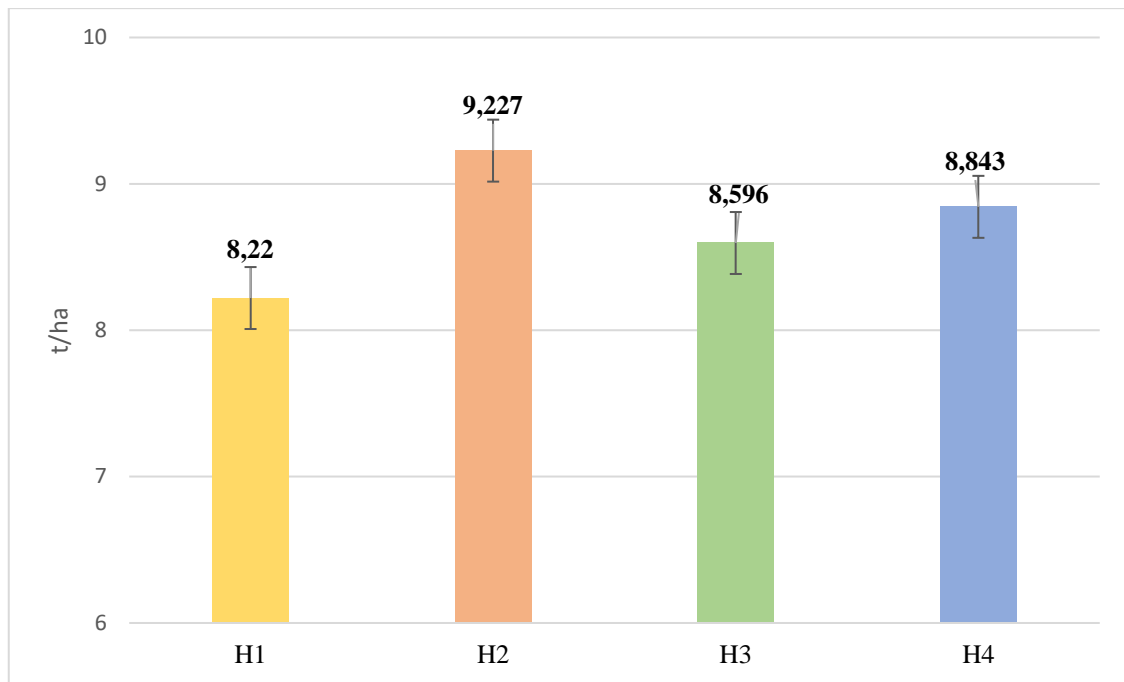
Az évjáratokon belül a csemegekukorica hibridek eredményeinek értékelését, összehasonlítását a normál édes (H1) hibridhez viszonyítva végeztük. A H1 hibrid nyers eredményéhez (16,146 t/ha) viszonyítva a H2 hibrid 6,5%-kal, megbízhatóan többet termelt. A másik két szuperédes hibrid (H3, H4) termése is magasabb volt (2,5-3,9), ezek a különbségek azonban nem szignifikánsak. A nyers szemtermése mindhárom szuperédes csemegekukorica hibridnek kismértékben, de megbízhatóan nagyobb (+12% H2, +5% H3, +8% H4) volt. A csutka mennyiségek a H1, H2, H3 hibrideknél szignifikánsan nem különböztek. Kedvező évjáratban, H1 normál édes hibrid csuhé mennyiségéhez viszonyítva a szuperédes hibridek csuhé mennyisége lényegesen magasabb volt (+14% H2, +27% H3, +43% H4). Kísérleti eredményeink alapján megállapítottuk, hogy kedvező évjáratban mind a négy hibrid csuhé értékei a feldolgozói levonási érték (10%) alatt (9% H4, 8% H3, 7% H2, 6,5% H1) voltak.

A fenometriai adatok, a csőparaméterek, valamint az ásványi elem, cukor és lutein tartalmak értékeinek összehasonlító elemzéséhez kiválasztottuk a legjobb terméseredményeket elért szuperédes H2 hibridet. Az összehasonlítás alapját ez esetben is a H1 normálédes csemegekukorica hibrid adta.

2020-ban a H1 hibrid magasságához (241 cm), szár átmérőhöz (24 mm), a csőhossz (221mm) és a csőátmérőhöz képest a szuperédes (H2) hibrid paraméterei szignifikánsan nem különböztek. Kedvező évjáratban a H1 hibridhez viszonyítva a szuperédes hibrid szem szárazanyagában a Ca (321 mg/kg) tartalom 15%-kal, a Fe 8%-kal, a K 22%-kal, a P 4%-kal volt szignifikánsabb. A nemesítői munka eredményeként a szuperédes csemegekukorica lutein tartalma, megbízhatóan 22%-al több volt a H1 normál édes (4,4 mg/kg) értékéhez képest. Új eredmény az is, hogy a zeaxantin tartalom magasabb volt 4%-kal.



6.ábra. Csemegekukorica hibridek nyerstermése (cső+csuhé) t/ha Debrecen, 2020



7.ábra. Csemegekukorica hibridek nyers szemtermése, t/ha Debrecen, 2020

#### 4.2. Csemegekukorica hibridek összehasonlító eredményei 2021-ben

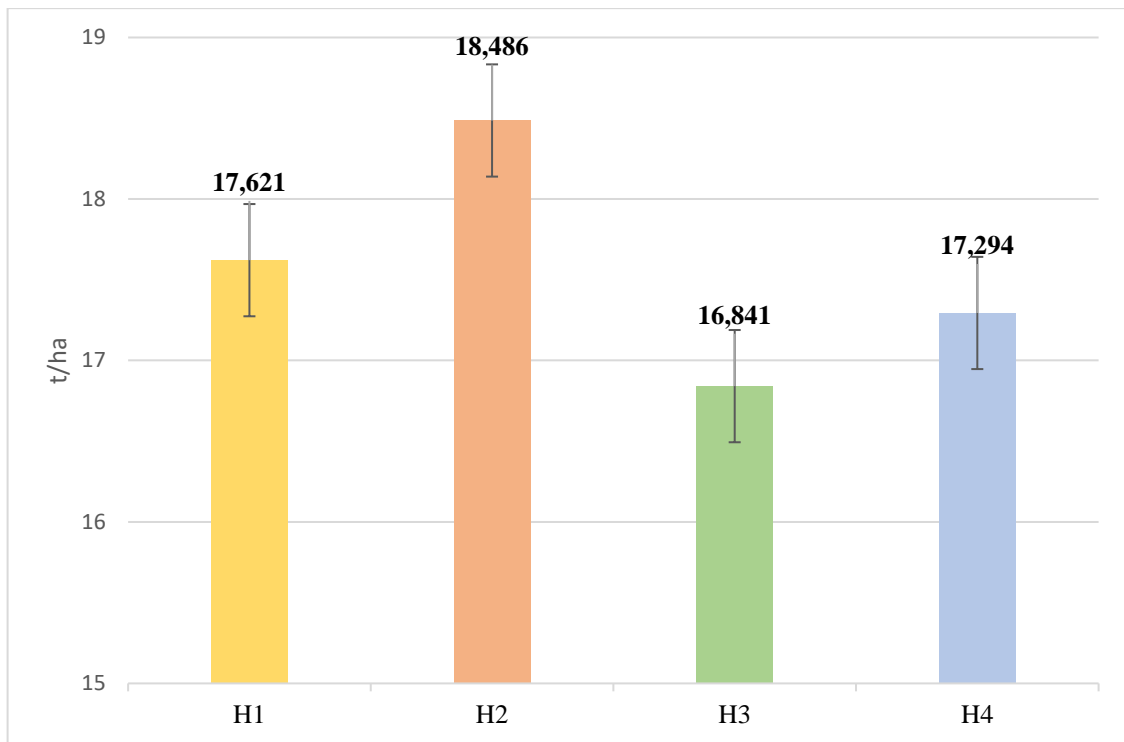
2021 a csemegekukorica termesztés számára átlagost meghaladó, kedvező évjáratnak bizonyult. Az elővetemény betakarítástól a vetés idejéig 246 mm csapadék hullott, ez 32 mm-rel több, mint a harminc éves átlag. A talaj teljes szelvényében feltöltődött a szántóföldi vízkapacitásnak megfelelően. Az április és a május egyaránt hűvös volt. Áprilisban a csapadék mennyisége kevesebb, májusban megegyezett a sok éves átlaggal. Júniusban lényegesen megváltozott az időjárás, meleg és szárazság volt jellemző. Júliusban folytatódott a meleg időjárás, átlagos csapadék mennyiséggel (70mm).

2021-ben a H1 hibrid nyers termése 17,621 t/ha (8.ábra) és a szemtermése 9,185 t/ha (52%) közepesnek számít (9.ábra). A csutka mennyisége magas (40%), a csuhé aránya közepes (8%). A H2 szuperédes hibrid nyers termése a legmagasabb, 18,486 t/ha. A nyers szemtermés arány kiváló, 57% (10,557 t/ha). A csutka aránya legalacsonyabb, a legkedvezőbb (36%), a csuhé is a legalacsonyabb (7%). A H3 hibrid nyers termése a legalacsonyabb a négy hibrid között (16,841). A nyers szem (53%) és a csutka aránya (38%) is kedvező volt. A csuhé mennyisége átlagos volt (9%). A H4 hibrid hektáronkénti nyers termése (17,294 tonna), átlagos volt. A szem (51%) és a csutka (39%) aránya

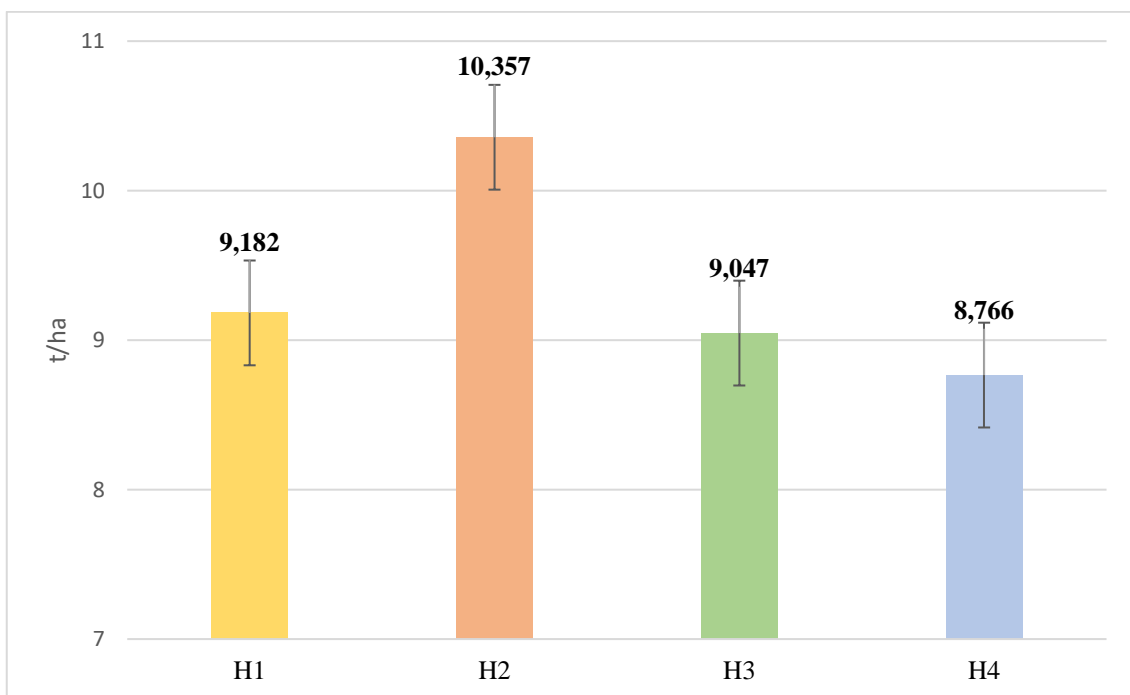
kedvezőbb, viszont a csuhé aránya a legmagasabb volt (10%), ami egyezik a feldolgozó ipari adatokkal.

A 2021. évjáratban is a csemegekukorica hibridek eredményeinek értékelését a normál édes (H1) hibridhez viszonyítva végeztük. A H1 hibrid nyers termés eredményéhez (17,621 t/ha) képest a H2 hibrid 5%-kal többet termelt (18,486 t/ha). A H3 és a H4 szuperédes csemegekukorica hibridek termés eredménye kisebb volt 2-4%-kal, a különbségek nem szignifikánsak. A H2 hibrid nyers szemtermése 15%-kal volt magasabb (10,557 t/ha), mint normál édes (H1) hibrid eredménye, ez kiváló eredménynek számít. A H3 és H4 hibridek szemtermése közel azonosak voltak a H1 hibridhez viszonyítva (2-5%). A csutka eredményeket értékelve megállapítottuk, hogy a normál édes (H1) hibridhez képest mind a három szuperédes csemegekukorica eredménye kedvezőbb volt (-5% H2, -% H3, -3% H4). A csuhé eredmények ettől eltérő értékeket mutattak. A H1 hibridhez képest a H2 kiváló eredményt (-10%) míg a H3 (+8%) és a H4 (+21%) hibridek kedvezőtlen többletet mutattak.

2021-ben a szár átmérő, a csőhossz és a csőátmérő adatai nem különböznek szignifikánsan a két hibrid esetében. A H1 hibrid növénymagasságához (280 cm) képest a H2 hibrid 11%-kal alacsonyabb volt. Megbízhatóan kisebb volt a H2 hibrid (Mg -19%) és Zn (-14%) tartalma, a H1 hibridhez képest (1,460 g/kg Mg, 28,7 mg/kg Zn). Erős megbízható pozitív különbségeket mérhetünk a Fe, Ca és a K esetében a szuperédes csemegekukorica javára. A H1 hibrid Ca tartalmához (313 mg/kg) +15%-ot, a Fe tartalmához (21,5 mg/kg) +9%-ot és a K tartalmához (10,537 mg/kg) képest +8%-ot. A szuperédes csemegekukorica lutein tartalma (6,2 mg/kg) igen kedvező volt, 24%-kal megbízhatóan meghaladta a normás édes lutein tartalmát.



8.ábra. Csemegekukorica hibridek nyerstermése (cső+csuhé) t/ha Debrecen, 2021



9.ábra. Csemegekukorica hibridek nyers szemtermése, t/ha Debrecen, 2021

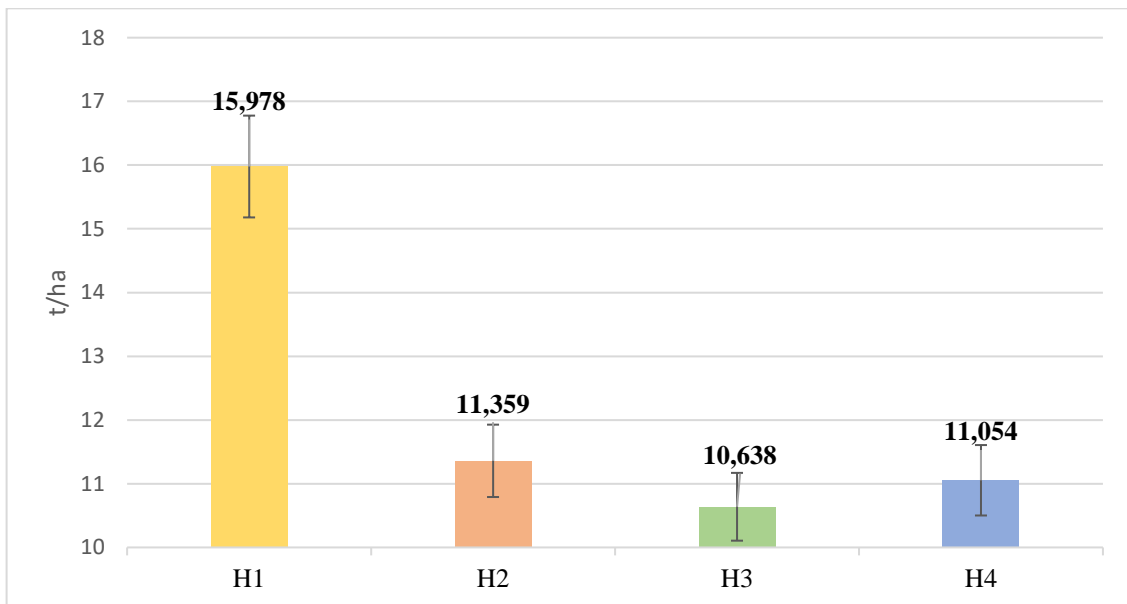
### 4.3. Csemegekukorica hibridek összehasonlító eredményei 2022-ben

2022 a csemegekukorica termesztés, ezen belül a szuperédes hibridek számára rendkívül kedvezőtlen volt. Az elővetemény betakarításától a vetésig eltelt időszakban mindössze 150 mm csapadék hullott. A talajszelvény a kukorica számára mértékadó mennyiségben (2 m) nem tudott átnedvesedni, feltöltődni. Áprilist követően minden hónap igen száraz volt. A tenyészidőben, különösen júniusban és júliusban extrém meleg volt. 2022-ben is először a hibrideket egyenként értékeltük, majd összehasonlítottuk a három szuperédes csemegekukorica eredményeit a normál édes kukoricatermés eredményeivel. A H1 normál édes csemegekukorica hibrid igen jól szerepelt a súlyos aszályos évjáratban. Különösen a nyers termése (10.ábra) volt kiemelkedő (15,978 t/ha), azonban a szemtermés (11.ábra) aránya (44%) nagyon kedvezőtlen, a hektáronként 6,952 tonna. A csutka aránya (46%) nagyon magas, a csuhé aránya a legmagasabb (10%). A H2 szuperédes csemegekukorica termése a súlyos aszály miatt alacsony (11,359 t/ha), ennek ellenére a nyers szemtermése (6,067 t/ha) aránya kedvező 53%. A csuhé aránya közepes (8%). A H3 hibrid nyerstermése a legalacsonyabb, 10,635 t/ha. A nyers szemtermés mennyisége (5,564 t/ha) és aránya kedvező (52%). A csutka aránya közepes (39%) és a csuhé is (9%). A H4 szuperédes csemegekukorica nyers termése alacsony (11,054 t/ha), a nyers szemtermés (5,540 t/ha) aránya csak 50%, a csutka aránya is kedvezőtlen (41%).

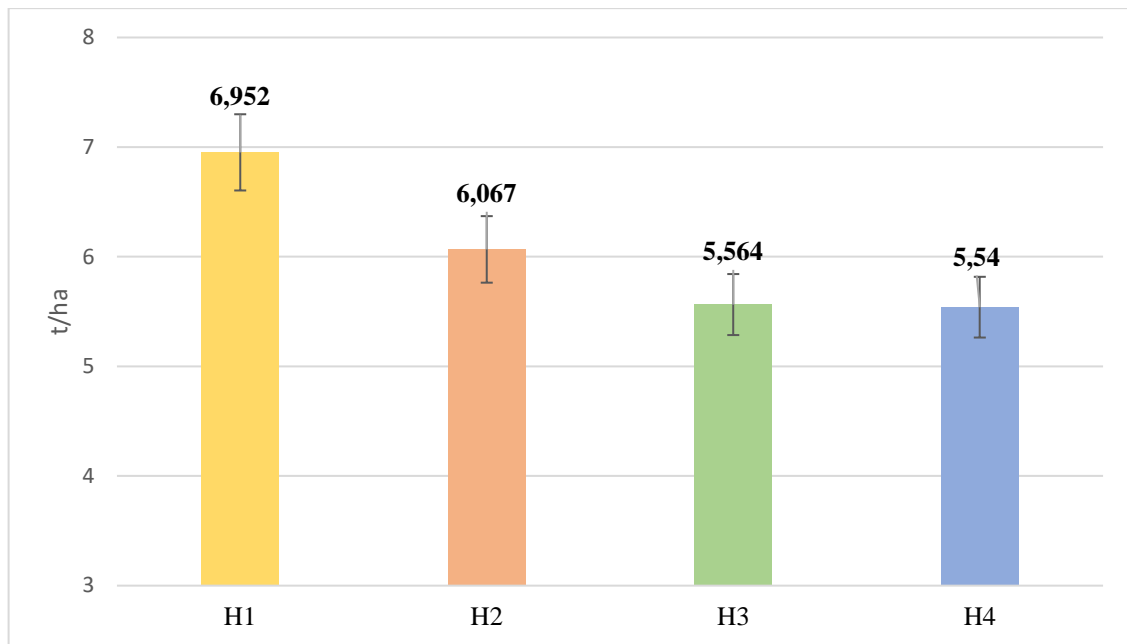
Az aszályos 2022-es évjáratban is elvégeztük a csemegekukorica hibridek összehasonlító értékelését. A viszonyítási alap a H1 normálédes hibrid eredményei voltak. A H1 normálédes hibrid nyers termés (15,978 t/ha) mennyiségéhez viszonyítva, a súlyos aszály hatására a szuperédes hibridek lényegesen kevesebbet teremtek: -29% H2, -33% H3, -31% H4. Az aszály hatása a nyers szemtermés mennyiségére mérsékeltebben, de negatív volt. A H1 hibrid nyers szemterméséhez (6,952 t/ha) képest a H2 6,067 t/ha, H3 5,564 t/ha és a H4 5,540 t/ha eredményt produkált, a különbségek szignifikánsak. A hektáronkénti csutka mennyiségek ellenkező értékeket, összefüggéseket mutattak. A H1 hibrid csutka tömege nagyon magas volt az aszályos évben, 7,298 t/ha. A három szuperédes hibrid csutka tömegei egymástól megbízhatóan nem különböztek, de a normál édestől lényegesen kedvezőbb, szignifikáns különbségeket (-39% H2, -43% H3, -38% H4) mutattak. A csuhé adatok hasonló összefüggéseket bizonyítottak, az aszály hatására a normál édes, H1 hibrid hektáronkénti csuhé tömege 1,728 tonna volt, ehhez képest

szignifikánsan kisebb értékeket mértünk a szuperédes hibrideknél (-50% H2, -45% H3 és -41% H4).

2022-ben a súlyosan aszályos évben nem csak a terméseredmények és paraméterek, hanem különösen a beltartalmi értékek csökkentek. A H1 hibrid Ca (301 mg/kg) tartalmához képest 19%-kal, a Fe (20,3 mg/kg) pedig 11%-kal volt nagyobb a szuperédes H2 hibridben. A Mg és Zn esetében fordított különbséget mértünk -17% és -12%-ot. A K és P tartalmak az aszályos évjáratban lényegesen alacsonyabbak voltak (4,0-4,1 mg/kg), normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek értékei megbízhatóan nem különböztek



10.ábra. Csemegekukorica hibridek nyerstermése (cső+csuhé) t/ha Debrecen, 2022



11.ábra. Csemegekukorica hibridek nyers szemtermése, t/ha Debrecen, 2022

#### 4.4. Normál édes és szuper édes csemegekukorica hibridekek eredményeinek értékelése eltérő évjáratokban (2020, 2021, 2022)

A normál édes (H1) és szuperédes (H2) csemegekukorica hibridek terméseredményeit és beltartalmi értékeit három különböző évjáratban vizsgáltuk és hasonlítottuk össze. 2020-ban mind a csapadék mennyisége mind az eloszlása és a hőmérsékleti viszonyok átlagosak, 2021-ben megfelelőek voltak. A 2022-es év súlyosan aszályos volt, kedvezőtlen csapadék mennyiséggel és magas hőmérsékleti értékekkel. A normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek eredményei lényeges különbséget mutattak a vizsgált három évjáratban. 2021-ben a normál édes csemegekukorica esetében, az aszályos évhez (2022) viszonyítva, a nyerstermés (cső+csuhé) 10%-kal, a nyers szemtermés (9,185 t/ha) 32%-kal volt magasabb. A csutka mennyisége szignifikánsan nem különbözött, a csuhé viszont kedvezőbb volt (-16%). A fenometriai adatokat elemezve megállapítottuk, hogy az aszályos évben a növények jelentősen alacsonyok voltak (-80 cm), a csövek rövidebbek (-25%) voltak. Az aszályos év adataihoz viszonyítva az ásványi anyag tartalmak szignifikánsan nagyobb értékeket mutattak: +5% K, +6% Ca, +7% Mg, +8% Zn. A cukortartalom 35%-kal és a lutein tartalom 27%-kal volt magasabb. A szuperédes csemegekukorica termése 2021-ben (18,486 t/ha) mint egy 60%-kal haladta meg az aszályos 2022-es eredményeket. Legnagyobb kiesés az aszály

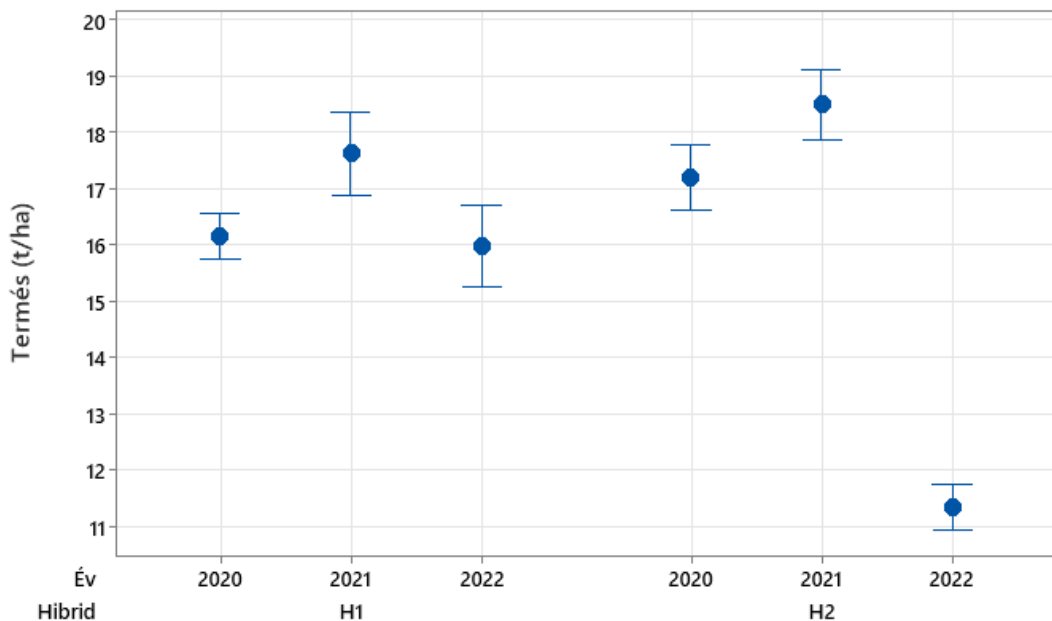
miatt a nyers szemtermésben (-74%) volt. Kedvezőtlen volt 2022-ben a csutka (+49%) és a csuhé (+50%) aránya is. A növények átlagosan 13%-kal voltak alacsonyabbak. A beltartalmi értékeket vizsgálva megállapítottuk, hogy jelentősen kisebb volt a Mg és a Zn 6-6%-kal, valamint a K 9%-kal. Kisebb, de nem szignifikáns értékeket mutattak: Ca, Fe és P. A cukor tartalom (-22%) és a lutein (-51%) jelentősen alacsonyabb volt.

2020-ban a normál édes csemegekukorica nyerste termés eredménye szignifikánsan nem különbözött az aszályos évben (2022) mért mennyiségtől. Új eredmény, hogy a magyar nemesítésű, normál édes hibrid alkalmazkodó képessége kedvezőtlen évjáratban jobb, mint a szuperédes hibridé. 2020-ban a normál édes csemegekukorica hibrid Ca (+71%) és Fe (+12%) tartalma a szuperédeshez képest szignifikánsan magasabb volt. A K, a Mg, a Zn és P tartalmak megbízhatóan nem különböztek. A kedvezőbb évjáratban megbízhatóan magas volt a cukortartalom (+10%) és lutein (+11%). A szuperédes csemegekukorica hibrid eredményei az évjárathatására lényegesen eltértek a normál édes adataitól. Egyrészt a kedvező évjáratban jobb eredményeket ért el, másrészt az aszályos évjáratban kevésbé volt képes ahhoz alkalmazkodni. 2020-ban 2022 évjáratához viszonyítva a szuper édes csemegekukorica eredményei a cső átmérőt és Ca tartalmat kivéve szignifikánsan nagyobb értékeket mutattak. 2022-ben mért nyerste terméshez (11,359 t/ha) képest 2020-ban 51%-kal nagyobb volt a termés. A kedvezőbb évjárat hatására kiváló volt a nyers szemtermés (9,227 t/ha) is, 47%-kal meghaladva a 2022-es év eredményét. A magas terméshez nagyobb csutka (51%) és nagyobb csuhé (+40%) mennyiségek tartoztak és a növények magasabbak voltak (+14%). Az aszály hatása a beltartalmi értékekben is megmutatkoztak, a Fe és Zn 9-9%-kal, a Mg 18%-kal, a K 20%-kal volt kevesebb. A lutein koncentráció is lényegesen kisebb (31%) volt.

## 4.5. Az évjárathatás értékelése

### 4.5.1. A normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek eredményeinek összefüggése az évjáratokkal és a hibrid x évjázat kapcsolat értékelés

Szántóföldi kísérletek alapján értékeltük a normál édes és szuperédes csemegekukorica terméseredményeit. Vizsgáltuk az összefüggéseket az évjáratok között és a hibrid x évjázat kapcsolatokat. Kutatási eredményeink szerint az évjázat szignifikáns hatással volt a terméseredményekre. Az évjárathatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a normál édes hibrid termés eredménye szignifikánsan a legnagyobb volt 2021-ben, ehhez képest hektáronként 2020-ban több mint egy tonnával, 2022-ben az aszályos évjázatban közel két tonnával kevesebb termést takarítottunk be. A szuperédes kukoricahibrid eredményeit elemezve kimutattuk, hogy az aszály hatása súlyosabb volt, a terméseredmények 6-7 t/ha-ral voltak alacsonyabbak. A nagyobb genetikai termőképesség, gyenge aszálytűréssel párosult (12.ábra).



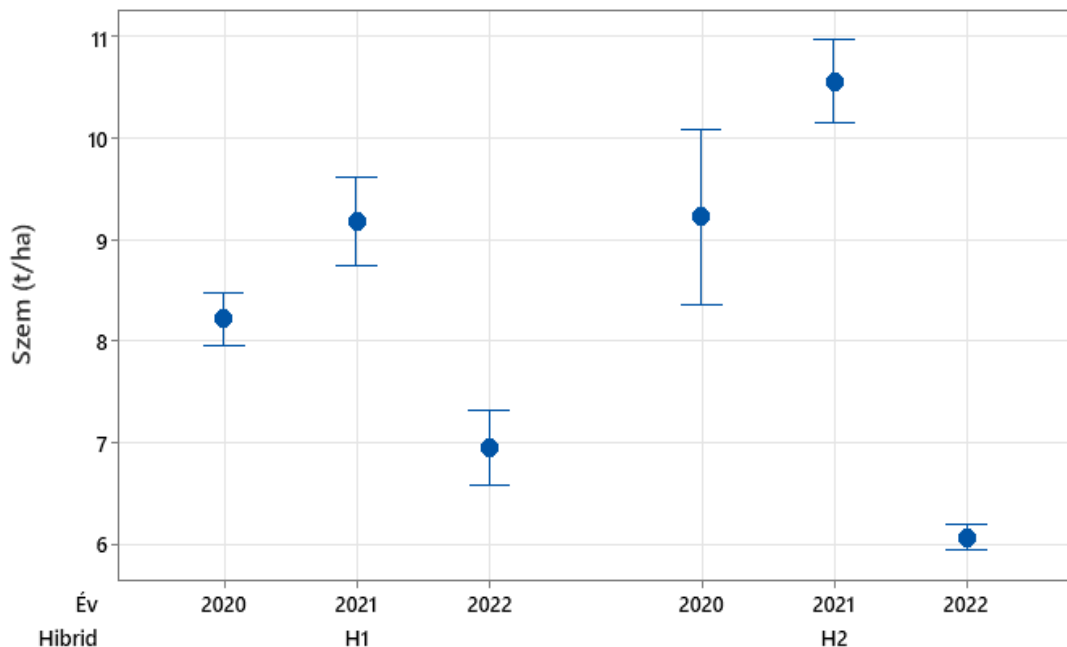
12.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek terméseredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Terméseredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	4,908	4,9078	34,99	0,000
Év	2	80,394	40,1970	286,60	0,000
Hibrid*Év	2	41,426	20,7128	147,68	0,000
Hiba	18	2,52	0,1403	-	-

Kutatási eredményeink alapján értékeltük a feldolgozó ipar számára a legfontosabb paraméter, a nyers szemtömeg eredményeket, az eltérő évjáratokban. A normál édes csemegekukorica hibrid eredményei kedvezőbb évjáratokban hektáronként 8-9 tonna volt. A szuperédes csemegekukorica hibrid nyers szemtömege kedvező évjáratban meghaladta a 10 t/ha, azonban az aszályos évben a kedvezőtlen körülmények hatására négy tonnával kisebb értéket mértünk. A szuperédes csemegekukorica nagyobb érzékenységét, a klimatikus viszonyokra, a szemtömeg adatok szórásának intervalluma is bizonyítja.

A variancia analízis értékei szerint az évek és a hibridek közötti eltérések is szignifikánsak voltak. A hibrid x év hatás is megbízható volt (13.ábra).



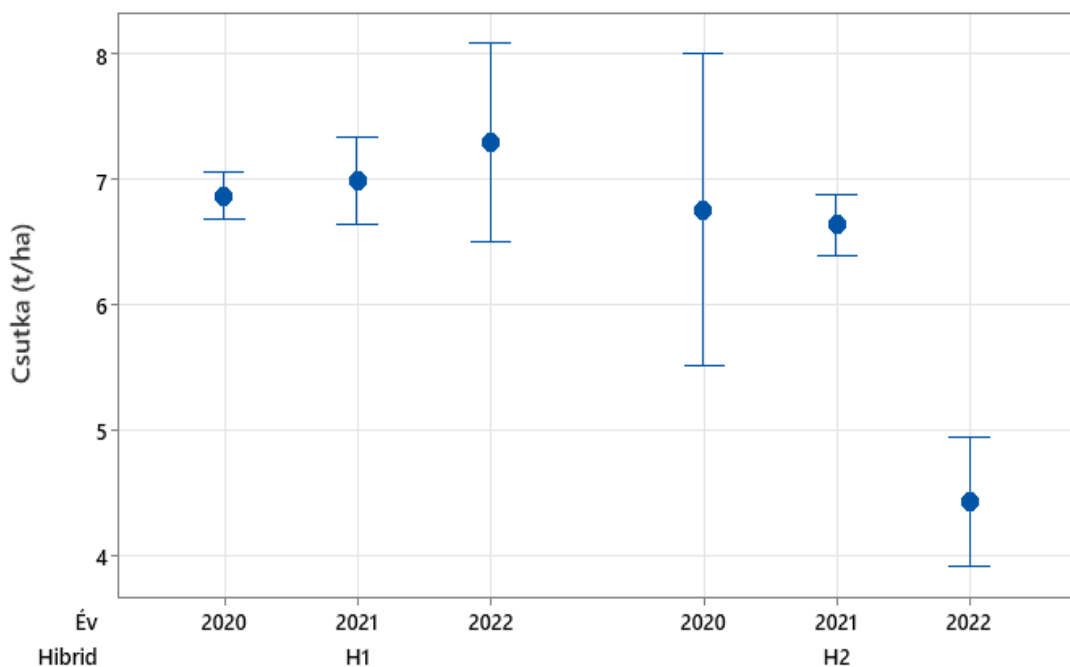
13.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek szemtömeg eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Szemtömeg eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	1,487	1,4865	17,13	0,001
Év	2	46,715	23,3573	269,16	0,000
Hibrid*Év	2	5,874	2,9371	33,85	0,000
Hiba	18	1,562	0,0868	-	-

Normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek terméslemeinek elemzése alapján megállapítottuk, hogy a legnagyobb különbségeket mind az évjáratok, mind a hibridek között a nyers csutkatömeg eredmények mutatták. Az élelmiszeripari feldolgozás során gazdasági szempontból a kisebb csutkatömeg kedvezőbb. A két hibrid között, az évek átlagában a szuperédes csemegekukorica hibrid javára szignifikáns különbség volt, ugyanakkor a hibridek átlagában a csutkatömeg 2020-ban és 2021-ben nem különbözött.

Varianciaanalízissel megállapítottuk, hogy a hibridek közötti értékek szerint a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek csutkatömege 2022-ben az aszályos évjáratban, nagymértékben, szignifikánsan eltérő volt. Jelentősen 39%-kal volt kedvezőbb a szuperédes csemegekukorica csutkatömege, mint a normál édes hibridé (14.ábra).



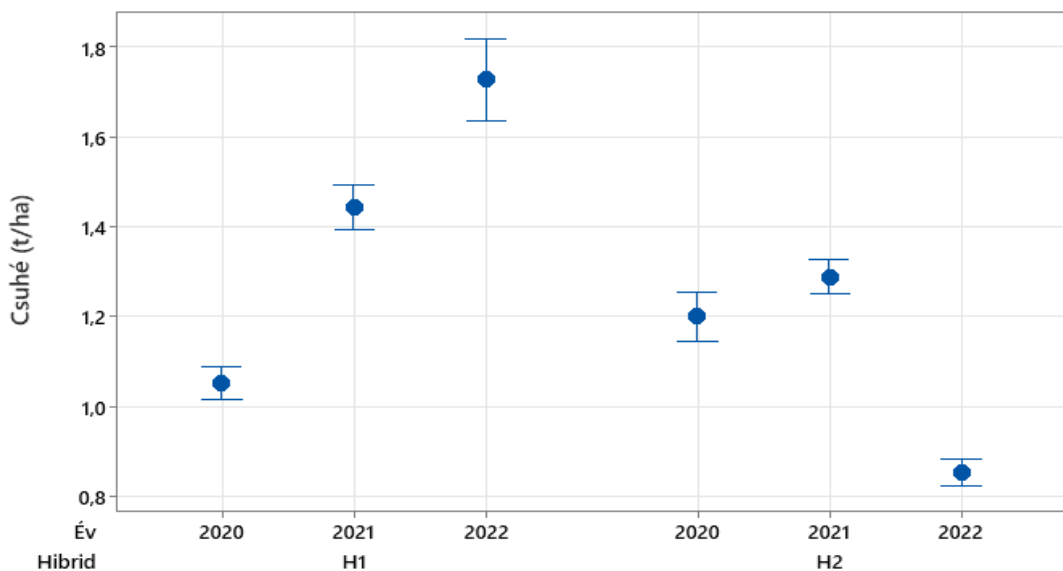
14.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek csutkatömeg eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Csutkatömeg eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	7,385	7,3848	42,40	0,000
Év	2	4,810	2,4048	13,81	0,000
Hibrid*Év	2	9,271	4,6354	26,61	0,000
Hiba	18	3,135	0,1742	-	-

A csemegekukorica termelők a friss termést csövesen, csuhéval szállítják a feldolgozó üzembe. Átvételkor az üzem átlagosan 9-10%-ot von le a nyerstermésből, a csuhé miatt. Mindkét fél számára előnyös, ha bő termő, jó minőségű csemegekukorica hibrideket használnak a termelők, lehetőleg nem nagy csuhé tömeggel. A csuhé tömege alapvetően függ a termesztett csemegekukorica hibrid genotípusától és az évjáratától is jelentős.

A variancia analízis elemzés alapján megállapítottuk, hogy a normál édes csemegekukorica hibrid csuhétömege a jelentősen (40-60%-kal) nagyobb aszályos évjáratban. A két hibrid, a vizsgált évek átlagában megbízhatóan különbözött, bizonyítva, hogy a genotípusok megválasztása ezért is fontos. Megállapítottuk, hogy az évjáratok közötti különbség szignifikáns. A szuperédes csemegekukorica nyers csuhétömege a kedvező és a kedvezőtlen, aszályos évjáratban egyaránt megbízhatóan, lényegesen alacsonyabb. A normál édes csemegekukorica hibrid aszályos évjáratban 14%-kal nagyobb csuhétömeget képzett, mint a kedvező évjáratban (15.ábra).



15.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek csuhétömeg eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

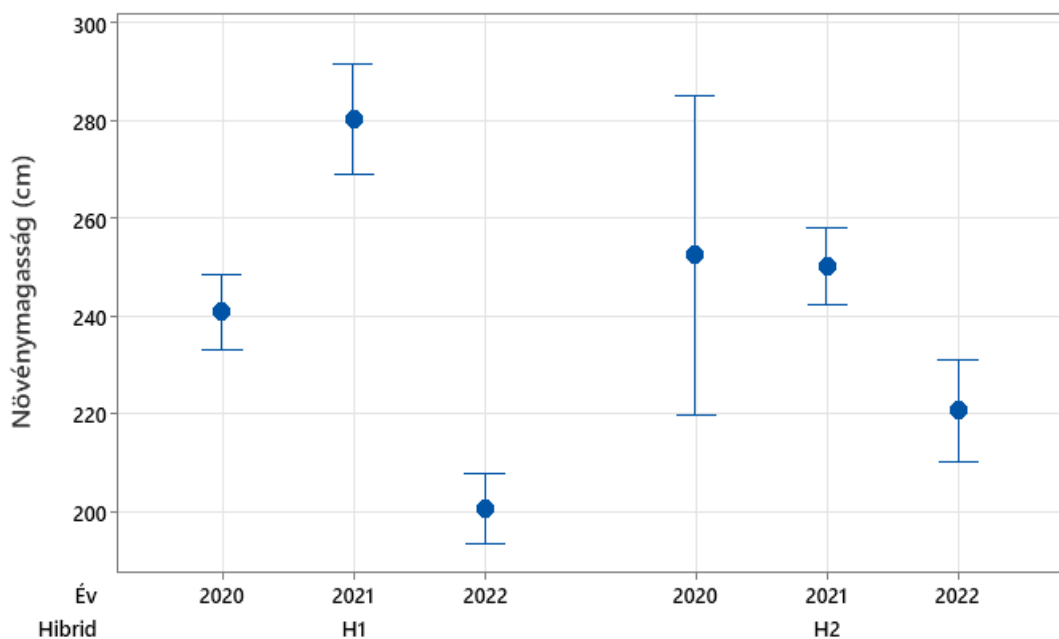
### Csuhétömeg eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	0,51422	0,514215	448,41	0,000
Év	2	0,23988	0,119941	104,59	0,000
Hibrid*Év	2	1,09602	0,548012	477,88	0,000
Hiba	18	0,02064	0,001147	-	-

A csemegekukorica hibridek fenológiai felvételezési adatainak felhasználásával statisztikailag is értékeltük a növények magasság és szárátmérő adatait, eltérő évjáratokban. A növények magassága, a vizsgált években jelentős különbségeket mutattak, de három év átlagában a két hibrid nem különbözött.

Szignifikáns volt az évek közötti különbség, a két hibrid átlagában. A normál édes csemegekukorica növényállomány volt a legmagasabb 2021-ben, a kedvezőbb évjáratban (280 cm). Ugyanakkor aszály hatására lényegesen alacsonyabb állománymagasságot (200 cm) mértünk a normálédes hibridnél.

A variancia analízis értékei szerint az évek és a hibridek közötti eltérések szignifikáns különbségeket csak az aszályos, 2022-ben mutattak, mind a normál édes, mind a szuper édes hibridek esetén. 2021-ben csak a normál édes hibrid különbözött, 2020-ban nem volt megbízható különbség (16.ábra).



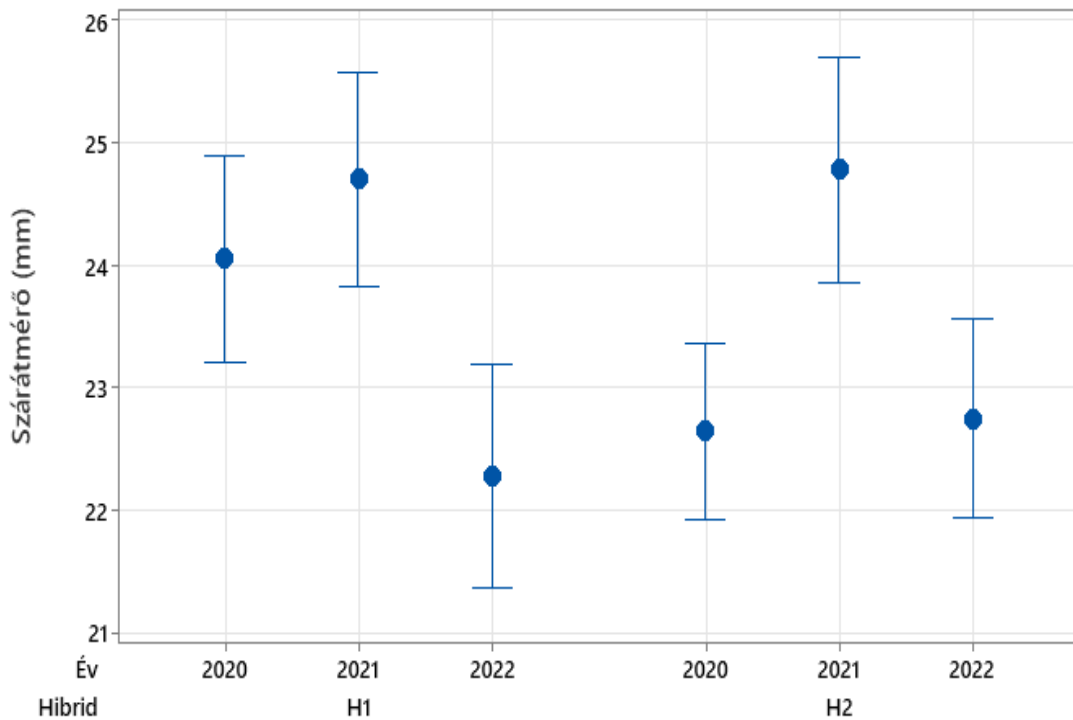
16.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek növénymagasság eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Növénymagasság eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	1,5	1,50	0,02	0,902
Év	2	12289,3	6144,67	63,35	0,000
Hibrid*Év	2	2863,0	1431,50	14,76	0,000
Hiba	18	1746,0	97,00	-	-

A szár átmérő adatok statisztikai értékelése alapján megállapítottuk, hogy a szár átmérő kedvező évjáratban mindkét hibridnél nagyobbak, mint aszályos évjáratban. A vizsgált három évjáratban, az átlagos szár átmérő adatok szignifikáns különbséget mutattak.

Három évjáratban a vizsgált két hibrid szár átmérő adatai két, megbízhatóan különböző csoportba tartoztak. Az egyik csoport 2020-ban a normál édes, 2021-ben mind a két hibrid, míg a másik csoport 2020-ban szuperédes és az aszályos évben mind a két típusú hibrid volt (17.ábra).



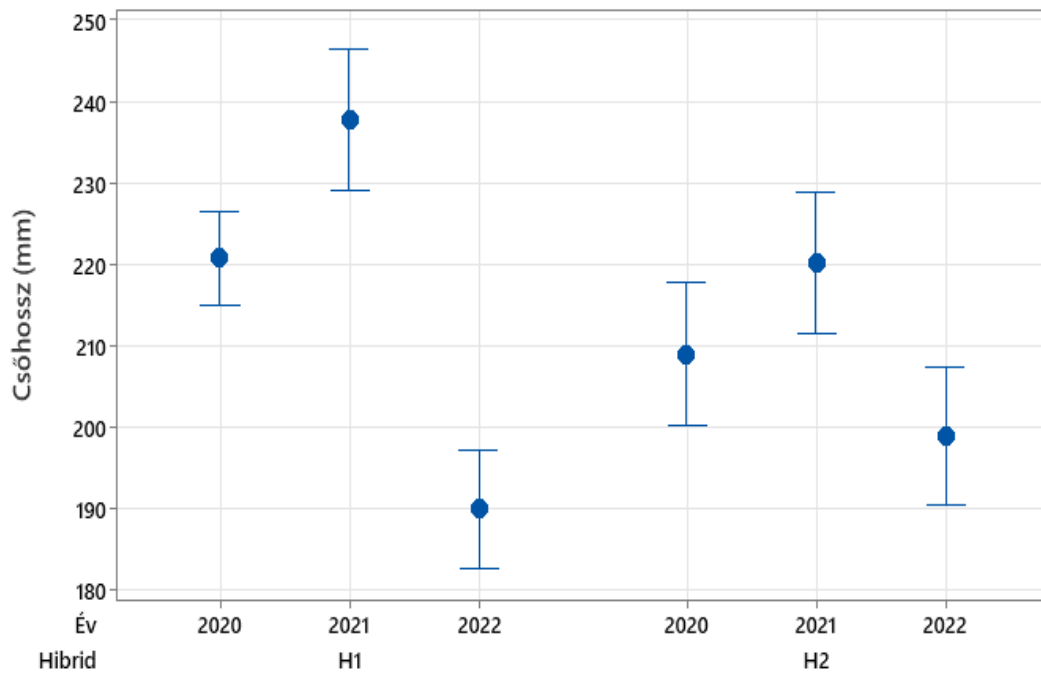
17.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek szárátmérő eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Szárátmérő eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	0,4817	0,4817	1,70	0,209
Év	2	20,2058	10,1029	35,62	0,000
Hibrid*Év	2	3,9008	1,9504	6,88	0,006
Hiba	18	5,1050	0,2836	-	-

A csőhossz, a vizsgált évek átlagában megbízhatóan különbözött a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek esetében. Ugyancsak megbízhatóan különbözött a vizsgált három évben a normál édes csemegekukorica hibrid csőhossza.

A szignifikancia értékek alapján az évek és a hibridek közötti eltérések megbízható különbségeket mutattak, kivéve a normálédes 2020-ban és a szuper édes 2021-ben mért csőhossz értékei (18. ábra).



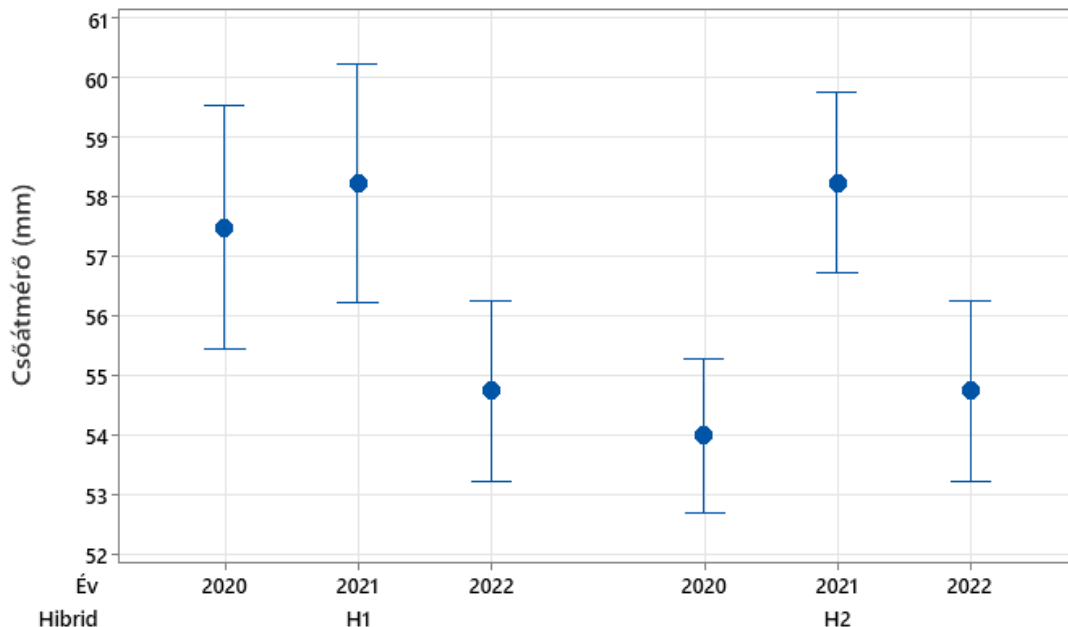
18.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek csőhossz eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

#### Csőhossz eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	273,4	273,38	10,88	0,004
Év	2	4813,1	2406,54	95,78	0,000
Hibrid*Év	2	777,3	388,63	15,47	0,000
Hiba	18	452,3	25,13	-	-

A csőátmérő adatai a vizsgált évek átlagában a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibrideknél szignifikánsan különböztek, ugyanakkor az évjáratok 2020-ban és 2022-ben nem mutattak megbízható különbséget.

A varianciaanalízis értékei szerint az évek és a hibridek közötti eltérések megbízható különbséget mutattak. A legnagyobb különbségek mindkét hibrid értékeit figyelembe véve, 2021 és 2022 között voltak (19.ábra).



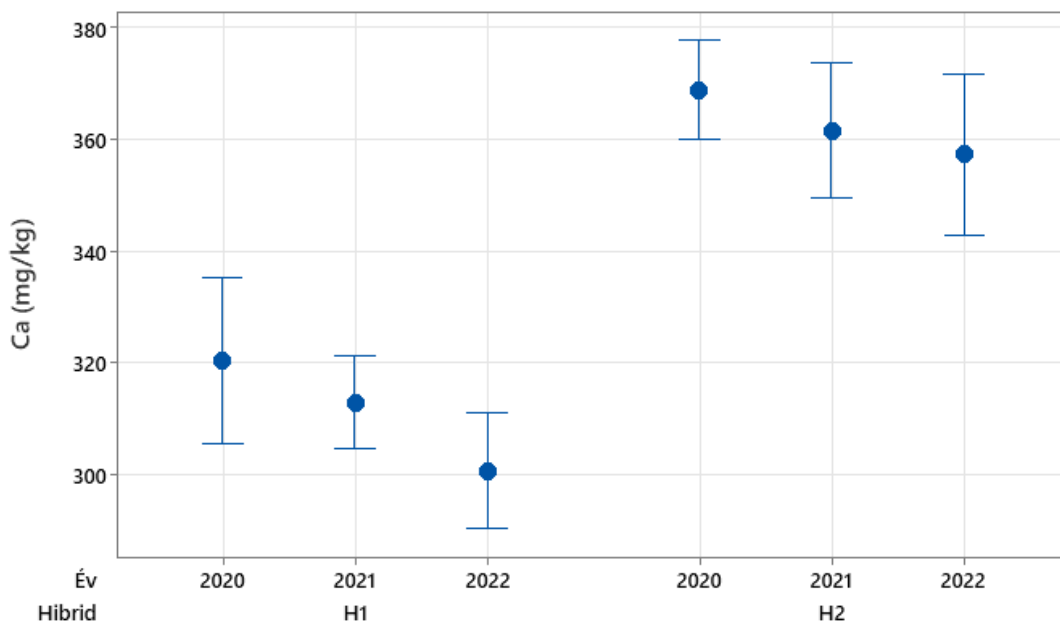
19. ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek csőátmérő eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

#### Csőátmérő eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	8,167	8,167	7,35	0,014
Év	2	52,000	26,000	23,40	0,000
Hibrid*Év	2	16,333	8,167	7,35	0,005
Hiba	18	20,000	1,111	-	-

A szántóföldi csemegekukorica kísérletek megbízható paramétereket szolgáltatnak a beltartalmi értékekről. A normálédes és a szuper édes csemegekukorica hibridek ásványi anyag tartalmi adatainak felhasználásával vizsgáltuk az évjáratok és a hibrid x évjáratok kapcsolatot.

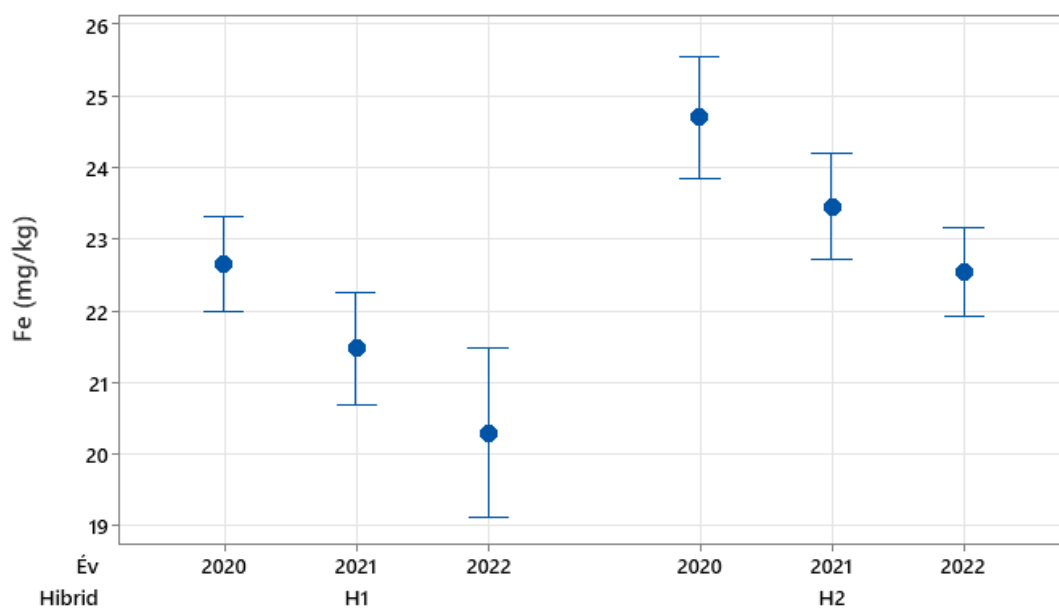
A variancia analízis eredménye szerint a vizsgált évek átlagában, a normál édes és a szuperédes csemege kukorica Ca, Fe, K, Mg, Zn tartalma szignifikánsan különbözött, kivéve a P tartalmat. Az évjárathatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a Fe, a K, a Mg, tartalomnak megbízhatóan nem különböztek, de az aszályos évben (2022-ben), megbízhatóan eltértek az előző két évben mért beltartalmi értékektől (20-25. ábra).



20.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek kalcium eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

#### Kalcium eredmények variancia analízise

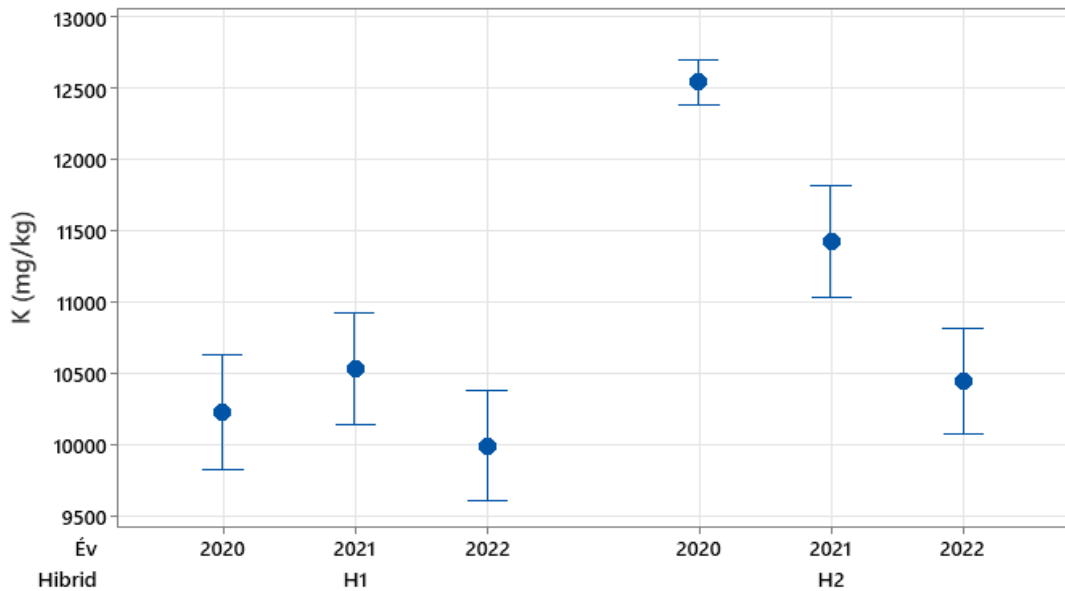
Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	15657,0	15657,0	285,76	0,000
Év	2	977,6	488,8	8,92	0,002
Hibrid*Év	2	88,1	44,0	0,80	0,463
Hiba	18	986,2	54,8	-	-



21.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek vas eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

Vas eredmények variancia analízise

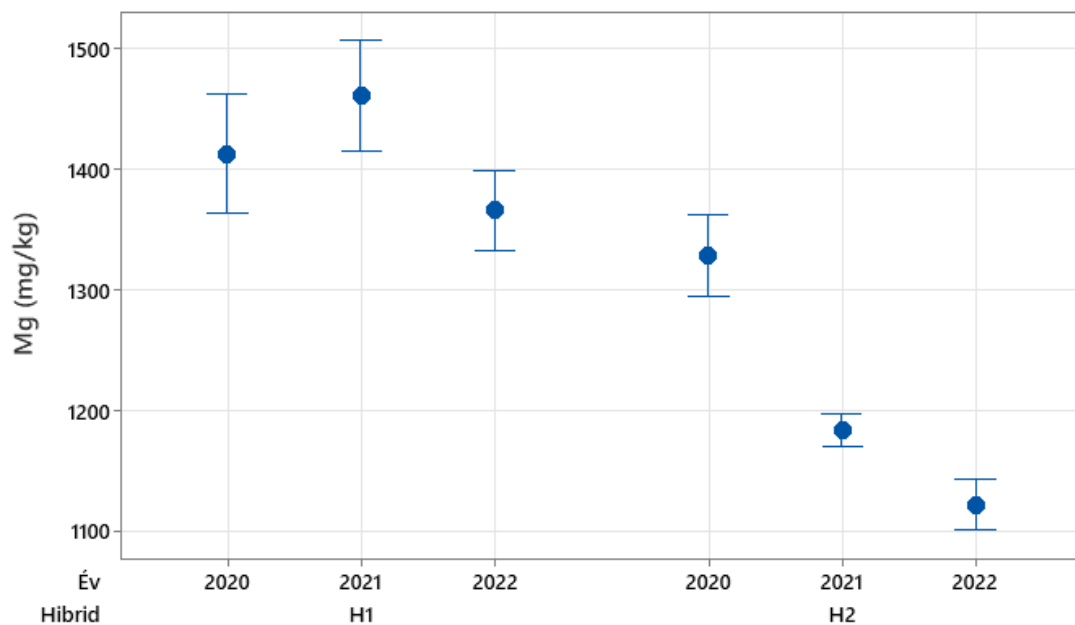
Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	26,2504	26,2504	97,27	0,000
Év	2	20,2908	10,1454	37,59	0,000
Hibrid*Év	2	0,0808	0,0404	0,15	0,862
Hiba	18	4,8575	0,2699	-	-



22.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek kálium eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

Kálium eredmények variancia analízise

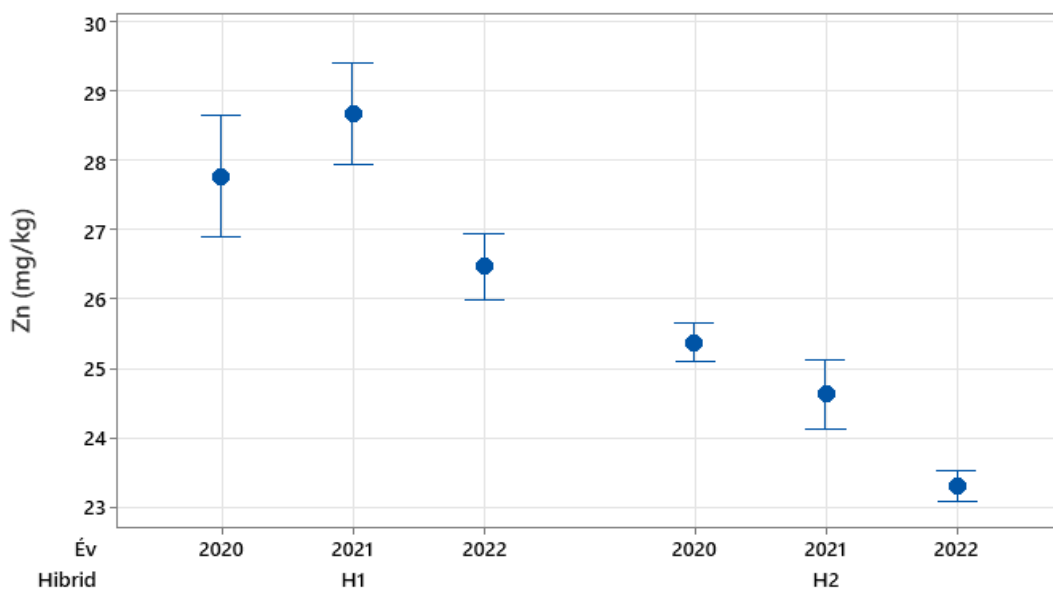
Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	8929180	8929180	173,90	0,000
Év	2	5621071	2810536	54,74	0,000
Hibrid*Év	2	3753418	1876709	36,55	0,000
Hiba	18	924242	51347	-	-



23.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek magnézium eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

Magnézium eredmények variancia analízise

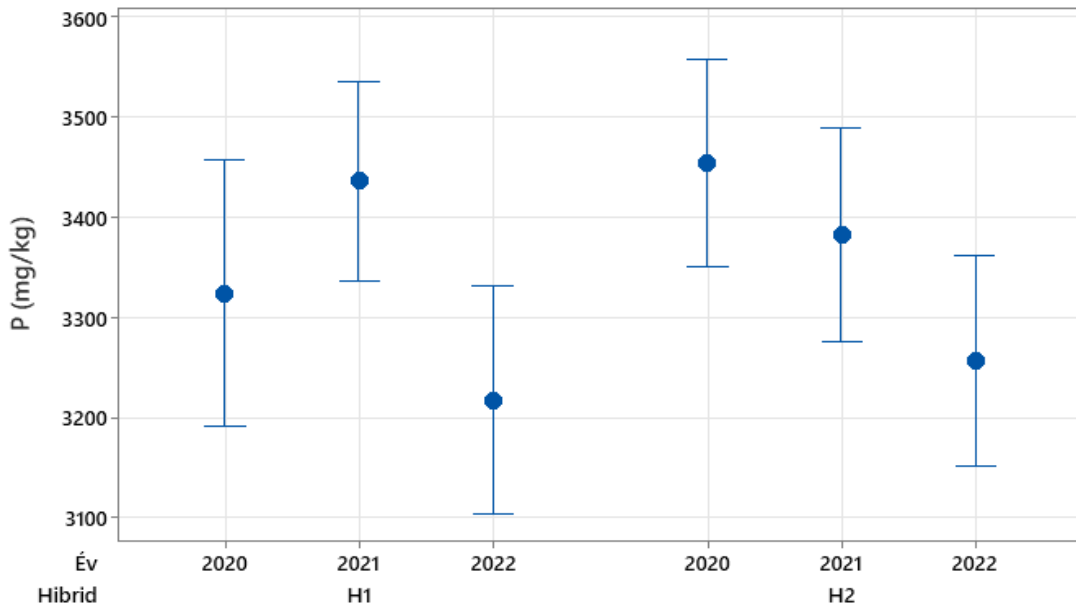
Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	243613	243613	497,11	0,000
Év	2	65462	32731	66,79	0,000
Hibrid*Év	2	42315	21158	43,17	0,000
Hiba	18	8821	490	-	-



24.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek cink eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Cink eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	61,760	61,7604	496,84	0,000
Év	2	15,892	7,9462	63,93	0,000
Hibrid*Év	2	2,726	1,3629	10,96	0,001
Hiba	18	2,238	0,1243	-	-



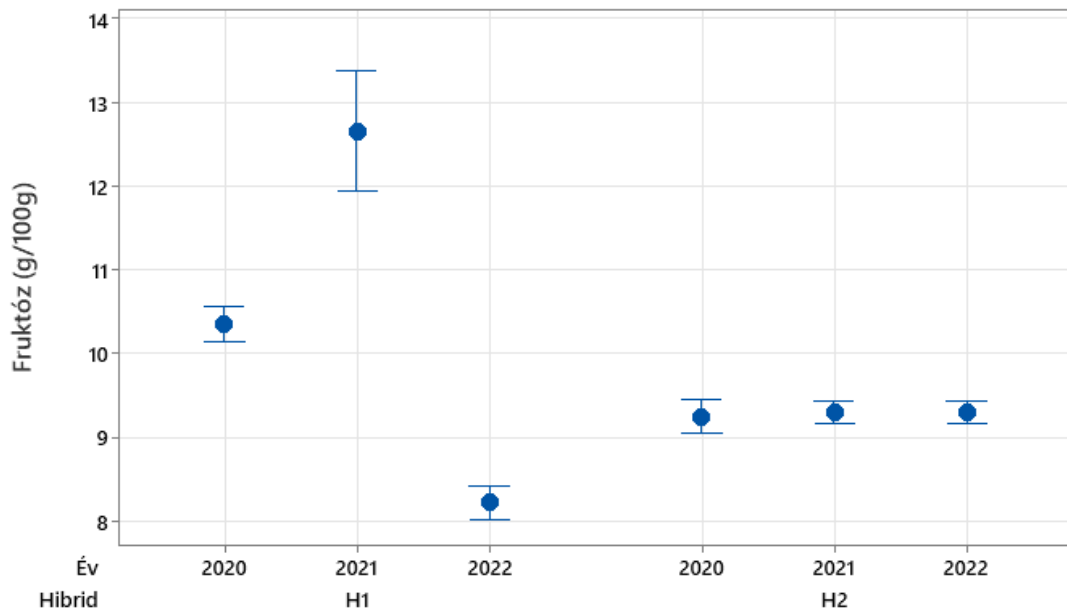
25.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek foszfor eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

### Foszfor eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	8893	8893	1,83	0,193
Év	2	142081	71041	14,64	0,000
Hibrid*Év	2	33492	16746	3,45	0,054
Hiba	18	87363	4854	-	-

A csemegekukorica termesztők számára a hibridek megválasztásakor az ásványi anyag tartalmak mellett fontos a kukoricaszem cukortartalma. Kísérleteinkben vizsgáltuk a normálédes és a szuper édes csemegekukorica fruktóz és szacharóz tartalmát. A variancia analízis értékei szerint, a vizsgált évek átlagában a normálédes és szuperédes csemegekukorica fruktóztartalma szignifikánsan különbözött, azonban a szacharóz tartalom nem.

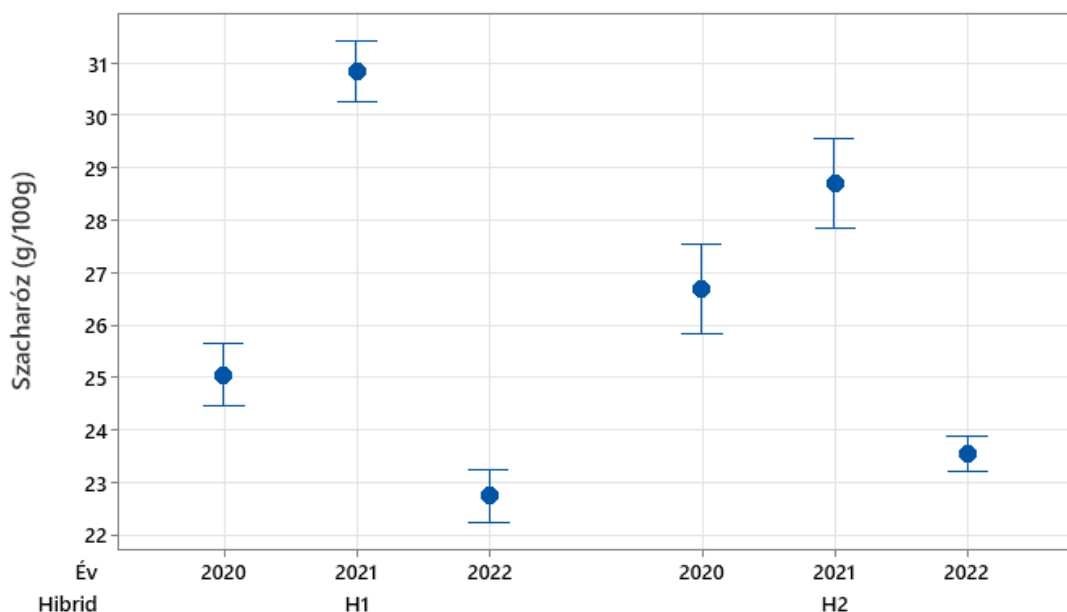
Az évjárathatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a vizsgált évjáratok mind a fruktóz, mind a szacharóz tartalmakra szignifikánsan hatottak. A kedvezőbb évjáratokban megbízhatóan magasabb cukortartalmakat mértünk. Az aszály jelentősen csökkentette a cukortartalmakat, 2021-hez viszonyítva 2022-ben a fruktóz 2,2%-kal, a szacharóz 6,6%-kal volt kevesebb (26-27.ábra).



26.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek fruktóz eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

#### Fruktóz eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	7,5937	7,59375	171,39	0,000
Év	2	19,6058	9,80292	221,26	0,000
Hibrid*Év	2	19,5825	9,79125	220,99	0,000
Hiba	18	0,7975	0,04431	-	-



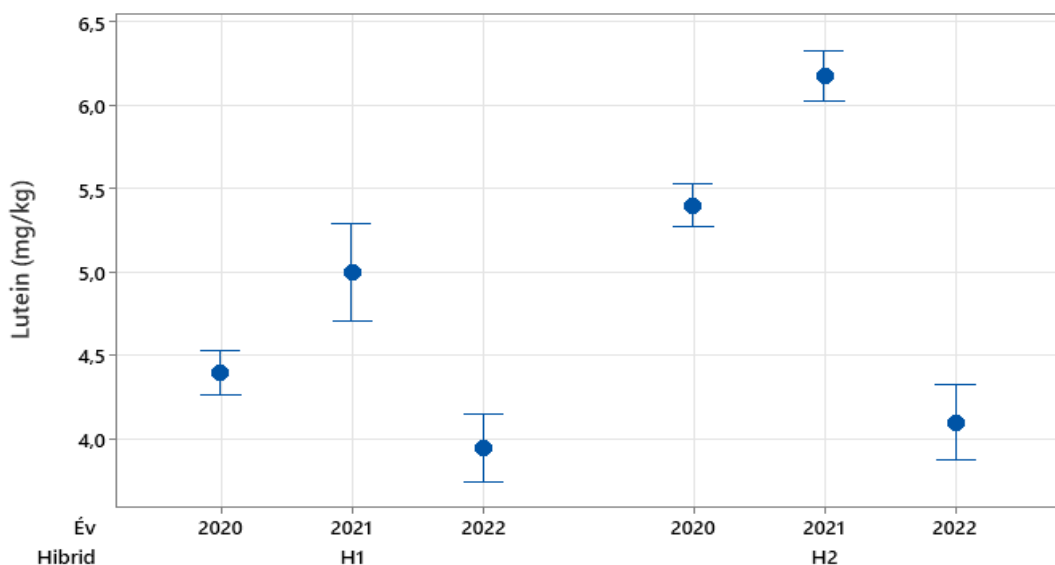
27.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek szacharóz eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

#### Szacharóz eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	0,070	0,0704	0,43	0,520
Év	2	176,702	88,3512	541,39	0,000
Hibrid*Év	2	15,686	7,8429	48,06	0,000
Hiba	18	2,937	0,1632	-	-

Az egészséges táplálkozás tekintetében a csemegekukorica beltartalmi értékei közül az egyik legfontosabb a lutein. Szántóföldi kísérletünkben vizsgáltuk a lutein és a zeaxanthin tartalmakat. A varianciaanalízis értékei szerint a vizsgált évek átlagában a normál édes és a szuperédes csemegekukorica lutein tartalma megbízhatóan különbözött, azonban a zeaxanthin tartalom nem.

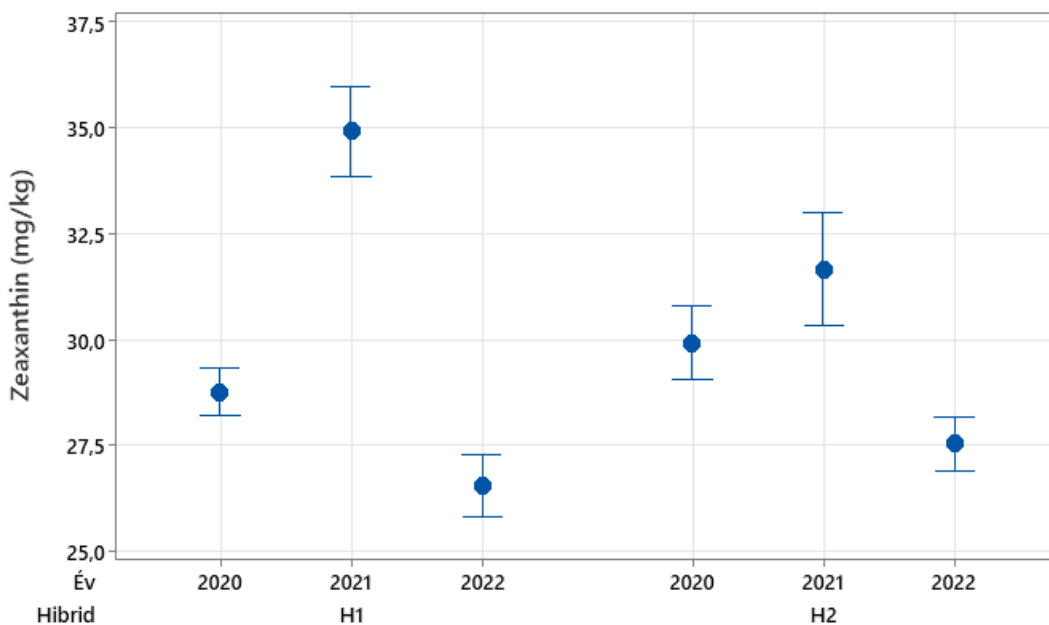
Megállapítottuk, hogy a vizsgált évek mindegyikében, mind a lutein, mind a zeaxanthin tartalmak szignifikánsan különböztek. Az aszály hatására mind a lutein, mind a zeaxanthin szintézis csökkent, lényegesen alacsonyabb értékeket mutattak, a csemegekukorica hibridek (28-29.ábra).



28.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek lutein eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

Lutein eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	3,6037	3,60375	233,76	0,000
Év	2	9,8125	4,90625	318,24	0,000
Hibrid*Év	2	1,2025	0,60125	39,00	0,000
Hiba	18	0,2775	0,01542	-	-



29.ábra. Normál édes és szuperédes csemegekukorica-hibridek zeaxanthin eredménye eltérő évjáratokban t/ha, Debrecen, 2020-2022

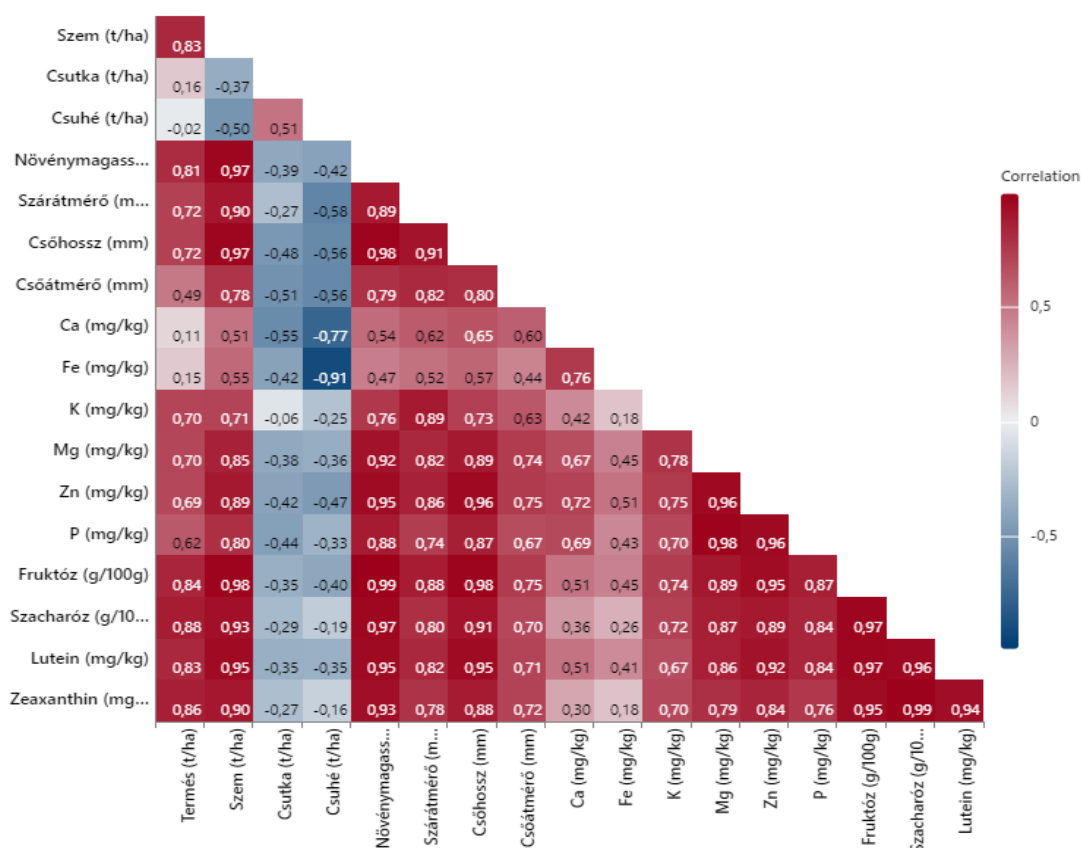
#### Zeaxanthin eredmények variancia analízise

Forrás	DF	Adj SS	Adj MS	F-Érték	P-Érték
Hibrid	1	0,807	0,8067	2,48	0,133
Év	2	159,880	79,9400	245,97	0,000
Hibrid*Év	2	24,963	12,4817	38,41	0,000
Hiba	18	5,850	0,3250	-	-

#### **4.5.2. Normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek összefoglaló statisztikai értékelése három évjáratban**

A szántóföldi csemegekukorica hibridek kutatási eredményei értékes összefüggés elemzéseket tesznek lehetővé, kedvező és aszályos évjáratokban. A normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek összehasonlító értékelésének megbízhatóságát növeli, hogy három eltérő évjárat adatai állnak rendelkezésre. Először a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek eredményeit, a vizsgált három év átlagában értékeltük, felhasználva a mért paraméterek korreláció analíziseit (30-31.ábra). A statisztikai értékelésalapján megállapítottuk, hogy a normál édes és a szuperédes csemegekukorica termés eredményei egyaránt erős pozitív korrelációt (0,7) mutattak a szentőmeg mennyiségével és a K, Zn, P szacharóz, lutein valamint a zeaxanthin tartalommal. Ugyanakkor ilyen szoros pozitív korrelációt a termés csak a szuperédes csemegekukorica esetében mutatott, a csutka és a csuhé mennyiségekkel. Közepes pozitív korrelációt (0,4-0,7) mutatott a szuperédes csemegekukorica termése Ca és Fe tartalmakkal. A vizsgált három év átlagában a két hibrid között a legnagyobb különbség a fruktóz tartalomban volt. A normál édes hibrid esetében a termés – fruktóz korreláció pozitív (0,84), míg a szuperédes hibrid esetében negatív (-0,13) volt.

Hibrid = H1



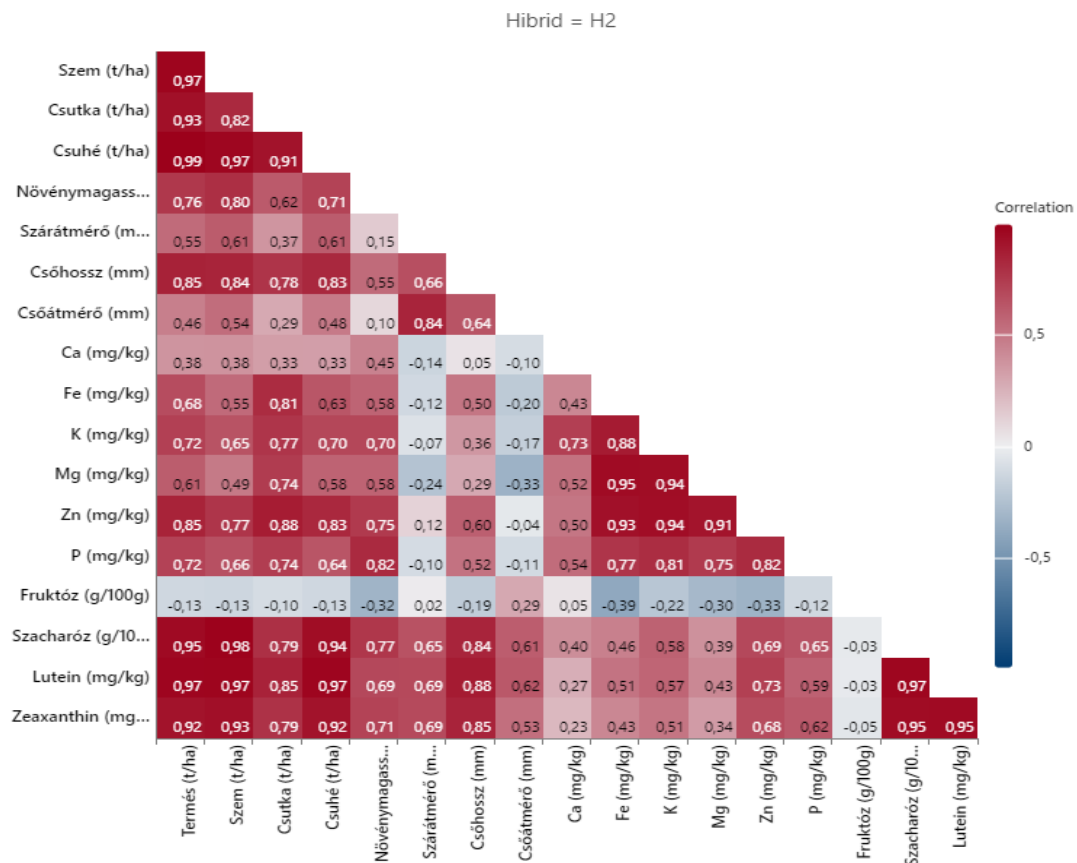
30.ábra. Korreláció a különböző mért paraméterek között a H1 genotípusnál az évek átlagában

A csutka és a csuhé korrelációja a többi paraméterrel kapcsolatosan teljesen különbözött, ellentétesen alakult. A szuperédes csemegekukorica csutka és csuhé paraméterei erős pozitív korrelációt mutattak a Fe, K, Zn, P, szacharóz, lutein és zeaxanthin tartalmakkal, kivéve a fruktózt.

A normál édes csemegekukorica paraméter korrelációs eredményei ezzel ellentétben negatív összefüggést mutattak. A csutka és a csuhé paraméterei közepesen erős negatív korrelációt mutattak az Fe, Mg, Ca, P, Zn és gyenge negatív összefüggést a K, fruktóz, szacharóz, lutein, zeaxanthin tartalmakkal.

Mindkét hibrid esetében a Ca értékek közepes pozitív összefüggést mutattak a Mg, P, Zn és gyenge pozitív korrelációt a szacharóz, lutein, zeaxanthin tartalmakkal. A Fe tartalmak a normál édes és a szuperédes kukorica paraméterekkel pozitív, eltérő erősségű korrelációt jelentettek. A szuperédes csemegekukorica Fe tartalma erős pozitív összefüggést mutatott a K, Mg, Zn, P és közepes pozitív értékeket a szacharóz, lutein, zeaxanthinnal. Ettől eltérően a normál édes csemegekukorica Fe tartalma gyenge pozitív

korrelációt mutatott a Mg, Zn, K, P, fruktóz, szacharóz, lutein, zeaxanthin tartalmakkal. A K tartalom erős pozitív korrelációt mutatott, mind a két hibridnél, a Zn, Mg és P tartalmakkal. A K tartalom a szuperédes hibridnél pozitív közepes, a normál édes hibridnél erős korrelációt mutatott a szacharóz, lutein és zeaxanthin tartalmakkal. A lutein paraméterek mind a két hibridnél erős pozitív korrelációt mutattak a zeaxanthin tartalmakkal.

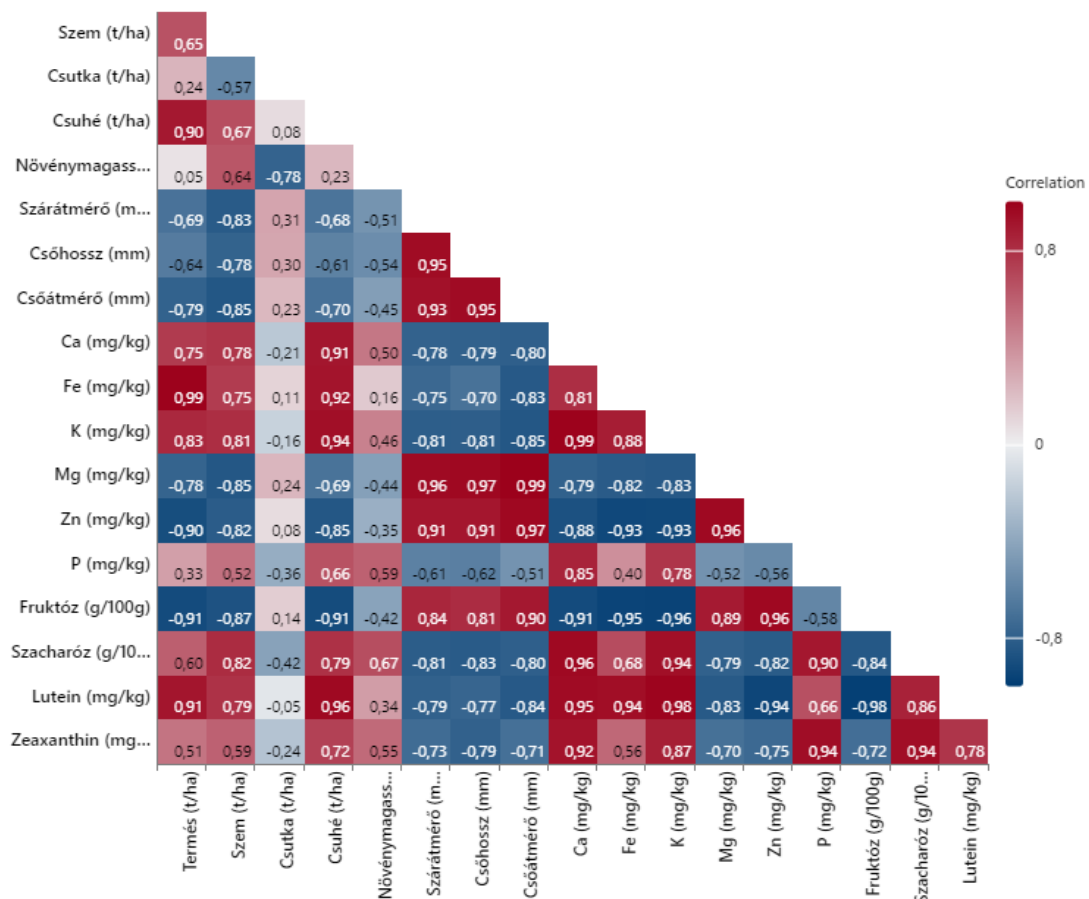


31.ábra. Korreláció a különböző mért paraméterek között a H2 genotípusnál az évek átlagában

Szántóföldi kísérletben az évjárathatás értékelés megbízhatóságát növelte, hogy a vizsgált években (2020, 2021, 2022) a két hibrid átlagában elemeztük a különböző paraméterek között korrelációs értékeket (32, 33, 34.ábra). 2020-ban a terméseredmények erős pozitív összefüggést mutattak a szemtömeg, csuhé, Ca, Fe, K, lutein tartalmakkal, közepes pozitív a szacharózzal és a zeaxanthinnal, gyenge pozitív a csutka és a P tartalmakkal. A termés erős negatív korrelációban volt a Mg, Zn és fruktóz esetében. A szemtömeg erős pozitív korrelációt mutatott a csuhé, Ca, Fe, K, szacharóz, lutein tartalmakkal. Erős negatív összefüggést mutatott a szemtömeg a Mg, Zn, fruktóz tartalmakkal. A csutka tömege gyenge pozitív kapcsolatban volt a csuhé Fe, Mg, Zn, fruktóz és gyenge negatív

volt a Ca, K, P, szacharóz, lutein, zeaxanthin tartalmakkal. erős negatív összefüggést mutatott a szemtömeg a Zn, Mg fruktóz tartalmakkal. A csutka tömege gyenge pozitív kapcsolatban volt a csuhé, Mg, Fe, Zn, fruktóz és gyenge negatív volt a K, Ca, P, szacharóz, lutein, zeaxanthin tartalmakkal. A Ca tartalmak erős pozitív kapcsolatban voltak a Fe, K, P, szacharóz, lutein, zeaxanthin értékekkel. A Fe tartalom erős pozitív korrelációban volt a K, szacharóz, lutein, és erős negatív összefüggésben a Mg, Zn, fruktóz értékekkel. A K értékek, a Fe adatokhoz hasonló összefüggéseket mutattak, erős pozitív volt a P, fruktóz, lutein, zeaxanthin és erős negatív korreláció a Mg, Zn és fruktóz esetében. A Mg és Zn tartalmak azonos szintű negatív erős összefüggést mutattak a szacharózzal, a luteinnel és a zeaxanthinnal. A P erős pozitív kapcsolatban volt a szacharóz, a lutein és a zeaxanthin értékekkel.

Év = 2020



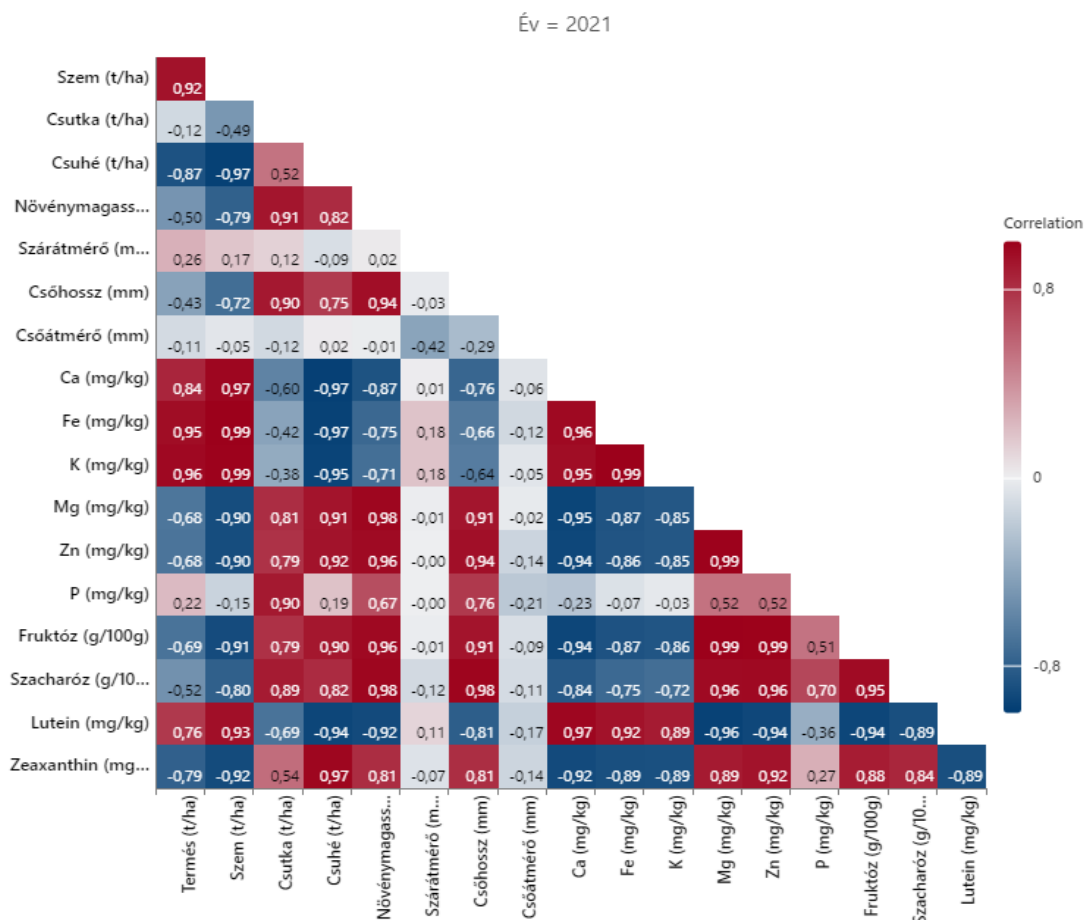
32.ábra. Korreláció a különböző mért paraméterek között a genotípusok átlagában 2020-ban

2021-ben a paraméterek értékei, összefüggései közel voltak a 2020-ban mért értékekhez és távol a 2022-es, az aszályos év adataitól. A terméseredmények erős pozitív összefüggést mutattak a szemtömeg, Ca, Fe, K, lutein adataival, de erős negatív

korrelációt a csuhé, Mg, Zn és fruktóz értékekkel. A szemtömeg elemzések hasonló összefüggéseket mutattak, erős pozitív korrelációt a Ca, Fe, K, lutein tartalmakkal és negatív összefüggést a csutka, csuhé, Mg, Zn, fruktóz, szacharóz, zeaxanthin adatokkal. A csutka tömegek közepes negatív összefüggést mutattak a CA, Fe, K, lutein adatokkal és erős pozitív korrelációt a Mg, Zn, P, fruktóz, szacharóz értékekkel. A csuhé adatok elemzése alapján megállapítottuk, hogy az összefüggések hasonlóak a csutka értékeihez, azonban mind pozitív, mind a negatív korrelációerősebb az egyes paraméterek esetében.

2021-ben, kedvező évjáratban megállapítottuk, hogy a Ca, Fe, K paraméterek közel azonos korrelációs értékeket mutattak erős pozitív összefüggést a luteinnel és erős negatív korrelációt a Mg, Zn, fruktóz, szacharóz, zeaxanthin tartalmakkal. Ugyanakkor a Ca erős pozitív összefüggést mutatott a Fe, K tartalmakkal és a Fe a K-mal.

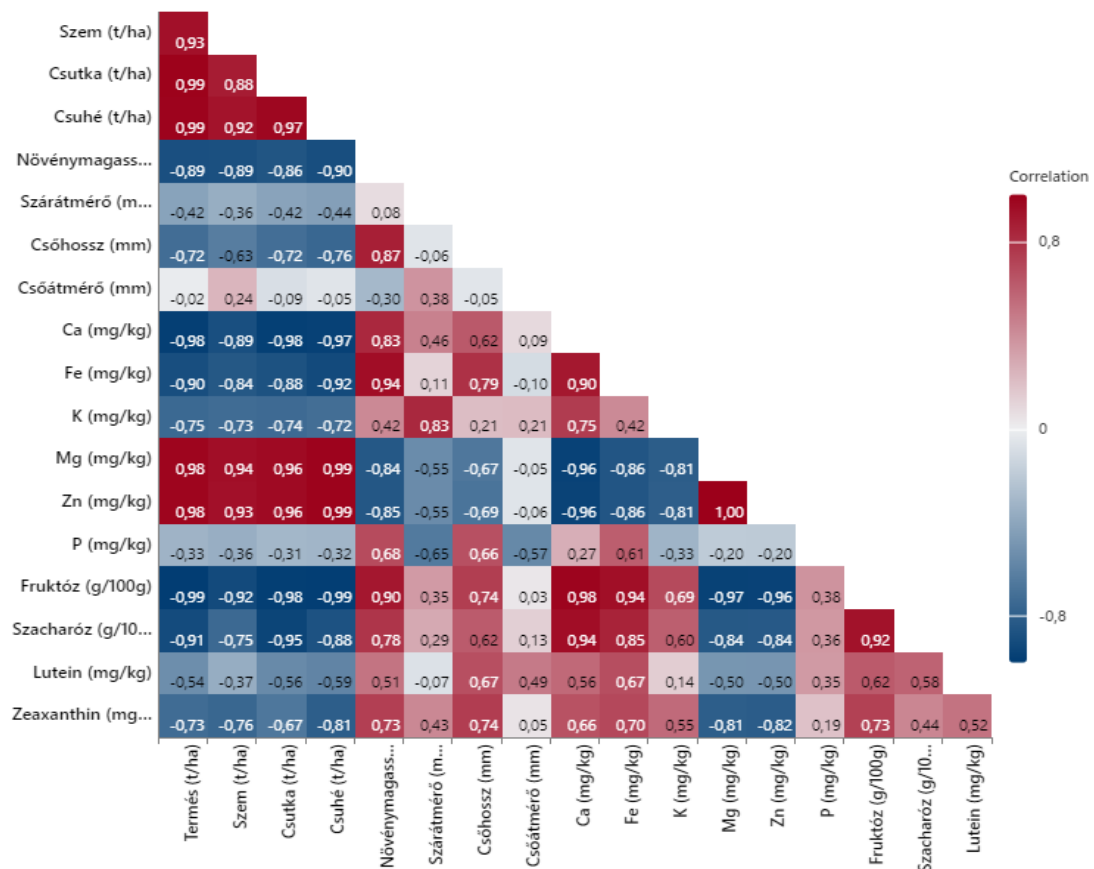
Erős pozitív összefüggést mértünk egyaránt a Mg, Zn esetében a fruktóz, szacharóz, és zeaxanthinnal. Kedvező évjáratban erős pozitív volt a korreláció a fruktóz, a szacharóz és a zeaxanthin között.



33.ábra. Korreláció a különböző mért paraméterek között a genotípusok átlagában 2021-ben

2022-ben, az aszályos évben a paraméterek jelentősen eltértek a kedvezőbb évjáratokban mért értékektől. A terméseredmények erős pozitív korrelációt mutattak a szemtömeg, a csutka, csuhé, Mg, Zn adataival. Szintén erős pozitív összefüggést mutatott a szem, a csuhé, csutka tömeg a Mg, Zn paraméterekkel és a csutka a csuhé adatokkal. Ugyan ekkor az aszály negatív hatása több paraméter csökkenését okozta. A termés, szemtömeg, csutka, csuhé paraméterek egyaránt erős negatív korrelációt mutattak a Ca, Fe, K, fruktóz, szacharóz, zeaxanthin értékekkel és közepes negatív korrelációt mutattak a Ca, Fe, K, fruktóz, szacharóz, zeaxanthin értékekkel és közepes negatív összefüggést a P-ral és a luteinnel. Ugyancsak erős negatív volt a korreláció a Zn, Mg és a fruktóz, szacharóz, zeaxanthin között. Erős pozitív korrelációt mutattunk ki a Ca, és a Fe, K, fruktóz, szacharóz, zeaxanthin között, valamint a Fe és a fruktóz, szacharóz, lutein, zeaxanthin között. A fruktóz erős pozitív összefüggést mutatott a szacharóz, lutein zeaxanthin között. Közepes pozitív volt a korreláció a szacharóz és a lutein, zeaxanthin valamint a lutein és a zeaxanthin között.

Év = 2022



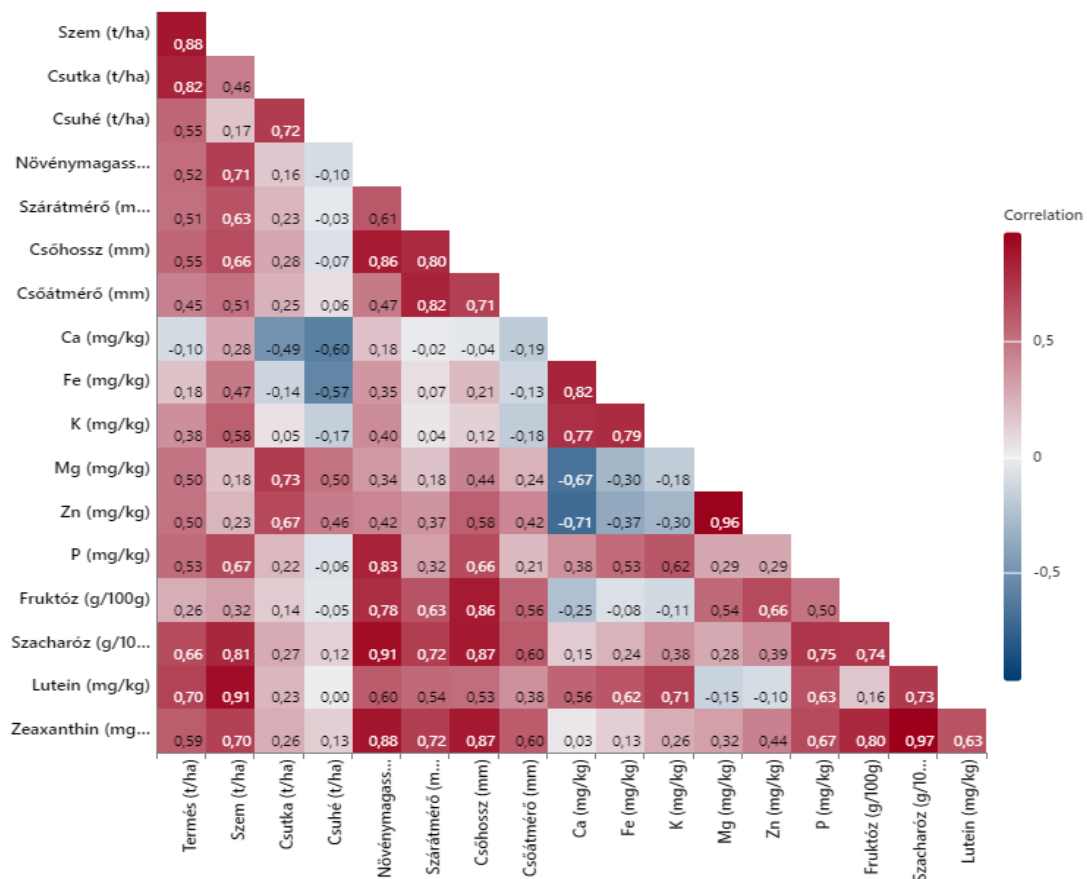
34.ábra. Korreláció a különböző mért paraméterek között a genotípusok átlagában 2022-ben

Összefoglalásként a mért paraméterek alapján elvégeztük az összefüggés értékeléseket a genotípusok és az évek átlagában. Az összefoglalást a korrelációk erőssége alapján készítettük. A termés erős pozitív összefüggést mutatott a szemtömeeggel, a csutkával, a szacharózzal, a luteinnel, közepes pozitív volt a csuhé, K, Mg, Zn, P, zeaxanthin, gyenge pozitív a Fe, fruktóz és csak a Ca tartalommal volt gyenge negatív összefüggés.

A szemtömeg különböző erősséggel pozitív kapcsolatban volt az összes paraméterrel. A szemtömeg erős pozitív összefüggést mutatott a szacharózzal, a luteinnel, a zeaxanthinnal, közepes pozitív kapcsolatot a csutkával, Fe, K, P-ral, gyenge pozitív volt az összefüggés a csuhé, Mg, Zn, Ca és fruktóz tartalmakkal. A csutka és a csuhé paraméterek hasonló korrelációs értékeket mutattak. A csutka erős pozitív összefüggésben volt a csuhé, Mg, Zn értékekkel, gyenge pozitív összefüggést mutatott a K, P, fruktóz, szacharóz, lutein, zeaxanthin és gyenge negatív korrelációt a Ca, Fe esetében. A csuhé paramétereinek összefüggése alig különbözött a csutka adataitól, kivéve, hogy csuhé közepes negatív korrelációt mutatott nem csak a Ca, hanem a Fe esetében is.

Az ásványi elemek korrelációs elemzése alapján megállapítottuk, hogy erős pozitív összefüggést mutatnak a Ca paraméterek Fe, K adataival, a Fe a K-mal, luteinnel, a K a luteinnel, a Mg a Zn-vel, a Zn a fruktózzal, a P a szacharózzal, a luteinnel, a zeaxanthinnal. Az ásványi elemek többsége között gyenge pozitív kapcsolatot találtunk, néhány esetben nagyon gyenge negatív kapcsolatot. Erős negatív kapcsolatot csak a Ca esetében találtunk, a Mg és Zn összefüggésben.

Erős pozitív kapcsolat volt a fruktóz és a szacharóz és zeaxanthin között, a szacharóz és a lutein, valamint a lutein és a zeaxanthin között (35. *ábra*).



35.ábra. Korreláció a különböző mért paraméterek között a genotípusok és az évek átlagában

## 4.6. Csemegekukorica hibridek molekuláris biológiai markereinek értékelése

### 4.6.1. Spektrofotometriai vizsgálatok eredményei

A totál RNS izolálását követően az RNS minőségét spektrofotometria elemzéssel értékeltük (11.táblázat). Az RNS mintáink mennyiségi meghatározásához a 260 nm-en mérhető elnyelést vettük alapul, mivel a nukleinsavaknak (DNS, RNS) ezen a hullámhosszon van abszorbancia maximumuk. Az RNS koncentráció meghatározáshoz 1 µl mennyiséget alkalmaztunk az izolált mintákból. Az RNS izolálását közvetlenül követte a cDNS-szintézis. A laboratóriumi mérésekkel igazoltuk, hogy az RNS minősége megfelelő, az alkalmazott mintatárolás, homogenizálás és RNS izolálás módszer alkalmas, a kritikus pont maga a cDNS szintézis.

11.táblázat. *Spektrofotometriai ellenőrzés nukleinsav szennyeződések kimutatására*

Minták	Hibrikek	Összes RNS (mg)	µg/ml	260/230	260/280
1	H1	83	163,05	2,774	2,218
2	H3	89	202,72	2,506	2,152

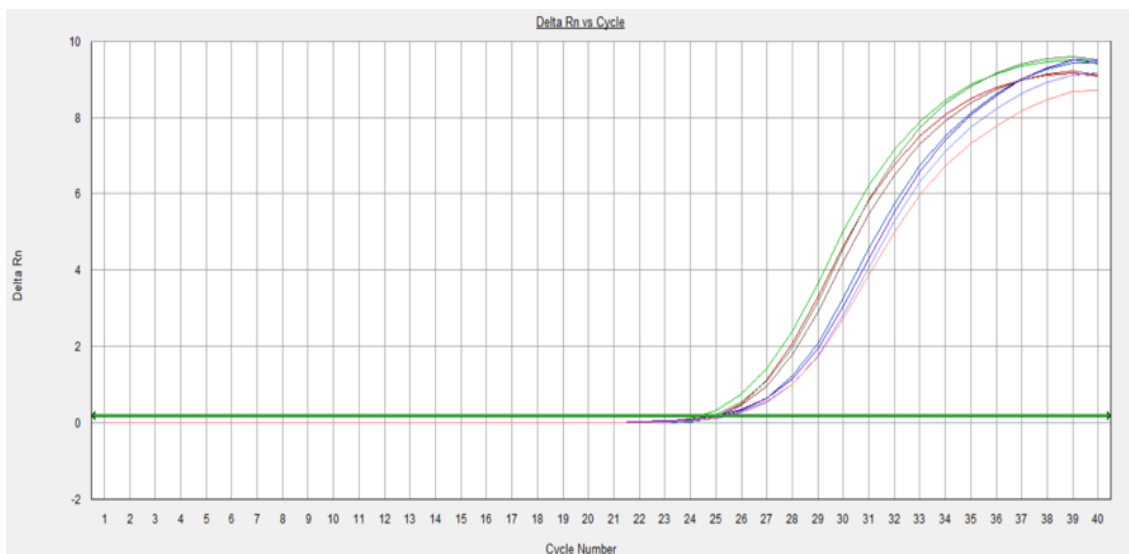
#### 4.6.2. Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése szekvenálással

A referencia géneket a sejtek konstitutívan fejezik ki. Ezek a gének kódolhatják az alapvető anyagcsere-folyamatok enzimjeit, a membrán-, illetve a vázfehérjéket. Egy ilyen génről átíródó messenger RNS (mRNS) mennyiségének meghatározása alapján ki lehet mutatni és korrigálni lehet az egyes minták között előforduló mintavételi eltéréseket. Az általunk kiválasztásra került négy háztartási gén vizsgálata során három adott kielégítő eredményt, különálló olvadáspont-tartományokkal. Minden DNS fragmentumra jellemző az olvadáspontja ( $T_m$ ), amely az a hőmérséklet, melyen az adott DNS fragmentum 50%-ka egyszálú. Az általunk vizsgált csemegekukorica hibridek (H1, H3) referencia génjenek, ez a három gén - Aktin, Ubiquitin és Tubulin - PCR termékét megtisztítottuk, szekvenáltuk és releváns találatokat adtak az NCBI adatbázisban lefutott BLAST keresés során. A 4 referenciagén közül három adott kielégítő eredményt, különálló olvadáspont-tartományokkal így a további vizsgálatainkhoz ezek a gének kerültek kiválasztásra (12.táblázat).

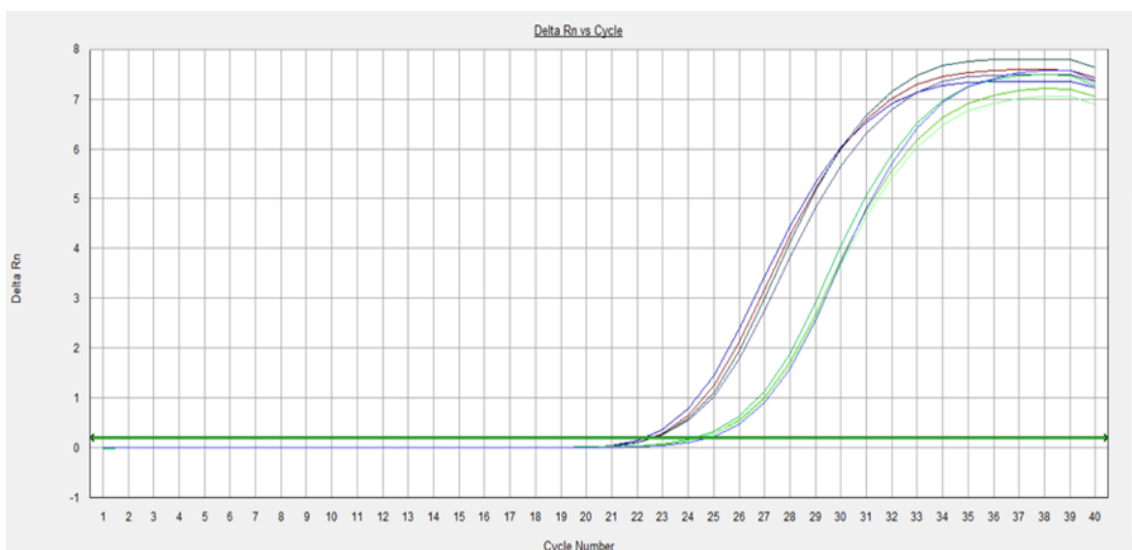
12.táblázat. *Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése Sanger szekvenálással*

	H1	H3	$T_m$ range
<b>TUB</b>	+ /SEQ	+ /SEQ	<b>78,9–79,1</b>
<b>ACT</b>	+ /SEQ	+ /SEQ	<b>83,9–84,4</b>
<b>UBI</b>	+ /SEQ	+ /SEQ	<b>77,5-77,9</b>
<b>TLG</b>	-	-	-

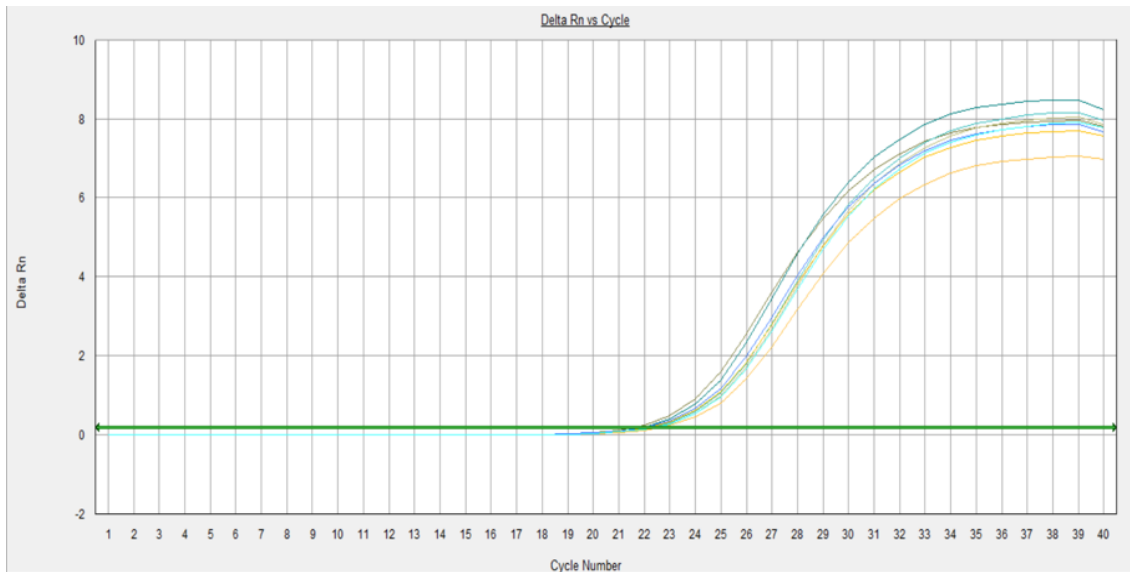
A PCR-kinetikai görbék - más néven amplifikációs görbék – vizsgálatával nemcsak kvalitatív, hanem kvantitatív információt is kapunk a vizsgált nukleinsavról. Az adott mérési rendszeren belül ezt az információt az úgynevezett áttörési pont, vagy más néven áttörési ciklusszám (threshold cycle: Ct) adja meg. A Ct abban a tartományban határozható meg, ahol a minden egyes PCR ciklusban detektált fluoreszcens jel exponenciálisan növekedni kezd. A PCR-reakció exponenciális fázisában a különböző minták fluoreszcenciája összehasonlítható, belőlük az eredeti DNS-mennyiségek aránya mérhető (36-39.ábra).



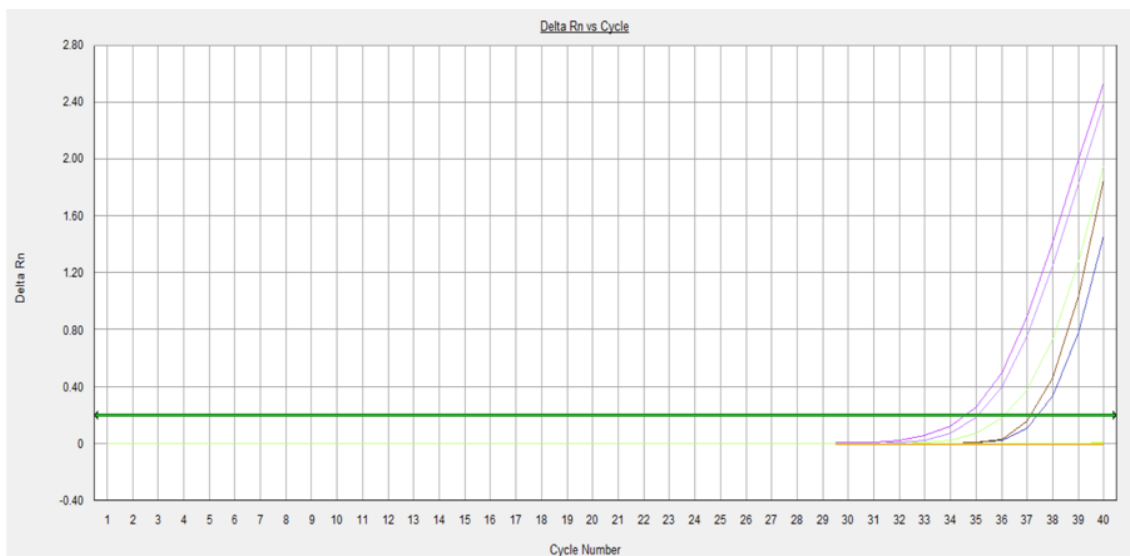
36.ábra. Háztartási gének real-time PCR vizsgálata - amplifikáció valós idejű detektálása, **Tubulin**



37.ábra. Háztartási gének real-time PCR vizsgálata - amplifikáció valós idejű detektálása, **Actin**



38.ábra. Háztartási gének real-time PCR vizsgálata - amplifikáció valós idejű detektálása, **Ubiquitin**



39.ábra. Háztartási gének real-time PCR vizsgálata - amplifikáció valós idejű detektálása, **Thioredoxin-like gén**

#### 4.6.3. A karotinoid útvonal gének értékelése valós idejű PCR-rel

Megállapítottuk, hogy a karotinoid útvonal gének valós idejű PCR-rel történő értékelése során kapott eredmények szerint a reakciók hatékonyak, az általunk vizsgált csemegekukorica hibridek kiválasztásában minden kvantitatív PCR reakció alkalmas a (további) kísérletünkben kiválasztásra került csemegekukorica hibridik karotinoid bioszintetikus útvonalának ezen belül is a lutein és zeaxantin termelődés vizsgálatára

(13.táblázat). Mivel ezek a bioaktív vegyületek antioxidánsként fontos szerepet töltenek be a növényekben és az emberi szervezetben.

13.táblázat. *A karotinoid útvonal gének értékelése valós idejű PCR-rel*

	H1	H3	Tm range
<b>PSY</b>	+	+	<b>82,5–82,8</b>
<b>PDS</b>	+	+	<b>79,4–79,8</b>
<b>ZDS</b>	+	+	<b>80,8–81,3</b>
<b>LCYB</b>	+	+	<b>87,3–87,5</b>
<b>LCYE</b>	+	+	<b>80,5–84,2</b>
<b>CYP97C</b>	+	+	<b>77,9–78,1</b>

#### 4.7. Gyökérfestés és arbuskuláris mikorrhiza kolonizáció intenzitásának értékelése

##### A mikorrhiza kolonizációt jellemző paraméterek:

- **F%**: A mikorrhiza gyakorisága, a gyökérdarab bármilyen kolonizációval rendelkező %-ának aránya.
- **M%**: A kolonizáció teljes intenzitása a teljes gyökérben, azaz mennyire elterjedt a kolonizáció a gyökérben.
- **A%**: Az arbuskuláris kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben.
- **V%**: A vezikulum kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben.

##### Eredmények és értékelésük

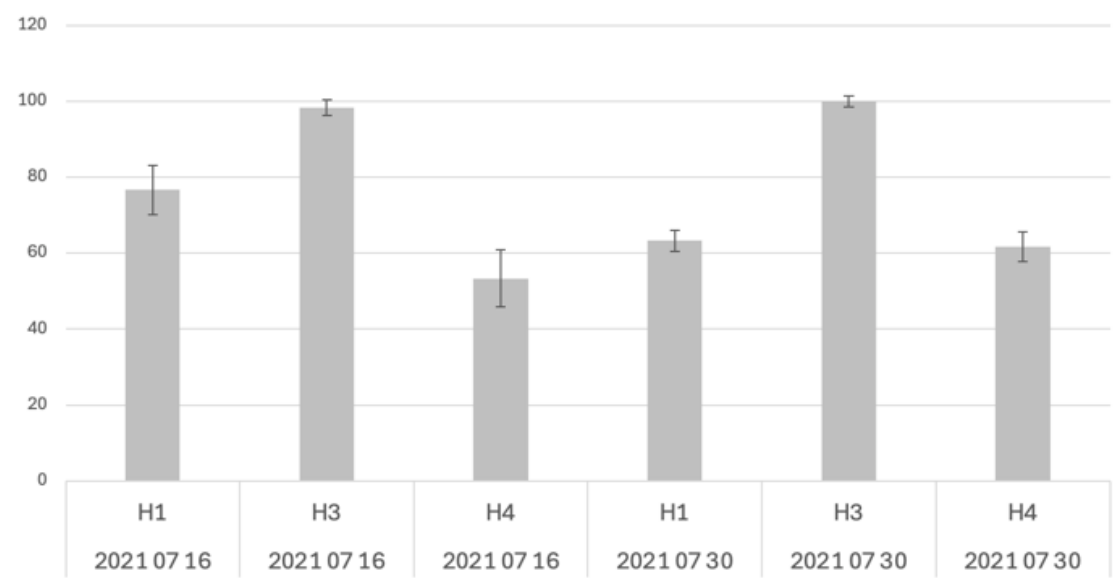
Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy az egyes csemegekukorica hibridek között eltérések voltak a kolonizáció mértékében. Az F%, M% és A% esetén is a H3 hibrid mutatott magasabb értékeket, a legalacsonyabb értékeket pedig legtöbb esetben a H4 hibrid mutatta. A V% esetén vegyesebb volt a kép, ám a V% értékek alacsonyabbak voltak és a vezikulumok mennyiségének értékelése során a gyökérben található spórák mennyisége is módosíthatja az eredményeket. Az F%, M% és A% esetén a két időpontban vett mintákban hasonló eltéréseket mértünk a hibridek között, ami megerősíti a hibridek közötti eltérések jelentőségét.

További vizsgálatokat igényelnek a csemegekukorica hibridek közötti eltérések, paraméterek megállapítása, amelyek a hibridek eltérő mikorrhiza képzési tulajdonságaiból erednek. A kísérletben szükséges számos tényező vizsgálata pl. a talajok eltérő fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságai, eltérő talajtípus, tápanyagtartalom (főleg foszfát), eltérő víztartalom (14.táblázat, 40-43.ábra,1-4.kép).

14.táblázat. A csemegekukorica hibridek mikorrhiza kolonizációt jellemző paraméterek és adatok

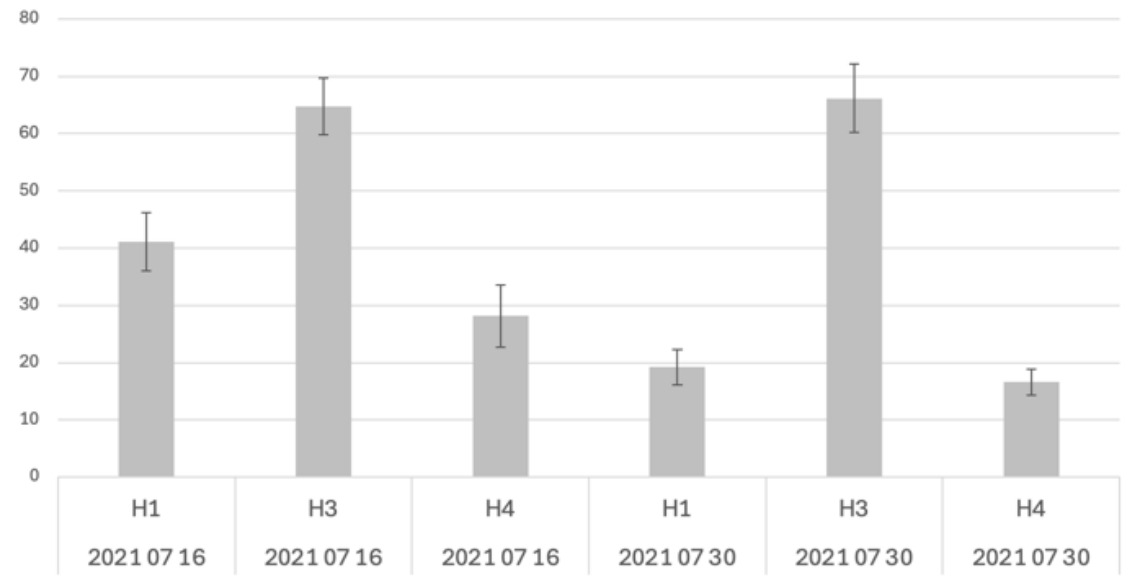
	2021.07.16			2021.07.30		
Átlag	H1	H3	H4	H1	H3	H4
<b>F%</b>	76,67	98,33	53,55	63,33	100	61,67
<b>M%</b>	41,08	64,75	28,17	19,18	66,17	16,57
<b>A%</b>	34,71	41,91	23,5	8,24	49,75	15,09
<b>V%</b>	3,49	5,82	3,03	8,21	3,78	1,2

### F% értékek



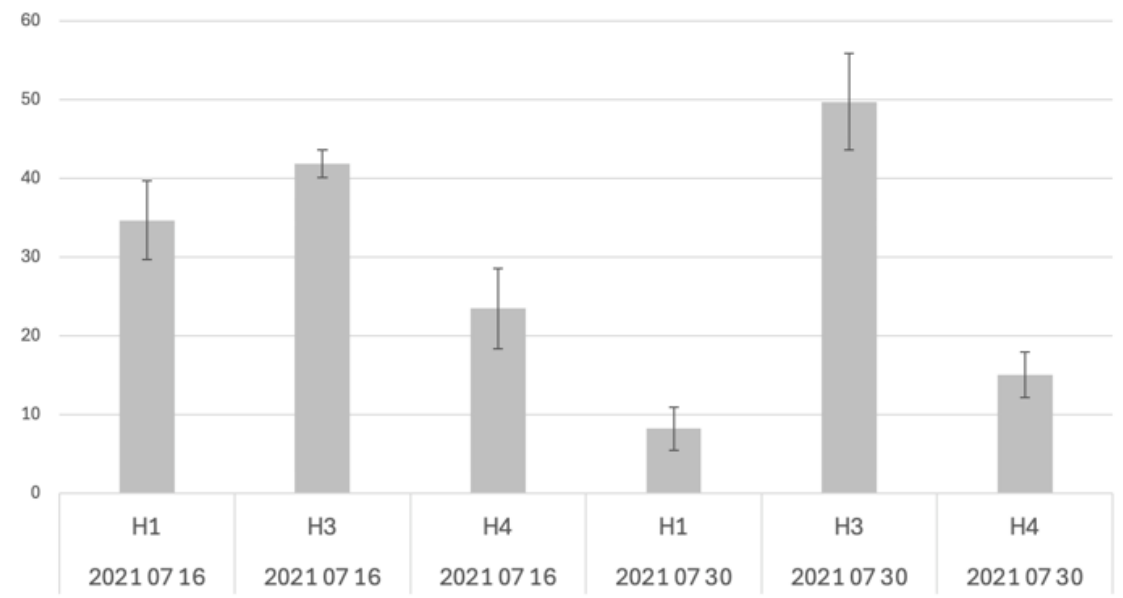
40.ábra. Mikorrhiza gyakorisága, a gyökérdarab bármilyen kolonizációval rendelkező %-ának aránya

### M% értékek



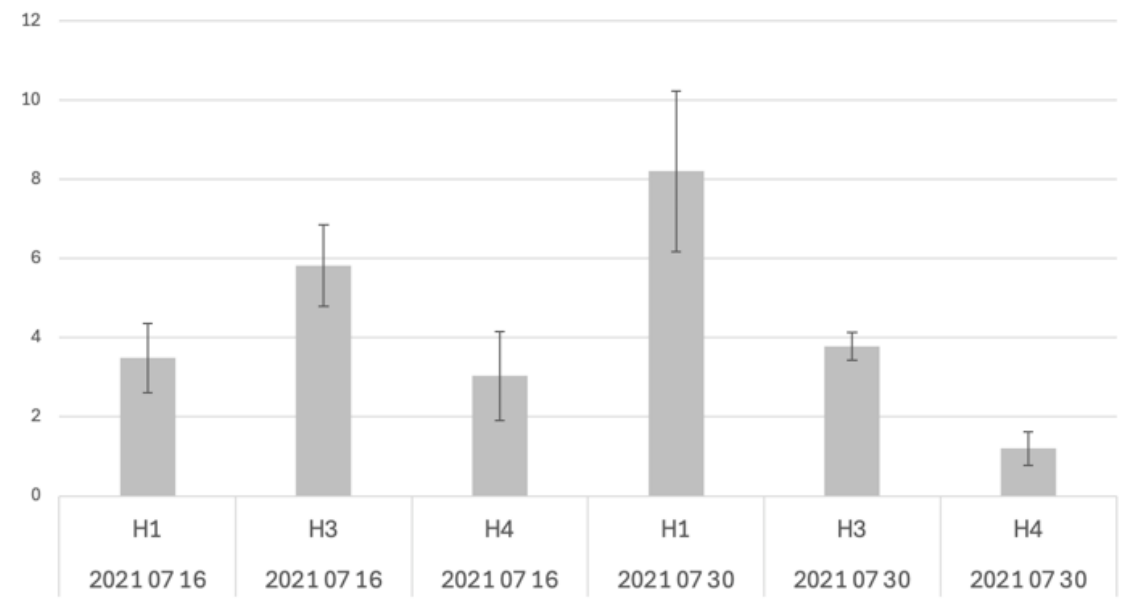
41.ábra. A kolonizáció teljes intenzitása a teljes gyökérben, azaz mennyire elterjedt a kolonizáció a gyökérben.

### A% értékek

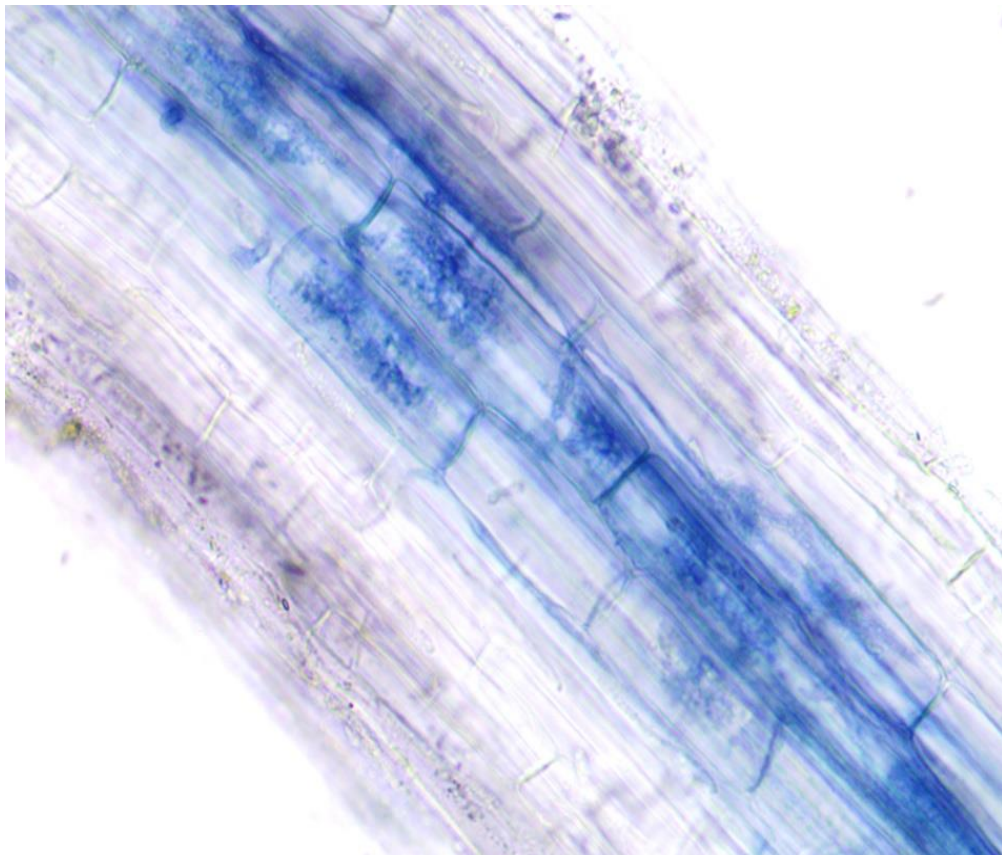


42.ábra. Az arbuskuláris kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben

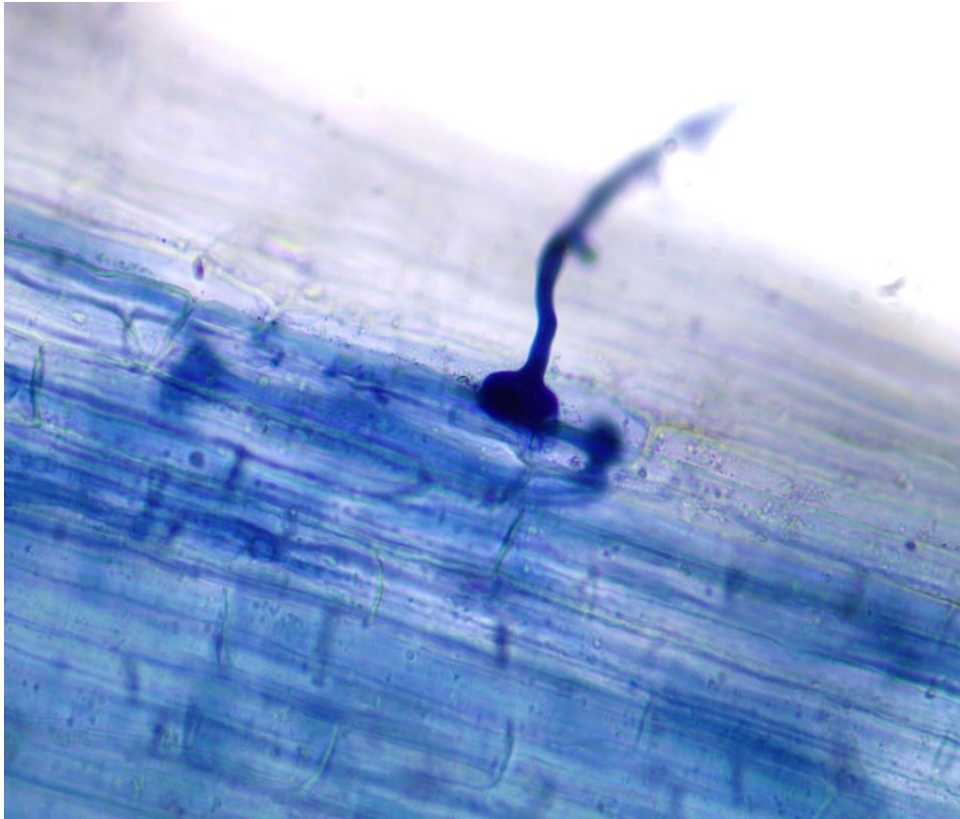
## V% értékek



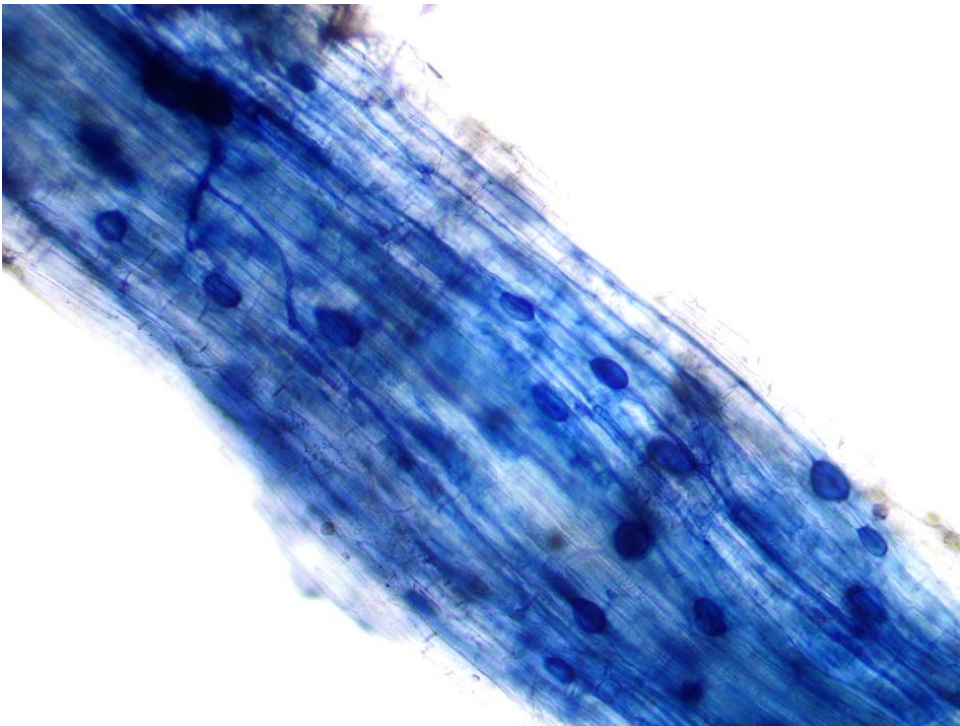
43.ábra. A vezikulum kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben



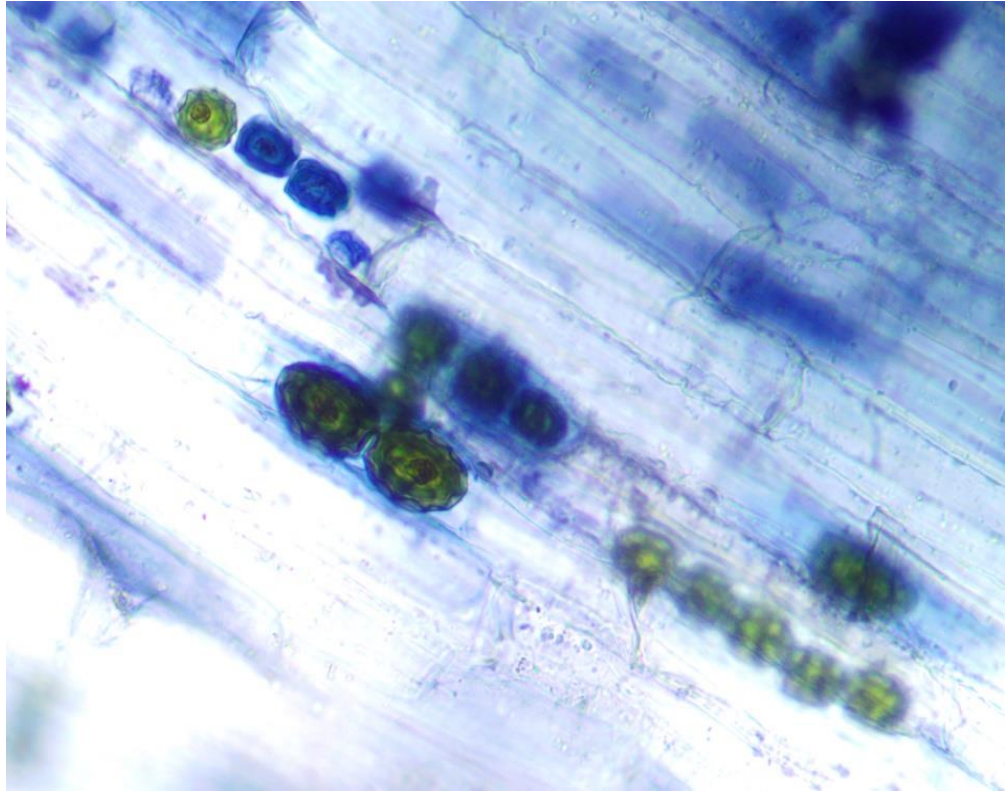
1.kép. Arbuszkulumok



2.kép. *Apresszorium*



3.kép. *Kolonizált gyökér, vezikulumokkal*



4.kép. *Endofiton gombák mikroszkleróciukai*

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

A fenntartható élelmiszer rendszerek egyszerre veszik figyelembe az egészséges táplálkozást, a természetes ökoszisztémák védelmét gazdasági, környezeti és társadalmi szempontokból (Alcama és társai, 2003).

Szakály (2024) szerint nem tekinthető fenntarthatónak az élelmiszerfogyasztási struktúra akkor, ha az élelmiszer tápanyagsűrűsége nem kielégítő és hiánybetegségeket okoz. Két kiemelt dimenzió a környezet és az egészség. A gyümölcs- és zöldségfélék, hüvelyesek fogyasztásának meg kell kétszereződni ahhoz, hogy az étrend a jövőben egészségügyi és környezeti előnyöket jelentsen az emberek számára. Igaz ez az állítás a csemegekukoricára is, mert jelenleg egy főre vetítve a hazai átlagos fogyasztás mindössze évi 2 kg. A csemegekukorica fogyasztás az emberi szervezetre jótékony hatású, egész évben lehetne az étrend része. Rendszeres fogyasztásával számos betegség kialakulása megelőzhető, vitamin, ásványi anyag- és rost tartalma magas, azonban általános a közvélemény, miszerint magas a cukortartalma, ezért ellenjavalt a fogyasztása. Ez a vélemény nem hiteles. Összehasonlításként, amíg egy cső csemegekukoricában 6-7 g cukor található, addig egy közepes banánban 15 g.

A vizsgált három év (2020, 2021, 2022) meteorológiai adatbázisa lehetővé tette három évjáratban (átlagos, kedvező, aszályos) négy csemegekukorica hibrid terméseredményeinek és minőségi paramétereinek értékelését. Az évjárathatások elemzését Hudák és Gombos (2023) kutatásaihoz hasonlóan az elővetemény betakarításától a vetés idejéig eltelt időszak vízellátottság értékelésével kezdtük és bizonyítottuk, hogy ez az időszak rendkívül fontos a talaj mélyebb rétegeinek feltöltődése miatt. A vizsgált években a kelés időszakában a vízellátottság szempontjából a 2021-es év volt a legkedvezőbb. ezzel szemben 2022-ben az elővetemény betakarításától a vetésig eltelt időszakban mindössze 150 mm csapadék hullott, a kedvezőtlen évjárathatásokat Gombos és Nagy (2021) munkái is igazolják. Ez követően mind a három évben elvégeztük tenyészidőszakok részletes elemzését. Az évjárat hatás jól jellemezhető a keléstől számítva a nővirágzáshoz szükséges hasznos hőösszegekkel: 2020-ban 485 HU, (biztos?) 2021-ben 637 HU és 2022-ben 668 HU. Az évjárat lefontosabb mutatója a nyerstermés mennyisége. A vizsgált négy hibrid átlagában 2020-ban 16,662 t/ha, 2021-ben 17,561 t/ha 2022-ben 12,257 t/ha volt a nyerstermés. A feldolgozóipar számára legfontosabb eredmény a nyers szemtermés mennyisége, amely ugyan olyan évjárathatást

mutatott, mint a cső+csuhé adatok. A nyers szemtermés hektáronként 2020-ban 8,722 tonna, 2021-ben 9,338 tonna és 2022-ben 6,031 tonna volt.

Elvégeztük a négy eltérő genotípusú csemegekukorica hibrid összehasonlító értékelését is. Három év átlagában a legnagyobb nyerstermést (cső+csuhé) a normál édes (H1) hibrid érte el (16,582 t/ha). A szuperédes hibridek közül a H4 és a h2 eredménye (15,039-15,677 t/ha) szignifikánsan nem különbözött. Egy tonnával kisebb nyerstermést hozott a H3 szuperédes csemegekukorica (14,675 t/ha). A nyers szemtermés eredmények ettől eltérően alakultak, a H2 szuperédes csemegekukorica hibrid (8,551 t/ha) megelőzte a H1 normál édes hibridet (8,118 t/ha). A H3 és a H4 szuperédes csemegekukorica hibridek nyers szemtermése három év átlagában megbízhatóan nem különbözött (7,716-7,736 t/ha). Eredményeink megegyeznek Pepó és társai (2019) valamint Demeter és társai (2020) vizsgálati eredményeivel a hibridek ökológiai érzékenységét illetően.

A genotípusok összehasonlító elemzésének eredményei, különböző évjáratok (aszályos, átlagos, kedvező) összesített adatai alapján, megegyezett Horváth és társai (2021) megállapításával, különösen az aszály kedvezőtlen hatásainak paramétereit illetően. A genotípusok vízhasznosító képességét fajlagos értékekkel jellemeztük. Adatbázist képeztünk az egyes genotípusok nyers szemtermésnek három éves eredményeiből és a három év alatt rendelkezésre álló víz (csapadék+öntözővíz) mennyiségekből.

Kutatási eredményeink értékelése szerint a szuperédes (H2) csemegekukorica hibrid vízhasznosítása volt a legjobb, 1 mm vízzel 21 kg nyers szemtermést produkált. A normálédes (H1) hibrid vízhasznosítása is kedvező volt, három év összesített adatbázisa alapján (19,8 kg nyers szemtermés / 1 mm víz). A H3 és H4 (szuperédes) hibridek hatékonysága kisebb volt és egymástól megbízhatóan nem különböztek (18,8-18,9 kg nyers szemtermés / 1 mm víz). Az összefüggések megegyeztek Samarah és társai (2009) kutatási eredményeivel, különösen a genotípusok és a vízstressz összefüggéseit illetően a H1 (normál édes) és a H2 (szuperédes) csemegekukorica hibridek szélesebb adatbázisa (terméseredmények, beltartalmi értékek) lehetővé tette a kutatási eredmények és vizsgálatok megbízható statisztikai értékelését.

Szántóföldi kísérletek eredményei alapján értékeltük az összefüggéseket az évjáratok között és a hibrid x évjárat kapcsolatokat. Kutatási eredményeink szerint az évjárat szignifikáns hatással volt a terméseredményekre. Az eredmények igazolják Ilker (2011) és Nagy és társai (2021) évjárathatás elemzéseit. A normál édes hibrid termés eredménye szignifikánsan a legnagyobb volt 2021-ben, ehhez képest hektáronként 2020-

ban több mint egy tonnával, 2022-ben az aszályos évjáratban közel két tonnával kevesebb termést takarítottunk be. A szuperédes hibrid hasonló összefüggéseket mutattak a vizsgált évjáratokban, azzal a különbséggel, hogy az aszály hatása súlyosabb volt, a terméseredmény 6-7 t/ha-ral volt alacsonyabb. A nagyobb genetikai termőképesség, gyenge aszálytűréssel párosult.

Kísérleti eredményeink alapján értékeltük a feldolgozó ipar számára fontos termés paramétereket, az eltérő évjáratokban. A normál édes csemegekukorica hibrid nyers szentőmeg eredmény kedvezőbb évjáratokban hektáronként 8-9 tonna volt. A szuperédes csemegekukorica hibrid nyers szentőmege kedvező évjáratban meghaladta a 10 t/ha, azonban az aszályos évben a kedvezőtlen körülmények hatására négy tonnával kisebb értéket mértünk. A szuperédes csemegekukorica nagyobb érzékenységet a klimatikus viszonyokra a szentőmeg adatok szórásának intervalluma is bizonyítja. A variancia analízis értékei szerint az évek és a hibridek közötti eltérések is szignifikánsak voltak. A különböző genotípusú csemegekukorica hibridek nyerstermés eredményeiben az évek eltérő hatását mérték Marshall és Tracy (2003), valamint Mousavi és társai (2024) is. A hibrid x év hatás is megbízható volt.

Normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek terméslemeinek elemzése alapján megállapítottuk, hogy a legnagyobb különbségeket a nyers csutkatömeg értékek mutatták, mind az évjáratok, mind a hibridek között. Az élelmiszeripari feldolgozás során gazdasági szempontból a kisebb csutkatömeg kedvezőbb. Nagy és társai (2023) szerint is a terméslemek aránya évjáratonként eltérő az egyes csemegekukorica hibridek esetében.

Varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy a hibridek közötti értékek szerint a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek csutkatömege 2022-ben, az aszályos évjáratban, nagymértékben, szignifikánsan eltérő volt. Jelentősen, 39%-kal volt kedvezőbb a szuperédes csemegekukorica csutkatömege, mint a normál édes hibridé. A csemegekukorica termelők a friss termést csövesen, csuhéval szállítják a feldolgozó üzembe. Mindkét fél számára előnyös, ha bő termő, jó minőségű csemegekukorica hibrideket használnak a termelők, lehetőleg nem nagy csuhé tömeggel. A csuhé tömege alapvetően függ a termesztett csemegekukorica hibrid genotípusától és az évjáráthatás is jelentős. A variancia analízis elemzés alapján megállapítottuk, hogy a normál édes csemegekukorica hibrid csuhétömege jelentősen (40-60%-kal) nagyobb aszályos évjáratban, mint kedvező évjáratban. A két hibrid, a vizsgált évek átlagában megbízhatóan különbözött.

Megállapítottuk, Aylswirth (1986) és Szabó és társai (2021) kutatási eredményeivel megegyezően, hogy az évjáratok közötti különbség szignifikáns. Ugyan akkor a szuperédes csemegekukorica nyers csuhétömege a kedvező és a kedvezőtlen, aszályos évjáratban egyaránt megbízhatóan, lényegesen alacsonyabb.

A csemegekukorica hibridek fenológiai felvételezési adatait statisztikailag is értékeltük. A növények magassága, a vizsgált években jelentős különbségeket mutattak, de három év átlagában a két hibrid nem különbözött. Szignifikáns volt az évek közötti különbség, a két hibrid átlagában. Ge és társai (2012) és Daryanto és társai (2016) szerint is az évjárat, elsősorban a kritikus fenofázisokban a hőstressz okozza a növény fenometriai adatainak jelentős eltéréseit. A normál édes csemegekukorica növényállomány volt a legmagasabb 2021-ben, a kedvező évjáratban (280 cm). Ugyanakkor aszály hatására lényegesen alacsonyabb állománymagasságot (200 cm) mértünk a normálédes hibridnél. Az évek és a hibridek közötti eltérések szignifikáns különbségeket az aszályos, 2022-ben mutattak, mind a normál édes, mind a szuper édes hibridek esetén.

A szár átmérő adatok, statisztikai értékelés alapján, kedvező évjáratban mindkét típusú hibridnél nagyobb értékeket mutatnak, mint aszályos évjáratban. A vizsgált három évjáratban, az átlagos szár átmérő adatok szignifikáns különbséget mutattak. Három évjáratban a vizsgált két hibrid szár átmérő adatai két, megbízhatóan különböző csoportba tartoztak. Az egyik csoportot 2020-ban a normál édes és 2021-ben mind a két hibrid, míg a másik csoportot 2020-ban szuperédes és az aszályos évben (2022) mind a két típusú hibrid szár átmérő adatai képezték.

A vizsgált évek átlagában megbízhatóan különböztek a normál édes és a szuper édes csemegekukorica hibridek csőhossz adatai. A szignifikancia értékek alapján az évek és a hibridek közötti eltérések megbízható különbségeket mutattak, kivéve a normálédes 2020-ban és a szuper édes 2021-ben mért csőhossz értékei.

A csőátmérő a vizsgált évek átlagában a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek szignifikánsan különböztek. A varianciaanalízis értékei szerint az évek és a hibridek közötti eltérések megbízható különbséget mutattak.

A szántóföldi csemegekukorica kísérletek megbízható paramétereket szolgáltatottak a beltartalmi értékekről, saját adataink felhasználásával vizsgáltuk az évjáratok és a hibrid x évjáratok kapcsolatát. Eredményeink értékelését segítették Gu és társai (2015), Xiong és társai (2017), Ray és társai (2019), akik kutatásaikban szignifikáns összefüggést mutattak ki az ásványi anyag tartalmak és évjáratok között. A varianciaanalízis eredménye

szerint a vizsgált évek átlagában, a normál édes és a szuperédes csemege kukorica Ca, Fe, K, Mg, Zn tartalma szignifikánsan különbözött, kivéve a P tartalmat. Az évjárathatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a Fe, a K, a Mg, tartalmak megbízhatóan nem különböztek.

A csemegekukorica cukortartalma a termesztők számára már a hibridek megválasztásakor fontos szempont. A csemegekukorica hibridek cukortartalmát, annak változását széles körben kutatják (Long 1988, Marshall és Tracy 2003). Kutatási eredményeink egybeesnek Huzsavi és társai (2021) által meghatározott kölcsönhatásokkal. Betakarításkor vizsgáltuk a normálédes és a szuper édes csemegekukorica fruktóz és szacharóz tartalmát. A variancia analízis értékei szerint, a vizsgált évek átlagában a normálédes és szuperédes csemegekukorica fruktóztartalma szignifikánsan különbözött, azonban a szacharóz tartalom nem. Az évjárathatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a vizsgált évjáratok mind a fruktóz, mind a szacharóz tartalmakra szignifikánsan hatottak. A kedvezőbb évjáratokban megbízhatóan magasabb cukortartalmakat mértünk. Kísérleteinkben az aszály jelentősen csökkentette a cukortartalmakat, 2021-hez viszonyítva 2022-ben a fruktóz 2,2%-kal, a szacharóz 6,6%-kal volt kevesebb.

Az egészséges táplálkozás szempontjait figyelembe véve elemeztük a csemegekukorica lutein és zeaxanthin tartalmát. Az egészséges táplálkozásban a friss csemegekukoricának növekszik a jelentősége (Erdal és társai, 2011). A kutatási eredmények hasznosítása az egészséges táplálkozásban és a gyógyításban is egyre nagyobb teret kapnak. A zeaxanthin gyógyító adagolását a tumoros sejtek ellen elsőként Rosen és társai (2018) szabadalmaztatták.

A varianciaanalízis értékei szerint a vizsgált évek átlagában a szuper édes csemegekukorica lutein tartalma megbízhatóan nagyobb volt, mint a normál édes hibridé.

Az évjárathatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a vizsgált évjáratok mindegyikében, mind a lutein, mind a zeaxanthin tartalmak szignifikánsan különböztek. Az aszály hatására mind a lutein, mind a zeaxanthin szintézis csökkent, lényegesen alacsonyabb értékeket mutattak. Az aszály káros hatása nagyobb volt a normálédes csemegekukorica hibridnél.

## 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Kutatási eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált három év átlagában a szuperédes csemegekukorica hibridek szemtermése és beltartalmi értékei kedvezőbbek. A nyers szemtermés 6%-kal, a Ca tartalom 20%-kal, a Fe tartalom 10%-kal, K tartalom 12%-kal, a lutein tartalom 16%-kal magasabb, mint a normál édes csemegekukoricáé.

2. Különösen az élelmiszeripari feldolgozás szempontjából fontos eredmény, hogy – három év átlagában – a szuperédes csemegekukorica hibrid szem: csutka (59:41) aránya és csuhé (7,7%) aránya megbízhatóan kedvezőbb, mint a normál édes csemegekukorica hibridé (szem: csutka= 54:46, csuhé 9,5%).

3. Bizonyítottuk az eltérő évjáratok hatását a csemegekukorica hibridek nyers szemtermésére. A rendelkezésre álló víz (csapadék + öntözővíz) hasznosítására jellemző paramétereket állapítottunk meg. 1 mm vízmennyiségre kedvezőbb évjáratban 24 kg, átlagos évjáratban 22 kg és aszályos évjáratban 14 kg nyers szemtermés jutott. A hasznos hőmennyiségeket elemezve megállapítottuk, hogy 1 tonna nyers szemterméshez átlagos évjáratban 95 HU, kedvezőben 108 HU, aszályos évjáratban 139 HU volt szükséges.

4. A szántóföldkísérletben mért paraméterek közötti összefüggés elemzések alapján értékeltük a korrelációk erősségét. Erős pozitív összefüggést mutatott a csemegekukorica nyers termése a szemtömeggel, a csutkával, a szacharózzal, a luteinnel. Közepes pozitív összefüggés volt a csuhéval, zeaxanthinnal és a Mg, K, P, Zn elemekkel. Gyenge pozitív volt a fruktózzal és a vas tartalommal és csak a Ca tartalommal volt gyenge negatív összefüggés.

### Metodikai eredmények

Vizsgálataink során célzott génexpressziós vizsgálatokkal nyomonkövettük a csemegekukorica hibridek lutein bioszintézisének molekuláris biológiai markereit a növények generatív fázisában. Igazoltuk, hogy mintagyűjtésre, az RNS izolálására és mennyiségi meghatározására kialakított módszereink alkalmasak. A három referenciagén: ACT (aktin), TUB (tubulin) és UBI (ubiquitin) specifikus PCR reakciók kielégítő eredményeket mutattak. Azonosítottuk a karotinoid/lutein bioszintézis útvonal génjeit. Eredményeink lehetőséget adnak hatékony, tömeges minta feldolgozására és értékelésére

Vizsgálatainkban a csemegekukorica hibridek között eltérések voltak a kolonizáció mértékében. Az F% (a mikorrhiza gyakorisága, a gyökérdarab bármilyen kolonizációval rendelkező %-ának aránya) M% (a kolonizáció teljes intenzitása a teljes gyökérben, azaz mennyire elterjedt a kolonizáció a gyökérben) és A% (az arbuskuláris kolonizáció intenzitása a teljes gyökérben) esetén a két időpontban vett mintákban hasonló eltéréseket mértünk a hibridek között, ami bizonyítja a hibridek közötti különbségeket.

## **7. GYAKORLATBAN ALKALMATHATÓ EREDMÉNYEK**

1. Kísérleti eredményeink bizonyítják, hogy a termesztendő csemegekukorica hibrid megválasztásakor szükséges és a legfontosabb termesztési (fővetés, másodvetés) és feldolgozási, kereskedelmi (friss fogyasztás, konzerv, hűtőipari) alapvető szempontok figyelembevétele.
2. Kutatási eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a jobb stressztűrő képességű normál édes csemegekukorica hibridek termesztése akkor indokolt, ha a termesztés technológia félintenzív, a talaj tavaszi felmelegedése lassú és elsősorban korai friss fogyasztás a cél.
3. Precíziós termesztéstechnológia alkalmazása esetén javasolt a szuperédes hibridek közül, a termőhelyhez és az üzemi adottságokhoz legjobban megfelelőt választani. Az öntözés elengedhetetlen.
4. Az egészséges táplálkozást segíti a magas minőségű, megfelelő ásványi anyag tartalmú és jelentős lutein és xanthofill mennyiséget tartalmazó új szuperédes csemegekukorica hibridek termesztése, feldolgozása. Szükséges a csemegekukorica fogyasztást segítő, megbízható szakmai eredmények szélesebb körű ismertetése.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A csemegekukorica jelentőségét, világviszonylatban mutatja, hogy vetésterülete meghaladja az 1,6 millió hektárt, termelése a 20 millió tonnát. A sikeres csemegekukorica termesztéshez kiemelkedően fontos az ökológiai feltételekhez és termelési célokhoz leginkább illeszkedő hibridek kiválasztása és precíziós termesztéstechnológiák alkalmazása.

A főtt kukorica nemcsak ízletes, hanem rendkívül tápláló is, kitűnő ízanyagai mellett, magas energia tartalommal is bír. 100 g csemegekukorica 3-4 g fehérjét, 20 g szénhidrátot, 8-12 mg C vitamint, vasat, foszfort, karotint és meszet tartalmaz. A csemegekukorica ízét a benne lévő cukortartalom határozza meg, amely zsenge, ún. tejes-érési állapotában a legmagasabb. A főtt csemegekukorica jelentős mennyiségű vitamint és ásványi anyagot tartalmaz. Különösen fontosak benne található B-vitaminok, amelyek az idegrendszer megfelelő működéséhez járulnak hozzá. A magas magnézium és kálium tartalom pedig a szív-és érrendszer egészségéhez elengedhetetlen. Gazdag rostokban, amelyek elősegítik az emésztést és hosszú távon hozzájárulnak a teltségérzet fenntartásához. A csemegekukorica kiváló lutein-és zeaxanthin forrás, amelyek a kukorica sárga színét is adják. A lutein és a zeaxanthin rendkívüli jelentőséggel bír a szem egészsége szempontjából. A luteinben és zeaxanthinban gazdag étrend csökkenti a makuladegeneráció kockázatát, amely az életkor előrehaladtával maradandó látásvesztést okozhat.

A laboratóriumi vizsgálatokhoz a szükséges levél, termés és gyökér mintákat a szántóföldi csemegekukorica kísérletekből a Debreceni Egyetem Böszörményi úti Campusának bemutatókertjéből gyűjtöttük be. A minták RNS tartalmának megóvása érdekében helyszíni fagyasztást végeztünk folyékony nitrogénben, majd a replikátumok az vizsgálatig -80 °C-on kerültek betárolásra. A totál RNS-t az MN-NucleonSpin RNA Plant, MiniKit for RNA segítségével nyertük ki.

A háztartási gének konstitutívan expresszált gének csoportjából állnak. Minden sejt számára esszenciális funkciókat kódolnak. Egy szervezet minden egyes sejtjében kifejeződnek, függetlenül a szövet típusától, fejlődési szakaszától, sejtciklus állapotától vagy külső jeltől Szakirodalmi adatok alapján a referencia gének, amelyekkel

génkifejeződésbeli különbségeket összehasonlítottuk a vizsgálataik során az aktin (ACT), a tudulin (TUB), ubiquitin (UBI) és egy tioredoxin-szerű gént (TLG) kódolnak.

A kísérleti terület jó víz-és tápanyaggazdálkodási paraméterekkel rendelkező kilúgzott mészlepedékes csernozjom talaj. A kísérleti évek időjárását a Debreceni Egyetem Böszörményi úti kampuszán működő automata meteorológiai állomás mérési adatait felhasználva értékeltük. A tenyészidőszakra vonatkozóan (április-szeptember) havi bontásban értékeltük a hőmérsékleti- és csapadékviszonyokat. Összehasonlításként az 1981-2010 közötti 30 éves időszak klímaadatait használtuk, vizsgáltuk a téli félévek időjárását is.

A csemegekukorica hibridek eredményeinek értékelését először a három (2020, 2021, 2022) különböző évjáratban értékeltük.

2020 a csemegekukorica számára kedvező évjárat volt. Az elővetemény betakarításától a vetés idejéig jelentős, 261 mm csapadék hullott. A kedvező vízellátottság, a lehullott csapadék a talaj mélyebb rétegeit is feltöltötte. A tenyészidőszakban lehullott csapadék (447 mm) meghaladta a sokéves átlagot. A hőmérsékleti viszonyok kedvezőek voltak, megfeleltek a sokéves átlagnak. Az évjáraton belül a csemegekukorica hibridek eredményeinek értékelését, összehasonlítását a normál édes (H1) hibridhez viszonyítva végeztük. A H1 hibrid nyers eredményéhez (16,146 t/ha) viszonyítva a H2 hibrid 6,5%-kal, megbízhatóan többet termett. A másik két szuperédes hibrid (H3, H4) termése is magasabb volt (2,5-3,9 t/ha), ezek a különbségek azonban nem szignifikánsak. A nyers szemtermése mindhárom szuperédes csemegekukorica hibridnek kismértékben, de megbízhatóan nagyobb (+12% H2, +5% H3, +8% H4) volt.

2021 a csemegekukorica termesztés számára átlagost meghaladó, kedvező évjáratnak bizonyult. Az elővetemény betakarításától a vetés idejéig 246 mm csapadék hullott, ez 32 mm-rel több, mint a harminc éves átlag. Júniusban lényegesen megváltozott az időjárás, meleg és szárazság volt jellemző, mindössze 6 mm csapadékkal. Az aszály oka elsősorban a nyári magas hőmérséklet, másodsorban a sokévi átlagtól kevesebb csapadék.

A 2021. évjáratban is a csemegekukorica hibridek eredményeinek értékelését a normál édes (H1) hibridhez viszonyítva végeztük. A H1 hibrid nyers termés eredményéhez (17,621 t/ha) képest a H2 hibrid 5%-kal többet termett (18,486 t/ha). A H3 és a H4 szuperédes csemegekukorica hibridek termés eredménye kisebb volt 2-4%-kal, a

különbségek nem szignifikánsak. A H2 hibrid nyers szemtermése 15%-kal volt magasabb (10,557 t/ha), mint normál édes (H1) hibrid eredménye, ez kiváló eredménynek számít. A H3 és H4 hibridek szemtermése közel azonosak voltak a H1 hibridhez viszonyítva (2-5%).

2022 a csemegekukorica termesztés, különösen a szuperédes hibridek számára rendkívül kedvezőtlen volt. Az elővetemény betakarításától a vetésig eltelt időszakban mindössze 150 mm csapadék hullott. A talajszelvény a kukorica számára mértékadó mélységben (2 m), nem tudott átnedvesedni. Áprilist követően minden hónap igen száraz volt. A tenyészidőben, különösen júniusban és júliusban extrém meleg volt. Az aszályos 2022-es évjáratban is elvégeztük a csemegekukorica hibridek összehasonlító értékelését. A H1 normálédes hibrid termése (15,978 t/ha) mennyiségéhez viszonyítva, a súlyos aszály hatására a szuperédes hibridek lényegesen kevesebbet teremtek: -29% H2, -33% H3, -31% H4. Az aszály hatása a nyers szemtermés mennyiségére mérsékeltebben, de negatív volt. A H1 hibrid nyers szemterméséhez (6,952 t/ha) képest a H2 6,067 t/ha, H3 5,564 t/ha és a H4 5,540 t/ha eredményt produkált, a különbségek szignifikánsak.

A normál édes (H1) és szuperédes (H2) csemegekukorica hibridek terméseredményeit és beltartalmi értékeit három különböző évjáratban vizsgáltuk és hasonlítottuk össze. Az évjárat hatások megbízható értékelése szempontjából egységesen a 2022-es kutatási eredményeket tekintettük az összehasonlítás alapjának, mind a normál édes, mind a szuperédes csemegekukorica esetében. A normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek eredményei megbízható különbséget mutattak a vizsgált három évjáratban. 2021-ben (átlagos évjárat) a normál édes csemegekukorica esetében, az aszályos évhez (2022) viszonyítva, a nyerstermés (csó+csuhé) 10%-kal, a nyers szemtermés (9,185t/ha) 32%-kal volt magasabb. A csutka mennyisége szignifikánsan nem különbözött, a csuhé viszont kedvezőbb volt (-16%). Az aszályos év adataihoz viszonyítva az ásványianyag tartalmak szignifikánsan nagyobb értékeket mutattak: +8% Zn, +7% Mg, +6% Ca, +5% K. A cukortartalom +35%-kal és a lutein tartalom 27%-kal volt magasabb. 2020-ban (kedvező évjáratban) a normál édes csemegekukorica nyerstermés eredménye szignifikánsan nem különbözött az aszályos évben (2022) mért mennyiségtől.

Új eredmény, hogy a magyar nemesítésű, normál édes hibrid alkalmazkodó képessége kedvezőtlen évjáratban jobb, mint a szuperédes hibrideké. 2020-ban a normálédes csemegekukorica hibrid Ca (+71%) és Fe (+12%) tartalma szignifikánsan magasabb volt.

A K, a Mg, a Zn és a P tartalmak megbízhatóan nem különböztek. A kedvező évjáratban megbízhatóan magas volt a cukortartalom (+10%) és lutein (+11%).

A szuperédes csemegekukorica hibrid eredményei az évjárathatására lényegesen eltértek a normál édes adataitól. Egyrészt a kedvező évjáratban kiváló eredményeket ért el, másrészt az aszályos évjáratban kevésbé volt képes ahhoz alkalmazkodni. 2022-ben mért nyersterméshez (11,359 t/ha) képest 2020-ban 51%-kal nagyobb volt a termés. A magas terméshez nagyobb csutka (51%) és nagyobb csuhé (+40%) mennyiségek tartoztak és a növények magasabbak voltak (+14%). Az aszály hatása a beltartalmi értékeken is megmutatkozott, a Fe és Zn 9-9%-kal, a Mg 18%-kal, a K 20%-kal volt kevesebb. A lutein koncentráció is lényegesen kisebb (31%) volt.

Szántóföldi kísérletek alapján összehasonlítottuk a normál édes és szuperédes csemegekukorica terméseredményeit. Vizsgáltuk az összefüggéseket az évjáratok között és a hibrid x évjárat kapcsolatokat. Kutatási eredményeink szerint az évjárat szignifikáns hatással volt a terméseredményekre.

Kutatási eredményeink alapján értékeltük a feldolgozóipar számára legfontosabb paramétert, a nyers szemtömeg eredményeket, az eltérő évjáratokban. A normál édes csemegekukorica hibrid eredményei, kedvezőbb évjáratokban hektáronként 8-9 tonna volt.

A szuperédes csemegekukorica hibrid nyers szemtömege kedvező évjáratban meghaladta a 10 t/ha, azonban az aszályos évben a kedvezőtlen körülmények hatására négy tonnával kisebb értéket mértünk. A szuperédes csemegekukorica nagyobb érzékenységét a klimatikus viszonyokra a szemtömeg adatok szórásának intervalluma is bizonyítja. A varianciaanalízis értékei szerint az évek és a hibridek közötti eltérések is szignifikánsak voltak. Normál édes és szuperédes csemegekukorica hibridek terméselemeinek elemzése alapján megállapítottuk, hogy a legnagyobb különbségeket mind az évjáratok, mind a hibridek között a nyers csutkatömeg eredmények mutatták. Az élelmiszeripari feldolgozás során gazdasági szempontból a kisebb csutkatömeg kedvezőbb. Varianciaanalízis paramétereit alapján megállapítottuk, hogy a hibridek közötti értékek szerint a normál édes és a szuperédes csemegekukorica hibridek csutkatömege 2022-ben az aszályos évjáratban, nagymértékben, szignifikánsan különböztek. Jelentősen 39%-kal volt kedvezőbb a szuperédes csemegekukorica csutkatömege, mint a normál édes hibridé.

A csemegekukorica termelők a friss termést csövesen, csuhéval szállítják a feldolgozó üzembe. Átvételkor az üzem átlagosan 9-10%-ot von le a nyerstermésből, a csuhé miatt. A csuhé tömege alapvetően függ a termesztett csemegekukorica hibrid genotípusától és az évjáráthatás is jelentős. A variancia analízis elemzés alapján megállapítottuk, hogy a normál édes csemegekukorica hibrid csuhétömege a jelentősen (40-60%-kal) nagyobb aszályos évjáratban. A szuperédes csemegekukorica nyers csuhétömege a kedvező és a kedvezőtlen, aszályos évjáratban egyaránt megbízhatóan alacsonyabb. A normál édes csemegekukorica hibrid aszályos évjáratban 14%-kal nagyobb csuhétömeget képzett, mint a kedvező évjáratban.

A szántóföldi csemegekukorica kísérletek megbízható paramétereket szolgáltatnak a beltartalmi értékekről. A normálédes és a szuper édes csemegekukorica hibridek ásványi anyag tartalmi adatainak felhasználásával vizsgáltuk az évjáratok és a hibrid x évjáratok kapcsolatot. A variancia analízis eredménye szerint a vizsgált évek átlagában, a normál édes és a szuperédes csemegekukorica Ca, Fe, K, Mg, Zn tartalma szignifikánsan különbözött, kivéve a P tartalmat.

A csemegekukorica termesztők számára a hibridek megválasztásakor az ásványi anyag tartalmak mellett fontos a kukoricaszem cukortartalma. Kísérleteinkben vizsgáltuk a normálédes és a szuper édes csemegekukorica fruktóz és szacharóz tartalmát. A variancia analízis értékei szerint, a vizsgált évek átlagában a normálédes és szuperédes csemegekukorica fruktóztartalma szignifikánsan különbözött, azonban a szacharóz tartalom nem. Az évjáráthatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a vizsgált évjáratok mind a fruktóz, mind a szacharóz tartalmakra szignifikánsan hatottak. A kedvezőbb évjáratokban megbízhatóan magasabb cukortartalmakat mértünk. Az aszály jelentősen csökkentette a cukortartalmakat, 2021-hez viszonyítva, 2022-ben a fruktóz 2,2%-kal, a szacharóz 6,6%-kal volt kevesebb. Az egészséges táplálkozást figyelembe véve a csemegekukorica beltartalmi értékei közül a legfontosabb a lutein. Szántóföldi kísérletünkben vizsgáltuk a lutein és a zeaxanthin tartalmakat. A varianciaanalízis értékei szerint, a vizsgált évek átlagában a normál édes és a szuperédes csemegekukorica lutein tartalma megbízhatóan különbözött, azonban a zeaxanthin tartalom nem.

Az évjáráthatásokat értékelve megállapítottuk, hogy a vizsgált évjáratok mindegyikében, mind a lutein, mind a zeaxanthin tartalmak szignifikánsan különböztek. Az aszály

hatására mind a lutein, mind a zeaxanthin szintézis csökkent. Az aszálykáros hatása nagyobb volt a normálédes csemegekukorica hibridnél.

Összegzésként a mért paraméterek alapján elvégeztük az összefüggés értékeléseket a genotípusok és az évek átlagában, figyelembe vettük a korrelációk erősségeit.

Erős pozitív összefüggést mutatott a termés a szemtömeggel, a csutkával, a szacharózzal, luteinnel. Közepes pozitív kapcsolat volt a csuhé, K, Mg, Zn, P, zeaxanthin, gyenge pozitív a Fe, fruktóz tartalmakkal és csak a Ca tartalommal volt gyenge negatív összefüggés.

A szeptömeg különböző erősséggel pozitív kapcsolatban volt az összes paraméterrel. A szemtömeg erős pozitív összefüggést mutatott a szacharózzal, a luteinnel, a zeaxanthinnal, közepes pozitív kapcsolatot a csutkával, Fe, K, P-ral, gyenge pozitív volt az összefüggés a csuhé, Mg, Ca, Zn és fruktóz tartalmakkal.

A csutka és a csuhé paraméterek hasonló korrelációs értékeket mutattak. A csutka erős pozitív összefüggésben volt a csuhé, Mg, Zn értékekkel, gyenge pozitív összefüggést mutatott a K, P, fruktóz, szacharóz, lutein, zeaxanthin és gyenge negatív korrelációt a Ca, Fe esetében.

A csuhé paramétereinek összefüggése alig különbözött a csutka adataitól, kivéve, hogy csuhé közepes negatív korrelációt mutatott nem csak a Ca, hanem a Fe esetében is.

Az ásványi elemek korrelációs elemzése alapján megállapítottuk, hogy erős pozitív összefüggést mutatnak a Ca értékek Fe, K adataival, a Fe a K-mal, luteinnel, a K a luteinnel, a Mg a Zn-vel, a Zn a fruktózzal, a P a szacharózzal, a luteinnel, a zeaxanthinnal. Az ásványi elemek többsége között gyenge pozitív kapcsolatot találtunk, néhány esetben nagyon gyenge negatív kapcsolatot. Erős negatív kapcsolatot csak a Ca esetében találtunk, a Mg és Zn összefüggésben. Erős pozitív kapcsolat volt a fruktóz és a szacharóz valamint a zeaxanthin között, a szacharóz és a lutein, valamint a lutein és a zeaxanthin között.

## 9. SUMMARY

The importance of sweet maize in global terms is shown by the fact that it covers more than 1.6 million hectares and its production exceeds 20 million tonnes. To grow sweet maize successfully, it is important to select the hybrids best suited to the prevailing ecological conditions and production objectives and to apply precision farming technologies.

Cooked maize is not only tasty, but also highly nutritious, with excellent flavour and high energy content. 100 g of maize contains 3-4 g protein, 20 g carbohydrate, 8-12 mg vitamin C, iron, phosphorus, carotene and calcium. The taste of sweet maize is determined by its sugar content, which is highest when it is tender, so-called milky ripening stage. Cooked sweet maize contains significant amounts of vitamins and minerals. The B vitamins are particularly important, as they contribute to the proper functioning of the nervous system. High levels of magnesium and potassium are essential for cardiovascular health. Sweet maize is rich in fibre, which aids digestion and helps maintain a feeling of fullness in the long term. In addition, sweet maize is an excellent source of lutein and zeaxanthin, which also give maize its yellow colour. Lutein and zeaxanthin are extremely important for eye health. A diet rich in lutein and zeaxanthin reduces the risk of macular degeneration, which can cause permanent vision loss with age.

For the laboratory analyses, the necessary leaf, yield and root samples were collected from field sweet maize experiments in the demonstration garden at the Böszörményi Út Campus of the University of Debrecen. In order to preserve the RNA of the samples, field freezing in liquid nitrogen was performed and the replicates were stored at -80 °C until analysis. Total RNA was extracted using MN-NucleonSpin RNA Plant, MiniKit for RNA.

Housekeeping genes are a group of constitutively expressed genes. They are expressed in all cells of an organism, regardless of tissue type, developmental stage, cell cycle state or external cues. Based on literature data, the reference genes with which we have compared gene expression differences in our studies encode actin (ACT), tubulin (TUB), ubiquitin (UBI) and a thioredoxin-like gene (TLG).

The experimental site is a leached chernozem soil with good water and nutrient management parameters.

The weather of the experimental years was evaluated using data from an automatic weather station at the University of Debrecen, Böszörményi út campus. For the growing

period (April-September), monthly temperature and precipitation data were collected. For comparison, climate data for the 30-year period 1981-2010 were used, and the weather in the winter half- years was also examined.

To evaluate the results of sweet maize hybrids, we first evaluated the results in three different crop years (2020, 2021, 2022).

2020 was a favourable year for sweet maize. From the harvesting of the previous crop to sowing, there was a significant rainfall of 261 mm. The favourable water supply and the precipitation replenished the deeper layers of the soil. Rainfall during the growing season (447 mm) was above the long-term average. Temperatures were favourable and in line with the long-term average. The results of sweet maize hybrids within the season were evaluated and compared with the normal sweet (H1) hybrid. Compared to the raw yield of the H1 hybrid (16.146 t/ha), the H2 hybrid provided 6.5% higher yield than the H1 hybrid (16.146 t/ha). The yield of the other two super sweet hybrids (H3, H4) was also higher (2.5-3.9 t/ha), but these differences were not significant. The raw grain yield of all three super sweet maize hybrids was slightly but significantly higher (+12% H2, +5% H3, +8% H4). 2021 proved to be an above average, favourable year for sweet maize production. From the harvesting of the previous crop to sowing, 246 mm of precipitation fell, 32 mm more than the 30-year average. June saw a marked change in the weather, with warm and dry conditions and only 6 mm of rainfall. The drought was mainly due to high summer temperatures, and secondly to lower rainfall than the long-term average.

Also in 2021, the results of sweet maize hybrids were evaluated in relation to the normal sweet (H1) hybrid. Compared to the raw yield of the H1 hybrid (17.621 t/ha), the H2 hybrid provided 5% higher yield (18.486 t/ha). The yield of the super sweet maize hybrids H3 and H4 was lower by 2-4%, the differences are not significant. The raw grain yield of the H2 hybrid was 15% higher (10,557 t/ha) than the normal sweet (H1) hybrid, which is an excellent result. The grain yields of hybrids H3 and H4 were almost the same as those of hybrid H1 (2-5%).

2022 was very unfavourable for sweet maize production, especially for super sweet hybrids. From the harvesting of the previous crop to sowing, only 150 mm of precipitation fell. The soil was not able to soak through at the depth (2 m) required for maize. All months after April were very dry. During the growing season, especially in June and July, it was extremely hot. A comparative evaluation of sweet maize hybrids was also carried out in the drought year 2022. Compared to the raw yield (15.978 t/ha) of the normal-sweet

hybrid H1, the super-sweet hybrids provided significantly lower yields due to the severe drought: -29% H2, -33% H3, -31% H4. The effect of drought on the raw grain yield was more moderate but negative. Compared to the raw grain yield of the H1 hybrid (6,952 t/ha), H2 provided a yield of 6,067 t/ha, H3 5,564 t/ha and H4 5,540 t/ha, the differences were significant.

Yield and content values of the normal sweet (H1) and super sweet (H2) maize hybrids were tested and compared in three different years.

For a reliable evaluation of the effects of the crop year, the 2022 research results were taken as the basis for comparison for both normal sweet and super sweet maize. The results of the normal sweet and super sweet maize hybrids showed reliable differences in the three examined crop years. In 2021 (average year), compared to the drought year (2022), the raw yield (cob+husk) of the normal sweet maize was 10% higher and 32% higher in the raw grain yield (9,185 t/ha). The quantity of cobs did not differ significantly, while the quantity of husk was more favourable (-16%). Compared to the drought year, the mineral contents were significantly higher: +8% Zn, +7% Mg, +6% Ca, +5% K. The sugar content was +35% higher and the lutein content 27% higher. In 2020 (a favourable year), the yield of normal sweet maize was not significantly different from the yield in the drought year (2022). It is a new finding is that the adaptability of the Hungarian-bred normal sweet hybrid is better than that of the super sweet hybrids in unfavourable years. In 2020, the Ca (+71%) and Fe (+12%) content of the normal sweet maize hybrid was significantly higher. K, Mg, Zn and P contents did not differ significantly. Sugar content (+10%) and lutein (+11%) were reliably higher in the favourable vintage. The results of the super sweet maize hybrid were significantly different from the normal sweet data in terms of crop year effect. On the one hand, it performed very well in the favourable crop year, but on the other hand, it was less able to adapt to the drought year. The yield in 2020 was 51% higher than the 2022 yield (11,359 t/ha). The high yields were accompanied by higher cob mass (51%) and husk (+40%) and the plants were taller (+14%). The effects of drought were also reflected in the content values, with Fe and Zn 9-9% lower, Mg 18% lower and K 20% lower. Lutein concentrations were also significantly lower (31%).

Field experiments were used to compare yields of normal sweet and super sweet maize. Correlations between crop years and hybrid x crop year relationships were evaluated. Our research results showed a significant effect of crop year on yields. Based on our research results, we evaluated the most important parameter for the processing industry, i.e. raw grain weight results, in different crop years. The results of the normal

sweet maize hybrid were 8-9 tonnes per hectare in more favourable years. The raw grain weight of the super sweet maize hybrid exceeded 10 tonnes per hectare in favourable years, but was four tonnes lower in the drought year due to adverse conditions. The greater sensitivity of super sweet maize to climatic conditions is also demonstrated by the range of the standard deviation of the grain weight data. The analysis of variance values also showed that the differences between years and hybrids were significant.

Based on the analysis of the yield components of normal sweet and super sweet maize hybrids, it was found that the greatest differences between both crop years and hybrids were in the raw cob weight results. In food processing, smaller cob weight is more economical. Based on the ANOVA parameters, the values between the hybrids showed that the cob mass of normal sweet and super sweet maize hybrids in the drought year 2022 differed significantly and to a large extent. The super sweet maize had a significantly (39%) higher cob weight than the normal sweet hybrid. Sweet maize growers deliver their fresh crop to the processing plant with cobs and husks. On receipt, the factory deducts an average of 9-10% from the harvest due to the husk. The weight of the husk depends essentially on the hybrid genotype of the grown sweet maize and the crop year effect is also significant. Based on analysis of variance, it was found that the husk mass of the normal sweet maize hybrid is significantly (40-60%) higher in drought years. The raw husk weight of the super sweet maize is significantly lower in both favourable years and unfavourable drought years. The normal sweet maize hybrid produced 14% more husk mass in the drought year than in the favourable year.

Field sweet maize experiments provide reliable parameters for the content values of the harvested yield. Using mineral content data from the normal sweet and super sweet maize hybrids, we investigated the relationship between crop year and hybrid x crop year. The results of the analysis of variance showed that, on average, the Ca, Fe, K, Mg, Zn contents of normal sweet and super sweet maize differed significantly between the examined years, except for P content.

In addition to mineral content, the sugar content of maize grain is important for sweet maize growers when selecting hybrids. In our experiments, we investigated the fructose and sucrose content of normal sweet and super sweet maize. The analysis of variance values showed that, on average over the examined years, the fructose content of normal sweet and super sweet maize differed significantly, but the sucrose content did not. When the effects of crop year were evaluated, it was found that the examined crop years had a significant effect on both fructose and sucrose contents. Significantly higher

sugar contents were measured in the more favourable crop years. The drought in 2022 significantly reduced sugar contents, with fructose and sucrose being 2.2% and 6.6% lower, compared to 2021 and 2021, respectively.

The most important of the content values of sweet maize for a healthy diet is lutein. In our field trial, lutein and zeaxanthin contents were analysed. Analysis of variance values showed that, on average over the examined years, the lutein content of normal sweet and super sweet maize differed significantly between the two groups, but not the zeaxanthin content. Evaluating the effects of crop year, it was found that in all the examined years, both lutein and zeaxanthin contents were significantly different. Both lutein and zeaxanthin synthesis were reduced by drought. The adverse effect of drought was greater in the normal sweet maize hybrid.

In conclusion, correlation evaluations were performed based on the measured parameters averaged over genotypes and years, taking into account the strengths of correlations. Strong positive correlations were found between yield and grain weight, cob mass, sucrose, and lutein. There were medium positive correlations with husk, K, Mg, Zn, P, zeaxanthin, weak positive with Fe, fructose contents and the only weak negative correlation was found with with Ca content. Grain weight was positively related to all parameters with different strengths. Grain weight showed strong positive relationship with sucrose, lutein, zeaxanthin, moderate positive relationship with cobs, Fe, K, P, and weak positive relationship with husk, Ca, Mg, Zn and fructose contents. Cob and husk parameters showed similar correlation values. Cob mass showed strong positive correlation with husk, Mg, Zn, weak positive correlation with K, P, fructose, sucrose, lutein, zeaxanthin and weak negative correlation with Ca, Fe. The correlation of husk parameters was slightly different from that of cobs, except that husk showed moderate negative correlation not only for Ca but also for Fe. Based on the correlation analysis of mineral elements, it was found that Ca values showed strong positive correlation with Fe, K data, Fe with K, lutein, K with lutein, Mg with Zn, Zn with fructose, P with sucrose, lutein, zeaxanthin.

A weak positive relationship was found between most of the mineral elements, with some very weak negative relationships. A strong negative relationship was found only for Ca, in relation to Mg and Zn. There was a strong positive relationship between fructose and sucrose and zeaxanthin, between sucrose and lutein and between lutein and zeaxanthin.

## 10. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abadi W. - Sugiharto A. N.:2019. Uji keunggulan beberapa calon varietas hibrida jagung manis (*Zea mays* L. var. *saccharata*),” *Jurnal Produksi Tanaman*. 7. 5: 939–948.
2. Abou El-Yazied A. - Ragab M. E. - Rawia E. I. - Abou El-Wafa S. M.:2007. Effect of nitrogen fertigation levels and chelated calcium foliar application ont he productivity of sweet corn. *J. Agric. Sci.*, Cairo, 15(1), 131-139,
3. Anderson J.:2023. Soil Moistur Sensors for Real-Time Sowind Date Optimalization in Sweet Corn. *Precision Agriculture*
4. Anderson J. - Baird P. - Davis R.H. Jr. - Ferreri S. - Knudtson M. - Koraym A. - Waters V. - Williams C.L.:2009. Health benefits of dietary fibre. *Nutr Rev.* 67(4):188–205
5. Anonymous, I:2020. Food and Agricultural Organization of the United Nations., Available from: <https://www.fao.org/statistics/en/> Accessed on 12 October 2022
6. Alcamo J. - Ash N. J. - Butler C. D. - Callicott D. - Carpenter S. R. - Castilla J. C. - Chambers R. - Chopta K. - Cropper A.:2003. Ecosystems and human well-being: A Framework for Assessment. Millenium Ecosystems Assessment. Sarukhan, J. – Whyte, A. (eds.) Washington DC, Island Press, 2003.
7. Alejandro B. R. - Juan J. B.:2024. Human gut microbiome, diet, and mental disorders. *International Microbiology* 28:1–15
8. Allen R. G. - Pereira L. S.:2020. Smart irrigation systems for optimizing sowing dates in precision africulture. *Agricultural Water Management*, 233, 105989.
9. Alós E. - Rodrigo M. J. - Zacarias L.:2016. Manipulation of Carotenoid Content in Plants to Improve Human Health. *Carotenoids in Nature*.pp 311-343.
10. Aqil S. - Aqil M.:2020. Prospect of specialty maize as functional food to support food diversification in Indonesia. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.* 484 012118
11. Aylswirth J. D.:1986. Harwest sweet corn by the fourth. *American Vegetable Grower*, 34 (2) 37-38. p.
12. Á. Zöld-Balogh - M. Balogh - A. Engloner - K. Bóka - B. Berecz - B. Lilla - M. Zsolt - Z. Bratek - I. Parádi:2020. Colonization pattern and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi from floating islands in Hungary. *Sydowia*, 72: 131-148.
13. Bakos Zs. - Bojtor Cs. - Illés Á. - Demeter C. - Zelenák A.:2021. Nutritional values and yield parameters of a sweet maize variety (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) *Növénytermelés* 70 : 3 pp. 109-111., 3 p.
14. Bakos Zs. - Micsinai A. - Parádi I. - Nagy J.:2022. Különböző csemegekukorica (*Zea mays* L. convar *Saccharata* Koern) genotípusok molekuláris biológiai markereinek értékelése *Növénytermelés* 71 : 2 pp. 5-20., 16 p.
15. Bakos Zs. - Abakir A. R. A. - Illés Á - Nagy J.:2023. A Honey csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) hibrid szárazanyag-, nitrogén- és kalcium-beépülés dinamikájának vizsgálata. *Növénytermelés* 72 : 4 pp. 21-35., 15 p.

16. Bakos Zs. - Hajer M. I. S. - Nagy J.:2024. A Honey csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) hibrid ásványianyag-, foszfor-, kálium-, magnézium-, cink- és vastartalmának elemzése. *Növénytermelés* 73 : 1 pp. 21-28., 8 p.
17. Bakos Zs. - Nagy J.:2024. Szuperédes csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) beltartalmi paramétereinek elemzése eltérő évjáratokban öntözéses termesztésben. *Növénytermelés* 73 : 3 pp. 29-46., 18 p.
18. Bajtay I.:1979. Csemegekukorica törzsek teljes és részleges diallél keresztezésekkel. *Kandidátus értekezés*. Budapest.
19. Barber T.M. - Kabisch S. - Pfeiffer A.F.H. - Weickert M.O.:2020. The health benefits of dietary fibre. *Nutrients*. 12(10):3209.
20. Becerra M. O. - Contreras L. M. - Lo M. H. - Díaz J. M. - Herrera G. C.:2020. Lutein as a functional food ingredient: Stability and bioavailability. *Journal of Functional Foods* 66:103771
21. Bene E. - Sárvári M.- Futó Z.:2014. A vetésidő hatása három eltérő tenyészedjű kukorica hibrid mennyiségi és egyes minőségi paramétereire. *Növénytermelés*. 63.4.5-24.
22. Bendich, A.:1989. Carotenoids and the Immune Response. *The Journal of Nutrition*, 119:112–115
23. Bene E. - Sárvári M.:2017. A kukorica hibridek vetésidőjének optimalizálása és racionalizálása különös tekintettel a klímaváltozásra. *Növénytermelés*. 66. 1. 21-36.
24. Berardo N. - Brenna O. V. - Amato A. - Valoti P. - Pisacane V. - Motto M.:2004. Carotenoids concentration among maize genotypes measured by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(3), 393–398.
25. Berzsenyi Z.:1988. A Kukorica (*Zea mays* L.) harvest indexének változása a N műtrágyázás, a növényszám és a tenyészidő függvényében. *Növénytermelés*, 37 (3) 229-238. p.
26. Borrego-Ruiz A. - Borrego J.J.:2024 An updated overview on the relationship between human gut microbiome dysbiosis and psychiatric and psychological disorders. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 128:11806.
27. Britton G. - Liaaen-Jensen S. - Pfander H.:2008. Carotenoids volume 4: natural functions, Birkhäuser: Basel, Switzerland.
28. Britton G. - Liaaen-Jensen S. - Pfander H.:2009. Carotenoids volume 5: nutrition and health, Birkhäuser: Basel, Switzerland.
29. Calvo-Brenes P. - Fanning K. - O'Hare T.:2019. Does kernel position on the cob affect zeaxanthin, lutein and total carotenoid contents or quality parameters, in zeaxanthin-biofortified sweet-corn? *Food Chem*. 277: 490–495.
30. Chumpiya S. - Plaingarm W. - Tencomnao T.:2016. Neuroprotective Effect of Rice and Corn Extracts Against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> -Induced Neurotoxicity in HT22 Murine Hippocampal Neuronal Cells. *Med. Health*, 11, 151–170

31. Craft N.E. - Haltema T.B. - Garnett K.M. - Fitch K.A. - Dotey C.K.:2004. Carotenoid, tocopherol, and retinal concentration in elderly human brain. *J Nutr Health Aging* 8:156–162
32. Cryan J. F. - Dinan T. G.:2015 More than a gut feeling: the microbiota regulates neurodevelopment and behavior. *Neuropsychopharmacology* 40:241–242.
33. Cryan J.F. - O’Riordan K.J. - Sandhu K. - Peterson V. - Dinan T.G.:2020 The gut microbiome in neurological disorders. *Lancet Neurol* 19:179–194.
34. Daniel L.:1978. A csemege- és a pattogatni való kukorica termesztése. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
35. Daryanto S. - Wang L. - Jacinthe P.A.:2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PLoS ONE*.11, e0156362.
36. Daniel L.:1978. A csemege- és a pattogatni való kukorica termesztése. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
37. Das A. K. - Singh V.:2016. Antioxidative free and bound phenolic constituents in botanical fractions of Indian specialty maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Food Chem.* 201, 298–306.
38. de Mendiburu F.:2016. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-4. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
39. Demeter C. - Széles A. - Illés Á. -Bojtor C. - Nagy J.:2020. Eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern.) hibridek fenometriai és terméselem vizsgálatainak eredményei. *Növénytermelés*. 69 (4), 26-36, 2020.
40. Demeter C. - Nagy J - Huzsvai L. - Zelenák A. - Szabó A. - Széles, A.:2021. Analysis of the content values of sweet mays (*Zea mays* L. convar saccharata Koern.) in precision farming. *Agronomy*. 11.2596.1-12.
41. Demeter C.:2022. A Messenger csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibrid termésminőség elemzése 2020–2021-ben *Növénytermelés* 71 : 2 pp. 21-38., 18 p.
42. Dziuban C. D. - Shirkey E. C.:1974. When Is a Correlation Matrix Appropriate for Factor Analysis? Some Decision Rules. *Psychological Bulletin*, 81, 358-361.
43. El-Sayed M. - Abdel. A - Akhtar H. - Z aheer K. - Ali R.:2013. Dietary Sources of Lutein and Zeaxanthin Carotenoids and Their Role in Eye Health, *Nutrients* 5. 4:1169-1185
44. Erdal S. - Pamukcu M. - Savur O. -Tezel M.:2011.: Evaluation of developed standard sweet corn (*Zea mays* sacharata L.) hybrids for fresh yield, yield component and quality parameters. *Turkish Journal of Field Crops*. vol. 16, no. 2, pp. 153–156, 2011.
45. Fiedor J. - Burda K.:2014. Potential Role of Carotenoids as Antioxidants in Human Health and Disease. *Nutrients*, 6. 2:466-488
46. Fox J. - Weisberg, S.:2011. *An {R} Companion to Applied Regression*, Second Edition. Thousand Oaks CA:Sage. <http://socserv.socsci.memaster.ca/jfox/Books/Companion>

47. Fraser P. D. - Bramley P. M.:2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Prog. Lipid Res.* 43, 228–265.
48. Friedman D.S. - O'Colmain B.J. - Munoz B. - Tomany S.C. - McCarty C. - de Jong P.T. et al.:2004. Prevalence of age-related macular degeneration in the United States. *Arch Ophthalmol* 122:564–572
49. Garcia S.:2021. Advances in Sweet Corn Varieties for Climate Resilience and Sowing Date Optimization. *Corp Science Journal*.
50. Garcia S.:2021. Conservation Tillage Practices and Their Effect in Sweet Corn Showing Dates. *Corp Science Journal*.
51. Garcia S.:2021. The Impact of Climate Change on Showing Dates: A Sweet Corn Case Study. *Environmental Agriculture*.
52. Ge T. - Sui F. - Bai L. - Tong C. - Sun N.:2012. Effects of water stress on growth, biomass partitioning, and water-use efficiency in summer maize (*Zea mays* L.) throughout the growth cycle. *Acta Physiol. Plant.* 34. 1043–1053.
53. Gombos B. - Nagy Z.:2021. A kukorica éghajlatigénye. In: Nagy J. (szerk) *Kukorica: a nemzet aranya: élelmiszer, takarmány, bioenergia*. Budapest, Magyarország: Szaktudás Kiadó (2021) 516 p. pp. 165-172., 8p.
54. Gombos B. - Nagy J.:2022. A Debreceni Egyetem agrár kampuszán folyó növénytermesztési kísérletek meteorológiai viszonyainak elemzése 2021-ben. *Növénytermelés*. 71 (3-4), 55-70, 2022.
55. Gombos B. - Nagy, J.:2023. A kukoricatermesztési kísérletek meteorológiai viszonyai a Debreceni Egyetem agrár kampuszán a 2022-es tenyészidőszakban. *Növénytermelés*. 72 (2), 5-19, 2023
56. Goula M. - Ververi A. - Adamopoulou K. K.:2017. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils, *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 34, pp. 821–830
57. Grazia J. D. - Tittonell P. A. - Germinara D. - Chiesa A. D.:2023. Phosphorus and nitrogen fertilization in sweet corn (*Zea mays* L.var. *saccharata* bailey). *Spanish J. Agri. Res.* 1(2):103-107.
58. Gu R. - Chen F. - Liu B. - Wang X. - Liu J. - Li P. - Pan Q. - Pace J. - Soomro A. A. - Lübberstedt T. - Mi G. - Yuan L.:2015. Comprehensive phenotypic analysis and quantitative trait locus identification for grain mineral concentration, content, and yield in maize (*Zea mays* L.) *Theor Appl. Genet.*128:1277-1789.
59. Gutiérrez D.:2020. Soil Moisture and Sowing Date Optimization for Sweet Corn production in Drought-Prone Regions. *Agricultural Water Management*.
60. Gurmu F. - Hussein S. - Laing M.:2014. The Potential of Orange-Fleshed Sweet Potato to Prevent Vitamin A Deficiency in Africa. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* Vol. 84, No. 1-2

61. Hadi G.:1993. Csemegekukorica beltenyésztett törzsek, és hibridek értékelése. Kandidátusi értekezés. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár. p. 4-5, 7.
62. Hadi G.:2003. Csemegekukorica. [In.Radics L. (ed.) Növénytermesztés határok nélkül. Szaktudás Kiadó ház. Budapest
63. Hanway J. J.:1966. "How a corn plant develops", Special Report. 38
64. He W. - Wang Y. - Dai Z. - Liu C. - Xiao Y. - Wei O. - Song J. - Li D.:2019. Effect of UV-B radiation and a supplement of CaCl<sub>2</sub> on carotenoid biosynthesis in germinated corn kernels. *Food Chemistry* 278:509–514
65. Hernandez M.:2022. Technological Integration for Showing Date Optimization in Sweet Corn Production. *Journal of Agricultural Technology*.
66. Hernandez M.:2022. Utilizing Remote Sensing and Water Forecasting to Optimize Sweet Corn Sowing Dates. *Precision Agriculture*.
67. Hibberd M. C. - Wu M. - Rodionov D.A. - Li X. - Cheng J. - Griffin N.W. et al:2017 The effects of micronutrient deficiencies on bacterial species from the human gut microbiota. *Sci Transl Med* 9:eaa4069. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aal4069>
68. Hodossi S.: 2004. Csemegekukorica. In: HODOSSI S., KOVÁCS A., TERBE I. (Szerk.) Zöldségtermesztés szabadföldön. Budapest. Mezőgazda Kiadó.340-348.
69. Horváth É. - Gombos B. - Széles A.:2021. Evaluation phenology, yield and quality of maize genotypes in drought stress and non-stress environments. *Agronomy Research* 19 (2), 408-422
70. Hudák R. - Gombos B.:2023. Local-scale distribution of precipitation in the growing season of 2019 research *Journal of Agricultural Science* 55: 1pp. 111-118., 8p.
71. Huzsvai L. - Fejér P. - Illés Á. - Bojtor Cs. - Bojté Cs. - Horváth É. - Demeter C.:2021. Analysis of sweet corn nutritional values using multivariate statistical methods. *Acta Agraria Debreceniensis*.103-108.
72. Ilker E.:2011. Correlation and path coefficient analyses in sweet corn. *Turkish Journal of Field Crops*. 16. 2: 105–107
73. Jones H.:2019. Temperature Sensitivity of Sweet Corn: Adjusting Sowing Dates for Optimal Germination. *Field Crop Research*.
74. Jones H.:2020. Impact of Climatic Variability on Sweet Corn Sowing Dates. *Field Crops Research*.
75. Namitha K. K. - Negi P. S.:2010. Chemistry and biotechnology of carotenoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(8),728–760.
76. Nagao A. - During A. - Hoshino C. - Terao J. - Olson J. A.:1996. Stoichiometric conversion of all trans- $\beta$ -carotene to retinal by pig intestinal extract. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 328 (1), 57–63
77. Kandlakunta B. - Rajendran A. - Thingnganing L.:2008. Carotene content of some common (cereals, pulses, vegetables, spices and condiments) and unconventional sources of plant origin. *Food Chemistry*, 106(1), 85–89.

78. Kean E. G. - Ejeta G. - Hamaker B. R. - Ferruzzi M. G.:2007. Characterization of carotenoid pigments in mature and developing kernels of selected yellow-endosperm sorghum varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(7), 2619–2626.
79. Kean E. G. - Hamaker B. R. - Ferruzzi M. G.:2008. Carotenoid bio- accessibility from whole grain and degermed maize meal products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (21), 9918–9926.
80. Kim J. - Lee J. - Hwan O. J. - Jin Chang H. - Kyung Sohn D. - Kwon O. - Shin A. - Kim J.:2019. Dietary Lutein Plus Zeaxanthin Intake and DICER1 rs3742330 A > G Polymorphism Relative to Colorectal Cancer Risk. *Scientific Reports* 9, 3406
81. Kozera B. - Rapacz M.:2013. Reference genes in real-time PCR. *Journal of Applied Genetics* 54:391–406
82. Kuhn S. - Ogliari J. B. - Dias P. F. - Marachin M.:2012. Brazilian Maize Landraces Silks as Source of Lutein: An Important Carotenoid
83. Lin D. - Barnett M. - Grauer L. - Robben J. - Jewell A. - Takemoto L. et al.:2005. Expression of superoxide dismutase in whole lens prevents cataract formation. *Mol Vis* 11:853–858
84. Lach G. - Schellekens H. - Dinan T.G. - Cryan J.F.:2018. Anxiety, depression, and the microbiome: a role for gut peptides. *Neurotherapeutics* 15:36–59
85. Langi P. - Kiokias S. - Varzakas T. - Proestos C.:2018. Carotenoids: From Plants to Food and Feed Industries. *Microbial Carotenoids* 3, 57-71
86. Long E.:1988. Sweeter and earlier. *Grower*, 109 (7) 29-35. p.
87. Luthold R.V. - Fernandes G.R. - Franco-de-Moraes A.C. - Folchetti L.G. -Ferreira S.R.:2017. Gut microbiota interactions with the immunomodulatory role of vitamin D in normal individuals. *Metab Clin Exp* 69:76–86. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.007>
88. Magyar A.: 2020. Makro adatok a gazda szemével: Világszintű nagyhatalom vagyunk, alig fogyasztjuk-a hazai csemegekukorica termelés. <https://www.agrarszektor.hu/noveny>
89. Maiani G. - Castón M. J. P. - Catasta G. - Toti E. - Cambrodón I. G. - Bysted A. - Schlemmer U.:2009. Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition and Food Research*, 53(Suppl. 2), 194–218.
90. Maoka, T.:2019. Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74(1), 1–16.
91. Mangels A.R. - Holden J.M. - Beecher G.R. et al.:1993. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. *J Am Diet Assoc.* 1993;93:284–96
92. Mares J.:2016. Lutein and Zeaxanthin Isomers in Eye Health and Disease. *Annual Review of Nutrition* 36:571-602
93. Marshall S. V. -Tracy W. F.:2003. Sweet corn. In: *Corn: chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists. St Paul, USA, 537-569. p.

94. Messias R. S. - Galli V. - Delmar A. S. - Rombaldi C. V.:2014. Carotenoid Biosynthetic and Catabolic Pathways: Expression and Carotenoid Content in Grains of Maize Landraces. *Nutrients* 6, 546-563
95. Miller J.:2023. Agricultural Adaptations to Climate Change: Sweet Corn Sowing Date and Yield Resilience. *Journal of Agricultural Systems*.
96. Miller J.:2023. Soil Moisture Management and Date Optimization for Sweet Corn. *Agricultural Water Management*.
97. Mousavi S. M. N.- Illés Á. - Bojtor Cs. - Demeter C. - Bakos Zs. - Vad A. - Abakeer R.A. - Sidameh H. M. I. - Nagy J.:2024. Quantitative and qualitative yield in sweet maize hybrids. *Brazilien Journal of biology* 84 1-9, 2024.
98. Mousavi S. M. N. - Illés Á. - Szabó A. - Shojaei S. H. - Demeter C. - Bakos Zs - Vad A. - Széles A. - Nagy J. - Bojtor C.:2024. Stability yield indices on different sweet corn hybrids based on AMMI analysis BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY 84 Paper: e270680 , 8 p.
99. Mora-Gutierrez A. - Attaie R. - Núñez de González M. T. - Jung Y. - Woldesenbet S. - Marquez S. A.:2018. Complexes of lutein with bovine and caprine caseins and their impact on lutein chemical stability in emulsion systems: Effect of arabinogalactan. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 18–27.
100. Nagy J.:2021. Kukorica a Nemzet Aranya – Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Budapest, Magyarország: Szaktudás Kiadó Ház Zrt. (2021) A csemegekukorica (*Zea mays* conv. *saccharata* Koern) terméselemeinek elemzése öntözéses termesztésben. *Növénytermelés*. 72 (2), 97-111, 2023.
101. Nagy J. - Demeter C. - Bakos Zs. - Simon K. - Sidahmed H.:2023. A csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) hibridek betakarítási idejének értékelése a szárazanyag- és a szacharózgyarapodásának dinamikája alapján = Harvest time evaluation of sweet maize (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) hybrids based on dry matter and sucrose yield dynamics. *Növénytermelés*. 72 (1), 53-68, 2023.
102. Nagy J. - Demeter C. - Bakos Zs. - Szabó A. - Sinka L. - Sidahmed H. - Simon K. - Illés Á.:2023. A csemegekukorica (*Zea mays* conv. *saccharata* Koern) terméselemeinek elemzése öntözéses termesztésben. *Növénytermelés*. 72 (2), 97-111, 2023.
103. Namitha K. K. - Negi P. S.:2010. Chemistry and biotechnology of carotenoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(8),728–760.
104. Nemeskéri E. - Molnár K. - Dobos Cs. A.: 2017. Csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) sztómaműködése és hatása a növekedésre és terméskomponensekre eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés*. 66. 1: 75–96.
105. Nishino A. - Ichihara T. - Takaha T. - Kuriki T. - Nihei H. - Kawamoto K. - Yasui H. - Maoka T.:2015. Accumulation of paptika carotenoid in human plasma and erythrocytes. *J Oleo Sci* 64:1135–1142
106. Niu G. - Guo Q. - Wang J. - Zhao S. - He J. - Liud L.:2020. Structural basis for plant lutein biosynthesis from  $\alpha$ -carotene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 202001806. doi:10.1073/pnas.2001806117

107. Orosz F.:2009. Termesztéstechnológiai elemek hatása a csemegekukorica koraiságára. Doktori (PhD) értekezés. Budapest.
108. Uarrotta V. G. - Stefen D. L. V. - Leolato L. S. - Gindri D. M. - Nerling D.:2018. Revisiting Carotenoids and Their Role in Plant Stress Responses: From Biosynthesis to Plant Signaling Mechanisms During Stress. *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants* pp 207-232
109. Vass I.:2000. A fotoszintézis molekuláris biofizikája. ([http:// fotoszintezis.szbk.u-szeged.hu/fototan/fot\\_mol\\_biol/ antennak.pdf](http://fotoszintezis.szbk.u-szeged.hu/fototan/fot_mol_biol/antennak.pdf))
110. Paradi I. - Bratek Z. - Lang F.:2003. Influence of arbuscular mycorrhiza on polyamine content, growth and photosynthesis of *Plantago lanceolata* L. *Biologia Plantarum*, 46: 563-569.
111. Parra D. L. C. - Saldivar S. O. - Liu R. H.:2007. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55. 10:4177– 4183.
112. Pepó P. - Vad A.:2019. Hatékonyabb kukoricatermesztés. *Magyar Mezőgazdaság*, 2019 (02.13.), 16-17, 2019.
113. Pepó P. - Vad C. - Ábrahám É. - Szabó É.:2019. Lépések a precíziós technológia elemeinek bevezetésére: A kukorica termesztéstechnológiájának fejlesztési lehetőségei. *Mezőhír*. 23 (4), 36-38, 2019.
114. Perczes J.:1999. Csemegekukorica. In: MÁRTONFFY B., RIMÓCZI I. (Szerk.) Nagymagvú zöldségfélék. Budapest., Mezőgazda Kiadó 50-72.
115. Perry, H. Rasmussen - E. J. Johnson.:2009. “Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products,” *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 22, no. 1, pp. 9–15,
116. Revilla M. - Anibas C. M. - Tracy W. F.:2021. Sweet Corn Research around the World 2015–2020. *Agronomy*, 11(3), 534.
117. Rosen B.R. - Dan-Ning H.:2018. Zeaxantin for tumor treatment. US 2018/0318235.
118. Raja V.:2001. Effect of nitrogen and plant population on yield and quality of super sweet corn (*Zea mays*). *Indian J. Agron.*, 46 (2): 264-269.
119. Ray K. - Banerjee H. - Dutta S. - Hazra A. K. - Majumdar K.:2019. Macronutrients influence yield and oil quality of hybrid maize (*Zea mays* L.). *PLoS One*. 14. 5. 1-23.
120. Reynolds A. - Mann J. - Cummings J. - Winter N. - Mete E. - Te Morenga L.:2019. Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet*. 393(10170):434–445.
121. Russel E. W.:1973. Soil Condition and Plant Growth. 10th Ed. *Longman Limited, London*.
122. Salardini A. A. - Sparrow L. A. - Holoway R. J.:1992. Sweet corn responses to basal and top-dressed and sources of nitrogenous fertilizers. *Aust. J. Agric. Res.*, 43 (1): 171-180.

123. Samarah N. H. - Alqudah A. M. - Amayreh J. A. - McAndrews G. M.:2009. The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars.*J. Agron. Crop Sci.*195, 427–441.
124. Sanchez C. A. - Nagata R. T. - Guzman V.L.:1989. Response of sweet corn to nitrogen source and rate on Histosols. *Hortscience* 24 (6): 925-927.
125. Santos P. H. A. D. - Pereira M. G. - Trindade R.D.S. - Cunha K. S.D. - Entringer, G.C - Vetorazzi J.C.F.:2014. Agronomic performance of super sweetcorn genotypes in the north of Rio de Janeiro.*Crop Breeding and Applied Biotechnology*.14.1:8-14.
126. Shaoqing C. - Yanyan Z. - Wenguang F. - ChunmeiB. - Lili M. - Xinyuan Z. - Ronghuan W. - Yaxing S. - Wantao C. - Qing W. - Christopher B. W. - Jinhua Z.:2024. Unravelling the postharvest quality diversities of different sweet corn varieties. *Postharvest Biology and Technology*. Volume 209, March 2024, Page 112718
127. Sharma P.:2021. Moisture Sress and Its Effect on Sowing Dates in Sweet Corn. *Agricultural Water Management*.
128. Sipos L. - Losó V. - Nyitrai Á. - Kókai Z. - Gere A.:2017. Érzékszervi kedveltség predikciója mesterséges neurális hálózatokkal, fagyasztott csemegekukorica fajták példáján bemutatva. *Élelmiszervizsgálati közlemények*.LXIII.4.1-18.
129. Smith R.:2020. Optimal Sowing Dates for Sweet Corn: The Role of Soil Temperature. *Soil Science Journal*.
130. Smith R.:2022. Predicting Optimal Sowing Dates for Sweet Corn in Changing Climates: Integrating Weather Forecasting with Agronomic Practises. *Journal of Agricultural Science*.
131. Sommerburg O. - Keunen J. E. E. - Bird A. C. - van Kuijk F. J. G. M.:1998. Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin: the macular pigment in human eyes. *British Journal of Ophthalmology*, 82(8), 907–910.
132. Song J. F. - Li D.J. - He M. J. - Chen J.Q. - Liu C.Q.:2016. Comparson of Carotenoid Composition in Immature and Mature Grains of Corn (*Zea Mays* L.) Varieties. *Int. J. Food Prop.*19.351–358.
133. Stahl W. - Sies H.:2003. Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine* 24:345–351
134. Stone P. J. - Soresnen I. B. - Reid J. B.:1998. Effect of plant population and nitrogen fertilizer on yield and quality of super sweet corn. *Proc. Annual Conf. Agro. Soci. New. Zeland* 28: 1-5.
135. Swapna G. - Jadesha G. - Mahadevu P.:2020. Sweet Corn - A Future Healthy Human Nutrition Food. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 9(7): 3859-3865
136. Szabó A. - Illés Á. - Bojtor Cs. - Bakos Zs. - Nagy J.:2021. Effect of the different nitrogen supply on the leaf area index and yield parameters of maize. *Növénytermelés*. 70 (3), 117-120, 2021.
137. Szakály Z.:2024. A fenntartható élelmiszer-fogyasztás összefüggései. *The Hungarian Journal of Nutrition Marketing*. XI.1.3-22.

138. Székely G. - Losó V. - Tóth A.: 2015. Nemzetközi és zölség - gyümölcs fogyasztás módszertani kérdések. Élelmiszervizsgálati közlemények.LXI.1.457483.
139. Taber H. G. - Cox D. F.:1983. Nitrogen effect on yield and kernel protein content of sweet corn grown on sandy soils. *Comm. Soil. Sci. and Plant Anal.* 14 (7): 585-599.
140. Tanaka T. - Shnimizu M. - Moriwaki H.:2012. Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules17033202>.
141. Taylor A.M. - Thompson S.V. - Edwards C.G. - MUSAAD S.M.A. - Khan N.A. - Holscher H.D.:2019. Associations among diet, the gastrointestinal microbiota, and negative emotional states in adults. *Nutr Neurosci* 22:1–10.
142. Temesvári M. - Borbély L.:2005. Csemegekukorica-termesztési tapasztalatok Nagyszénáson. Gyakorlati Agrofórum.16(4).31-33.
143. Thompson R.:2022. Climate Models and Their Role in Optimizing Sweet tCorn Sowing Dates. *Agricultural Systems Journal*.
- 144.Tracy W. F.:2021. Agronomic Practices and Sowing Date Adjustments for Sweet Corn Yield Optimization. *Crop Science Journal*.
145. Tracy W.:2023. Advances in Precision Agriculture for Optimizing Sowing Dates of sweet Corn. *Journal of Agricultural Technology*.
146. Trouvelot A. - Kough J.L. - Gianinazzi-Pearson, V.:1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson V. and Gianinazzi, S., Eds, *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, INRA, Paris, 217-221.
147. Venter C. - Meyer R.W. - Greenhawt M. - Pali-Schöll I. - Nwaru B. - Roduit C. - Untersmayr E. - Adel-Patient K. - Agache I. - Agostoni C. et al.:2022. Role of dietary fibre in promoting immune health-An EAACI position paper. Allergy. Epub ahead of print.
148. Wang H. - Jing-sheng L - Wei-hong M. - Ming-zhu Z. – Hao L.:2019. Changes of moisture distribution and migration in fresh ear corn during storage. *Journal of Integrative Agriculture*. Volume 18, Issue 11, November 2019, Pages 2644-2651
149. Warnes G. R. - Bolker B. - Bonebakker L. - Gentleman R. - Lia W. H. A. - Lumley T. - Maechler M. - Magnusson A. - Moeller S. - Schwartz M. - Venables B.:2015. Gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data. R Package version 2.17.0.<http://CRAN.R-proejct.org/package=gplots>.
150. Xie Y. - Song H. - Liu S. - Jia L.:2016. Effect of different retailing conditions on quality of sweet corn after forced-air cooling and low temperature transportation XXIX International horticultural congress on horticulture: Sustaining lives, livelihoods and landscapes (IHC2014): International symposia on postharvest knowledge for the future and consumer and sensory driven improvements to fruits and nuts. *Acta Horti.* 1120: 293–298.
151. Xiong H. F. - Xiong Y. S. - Zhang G. B. - Peng Z. D. – He - S. H. - Xu D.B. - Liu, W.: 2017. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Yield of Sweet Corn. In Proceedings of the International Conference on Material Science. Energy and Environmental Engineering (MSEEE 2017). Volume 125, pp

152. Xue C. - Rosen R. - Jordan A. - Hu D.: 2015. Management of ocular diseases using lutein and zeaxanthin: What have we learned from experimental animal studies? *Journal of Ophthalmology*, 2015, 1–11.

153. Yi J. - Fan Y. - Yokoyama W. - Zhang Y. - Zhao L.: 2016. Characterization of milk proteins-lutein complexes and the impact on lutein chemical stability. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.035>.

### **Internetes hivatkozások**

NEBIH.: 2021, 2024. Nemzeti fajtajegyzék. Állimlag elismert zöldségfajták

**Internet 1:** <https://www.webbeteg.hu/keresok/tapanyagtartalom/2027/>

Letöltés ideje: 2025.01.23

# 11. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



**DEBRECENI  
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM  
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400  
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/61/2025.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Bakos Zsuzsanna  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10079310

## A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (7)

1. **Bakos, Z.**, Sidahmed, H. M. I., Nagy, J.: A Honey csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibrid ásványianyag-, foszfor-, kálium-, magnézium-, cink- és vastartalmának elemzése.  
*Növénytermelés*. 73 (1), 21-28, 2024. ISSN: 0546-8191.
2. **Bakos, Z.**, Nagy, J.: Szuperédes csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) beltartalmi paramétereinek elemzése eltérő évjáratokban öntözéses termesztésben.  
*Növénytermelés*. 73 (3), 29-46, 2024. ISSN: 0546-8191.
3. Nagy, J., Demeter, C., **Bakos, Z.**, Szabó, A., Sinka, L., Sidahmed, H. M. I., Simon, K., Illés, Á.: A csemegekukorica (*Zea mays* conv. saccharata Koern) terméslemeinek elemzése öntözéses termesztésben.  
*Növénytermelés*. 72 (2), 97-111, 2023. ISSN: 0546-8191.
4. Nagy, J., Demeter, C., **Bakos, Z.**, Simon, K., Sidahmed, H. M. I.: A csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibridek betakarítási idejének értékelése a szárazanyag- és a szacharózgyarapodásának dinamikája alapján = Harvest time evaluation of sweet maize (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hybrids based on dry matter and sucrose yield dynamics.  
*Növénytermelés*. 72 (1), 53-68, 2023. ISSN: 0546-8191.
5. **Bakos, Z.**, Abakeer, R. A., Illés, Á., Nagy, J.: A Honey csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibrid szárazanyag-, nitrogén- és kalcium-beépülés dinamikájának vizsgálata.  
*Növénytermelés*. 72 (4), 21-35, 2023. ISSN: 0546-8191.
6. Szabó, A., Illés, Á., **Bakos, Z.**, Nagy, J.: A precíziós csepegtető öntözés hatása a csemegekukorica (*Zea mays* conv. saccharata Koern) normalizált differenciált vegetációs index, levélterületi index és SPAD értékeire szántóföldi kísérletben.  
*Növénytermelés*. 72 (1), 107-122, 2023. ISSN: 0546-8191.
7. **Bakos, Z.**, Micsinai, A., Parádi, I., Nagy, J.: Különböző csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. Saccharata Koern) genotípusok molekuláris biológiai markereinek értékelése.  
*Növénytermelés*. 71 (2), 5-20, 2022. ISSN: 0546-8191.





Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

8. Szabó, A., Illés, Á., Bojtör, C., **Bakos, Z.**, Nagy, J.: Effect of the different nitrogen supply on the leaf area index and yield parameters of maize.  
*Növénytermelés. 70 (3), 117-120, 2021. ISSN: 0546-8191.*

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

9. Mousavi, S. M. N., Illés, Á., Szabó, A., Shojaei, S. H., Demeter, C., **Bakos, Z.**, Vad, A., Széles, A., Nagy, J., Bojtör, C.: Stability yield indices on different sweet corn hybrids based on AMMI analysis = Índices de estabilidade de rendimento em diferentes híbridos de milho-doce com base na análise AMMI.  
*Braz. J. Biol. 84, 1-8, 2024. ISSN: 1519-6984.*  
DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.270680>

**További közlemények**

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

10. Demeter, C., Széles, A., Illés, Á., Bojtör, C., Szabó, A., **Bakos, Z.**, Zelenák, A., Nagy, J.: Normálédes és szuperédes csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *sacharata* Koern) hibridek beltartalmi értékeinek összehasonlító elemzése.  
*Növénytermelés. 70 (2), 5-20, 2021. ISSN: 0546-8191.*

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

11. **Bakos, Z.**, Bojtör, C., Illés, Á., Demeter, C., Zelenák, A.: Nutritional values and yield parameters of a sweet maize variety (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern).  
*Növénytermelés. 70 (3), 109-111, 2021. ISSN: 0546-8191.*

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

12. Mousavi, S. M. N., Illés, Á., Bojtör, C., Demeter, C., **Bakos, Z.**, Vad, A., Abakeer, R. A., Sidahmed, H. M. I., Nagy, J.: Quantitative and qualitative yield in sweet maize hybrids.  
*Braz. J. Biol. 84, 1-9, 2024. ISSN: 1519-6984.*  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.265735>

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

13. **Bakos, Z.**, Demeter, C.: Comparative analysis of molecular biological markers of different sweet corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) genotypes.  
In: 19th Wellmann International Scientific Conference : Book of abstract. Ed.: Kiss Orsolya, University of Szeged Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely, 21, 2022. ISBN: 9789633068601





14. **Bakos, Z.**, Nagy, J., Parádi, I., Demeter, C., Szűcs, K., Szántó-Egész, R., Micsinai, A.:  
Evaluation of molecular biological markers of different sweet corn (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) genotypes.  
In: Scientific Conference of PhD Students of FAFR, FBFS and FHLE SUA in Nitra with international participation : Proceedings of abstracts. Eds.: Monika Tóthová, Judita Lidiková, Kristína Candráková, Dominik Hollý, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, 65-65, 2021. ISBN: 9788055224008
15. Demeter, C., **Bakos, Z.**, Zelenák, A., Nagy, J.: Evaluation of NDVI, SPAD and nutritional values of sweet maize (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern).  
In: Scientific Conference of PhD. Students of FAFR, FBFS and FHLE SUA in Nitra : Proceedings of Abstracts. Eds.: Monika Tóthová, Judita Lidiková, Kristína Candráková, Dominik Hollý, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, 67-67, 2021. ISBN: 9788055224008

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.02.19.



## 12. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton is szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőimnek, Prof. Dr. Nagy János professzor emeritusnak és Dr. Micsinai Adriennek, akik fáradhatatlanul sok munkával és kितartással végezték a szakmai irányításomat a kutatási éveim során.

Szeretnék köszönetet mondani Prof. Dr. Kakuszi-Széles Adrienn Intézetvezetőnek és a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Földhasznosítási Tanszék munkatársainak. Külön köszönetet mondok Elek Erzsébetnek és Baginé Hunyadi Ágnesnek a segítőkészségükért. Köszönöm továbbá a hallgatótársaimnak, Dr. Bojté Csillának, Dr. Demeter Cintianak, Dr. Illés Árpádnak, Dr. Bojtor Csabának, Szabó Atalának és Zagyai Péternek, akik mindig önzetlenül segítettek a munkámat és hozzájárultak a doktori dolgozatom elkészítéséhez.

Köszönettel tartozom Dr. Parádi Istvánnak, az ELTE adjuntusának, aki szakmai tanácsaival és értékes meglátásaival támogatta a munkámat.

Ezúton mondok köszönetet a Martonvásári Kutatóintézet nemesítőinek a magyar nemesítésű csemegekukorica hibrid megbízható vizsgálatához nyújtott támogatásukért, tisztelettel emlékezek a néhai Dr. Hadi Géza nemesítőre.

Köszönöm az Eurofins NSC Hungary Kft.-nek, hogy kutatómunkám során biztosították a laboratóriumi munkához szükséges készülékeket és eszközöket.

Végezetül köszönöm a mérhetetlen sok segítséget és támogatást a családomnak.

### 13. NYITATKOZATOK

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2025.....

.....  
jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Bakos Zsuzsanna Éva doktorjelölt 2021 február 01 - 2025 január 31. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányítással végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2025.....

.....  
témavezető aláírása

.....  
témavezető aláírása