

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**LEVÉLZÖLDSÉGEK MORFOLÓGIÁJÁNAK ÉS MINŐSÉGI  
MUTATÓINAK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ  
TERMESZTÉSTECHNOLÓGIAI TÉNYEZŐK FÜGGVÉNYÉBEN**

**Dr. Kovácsné Madar Ágota**  
*doktorjelölt*

*Témavezető:*

**Takácsné Prof. Dr. Hájos Mária**  
*egyetemi tanár*



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

**Debrecen**

**2025**

# 1. BEVEZETÉS

A zöldségfogyasztás a kiegyensúlyozott, egészséges táplálkozás elengedhetetlen része, mivel a zöldségfélék számos, a szervezet számára nélkülözhetetlen vitamint, ásványi anyagot, élelmi rostot és fitokemikáliát tartalmaznak. A napi étrendben betöltött fontos szerepük kiterjed a gyomor-bélrendszer egészségének megőrzésére, a látás védelmére, valamint a krónikus kórképek, mint a kardiovaszkuláris betegségek, a stroke, a diabétesz és egyes rosszindulatú daganatos elváltozások kockázatának mérséklésére is (Dias, 2012). A levélzöldségek különösen kiemelkednek jelentős beltartalmi értékeikkel, alapvető forrásai az antioxidánsoknak, és nagy mennyiségben tartalmaznak rostot, vitaminokat és ásványi anyagokat (Settaluri et al., 2015). Mivel nem tartalmaznak koleszterint és természetesen alacsony a kalóriatartalmuk, a kiegyensúlyozott étrend fontos részét képezhetik (Bunning & Kendall, 2012).

A hajtattott zöldségtermesztésben kiemelt jelentősége van a koraiságnak a magasabb eladási árak miatt. A tenyészidő hosszúságát alapvetően a fajta genetikai tulajdonságai, a környezeti tényezők (különösen a fényviszonyok és a hőmérséklet), és a termesztéstechnológia együttesen határozzák meg (Slezák & Jezdinsky, 2013).

A levélzöldségek között a saláta (*Lactuca sativa* L.) világszerte az egyik legnépszerűbb és legszélesebb körben termesztett faj. Jelentős gazdasági és táplálkozástani értékű faj, amelyet főként nyersen, magában vagy konyhakész (fresh-cut) termékek komponenseként hasznosítanak (Putnam, et al. 2000; Kenny & O'Beirne 2009).

A FAO legfrissebb, 2022-es adatai szerint a világ saláta- és cikóriatermelése meghaladta a 29 millió tonnát. A globális termelésben továbbra is Kínáé a vezető szerep, közel 15 millió tonnával, őt követi az Egyesült Államok és India. Európa több mint 5,7 millió tonnás saláta- és cikóriatermelésének több mint 30%-át a két legnagyobb termelő, Spanyolország (1,1 millió tonna) és Olaszország (0,7 millió tonna) adja.

A saláta fogyasztása jelentősen hozzájárul a proA-, C-, E-vitamin, a karotinoidok és a rost beviteléhez (Agüero et al., 2008). A zöldségfogyasztás jelentőségét a tápanyagok és a különféle bioaktív anyagok adják, köztük a fitokémiai vegyületek (fenolok, flavonoidok, karotinoidok), az ásványi anyagok, a vitaminok és az élelmi rost (Oz & Kafkas, 2017). Az utóbbi évtizedben a levélzöldségek iránti kereslet jelentősen megnövekedett. Ez elsősorban a kiemelkedő kalcium-, vas-, proA-, C-vitamin és antioxidáns tartalmukkal, valamint az emberi egészségre gyakorolt jótékony hatásukkal magyarázható (Barickman et al., 2018).

*A kutatás fő célkitűzései a következők voltak:*

- **Termesztési módok összehasonlítása:** Értékelni a különböző termesztési módok (fűtetlen fólia, üvegház, szabadföld) hatását hat salátafajta és öt egyéb levélzöldség morfológiai, fiziológiai és beltartalmi tulajdonságaira.
- **Szezonális hatások vizsgálata:** Meghatározni a termesztési időszak (tavasz vs. őszy/nyár) hatását a vizsgált növények hozamára, növekedési jellemzőire, fiziológiai paramétereire (NDVI, SPAD), valamint bioaktívanyag-tartalmának (összpolifenol, flavonoid, C-vitamin) és nitrátkoncentrációjának alakulására.
- **Genotípusok értékelése:** Összehasonlítani a különböző salátatípusok (tépő-, jég-, vajfej-, kötözősaláta) és egyéb levélzöldségek (madársaláta, rukkola, spenót, bébicékla) mennyiségi és minőségi mutatóit eltérő termesztési körülmények között.
- **Bioaktív anyagok és nitrát alakulásának elemzése:** Részletesen vizsgálni a bioaktív vegyületek (polifenolok, flavonoidok, C-vitamin) és a nitrát felhalmozódását a különböző fajtáknál, termesztési módok és időszakok függvényében, különös tekintettel a környezeti stresszhatásokra.
- **Összefüggések meghatározása:** Korrelációs analízis segítségével meghatározni a vizsgált morfológiai, fiziológiai és beltartalmi paraméterek közötti összefüggéseket a különböző termesztési rendszerekben.
- **Gyakorlati javaslatok kidolgozása:** A kísérleti eredmények alapján gyakorlati javaslatokat megfogalmazni a termesztők számára az optimális fajtaválasztásra és termesztéstechnológiára vonatkozóan, a kívánt termesztési célnak megfelelően.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. A kísérlet helye, ideje és a vizsgált növények

A kísérleteket a Debreceni Egyetem, AKIT-DTTI Bemutatókert és Arborétumában végeztük (2019–2022) mészlepedékes csernozjom talajon. A kísérleti parcellák talaja homokos vályog, többnyire semlegeshez közeli kémhatással (átl. pH 7,3-7,6) és jó foszfor- (P) és kálium- (K) ellátottsággal rendelkezett, a humusztartalom változó volt. A tavaszi fóliás termesztést optimális átlaghőmérséklet (kb. 20-23 °C) és magas besugárzás jellemezte, míg az őszi időszakok hűvösebbek (fóliában 10-14 °C, üvegházban 17-19 °C) és jelentősen fényhiányosabbak voltak. A nyári szabadföldi termesztés során mértük a legnagyobb besugárzási értékeket (átl. 160-173 W/m<sup>2</sup>) és magas, 23 °C körüli átlaghőmérsékletet. A saláták termesztése a tavaszi termesztési ciklusban fűtetlen fólia sátorban, míg az őszi időszakban szintén fűtetlen fólia sátorban és üvegházi technológia mellett kerültek kialakításra. A levélzöltség fajokat a tavaszi időszakban fűtetlen fólia sátorban, míg a nyári időszakban szabadföldön termesztettük.

#### 1. kísérlet (saláta, 2019-2021):

- Genotípusok (6 fajta): *Lungavilla* (Lollo Bionda), *Cencibel* (Lollo Rossa), *Great Lakes659* (Jégsaláta), *Cortazar* (Római saláta), *Május királya* (Vajfej saláta), *Kirke* (Tölgylevelű saláta).
- Termesztési módok: tavaszi fűtetlen fólia, őszi fűtetlen fólia, őszi üvegház.

#### 2. kísérlet (levélzöltség, 2019-2022):

- Genotípusok (5 faj): *Cirilla* (Madársaláta), *Themisto* (Rukkola), *Matador* (Spenót), *Újzélandi spenót* (Spenót), *Bonel* (Bébicékla).
- Termesztési módok: tavaszi fűtetlen fólia, nyári szabadföld.

### 2.2. A kísérlet elrendezése és kezelése

A kísérleteket mind a salátafajták, mind a levélzöltségfajok esetében véletlenszerű blokkelrendezésben, négy ismétléssel állítottuk be.

A saláta szaporítása palántaneveléssel történt 84 sejtes tálcákban. A vetést követően *Previcur Energy* (3,0 ml/m<sup>2</sup> dózisban) gombaölőszeres beöntözést alkalmaztunk palántadőlés ellen. Az 5–6 leveles fejlettségű palánták kiültetésénél 25 cm-es sor- és tőtávolságot alkalmaztunk. A levélzöltségek esetében helyrevetést alkalmaztunk. A tavaszi vetés áprilisban, a nyári augusztusban történt, 25 cm-es sortávolsággal.

A kiültetést, illetve a vetést megelőzően a talajlakó kórokozók és kártevők elleni védekezés érdekében mikrobiológiai készítményekkel (*Trifender Pro* és *Artis Pro*) talajkezelést végeztünk 0,8%-os dózisban. A salátafajták tápanyag-utánpótlását a növények fenológiai fázisaihoz igazítva, vízdoldható műtrágyák alkalmazásával biztosítottuk. A gyökeresedéskor *Ferticare starter 15-30-15+2,5MgO+M.e.* műtrágyát juttattunk ki 0,15%-os dózisban. Az intenzív növekedés fázisában hetente 0,14%-os koncentrációban *Ferticare I. 14-11-25+Mg+M.e.* alkalmaztunk. Azt követően a fejesedés kezdetéig 0,65%-os oldatban *Ferticare II. 24-8-16+3,8MgO+M.e.* műtrágyát juttattunk ki, elősegítve a levélfejlődést és a fejképződést.

A növényállomány vízellátásáról csepegtető öntözőrendszerrel gondoskodtunk. A tavaszi vegetációs időszakban heti 3-4 alkalommal, 30-40 mm-es vízadagokkal öntöztük, míg az őszi időszakban a magasabb relatív páratartalom miatt az öntözési gyakoriságot csökkentettük. A páratartalom szabályozására tavasszal párasítást, ősszel szellőztetést alkalmaztunk.

A kísérleti időszak alatt integrált növényvédelmi stratégiát folytattunk, preventív és kuratív módon védekezve. A kezelések során 0,1%-os koncentrációban rovarölő szert (*Actara*), a gombabetegségek (peronoszpóra és rizóktónia) ellen pedig 0,75%-os dózisban gombaölőszert (*Amistar*) juttattunk ki. Az őszi időszakban a meztelen csigák ellen *BIOFITO* készítménnyel, valamint kiegészítő mechanikai kézi szedéssel védekeztünk. A laboratóriumi méréshez szükséges mintavételt a növényállomány betakarításakor végeztük.

### 2.3. Vizsgálati módszerek

Betakarításkor mértük a kísérleti növényállomány egyes morfológiai tulajdonságait (fejtömeg, levélszám, torzsaméret, növénymagasság, alakindexek).

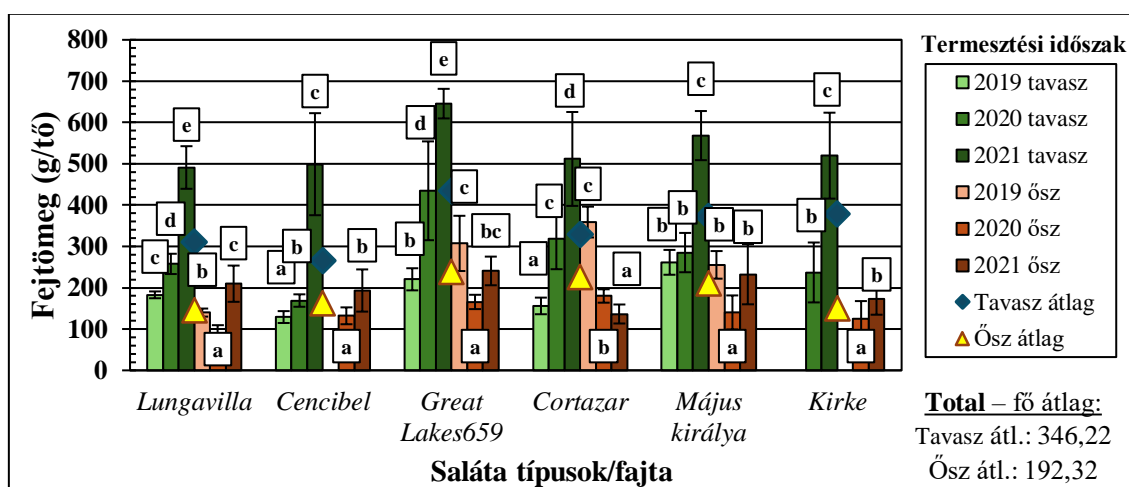
A fiziológiai állapot felmérését roncsolásmentes kézi eszközökkel végeztük. A relatív klorofilltartalmat (SPAD): Konica Minolta SPAD-502Plus eszközzel, a vegetációs index (NDVI), pedig GeenSeeker Model 505 műszerrel határoztuk meg.

Az analitikai mérések a DE Agrárműszerközpont akkreditált laboratóriumában történtek. Tanulmányaim későbbi szakaszában már önállóan vizsgáltam a növényi minták egyes kémiai összetevőit (szárazanyag-, összpolicenol-, flavonoid-tartalom) az intézeti mérőszobában. A szárazanyag-tartalmat az MSZ-08-1783-1:1983 szabvány szerint, 105 °C-on tömegállandóságig szárítva határoztuk meg. Az összpolicenol-tartalmat Folin-Ciocalteu reagenssel (Meda et al., 2005; Abrankó et al., 2011) 760 nm-en, a flavonoid-tartalmat pedig kolorimetriás módszerrel (Kim et al., 2003) 510 nm-en mértük. A C-vitamin meghatározása az MSZ ISO 6557-2:1991 szerinti redoxi-titrálással, a nitrát-tartalom pedig az MSZ EN 12014-7:1999 alapján folyadékáramlásos módszerrel ( $\lambda=540$  nm) történt.

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. A termesztési idő és a salátafajták együttes hatása a morfológiai és beltartalmi paraméterekre fóliás termesztésben

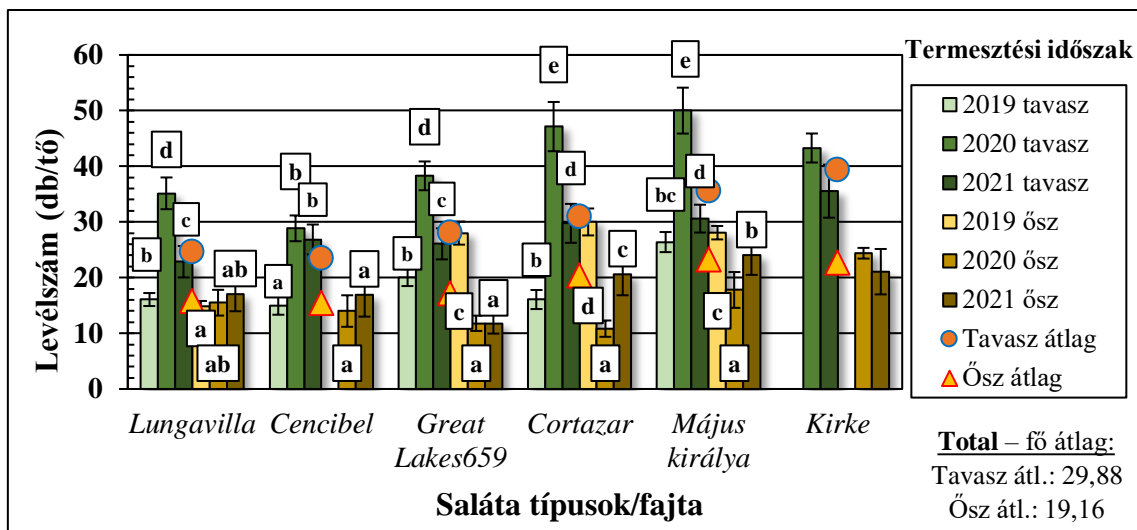
A **salátahozam** (fejtömeg) eredményei jelentős különbségeket mutattak a termesztési időszakok és technológiák között (1. ábra). A tavaszi fóliás termesztés a kedvezőbb fény- és hőviszonyoknak köszönhetően szignifikánsan nagyobb hozamot (átl. 346,22 g/tő) eredményezett az őszi fóliás termesztéshez (192,32 g/tő) képest. A fajták közül a *Great Lakes659* jégsaláta érte el a legnagyobb (646 g/tő), míg a *Kirke* tölgylevelű a legkisebb (237 g/tő) fejtömeget. Ez a kiugró érték ugyanakkor meghaladja a hazai piaci igényeket (180-300 g).



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

1. ábra: Salátafajták fejtömegének (g/tő) alakulása tavaszi/őszi fólia alatti termesztésben (Debrecen, 2019–2021)

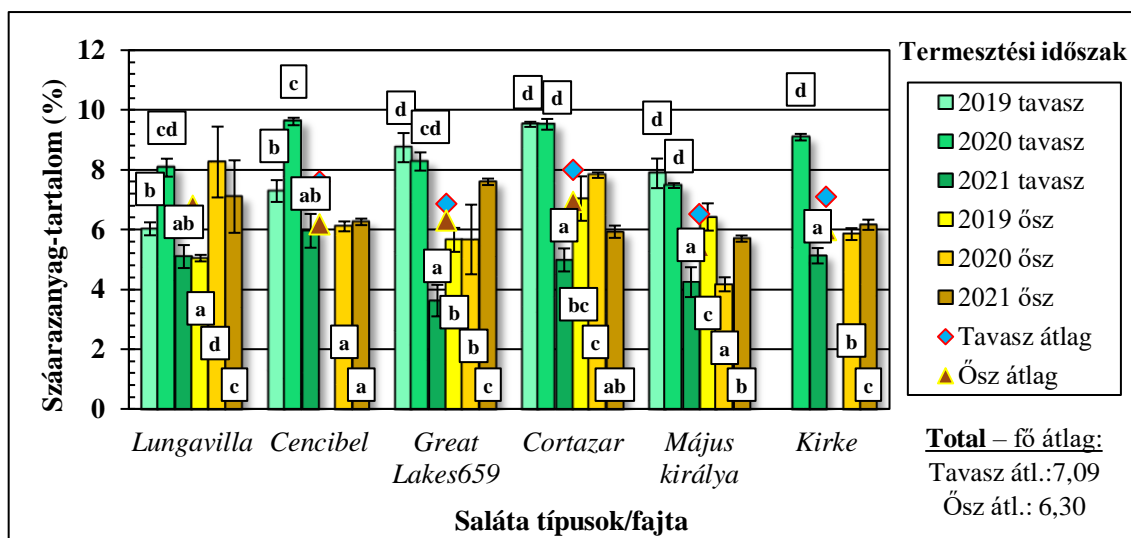
A vizsgált salátafajták **levélszámát** alapvetően a környezeti tényezők határozták meg (2. ábra). A tavaszi termesztés szignifikánsan nagyobb átlagos levélszámát (29,88 db/tő) az őszihez (19,16 db/tő) képest a kedvezőbb fotoperiódus és a vegetatív fejlődés számára kedvezőbb hőmérsékleti viszonyok magyarázhatják. A fajtákat összehasonlítva megállapítható, hogy a növekvő levélszám nem járt egyértelműen nagyobb fejtömegeg (biomasszával). A legnagyobb, közel 50 darabos levélszámú genotípusok (*Cortazar*, *Május királya*) nem mutattak sokkal nagyobb fejtömegeg. Ezzel szemben a legnagyobb biomasszát elérő *Great Lakes 659* közepes, 30-40 darabos levélszámmal rendelkezett. Ez a jelenség arra utal, hogy a fejtömegeg a levélszámnál nagyobb mértékben befolyásolják a levelek fizikai tulajdonságai (pl. vastagság, szövetsűrűség), valamint ezek elrendeződése, vagyis a fej tömörsége.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**2. ábra:** Salátafajták levélszámának (db/tő) alakulása a tavaszi/őszi fólia alatti termesztésnél (Debrecen, 2019–2021)

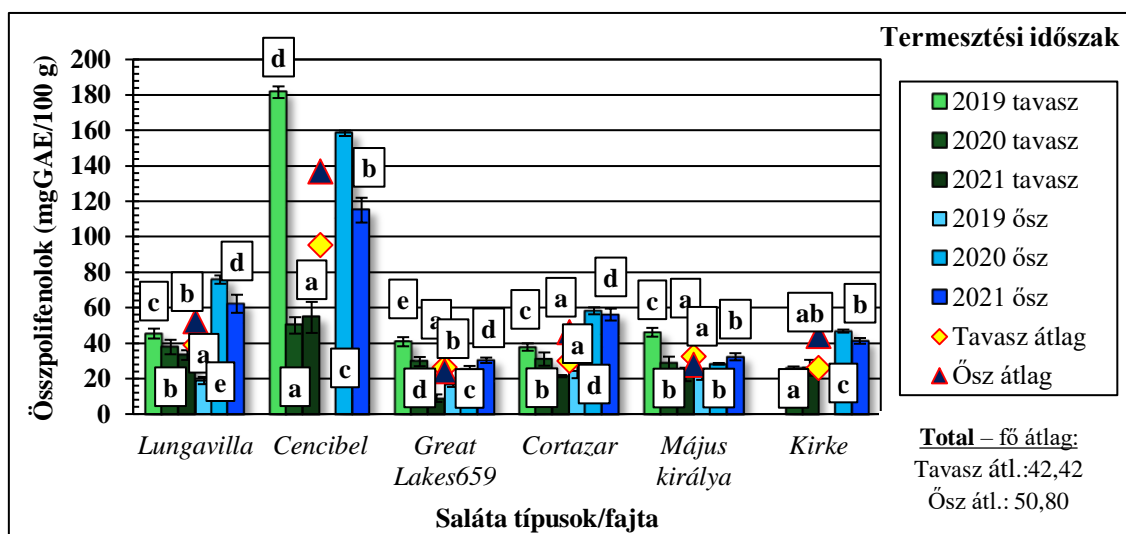
A termesztési időszakok meghatározták a saláták **szárazanyag-tartalmát**. A tavaszi értékek (átl. 7,09%) nagyobbak voltak az ősziéknél (átl. 6,30%), mivel a tavaszi körülmények kedvezőbbek a biomasza-képzéshez (3. ábra). Az évjáráthatás is kimutatható volt. Fokozott szárazanyag-felhalmozást (összes fajta átl. 8,67%) a növények a 2020-as tavaszi ciklusban értek el, amikor a kedvező környezeti és talajtani feltételek lehetővé tették az intenzív növekedést. A fajták közül a *Cencibel* és a *Cortazar* mutatta a legnagyobb szárazanyag-tartalmat (2020 tavaszán 9,5% felett), ami kedvező genetikai adottságokra utalhat.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**3. ábra:** Salátafajták szárazanyag-tartalmának (%) alakulása a tavaszi/őszi fólia alatti termesztésnél (Debrecen, 2019–2021)

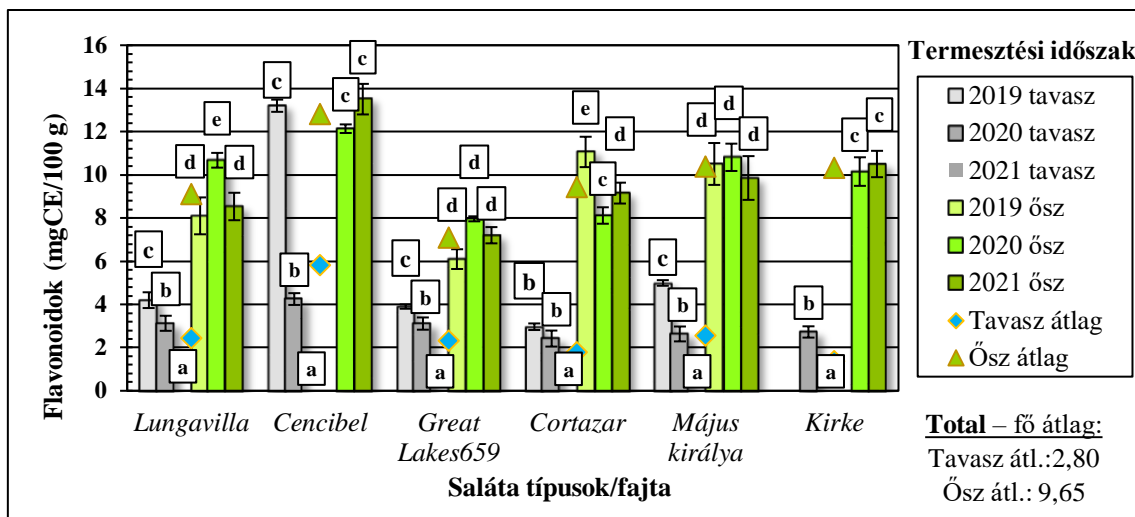
A növények **összpolifenol-tartalmát** (TPC) a védekező mechanizmusok (környezeti stressz) és a genetika (pl. vörös fajták magasabb antocián-tartalma) határozzák meg (3. ábra). A termesztési időszak szignifikánsan befolyásolta a TPC-t. Az őszi termesztés nagyobb értékeket (átl. 50,80 mg GAE/100 g) eredményezett, mint a tavaszi (átl. 42,42 mg GAE/100 g), jelezve, hogy az őszi periódus nagyobb stresszt jelentett a növényeknek. A fajták stresszreakciója jelentősen eltért. A vörös levelű *Cencibel* genetikailag magasabb polifenol-szintje (50-55 mg GAE/100 g) stressz hatására kiugróan megnőtt (>180 mg GAE/100 g), míg a zöld levelű fajták (*Great Lakes 659*, *Május királya*) stabilan alacsony (20-40 mg GAE/100 g) értékeket mutattak, jelezve gyengébb stresszválaszukat.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**3. ábra:** Salátafajták összpolifenol-tartalmának (mg GAE/100 g) alakulása a tavaszi/őszi **fólia alatti** termesztésnél (Debrecen, 2019–2021)

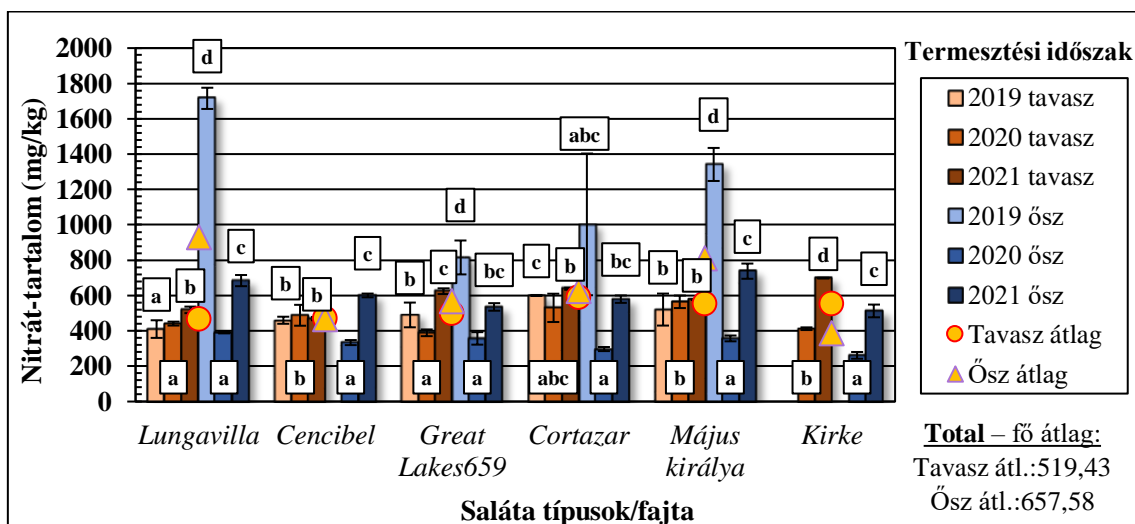
A **flavonoidok** a polifenolok egy kulcsfontosságú, erős antioxidáns hatású alcsoportját képezik. Tartalmuk a salátákban nagyon hasonló mintázatot mutatott, mint az összpolifenol-tartalom, de a környezeti hatásokra adott válaszreakciók még szembetűnőbbek voltak (4. ábra). A fajták sorrendje korrelált a TPC-nél mértekkel. A vörös levelű *Cencibel* kiemelkedő teljesítménye itt is a kettős hatásnak (genetikailag nagy antocián-tartalom és érzékeny stresszreakció) köszönhető, ami az alapszintet tovább sokszorozta (csúcserték: ~14 mg CE/100 g). Ezzel szemben a zöld levelű, alacsonyabb genetikai potenciállal rendelkező *Great Lakes 659* és *Május királya* flavonoid-tartalma minden körülmény között alacsony maradt (tavasszal <5, őszzel <11 mg CE/100 g).



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**4. ábra:** Salátafajták flavonoid-tartalmának (mg CE/100 g) alakulása a tavaszi/őszi fólia alatti termesztésnél (Debrecen, 2019–2021)

A **nitrátkoncentrációt** alapvetően a talajból felvehető nitrogénkínálat és a nitrát asszimilációjához szükséges fényenergia együttesen határozza meg. Az őszi értékek ingadozást, a tavasziak pedig következetesen magas szintet mutattak, ami a két időszakot eltérően limitáló tényezőkkel magyarázható (5. ábra). A fajták nitrát-felhalmozó képessége jelentősen eltért. A *Cortazar* és a *Május királya* voltak a leginkább hajlamosak a nitrát-akkumulációra. Tavasszal 520–640 mg/kg közötti értékeket mutattak, míg az őszi szezonban átlagos nitrátszintjük az 1000 mg/kg-ot is meghaladta. Ezzel szemben a *Kirke* és a *Great Lakes 659* fajták jóval mérsékeltebb nitrát-felhalmozást mutattak. Értékeik még a nitrogénben leggazdagabb (2021-es tavaszi) időszakban is alacsonyabbak maradtak (pl. *Great Lakes 659*: 624 mg/kg), ami hatékonyabb nitrogén-asszimilációra vagy visszafogottabb felvételre utal.

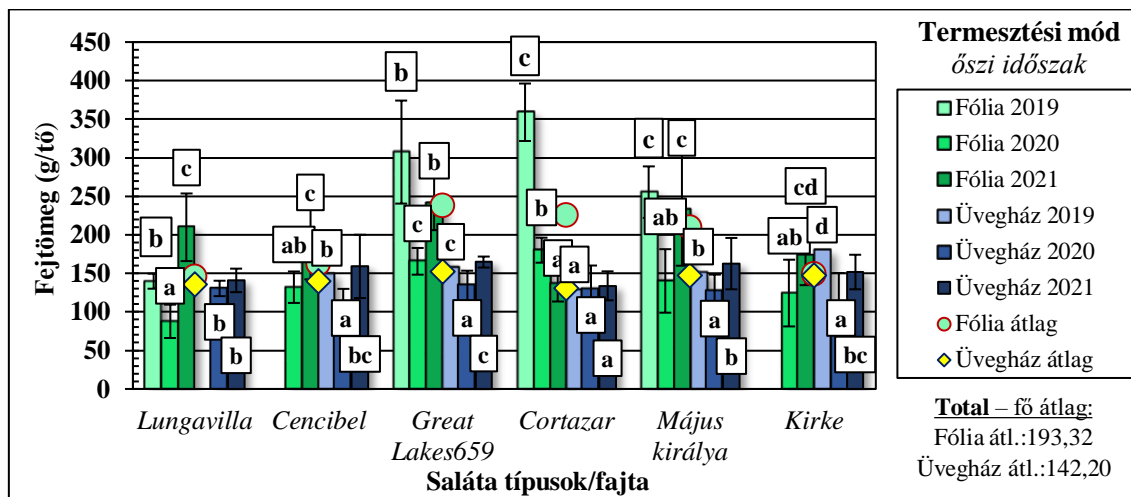


\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**5. ábra:** Salátafajták nitrát-tartalmának (mg/kg) alakulása a tavaszi/őszi fólia alatti termesztésnél (Debrecen, 2019–2021)

### 3.2. A termesztési mód (üvegház-fólia) és az évjárat hatása a salátafajták morfológiai és beltartalmi paramétereire

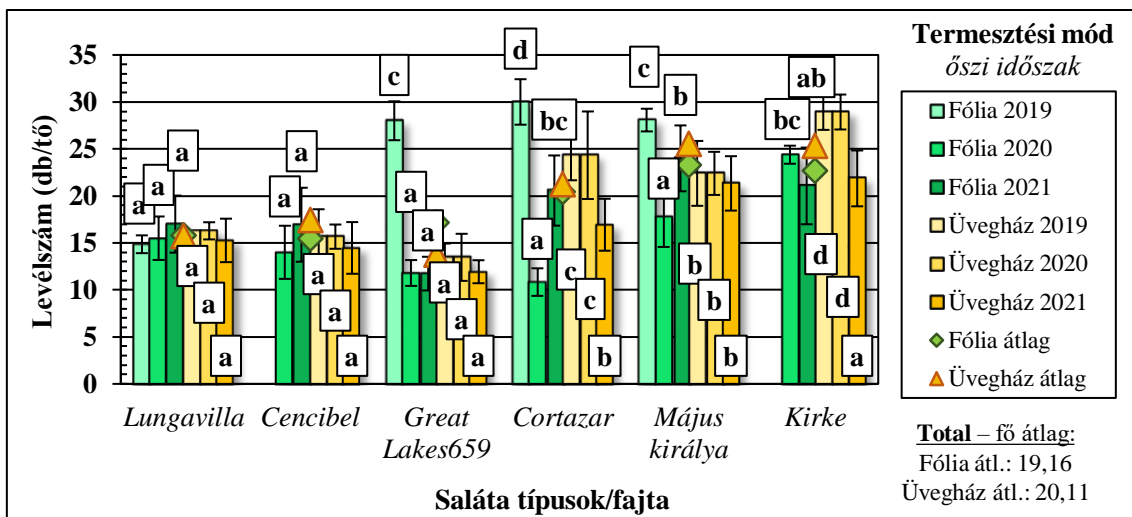
Az őszi kísérletben a **fejtömeget** alapvetően a termesztési technológia és az éves klimatikus viszonyok, különösen a besugárzás mértéke határozta meg (6. ábra). A fajták termőképessége jelentős eltérést mutatott. A legnagyobb fejtömeget a *Great Lakes 659*, a *Cortazar* és a *Május királya* érték el. A *Cortazar* kiemelkedő, 358,93 g/tő tömeget produkált a kedvező 2019-es fóliás termesztés során. Ugyanakkor a *Cortazar* rendkívül érzékenyen reagált a fényhiányra is, fejtömege 2020-ban a felére esett vissza. Ezzel szemben az üvegházban termesztett fajták, mint például a *Cencibel* kiegyensúlyozottabb teljesítménye (149, 110, 159 g/tő) jelzi, hogy a stabil környezet mérsékli a fajták közötti genetikai különbségek érvényesülését.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**6. ábra:** A fólia- és üvegházi termesztésben nevelt különböző salátafajták fejtömegének (g/tő) alakulása az őszi termesztési időszakban (Debrecen, 2019–2021)

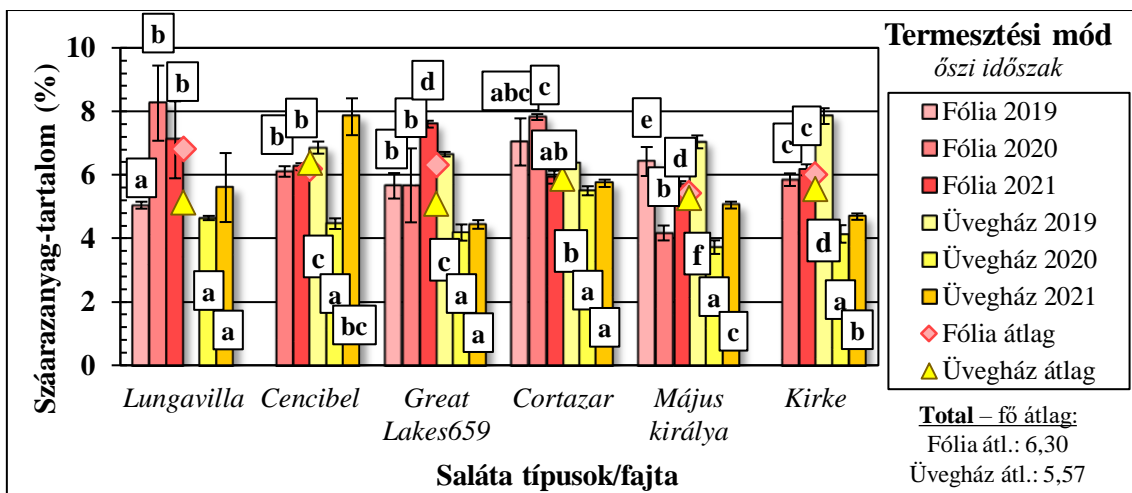
Az őszi **levélszámot** a fajták genetikája és a környezeti stressz határozta meg, de a két termesztési technológiában más tényező volt a döntő. A fólia alatt elsősorban a fényhiány, míg az üvegházban a kedvezőtlen talajparaméterek voltak a meghatározóak (7. ábra). A fajták között jelentős különbségek mutatkoztak. A *Május királya* és a *Kirke* az üvegházban produkáltak stabilan nagy, 20-33 db/tő közötti levélszámot. A *Cortazar* és a *Great Lakes 659* a fólia alatt voltak a legproduktívabbak (28-30 levél), de a fényhiányra nagymértékű visszaesséssel reagáltak (10-11 levél). A *Lungavilla* minden körülmény között alacsony, 14-17 db/tő levélszámot mutatott, ami kompakt habitusára utal.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtaán belül ( $p < 0,05$ )

**7. ábra:** A fólia- és üvegházi termesztésben nevelt különböző salátafajták levélszámának (db/tő) alakulása az őszi termesztési időszakban (Debrecen, 2019–2021)

A saláta **szárazanyag-tartalmát** a termesztési technológia és az éves környezeti hatások, különösen a talaj állapota és a fényviszonyok határozták meg (8.ábra). A salátafajták stressztűrése és szárazanyag-képzése eltérő volt. A *Lungavilla* volt a leginkább stressztűrő, mivel a legnagyobb, 8,26%-os értéket a kedvezőtlen, fényhiányos 2020-as fóliás évben produkálta. Ezzel szemben a *Great Lakes 659* esetében az üvegházi stressz hatására csökkent a szárazanyag-tartalma 6,65%-ról 4,18%-ra, míg a kedvezőbb fóliás környezetben a teljesítménye kiegyenlített maradt (5,65% és 5,67%), azaz a jó talaj mérsékelte a fajta érzékenységét.

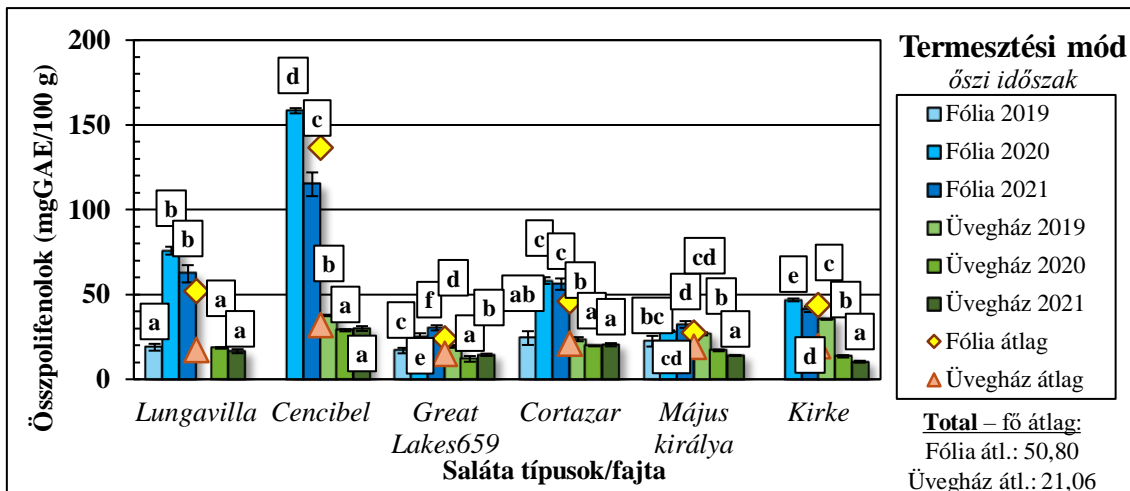


\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtaán belül ( $p < 0,05$ )

**8. ábra:** Salátafajták szárazanyag-tartalmának (%) változása fólia alatti és üvegházi termesztésben az őszi időszakokban (Debrecen, 2019–2021)

Az **összpolifenol-értékek** a fólia alatt ingadoztak (átl. 65,49 mg GAE/100 g), míg az üvegházi termesztésnél jóval alacsonyabb, de kiegyenlítettebb (átl. 28,55 mg GAE/100 g) szinteket mértünk (9.ábra). A fajták polifenol-termelése és stresszválasza jelentősen eltért.

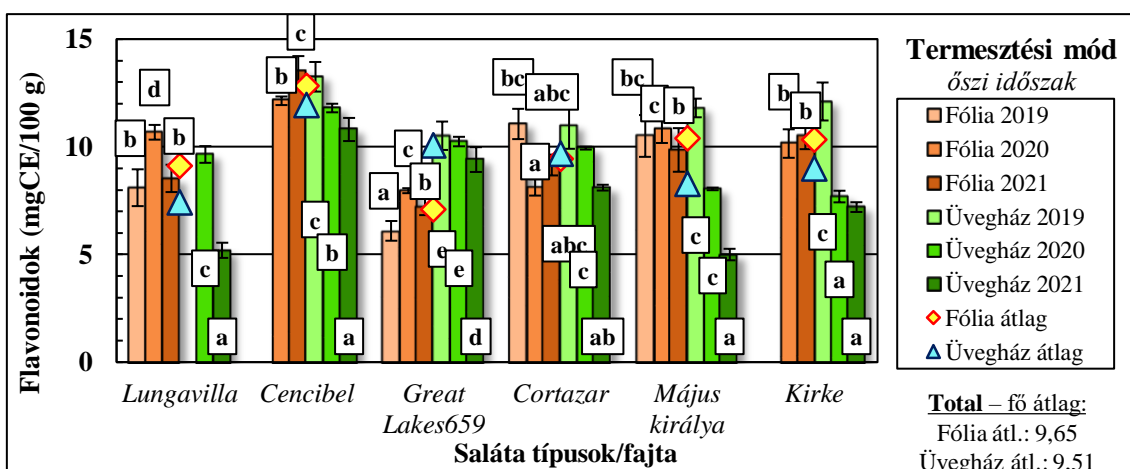
A *Cencibel* a stresszes 2020-as fóliai ciklusban érte el a legnagyobb értéket (158,37 mg GAE/100 g), igazolva jó genetikai képességét. A *Cortazar* a fólia alatti klimatikus stresszre intenzív termeléssel reagált (24,29-ről 58,23 mg-ra nőtt az értéke), míg az üvegházi talajdegradációra alacsony értékkel reagált. A *Kirke* érzékenységét jelzi, hogy az üvegházban a talaj romlásával párhuzamosan a TPC termelése 35,40-ről 10,35 mg GAE/100 g-ra csökkent.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**9. ábra:** Salátafajták összpolicifenol-tartalmának (mg GAE/100 g) változása fólia alatti és üvegházi termesztésben az őszi időszakokban (Debrecen, 2019–2021)

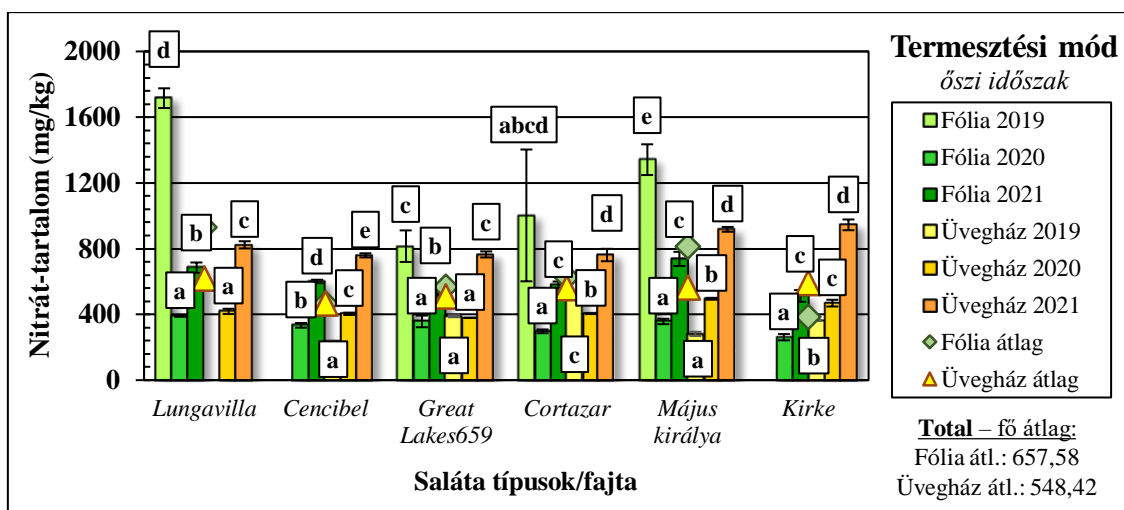
A saláták **flavonoid-termelése** a két termesztési helyszínen ellentétes tendenciát mutatott, ami a fólia alatt nevelt állománynál eltér az összpolicifenol-tartalom alakulásától (10. ábra). A fajták között jelentős különbségek mutatkoztak. A *Cencibel* ismét kiemelkedett flavonoid-tartalmával (12,14 mg CE/100 g) 2020-ban a fólia alatti kísérletben, míg a *Cortazar* minden körülmény között stabilan nagy flavonoid-tartalmat mutatott. A *Kirke* érzékenységét viszont az üvegházi talajromlásra adott drasztikus flavonoid-tartalom csökkenése igazolja, mivel értéke 12,10 mg CE/100 g-ról (2019) 7,69 mg CE/100 g-ra (2020) csökkent.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ )

**10. ábra:** Salátafajták flavonoid-tartalmának (mg CE/100 g) alakulása fólia alatti és üvegházi termesztésben az őszi időszakokban (Debrecen, 2019–2021)

A **nitrát-felhalmozás** a két termesztési helyszínen ellentétes tendenciát mutatott, ami a növényi anyagcserére ható komplex tényezők, elsősorban a fényellátottság és a talajból felvehető nitrogén mennyiségének különbségeire vezethető vissza (11. ábra). Míg a fólia alatt egy hullámzó, de alapvetően csökkenő tendencia volt látható a kiinduló évhez képest, addig az üvegházban a nitrát-koncentráció folyamatosan emelkedett (9. ábra). A **fajták között** is jelentős különbségek voltak. A *Lungavilla* mutatta a legnagyobb hajlamot a felhalmozásra, a 2019-es fóliás ciklusban elért 1715,67 mg/kg-os értékkel. Ezzel szemben a *Cencibel* alacsony nitrátszintje hatékonyabb nitrogén-feldolgozásra utal, míg a *Kirke* érzékenységét az igazolta, hogy a leromlott talajállapotú üvegházi rendszerben ennél a fajtánál mértük a legnagyobb (945,00 mg/kg) koncentrációt.



\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtaán belül ( $p < 0,05$ )

**11. ábra:** Salátafajták nitrát-tartalmának (mg/kg) változása fólia alatti és üvegházi termesztésben az őszi időszakokban (Debrecen, 2019–2021)

### 3.3. A termesztési technológia (fólia, szabadföld) hatása egyes levélzöldségfajok agronómiai és minőségi tulajdonságaira

A vizsgált levélzöldségek morfológiai és hozamjellemzőinek alakulása a két eltérő termesztési rendszerben – tavaszi fűtetlen fóliás és nyári szabadföldi – a környezeti tényezők komplex hatásrendszerében értelmezhető (1. táblázat).

A tavaszi fűtetlen fóliás termesztés során a javuló mikroklímatis feltételek (besugárzás:  $135 \rightarrow 172 \text{ W/m}^2$ , hőmérséklet:  $20,35 \rightarrow 23,47 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ellenére a hozamok szignifikánsan csökkentek. Ez a humusztartalom visszaesésével ( $2,88\% \rightarrow 1,76\%$ ) és a felborult tápanyag-egyensúllyal magyarázható. A legszembetűnőbb változást a rukkola ( $57,60 \rightarrow 5,26 \text{ g/tő}$ ) és a spenót ( $40,80 \rightarrow 25,32 \text{ g/tő}$ ) hozamcsökkenése mutatta. Nyári szabadföldi termesztésben a hozamokat az évjáráthatás határozta meg. 2019-ben, a legnagyobb besugárzás ( $173,02 \text{ W/m}^2$ ) és hőmérséklet ( $23,04^\circ\text{C}$ ) mellett minden faj csúcshozamot ért el. A rukkola (*Themisto*)

37,58 g/tő, a spenót (*Matador*) 16,04 g/tő, a bébicékla (*Bonel*) 15,33 g/tő, a madársaláta (*Cirilla*) pedig 5,64 g/tő hozamot mutatott.

A vegetatív fejlődést jelző levélszám alakulása fólia alatt a tápanyag-diszharmonia miatt változó volt. A *Matador* levélszáma a túlzott nitrogénellátás (244 mg/kg) következtében viszonylag stabil maradt (17,00→9,50 db), de a növény apró leveleket képzett. Az új-zélandi spenót a legnagyobb levélszámot (7,90 db) a legmelegebb (23,47 °C) 2022-es évben érte el, ami jó melegtűrő képességére utal. Nyári szabadföldi termesztésben a levélszám a klimatikus tendenciákat követte. Az új-zélandi spenót habitusából adódóan kiemelkedő (15,00–20,20 db) értéket mutatott, a többi faj pedig a legkedvezőbb 2019-es évben érte el a maximumot, összhangban a fejtömeg adatokkal.

**1. táblázat:** Különböző levélzöldségfajok zöldtömegének (g/tő) és levélszámának (db/tő) alakulása eltérő termesztéstechnológia mellett (Debrecen, 2019–2022)

<i>Levélzöldségek morfológiai paramétere</i>							
Vizsgált paraméter	Levélzöldség fajta/típus	Fólia tavasz			Szabadföld nyár		
		2019	2021	2022	2019	2020	2021
Zöldtömeg (g/tő)	<i>Cirilla</i> Madrársaláta	6,40 <sup>c</sup>	3,80 <sup>b</sup>	2,85 <sup>ab</sup>	5,64 <sup>c</sup>	3,20 <sup>b</sup>	2,81 <sup>ab</sup>
	szórás	2,07	0,27	0,31	1,30	0,28	1,43
	<i>Themisto</i> Rukkola	57,60 <sup>d</sup>	10,30 <sup>b</sup>	5,26 <sup>ab</sup>	37,58 <sup>c</sup>	7,23 <sup>ab</sup>	3,62 <sup>a</sup>
	szórás	11,91	1,42	1,44	6,17	2,88	0,91
	<i>Matador</i> Spenót	40,80 <sup>d</sup>	30,50 <sup>c</sup>	25,32 <sup>bc</sup>	16,04 <sup>ab</sup>	20,75 <sup>bc</sup>	10,88 <sup>a</sup>
	szórás	7,69	2,01	11,28	6,69	6,36	3,29
	<i>Bonel</i> Bébicékla	30,00 <sup>d</sup>	19,20 <sup>c</sup>	6,36 <sup>a</sup>	15,33 <sup>bc</sup>	5,09 <sup>a</sup>	12,42 <sup>b</sup>
szórás	6,60	0,82	3,15	6,86	2,53	1,16	
Levélszám (db/tő)	<i>Újzélendi</i> Spenót	n.a.	10,85 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	12,58 <sup>a</sup>	13,45 <sup>a</sup>	14,74 <sup>a</sup>
	szórás	n.a.	0,85	4,85	4,50	7,12	3,54
	<i>Cirilla</i> Madrársaláta	13,60 <sup>c</sup>	12,10 <sup>bc</sup>	6,10 <sup>a</sup>	12,80 <sup>bc</sup>	10,00 <sup>b</sup>	11,70 <sup>bc</sup>
	szórás	2,97	1,20	0,74	3,16	1,41	3,97
	<i>Themisto</i> Rukkola	28,80 <sup>d</sup>	9,30 <sup>b</sup>	7,30 <sup>ab</sup>	22,50 <sup>c</sup>	7,70 <sup>ab</sup>	5,60 <sup>a</sup>
	szórás	1,64	1,34	1,49	3,24	1,64	0,84
	<i>Matador</i> Spenót	17,00 <sup>d</sup>	13,20 <sup>c</sup>	9,50 <sup>ab</sup>	13,30 <sup>c</sup>	10,80 <sup>bc</sup>	7,00 <sup>a</sup>
szórás	3,54	0,92	1,51	3,27	2,66	1,15	
Levélszám (db/tő)	<i>Bonel</i> Bébicékla	12,60 <sup>c</sup>	9,60 <sup>b</sup>	5,00 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	4,80 <sup>a</sup>	9,10 <sup>b</sup>
	szórás	1,82	1,26	0,67	0,63	1,48	3,03
	<i>Újzélendi</i> Spenót	n.a.	7,10 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>	20,20 <sup>c</sup>	18,20 <sup>bc</sup>	15,00 <sup>bc</sup>
	szórás	n.a.	0,99	1,29	4,42	4,71	3,27

\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ ) ; **n.a.** – nincs adat

A növényi stresszválasz indikátoraiként szolgáló összpolidifenol- és flavonoid-koncentrációk elemzése feltárja, hogy a két termesztési technológia eltérő limitáló tényezői miként befolyásolták a levélzöldségfajok beltartalmi értékeit (2. táblázat).

A fólia alatti termesztésnél a humusztartalom csökkenésével (2,88%→1,72%) párhuzamosan a kezdeti nagy összpolidifenol értékek visszaestek. A madársaláta (*Cirilla*) értéke 311-ről 154 mg GAE/100 g-ra, a spenót (*Matador*) 231-ről 75 mg/100 g-ra mérséklődött, ami a védekezőrendszer hatékonyságának csökkenésére utal. 2022-ben a polifenol-szintézis ismételt fokozódása volt megfigyelhető (*Cirilla*: 305 mg GAE/100 g, *Matador*: 145 mg GAE/100 g). A talajdegradáció a hozam mellett a védekező mechanizmusra (beltartalmi értékek) is kedvezőtlenül hatott.

A szabadföldi termesztésben a beltartalmi értékeket a klimatikus tényezők határozták meg. A 2019-es év magas hőmérséklete (23,04 °C) és besugárzása (173,02 W/m<sup>2</sup>) klasszikus abiotikus stresszválaszt generált. A madársalátánál az összpolidifenol-tartalom 284,67 mg GAE/100 g, a flavonoid-mennyisége pedig 99,13 mg CE/100 g volt, míg a *Matador* spenótnál ezek az értékek 197,92 mg és 29,86 mg CE/100 g voltak. Mivel a legjobb beltartalmi értékek a legnagyobb hozamokkal párosultak, a 2019-es körülmények a stressz kiváltása mellett is optimálisak maradtak a növekedéshez. A megemelkedett polifenol- és flavonoid-koncentráció tehát egy hatékony védekezési mechanizmusra utal, amely a stabil talajadottságoknak köszönhetően nem járt együtt a hozam csökkenésével.

**2. táblázat:** Különböző levélzöldségfajok összpolidifenol- és flavonoid-tartalmának alakulása eltérő termesztéstechnológia mellett (Debrecen, 2019–2022)

<i>Termesztési hely/ időszak</i>							
Vizsgált paraméter	Levélzöldség fajta/típus	Fólia tavasz			Szabadföld nyár		
		2019	2021	2022	2019	2020	2021
<b>Összpolidifenolok</b> (mg GAE/100 g termék)	<b><i>Cirilla</i></b> Madársaláta	311,01 <sup>d</sup>	154,76 <sup>a</sup>	305,00 <sup>cd</sup>	284,67 <sup>c</sup>	284,67 <sup>c</sup>	235,00 <sup>b</sup>
	szórás	10,69	6,84	4,00	9,28	11,37	13,23
	<b><i>Themisto</i></b> Rukkola	202,52 <sup>bc</sup>	107,82 <sup>a</sup>	118,00 <sup>a</sup>	187,47 <sup>b</sup>	226,87 <sup>c</sup>	210,00 <sup>bc</sup>
	szórás	24,06	2,54	2,65	2,82	8,19	13,23
	<b><i>Matador</i></b> Spenót	231,33 <sup>e</sup>	74,78 <sup>a</sup>	145,00 <sup>b</sup>	197,92 <sup>d</sup>	161,48 <sup>bc</sup>	183,33 <sup>cd</sup>
	szórás	23,80	0,75	5,00	2,39	14,10	3,79
	<b><i>Bonel</i></b> Bébicékla	165,28 <sup>d</sup>	73,52 <sup>a</sup>	110,33 <sup>b</sup>	144,24 <sup>cd</sup>	122,20 <sup>bc</sup>	135,33 <sup>bc</sup>
	szórás	14,78	2,29	1,53	14,32	10,87	0,58
	<b><i>Újzélandi</i></b> Spenót	n.a.	48,00 <sup>a</sup>	86,00 <sup>b</sup>	112,23 <sup>c</sup>	88,93 <sup>b</sup>	96,00 <sup>bc</sup>
	szórás	n.a.	2,79	3,00	0,85	14,45	2,00

<b>Flavonoidok</b> (mg CE/100 g termék)	<b>Cirilla</b> Madársaláta	112,84 <sup>c</sup>	0,04 <sup>a</sup>	103,00 <sup>c</sup>	99,13 <sup>bc</sup>	8,25 <sup>a</sup>	83,00 <sup>b</sup>
	szórás	12,93	0,00	2,65	9,26	0,25	2,65
	<b>Themisto</b> Rukkola	24,05 <sup>d</sup>	0,01 <sup>a</sup>	8,10 <sup>b</sup>	17,82 <sup>c</sup>	8,89 <sup>b</sup>	19,30 <sup>c</sup>
	szórás	2,82	0,00	0,26	1,98	0,26	0,10
	<b>Matador</b> Spenót	37,79 <sup>e</sup>	0,01 <sup>a</sup>	6,60 <sup>b</sup>	29,86 <sup>d</sup>	11,24 <sup>c</sup>	10,60 <sup>c</sup>
	szórás	1,58	0,00	0,53	2,92	0,40	0,36
	<b>Bonel</b> Bébicékla	31,05 <sup>d</sup>	0,02 <sup>a</sup>	9,23 <sup>b</sup>	23,48 <sup>c</sup>	11,45 <sup>b</sup>	18,20 <sup>c</sup>
	szórás	3,52	0,00	0,25	4,85	0,51	0,10
	<b>Újzélandi</b> Spenót	n.a.	0,02 <sup>a</sup>	3,20 <sup>b</sup>	14,88 <sup>d</sup>	13,14 <sup>d</sup>	10,20 <sup>c</sup>
	szórás	n.a.	0,00	0,36	1,97	0,33	0,20

\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül ( $p < 0,05$ ); **n.a.** – nincs adat

A minőséget jelző beltartalmi értékek elemzése kimutatja a fólia alatti és a szabadföldi termesztés eltérő stresszfaktorainak a termés minőségére gyakorolt hatását (3. táblázat).

A fólia alatti minőséget a romló talajállapot, a zárt légtérben gátolt transzspiráció és a gyengébb fényintenzitás miatti alacsonyabb szárazanyag- és C-vitamin-szint jellemezte. A madársaláta C-vitamin-tartalmának csökkenését (12,88-ról 4,85 mg/100 g-ra) a kedvezőtlen talajállapot okozta. A legnagyobb nitrát-tartalmat a rukkola (*Themisto*) 4352,74 mg/kg és a spenót (*Matador*) 7261,14 mg/kg esetében mértük. A spenót EU rendelet (2013) szerinti határértéket (5000 mg/kg) meghaladó nitrátszintje a vegetatív túlsúly következménye, mivel a növény a bőséges nitrogént nem tudta fehérjévé alakítani, így az felhalmozódott.

A szabadföldi termesztésben a minőséget a klimatikus tényezők alakították. A stresszesebb környezet (2019: 23,04 °C; 173,02 W/m<sup>2</sup>) és az intenzívebb párologtatás miatt a növények nagyobb szárazanyag-tartalmat mutattak. A *Matador* spenót 2020-ban kiugró, 15,70%-os értéket ért el, szemben a fólia alatti 8,38%-os maximummal. A C-vitamin-koncentráció esetében a legtöbb faj (spenót, új-zélandi spenót, rukkola) a hűvösebb 2021-es évben adta a legnagyobb értékeket. Ez arra utal, hogy az antioxidáns-termelést az átlagos hő- és fénystressz mellett egyéb specifikus tényezők (pl. hőingadozás, vízhiány) is befolyásolják. A nitrát-tartalom a kedvező években (2020–2021) alacsony (10–212 mg/kg) volt, míg a 2019-es anomália során kiugróan nagy értékeket mértünk. A spenót (*Matador*) nitrát-tartalma ekkor elérte az 5346,00 mg/kg-ot, a rukkola (*Themisto*) pedig a 3980,33 mg/kg-ot.

**3. táblázat:** táblázat: Különböző **levélzöldségfajok** szárazanyag-, C-vitamin- és nitrát-tartalma alakulása eltérő termesztéstechnológia mellett (Debrecen, 2019–2022)

		<i>Termesztési hely/ időszak</i>					
Vizsgált paraméter	Levélzöldség fajta/típus	Fólia tavasz			Szabadföld nyár		
		2019	2021	2022	2019	2020	2021
<b>Szárazanyag-tartalom</b> (m/m)%	<b>Cirilla</b> Madársaláta	10,18 <sup>c</sup>	7,30 <sup>b</sup>	6,51 <sup>a</sup>	9,20 <sup>bc</sup>	9,20 <sup>bc</sup>	12,86 <sup>d</sup>
	szórás	0,96	0,10	0,62	1,31	1,31	0,61
	<b>Themisto</b> Rukkola	9,93 <sup>b</sup>	8,75 <sup>a</sup>	9,93 <sup>b</sup>	8,37 <sup>a</sup>	13,71 <sup>d</sup>	12,40 <sup>c</sup>
	szórás	0,71	0,02	0,14	0,31	0,34	0,32
	<b>Matador</b> Spenót	8,38 <sup>ab</sup>	7,68 <sup>a</sup>	8,28 <sup>ab</sup>	10,36 <sup>bc</sup>	15,70 <sup>d</sup>	11,46 <sup>c</sup>
	szórás	0,50	0,08	0,13	0,34	1,79	0,52
	<b>Bonel</b> Bébicékla	8,57 <sup>b</sup>	6,74 <sup>a</sup>	9,27 <sup>bc</sup>	8,95 <sup>bc</sup>	9,69 <sup>c</sup>	11,33 <sup>d</sup>
	szórás	0,50	0,24	0,12	0,03	0,58	0,07
<b>Újzélandi</b> Spenót	n.a.	4,71 <sup>a</sup>	5,95 <sup>b</sup>	10,27 <sup>e</sup>	8,03 <sup>c</sup>	9,30 <sup>d</sup>	
szórás	n.a.	0,11	0,60	0,15	0,25	0,17	
<b>C-vitamin-tartalom</b> (mg/100 g termék.)	<b>Cirilla</b> Madársaláta	12,88 <sup>b</sup>	4,85 <sup>a</sup>	11,20 <sup>b</sup>	11,05 <sup>b</sup>	6,81 <sup>a</sup>	6,28 <sup>a</sup>
	szórás	1,66	0,11	0,20	1,09	0,25	0,03
	<b>Themisto</b> Rukkola	2,59 <sup>ab</sup>	3,63 <sup>ab</sup>	4,05 <sup>b</sup>	2,30 <sup>a</sup>	8,84 <sup>c</sup>	43,50 <sup>d</sup>
	szórás	0,35	0,06	0,15	0,58	0,67	1,10
	<b>Matador</b> Spenót	9,24 <sup>b</sup>	6,09 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	10,30 <sup>b</sup>	13,04 <sup>c</sup>	25,87 <sup>d</sup>
	szórás	0,30	0,06	0,10	1,70	0,56	1,21
	<b>Bonel</b> Bébicékla	9,30 <sup>de</sup>	6,09 <sup>b</sup>	7,50 <sup>bc</sup>	10,60 <sup>e</sup>	8,19 <sup>cd</sup>	3,65 <sup>a</sup>
	szórás	0,55	0,05	0,30	1,40	0,68	0,05
<b>Újzélandi</b> Spenót	n.a.	3,77 <sup>a</sup>	4,13 <sup>a</sup>	9,39 <sup>b</sup>	14,30 <sup>c</sup>	16,13 <sup>d</sup>	
szórás	n.a.	0,13	0,23	0,56	0,53	0,76	
<b>Nitrát-tartalom</b> (mg/kg)	<b>Cirilla</b> Madársaláta	3787,34 <sup>e</sup>	676,00 <sup>b</sup>	1546,67 <sup>c</sup>	3220,00 <sup>d</sup>	15,84 <sup>a</sup>	110,67 <sup>a</sup>
	szórás	212,90	5,29	51,32	52,92	0,92	6,66
	<b>Themisto</b> Rukkola	4352,74 <sup>c</sup>	596,67 <sup>a</sup>	1690,00 <sup>b</sup>	3980,33 <sup>c</sup>	14,17 <sup>a</sup>	212,00 <sup>a</sup>
	szórás	338,37	3,06	17,32	519,50	0,40	8,00
	<b>Matador</b> Spenót	7261,14 <sup>d</sup>	770,00 <sup>a</sup>	1809,00 <sup>b</sup>	5346,00 <sup>c</sup>	11,57 <sup>a</sup>	160,00 <sup>a</sup>
	szórás	515,21	10,00	6,00	714,00	0,51	11,14
	<b>Bonel</b> Bébicékla	3025,46 <sup>e</sup>	768,33 <sup>b</sup>	1205,00 <sup>c</sup>	2450,00 <sup>d</sup>	12,16 <sup>a</sup>	110,33 <sup>a</sup>
	szórás	180,58	4,04	6,24	250,00	1,00	4,51
<b>Újzélandi</b> Spenót	n.a.	604,00 <sup>c</sup>	1485,00 <sup>d</sup>	3181,22 <sup>e</sup>	10,67 <sup>a</sup>	142,33 <sup>b</sup>	
szórás	n.a.	5,29	21,79	51,09	0,41	4,04	

\*Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól faj/fajtán belül (p<0,05); **n.a.** – nincs adat

## 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottuk, hogy a termesztési időszak szignifikánsan meghatározta a salátafajták hozamát. A tavaszi, fűtetlen fóliás termesztés a kedvező fény- és hőviszonyok hatására több, mint 250-300%-kal nagyobb fejtömeget eredményezett (*Május királya*: 568 g/tő; *Kirke*: 519 g/tő) az őszi ciklus jellemző 130–180 g/tő-s átlagához képest. A hozamnövekedés a levélszám emelkedésében is megmutatkozott, amely a *Május királya* esetében elérte az 50 db/fej értéket.
2. Igazoltuk, hogy a termesztési időszak (tavasz/ősz) és a fajtatípus (zöld/vörös) együttesen határozza meg a salátafélék polifenol-felhalmozását. Míg a tavaszi termesztés a hozamnak kedvezett, az őszi, fűtetlen fóliás termesztés hatására a növények antioxidáns-tartalma (TPC) jelentősen megemelkedett. A *Cencibel* (Lollo Rossa) fajtánál a tavaszi 50 mg GAE/100 g-os értékhez képest az őszi ciklusban 115–158 mg GAE/100 g-os koncentrációt mértünk, ami több mint 200%-os növekedést jelent.
3. Igazoltuk a vizsgált salátafajták eltérő genetikai érzékenységét az őszi, fényszegény időszak okozta nitrát-felhalmozódásra. A legérzékenyebbnek a *Lungavilla* (Lollo Bionda) fajta bizonyult, amelynek nitrát-koncentrációja a tavaszi átlagos 457 mg/kg-ról az őszi fóliás termesztésben 1715 mg/kg-ra nőtt, ami közel 300%-os növekedést jelentett. Ezzel szemben a *Cencibel* (Lollo Rossa) nitráttartalma az évszakoktól függetlenül stabil maradt (átlagosan 470 mg/kg).
4. Megállapítottuk, hogy a vörös pigmentációval rendelkező fajták (*Cencibel*, *Kirke*) antioxidáns-tartalma az őszi termesztési ciklusban szignifikánsan nagyobb volt a zöld levelű fajtákéhoz képest. Az őszi fűtetlen fóliában a *Cencibel* (Lollo Rossa) 158,37 mg GAE/100 g-os TPC-értéke (mely több mint kétszerese volt a *Lungavilla* (Lollo Bionda) legnagyobb, 75,84 mg GAE/100 g-os értékének), amely alátámasztja, hogy a polifenolok közé tartozó piros színanyagok (antocianinok) fokozott szintézise a meghatározó tényező a polifenol-tartalom őszi növekedésében. Ezzel igazolható, hogy a környezeti stresszhatások (fényszegény, hűvösebb időszak) hatására a pigmentáció felerősödése nem csupán esztétikai változás, hanem a bioaktív polifenol-tartalom közvetlen és jelentős bővülését eredményezi.
5. Bizonyítottuk a hozam és a bioaktívanyag-tartalom közötti szignifikáns negatív korrelációt a termesztési stratégiák között. A kísérlet két végétét összehasonlítva: a

legnagyobb, 568,20 g/tő hozam (Május *királya*, tavasz) alacsony, 22,34 mg GAE/100 g-os TPC-értékkal párosult. Ezzel szemben a legnagyobb, 181,53 mg GAE/100 g-os TPC-érték (*Cencibel*, tavasz) csak 129,0 g/tő fejtömeeggel párosult. Ez azt jelenti, hogy a maximális hozam elérése közel 88%-os minőségbeli kompromisszummal járt a lehetséges legnagyobb polifenol-koncentrációhoz képest.

6. Bizonyítottuk a hozam ( $r = 0,603$ ) és a nitrát-tartalom közötti szignifikáns pozitív korrelációt a fóliás termesztésben. Ugyanakkor a nitrátkoncentráció és a klorofill-ellátottságot jelző SPAD-érték közötti összefüggés hiánya ( $r = 0,018$ ) statisztikailag azt igazolja, hogy a nitrát-felhalmozódásért nem a tavaszi fényhiány és az abból adódó asszimilációs zavarok a felelősek. A spenót (*Matador*) esetében mért kiugró, 7261,14 mg/kg-os nitrátérték háttérében így feltételezhetően nem a fényviszonyok, hanem inkább a fajtaspecifikus nitrátfelhalmozó képesség, valamint a talaj viszonylag magas sókoncentrációja által kiváltott élettani stresszhatás állhat, amely gátolhatja a felvett nitrogén szerves anyagokba való beépülését.
7. Eredményeink szignifikáns negatív összefüggést mutattak a vegetatív biomassza-produkció és a másodlagos metabolitok (védelmi vegyületek) szintézise között a nyári szabadföldi termesztésben, ami az összpolicenol- ( $r = -0,464$ ) és flavonoid-tartalom ( $r = -0,558$ ) növénymagassággal mutatott szignifikáns negatív korrelációja is igazol. Ez jelzi, hogy a klimatikus stressz (hőség, UV) a növényben a vegetatív növekedés rovására a védekező (antioxidáns) vegyületek szintézisét indukálta.

## 5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. Ipari feldolgozásra, salátakeverékek alapanyagának előállításához, a maximális biomassa és levélszám elérésére a tavaszi, fűtetlen fóliás termesztés javasolt, elsősorban a *Május királya* (vajfej saláta), *Kirke* (tölgylevelű saláta) és *Lungavilla* (Lollo Bionda) fajtákkal, a talaj tápanyag-utánpótlásának gondos tervezése mellett.
2. Magas beltartalmi értékű, friss piaci értékesítésre alkalmas termék előállításához az őszi, fűtetlen fóliás termesztés a leginkább megfelelő. Erre a célra a kiemelkedően nagy antioxidáns-tartalmú *Cencibel* (Lollo Rossa), valamint a *Cortazar* (római saláta) a legalkalmasabbak, amelyek a nagy beltartalmi érték mellett kedvezően alacsony nitrát-felhalmozási hajlammal rendelkeznek.
3. A termesztésbiztonság növelésére, különösen a tavaszi időszakban, a stabilan nagy hozamot adó *Great Lakes 659* (jégsaláta) termesztése javasolható.
4. Az alacsony nitrátszint biztosítása érdekében az őszi termesztési ciklusban – különösen a nitrát-felhalmozásra hajlamosabb fajtáknál (pl. *Lungavilla* – Lollo Bionda, *Május királya* – vajfej saláta) – a nitrogén-fejtrágyázás mérséklése vagy mellőzése javasolt.
5. A piaci rugalmasság növelésére olyan kettős hasznosítású fajták termesztése javasolt, mint a *Kirke* (tölgylevelű saláta). Ez a fajta alkalmas tavasszal a feldolgozóipari igényeknek megfelelő nagy biomassa előállítására, míg ősszel a friss piac által keresett nagy beltartalmi értékű termékként értékesíthető.
6. A fogyasztói kommunikációban érdemes hangsúlyozni az őszi, különösen a vörös színű saláták (pl. *Cencibel*, Lollo Rossa) kiemelkedő antioxidáns-tartalmát.
7. Nyári szabadföldi levélzöltség-termesztésre, különösen a klímaváltozás miatti melegedő időszakokban, a legjobb termesztésbiztonságot az *Új-zélandi* spenót nyújtja. Ez a fajta az évjáráthatástól függetlenül, jó melegtűrésének köszönhetően stabil hozamot (12-14 g/tő), levélszámot (15-20 db/tő) és megbízható beltartalmi értékeket mutatott.

8. Magas C-vitamin tartalmú termék előállítására a szabadföldi rukkola (*Themisto*) termesztése javasolt, főként a hűvösebb (pl. 2021-es) évjáratokban. Ez a fajta a mérsékelt klimatikus stresszre kiugróan magas (43,50 mg/100 g) C-vitamin-termeléssel reagált.
9. A spenót (*Matador*) termesztése mindkét technológiában (szabadföldi és fólia alatti) jelentős élelmiszer-biztonsági kockázatot hordoz. A mért 5346–7261 mg/kg-os nitrát-csúcsértékek meghaladják az 5000 mg/kg-os uniós határértéket, ezért termesztése csak szigorúan kontrollált, alacsony nitrogén-ellátottságú környezetben javasolható.

## 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Abrankó, L. – Dernovics, M. – Fodor, M. – Gyepes, A. – Jókainé Szatura, Z. & Woller, Á.: 2011. Hagyományos, gyors és automatizált módszerek alkalmazása élelmiszerek kémiai vizsgálatára. Szerk. M. Dernovics, L. Abrankó, & M. Fodor (eds.). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt
2. Agüero M. V. – Barg M. V. – Yommi A. – Camelo A. – Roura S. I.: 2008. Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality. *Journal of Food Science*. 73(1), pp. 47–55.
3. Barickman C. – Sublett W. L. – Miles C. – Crow D. – Scheenstra E.: 2018. Lettuce Biomass Accumulation and Phytonutrient Concentrations Are Influenced by Genotype, N Application Rate and Location. *Horticulturae*. 4(3), pp. 1-10.
4. Bunning M. – Kendall P.: 2012. Salad greens: Health benefits and safe handling. *Food and Nutrition Series, Health*. Fact Sheet No. 9.373. Colorado State University Extension.
5. Dias J. S.: 2012. Nutritional Quality and Health Benefits of Vegetables: A Review. *Food and Nutritional Sciences*. 3, pp. 1354-1374.
6. Európai Bizottság (EU) 2023/915 rendelete: 2023. Az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeiről és az 1881/2006/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről. *HL L 119*.
7. FAO: 2022. Megtekintve: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> Letöltve: 2025. 09. 29.
8. Kenny O. – O’Beirne D.: 2009. The effects of washing treatment on antioxidant retention in ready-to-use iceberg lettuce. *International Journal of Food Science & Technology*. 44(6), pp. 1146–1156.
9. Kim D. O. – Chun O. K. – Kim Y. J. – Moon H. Y. – Lee C. Y.: 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51(22), pp. 6509-6515.
10. Meda A. – Lamien C. E. – Romito M. – Millogo J. – Nacoulma O. G.: 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*. 91(3), pp. 571-577.
11. Oz A. T. – Kafkas E.: 2017. Phytochemicals in Fruits and Vegetables. *Superfood and Functional Food - An Overview of Their Processing and Utilization*. Intech. (8), pp. 175-184.
12. Putnam J. – Kantor L. S. – Allshouse J.: 2000. Per capita food supply trends: Progress toward dietary guidelines. *Food Review*. 23, pp. 2–14.
13. Settaluri V.S. – Al-Mamari K.M.K. – Al-Balushi S.I.M. – Al-Risi M.K.Z. – Ali M.B.: 2015. Review of Biochemical and Nutritional Constituents in Different Green Leafy Vegetables in Oman. *Food and Nutrition Sciences*. 6, pp. 765-769.
14. Slezák K. – Jezdinsky A.: 2013. A zöldségajtató berendezések hasznosítása. *Agrofórum*. 24(2), pp. 22–24.

## 7. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**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/575/2025.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Kovácsné Madar Ágota  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10068646

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

1. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M., Fehér, M., Stündl, L.: Különböző salátafajták értékelése eltérő vízikultúras termesztéstechnológia mellett.  
In: "Termőföldtől az asztalig" : A Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak tudományos eredményei. Szerk.: Illés Árpád, Bodnár Karina Bianka, Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 37-43, 2018. ISBN: 9789634900092
2. **Kovácsné Madar, Á.**: Saláta fajták gazdasági érték mérő tulajdonságainak alakulása akvapóniás és hidropóniás termesztésnél.  
In: InterTalent UNIDEB. Szerk.: Mándy Zsuzsanna, Debreceni Egyetem, Debrecen, 79-82, 2018.

#### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

3. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Különböző zöldségfajokból előállított mikrozöldségek (microgreen-ek) értékelése = Evaluation of various microgreen vegetables.  
*Elelmiszervizsgalati Közlemények*. 66 (4), 3221-3231, 2020. ISSN: 0422-9576.

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

4. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Agronomic evaluation of different lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties under unheated plastic tunnel.  
*Int. j. hortic. sci.* 28, 50-56, 2022. ISSN: 1585-0404.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.31421/ijhs/28/2022/10314>
5. **Kovácsné Madar, Á.**, Rubóczki, T., Takácsné Hájos, M.: Microgreen leaf vegetable production by different wavelengths.  
*Agrártud. közl.* 1, 79-84, 2022. ISSN: 1587-1282.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/10449>





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

6. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Evolution of quality parameters of different lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties under unheated plastic tunnel.  
*Acta Univ. Sapientiae, Agric. Environ.* 13 (1), 88-99, 2021. ISSN: 2065-748X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausae-2021-0008>
7. **Kovácsné Madar, Á.**, Rubóczki, T., Takácsné Hájos, M.: Lettuce production in aquaponic and hydroponic systems.  
*Acta Univ. Sapientiae, Agric. Environ.* 11 (1), 51-59, 2019. ISSN: 2065-748X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausae-2019-0005>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (3)

8. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Levélzöldség fajok beltartalmi értékeinek alakulása.  
In: A Debreceni Egyetem Szakkollégiumainak I. Tudományos Konferenciája : Konferenciakötete. Szerk.: Dajnoki Krisztina; Felföldi János, DEGK, Debrecen, 68-74, 2020.  
ISBN: 9789634902225
9. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Possible role of different leaf vegetables in the nutrition = Különböző levélzöldség fajok lehetséges szerepe a táplálkozásban.  
In: Innovációs kihívások a XXI. században : LXI. Georgikon Napok konferenciakötete. Szerk.: Pintér Gábor, Csányi Szilvia, Zsiborács Henrik, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 197-203, 2019. ISBN: 9789633961308
10. Takácsné Hájos, M., **Kovácsné Madar, Á.**, Rubóczki, T., Homoki, D., Stündl, L.: Különböző saláta fajták ásványelem tartalmának alakulása akvapóniás és hidropóniás termesztés mellett.  
In: Alkalmazkodó vízgazdálkodás: Lehetőségek és kockázatok. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Konferencia kötet. Szerk.: Jakab Gusztáv, Tóth Attiláné, Csengeri Erzsébet, SZIE AGK Tessedik Campus, Szarvas, 197-203, 2018. ISBN: 9789632697369

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (5)

11. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Mikrozöldek szerepe az ásványi anyag utánpótlásban = The role of microgreens in mineral supplementation.  
In: 17. Magyar Magnézium Szimpózium. Szerk.: Takácsné Hájos Mária, Vojnich Viktor, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 31-32, 2021. ISBN: 9786156018069
12. **Kovácsné Madar, Á.**: Különböző saláta fajták értékelése akvapónia és hidropónia termesztőrendszerekben.  
In: XXXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia. Agrártudományi szekció. Előadáskivonatok. Szerk.: Juhász Csaba, Juhász Lajos, Gyüre Péter, Vári Erzsébet, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 150, 2019. ISBN: 9789634900788





13. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M., Homoki, D., Stündl, L.: Különböző saláta fajták értékelése eltérő termesztés mód mellett.  
In: XVI. Nemzetközi Tudományos Napok : "Fenntarthatósági kihívások és válaszok" : Tanulmányok. Szerk.: Dinya László, Baranyi Aranka, EKE Líceum kiadó, Gyöngyös, 1177-1185, 2018. ISBN: 9786155621758
14. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M., Homoki, D., Stündl, L.: Különböző saláta fajták értékelése eltérő termesztés mód mellett = evaluation lettuce varieties by different cultivation method.  
In: XVI. Nemzetközi Tudományos Napok, "Fenntarthatósági kihívások és válaszok" Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Dinya László, Csernák József, EKE Líceum kiadó, Gyöngyös, 175, 2018. ISBN: 9786155621741
15. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M., Fehér, M., Stündl, L.: Termesztési módok hatása különböző saláta fajták hozamára és minőségére.  
In: Tavasz Szél Absztraktkötet / Keresztes Gábor (szerk.), Doktoranduszok Országos Szövetsége DOSZ, Budapest, 60-61, 2018. ISBN: 9786155586262

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

16. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Evolution of quality parameters of different lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties under unheated plastic tunnel.  
*Acta Biologica Marisiensi. 4* (Suppl.), 19-19, 2021. ISSN: 2601-6141.
17. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Különböző zöldségfajokból előállított mikrogreenek bioaktív anyagainak értékelése = Evaluation of bioactive compounds of microgreens from different vegetable species.  
In: XVII. Nemzetközi Tudományos Napok "Környezeti, gazdasági és társadalmi kihívások 2020 után" : Abstract Book. Szerk.: Bujdosó Zoltán, Dinya László, Csernák József, Eszterházy Károly Egyetem, Gyöngyös, 138, 2020. ISBN: 9789634961567
18. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M., Rubóczki, T.: Evaluation of different lettuce varieties by aquaponic and hydroponic technology.  
In: Vth Horticulture and Landscape Planning Conference from Transylvania. Ed.: Benedek Klára, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhely, 11-11, 2019.
19. **Kovácsné Madar, Á.**, Takácsné Hájos, M.: Possible role of different leaf vegetables in the nutrition.  
In: Innovation Challenges in the 21st Century = LXI. Georgikon Napok International Scientific Conference.. Eds.: Gábor Pintér, Szilvia Csányi, Henrik Zsiborács, University of Pannon-Georgikon Faculty, Keszthely, 53-53, 2019. ISBN: 9789633961292





### További közlemények

#### Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

20. **Kovácsné Madar, Á.**: Különböző borsófajták vizsgálata vegyszermentes természetben.

In: "15 éves tehetséggondozás az agráriumba" A Tormay Béla Szakkollégium Hallgatóinak Tudományos Eredményei. Szerk.: Bodnár Karina Bianka, Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 84-91, 2017. ISBN: 9789634739579

21. **Kovácsné Madar, Á.**: Borsófajták értékelése vegyszermentes természetben.

In: Tormay Béla Szakkollégium Hallgatóinak Kutatási Eredményei / Bodnár Karina Bianka; Erdős Zsuzsa (szerk.), Center Print Nyomda, Debrecen, 131-134, 2016. ISBN: 9789634739340

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

22. Yaseen, A. A., **Kovácsné Madar, Á.**, Vojnovic, D., Takácsné Hájos, M.: Examining the Optimal Amount of Moringa Leaf Extract to Improve the Morphological and Inner Quality of Cabbage (Brassica oleracea var. capitata).

*J. Food Qual.* 2023, 1-9, 2023. ISSN: 0146-9428.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2023/3210253>

IF: 2.6

#### Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

23. Sinka, L., **Kovácsné Madar, Á.**, Rubóczki, T., Takácsné Hájos, M.: Biostimulátorok alkalmazása paradicsom üvegházi termesztésénél.

In: 17. Magyar Magnézium Szimpózium. Szerk.: Takácsné Hájos Mária, Vojnich Viktor, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 25-26, 2021. ISBN: 9786156018069

24. Lelesz, J. É., Tamás, S., Homoki, D., Györkös, G. S., **Kovácsné Madar, Á.**: Lombkezelés hatása mizuna (Brassica rapa var. japonica) gazdasági értékmerő tulajdonságaira és ásványi elem tartalmára akvapóniás rendszerben = Foliar fertilization's effect on the economic value and mineral content of mizuna (Brassica rapa var. japonica) growing in aquaponic system.

In: 17. Magyar Magnézium Szimpózium. Szerk.: Takácsné Hájos Mária, Vojnich Viktor, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 27-28, 2021. ISBN: 9786156018069





**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

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (1)

25. Diósi, G., **Kovácsné Madar, Á.**, Mares, I.: Eltérő hullámhosszúságú fény hatása a mikroöldségek bioaktív komponenseire.

*Értékálló aranykorona.* 22 (4), 7-8, 2022. ISSN: 1586-9652.

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,6**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0**

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

Debrecen, 2025.11.07.

