

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János

egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Takácsné dr. habil. Hájos Mária

egyetemi docens, CSc

**KÜLÖNBÖZŐ CÉKLA GENOTÍPUSOK GAZDASÁGI ÉRTÉKMÉRŐ
TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA ÉS LEHETSÉGES SZEREPÜK A
FELDOLGOZÁSBAN**

Készítette:

Vargas-Rubóczki Tímea

doktorjelölt

Debrecen

2020

**KÜLÖNBÖZŐ CÉKLA GENOTÍPUSOK GAZDASÁGI ÉRTÉKMÉRŐ
TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA ÉS LEHETSÉGES SZEREPÜK A
FELDOLGOZÁSBAN**

*Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében a
Növénytermesztési és kertészeti tudományok tudományágban*

Írta: Vargas-Rubóczki Tímea, okleveles kertészmérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája
(Kertészeti tudományok programja) keretében

Témavezető: Takácsné dr. Hájos Mária, egyetemi docens, CSc

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tudományos fokozat
Elnök:	Dr. Holb Imre	DSc
Tagok:	Dr. Véha Antal	CSc
	Dr. Rátonyi Tamás	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2019. április 8.

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat	Aláírás

A bírálóbizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:			
Titkár:			
Tagok:			

Az értekezés védésének időpontja: _____

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A cékla származása	6
2.2. Botanikai jellemzése	7
2.3. Környezeti igénye	9
2.4. Termesztési módok	11
2.4.1. Feldolgozásra – másodveteményként.....	11
2.4.2. Friss fogyasztásra	12
2.5. A cékla növényvédelme	13
2.5.1. Kórokozók	14
2.5.2. Kártevők	15
2.6. A fajtaválasztás szempontjai és jelentősége.....	16
2.7. A cékla bioaktív anyagai és azok hatása a humán szervezetre	17
2.7.1. Betalainok – a cékla színanyagai.....	18
2.7.2. Fenolos vegyületek - polifenolok	19
2.7.3. Flavonoidok.....	19
2.7.4. Egyéb bioaktív anyagok	20
2.8. A feldolgozóipari nyersanyag minőségét befolyásoló tényezők.....	21
2.9. A cékla egészségmegőrzésben betöltött szerepe.....	22
2.10. A cékla felhasználásának lehetőségei	23
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	25
3.1. A kísérletek helye, ideje és a vizsgált genotípusok.....	25
3.2. A kísérletben vizsgált genotípusok jellemzése	27
3.3. A kísérleti terület talajtani jellemzői	29
3.4. A kísérleti terület éghajlati jellemzői	30
3.5. A kísérlet körülményei	32
3.6. A morfológiai és érzékszervi vizsgálatok	34
3.7. A laboratóriumi mérések.....	35
3.8. Adatok statisztikai feldolgozása.....	36
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK	37
4.1. Gazdasági érték mérő tulajdonságok értékelése	37
4.1.1. Morfológiai tulajdonságok	37
<i>A levélzet vizsgálata – a levélhossz alakulása</i>	37
<i>A levéltömeg alakulása</i>	39

<i>A répatest vizsgálata – a répatest tömeg alakulása</i>	40
<i>Az alakindex (hosszúság/átmérő) alakulása</i>	42
<i>Összefoglaló értékelés a morfológiai paraméterek alakulásáról</i>	44
<i>A morfológiai tulajdonságok közötti kapcsolat vizsgálata</i>	45
4.2. Beltartalmi mutatók.....	47
4.2.1. Bioaktív anyagok alakulása	47
<i>Vízoldható szárazanyag-tartalom (Brix%)</i>	47
<i>Összes szárazanyag-tartalom</i>	49
<i>Betanin-tartalom</i>	51
<i>Vulgaxantin-tartalom</i>	54
<i>BC/BX arány</i>	57
<i>Összpolifenol-tartalom</i>	59
<i>Flavonoid-tartalom</i>	61
<i>Nitrát-tartalom</i>	63
<i>Összefoglaló értékelés a beltartalmi paraméterek alakulásáról</i>	65
<i>A bioaktív anyagok közötti kapcsolat vizsgálata</i>	67
4.3. Érzékszervi bírálatok értékelése.....	70
<i>Belső szín intenzitása</i>	70
<i>Fehérgyűrűsség mértéke</i>	72
<i>Íz értékelése</i>	73
<i>Összefoglaló értékelés az érzékszervi bírálatok alakulásáról</i>	75
<i>Az íz és a vízoldható szárazanyag-tartalom közötti összefüggések</i>	76
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	77
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	80
7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	81
8. ÖSSZEFOGLALÁS	82
9. SUMMARY	86
10. IRODALOMJEGYZÉK	90
11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	111
12. MELLÉKLETEK	116
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	117
ÁBRAJEGYZÉK	119
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	120
NYILATKOZATOK	121

1. BEVEZETÉS

A cékla világszerte ismert és széleskörben termesztett zöldségnövény, melyet friss vagy feldolgozott formában is fogyaszthatunk. Bár régóta termesztett növény, számottevő mennyiségben csak az elmúlt évtizedekben kezdték fogyasztani, miután kutatások bizonyították jelentős antioxidáns hatását, melyet főként színanyagainak köszönhetünk.

A cékla színanyagai a *betalainok* csoportjába tartoznak, melyek kiváló alternatívát adnak a szintetikus színezőanyagok (E123) kiváltására (Henry, 1996). Az 1970-es évektől kifejezetten a cékla színanyagainak mennyiségére és összetételére irányult a nemesítés (Baranski et al., 2016).

Jelenleg a leggyakoribb feldolgozási formák a konzervgyártás, légyártás és a céklapor előállítás. Ez utóbbi feldolgozás biztosít alapanyagot (E162 jelzéssel) az élelmiszeriparnak, a gyógyszeriparnak (táplálék-kiegészítő termékek) és a kozmetikai iparnak. Hazánkban legnagyobb mennyiségben konzerválásra kerül az ősszel betakarított cékla, azonban mára megnőtt az igény a légyártásra, a szárítmány-előállításra (chips), valamint a friss cékla fogyasztására is.

Bár a kereslet megnőtt a cékla iránt, azonban a termőterülete nem növekedett számottevően az elmúlt években, továbbra is 300-400 ha között mozog, amiről kb. 8-10 ezer tonnát takarítunk be évente (Hraskó – Tóthné Taskovics, 2011; AKI, 2017; NAIK, 2019).

Külföldön a céklából készült termékek választéka jóval szélesebb, ehhez a termesztés volumene is jelentősebb mértékű. Európa adja a termesztés döntő hányadát, melyet főként Franciaország, Németország, Ukrajna, Lengyelország és az Egyesült Királyság biztosít több millió tonnával évente. Lengyelországban például az egyik legnépszerűbb zöldségféle a cékla, melyből sok hagyományos étel is készül. Európa (158 millió t) mellett (Neelwarne, 2013) jelentős mennyiséget termel az Egyesült Államok (28 millió t) és Oroszország is, utóbbi mintegy 33 millió tonnát évente a FAO 2014-es adatai szerint (Chhikara et al., 2019).

A megtermelt céklából csomózott frisspiaci áru (Egyesült Királyság) vagy feldolgozott termék lesz, úgymint előfőzött, vákuumcsomagolt cékla, bébicékla-konzerv vagy tejsavasán erjesztett pektindús céklalé (Lengyelország). Emellett kedvelt levesalapanyag (Ukrajna), ugyanakkor sütve és párolva is fogyasztják (Egyesült Államok). A céklával színezett ételek listája igen hosszú, többek között jégkrémek,

joghurtok, édességek, paradicsomszószok és lekvárok színét javítja, valamint pácolt húsok természetes fedőfestékeként szolgál.

A répatest mellett a céklának a levele is kiváló ásványianyag-forrás, így számos országban termesztik leveléért, melyet saláta-mixek készítéséhez használnak. A cékla (répatest és levél egyaránt) ásványi- és vitamintartalma mellett jelentős vitaminforrást jelent (B- és C-vitamin) a szervezet számára.

A cékla levelét már az ókori rómaiak is használták lázcsillapításra. A görög legendák szerint Aphrodité a céklát szépségmegőrzés céljából rendszeresen fogyasztotta, Hippokratész pedig a leveleket sebkötőzésre tartotta alkalmasnak. A középkorban főként vérképzési problémák esetén alkalmazták (Bryan – Pierini, 2013).

Az utóbbi évtizedekben újra megnőtt az érdeklődés a cékla iránt, mivel rámutattak a céklalé sportteljesítményre gyakorolt pozitív hatásaira (Bailey et al., 2010).

Ferenczi (1970) munkássága során elsőként mutatott rá a céklalé anti-tumor hatására (Fehérvári-Póczik, 2006), amit a színyanyagok antioxidáns szerepének tulajdonítanak (Kanner et al., 2001). A cékla bioaktív anyagainak ígéretes eredményei az egészségmegőrzésben, lehetőséget ad funkcionális élelmiszerekben történő felhasználásukra (Babarykin et al., 2019).

Mindezek alapján igen fontos elősegíteni a cékla nagyobb mennyiségben történő termesztését és szélesebb körű felhasználását hazánkban is.

A szakirodalomban főként feldolgozott céklára található információ a bioaktív anyagok mennyiségéről, azonban kevés a fajtákra vonatkozó adat. Ez egyrészt nehezebbé teszi a saját adatok összehasonlítását, másrészt rámutat arra, hogy indokolt a fajtákra történő vizsgálat (morfológiai és analitikai egyaránt) elvégzése ahhoz, hogy a termesztés a felhasználási célnak megfelelő genotípusokkal történjen.

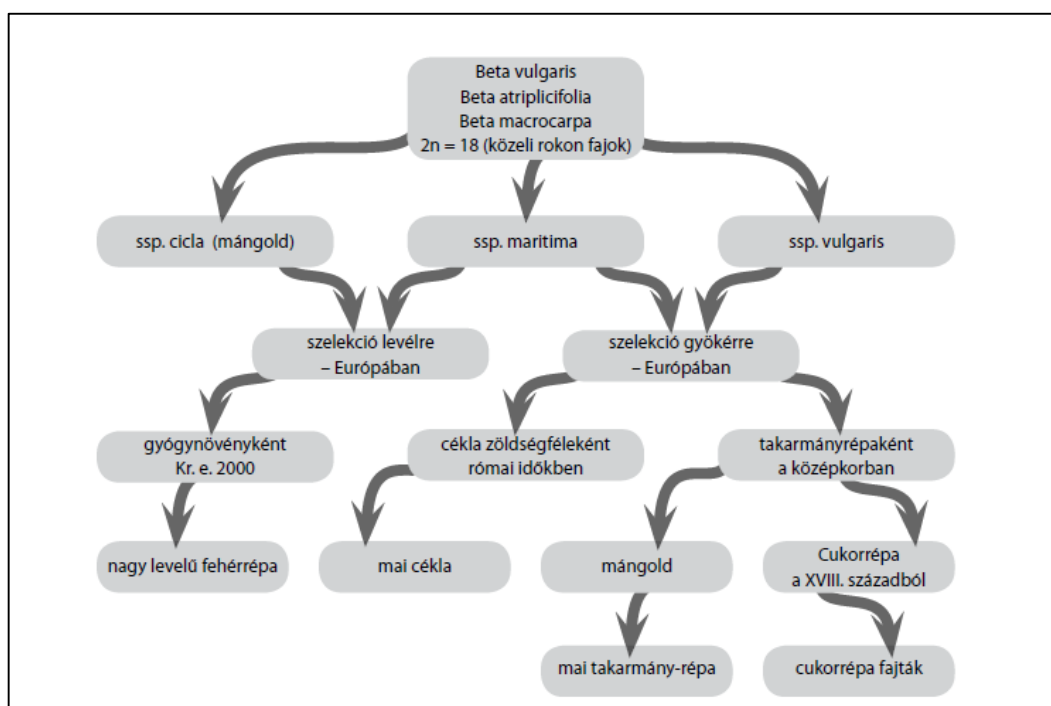
Kísérletünk célja volt hagyományos fajták, hibridek és egy különleges cékla genotípus (tájfajta) morfológiai és beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata másodtermesztésben mészlepedékes csernozjom talajon. Továbbá, célunk volt rávilágítani a genotípusok közötti különbségekre, melyhez érzékszervi bírálatot is végeztünk.

A genotípusok genetikai háttere nagyban meghatározza a bioaktív anyagok mennyiségét, amelyet az évjáráthatás tovább módosít, így a kísérlet célja volt ezek vizsgálata, melyek alapján ajánlást tudunk adni az élelmiszeripari felhasználhatóságukra.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A cékla származása

A cékla (*Beta vulgaris* ssp. *esculenta* var. *rubra* L.), a *Beta* nemzetségbe tartozó fajokkal együtt a *Beta vulgaris* L. var. *maritima* vad alakjából származtatható (Biancardi et al., 2012; Bryan-Pierini, 2013). A vad alak már az őskorban elterjedt volt Európa tengerparti részein, Észak-Afrikában, valamint Ázsia egyes részein egyaránt (Rubatzky – Yamaguchi, 1997; Nottingham, 2004). A céklával rokon fajok közé tartozik a cukorrépa (*Beta vulgaris* L. provar. *altissima*), a mángold (*Beta vulgaris* L. cv. *cicla*), valamint a takarmányrépa (*Beta vulgaris* L. cv. *crassa* provar. *crassa*), melyek rendszertanilag a libatopfélék (*Chenopodiaceae*) családjának (1. ábra) tagjai (Alonso, 2007).



1. ábra: A cékla származása – az ősalaktól a mai formáig

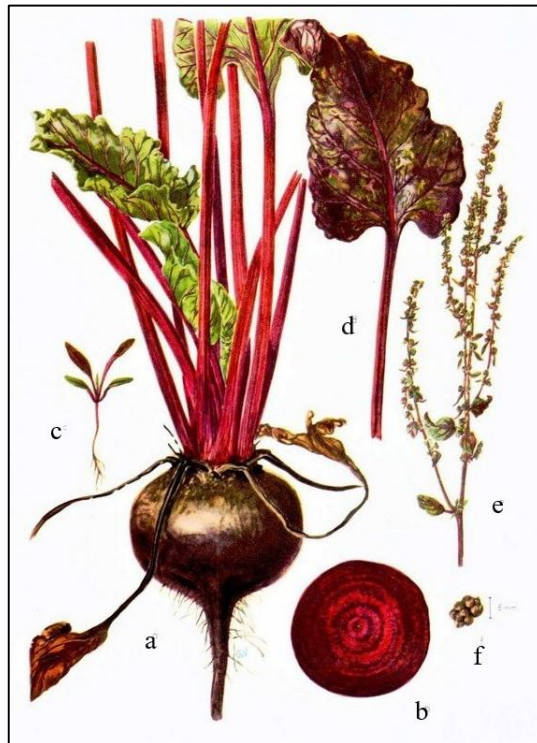
(Forrás: Takácsné Hájos, 2011a)

Első írásos emlékei a Kr. e. VIII. századi Mezopotámiából származnak (Zohary-Hopf, 2000; Biancardi et al., 2012), azonban jelentős számban maradtak fenn feljegyzések az ókori római és görög civilizációból is a növényről, melyet elsősorban leveléért hasznosítottak (Nottingham, 2004; Bryan-Pierini, 2013).

A cékla mai alakját a XVI. században érte el (Neelwarne, 2013), amely Közép- és Kelet-Európában Olaszországon és Németországon át terjedt el (Nottingham, 2004).

2.2. Botanikai jellemzése

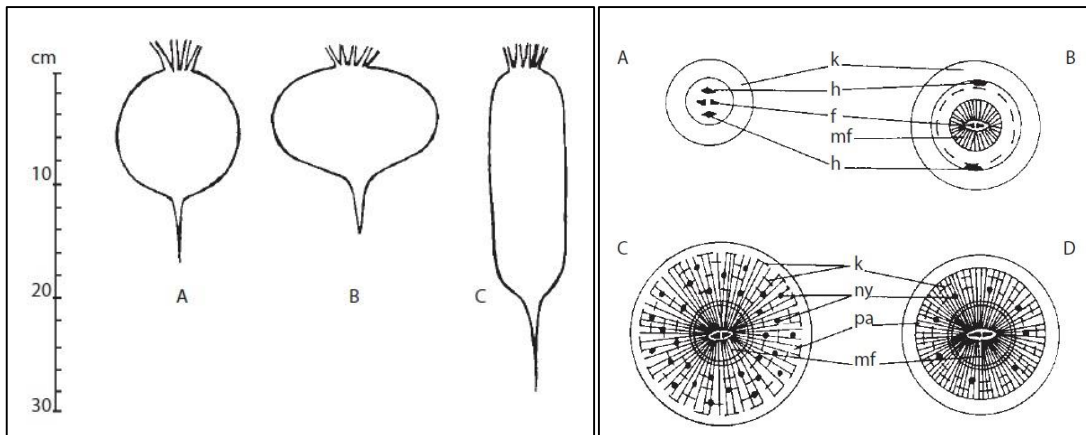
A cékla idegentermékenyülő, szélporozta növény (*Rubatzky – Yamaguchi, 1997*), így vetőmagtermesztésnél figyelmet kell fordítani a rokon fajokra, amelyekkel könnyen összevirágozhat. Kétéves növény (2. ábra), de egyévesként termesztett, mivel az első évben fejleszti a fogyasztható részeket – a levélzetet és répatestet, majd a második évben magházat fejleszt és virágot hoz (*Welbaum, 2015*).



2. ábra: A cékla morfológiai felépítése –

a: répatest tőlevelekkel, b: répatest keresztmetszete, c: csíranövény, d: tőlevél,
e: virágos szárrészlet, f: termésvirág (Forrás: *Csapody, 1961*)

A **répatest** alakját tekintve gömbölyű, lapos és hengeres típusokat különböztetünk meg. A gömbölyű fajták kialakulásában a szik alatti szárrész (hipokotil) vesz részt, míg a hengeres típusoknál a karógyökér is szerepet játszik (*Hájas, 1976*). A répatest felépítésére másodlagos vastagodás jellemző (3. ábra), így egy koncentrikus gyűrűrendszer alakul ki az idősebb gyökerek keresztmetszetén (*Rubatzky – Yamaguchi, 1997*). A hánccsövet sejtjei tartalmazzák a színezőanyagok jelentős részét, de kisebb mennyiségben a farészben is megtalálható (látható gyűrűk). A két fő színezőanyag-csoport, ami meghatározza a cékla színét: a vörös *betacianinok* és a sárga színt adó *betaxantinok*, amely pigmentek a *betalainok* közé tartoznak (*Nottingham, 2004*).



3. ábra: Cékla répatest-típusok – (A) gömbölyű, (B) lapos, (C) hengeres (balról) és a répatest kialakulásának folyamata (jobbról)

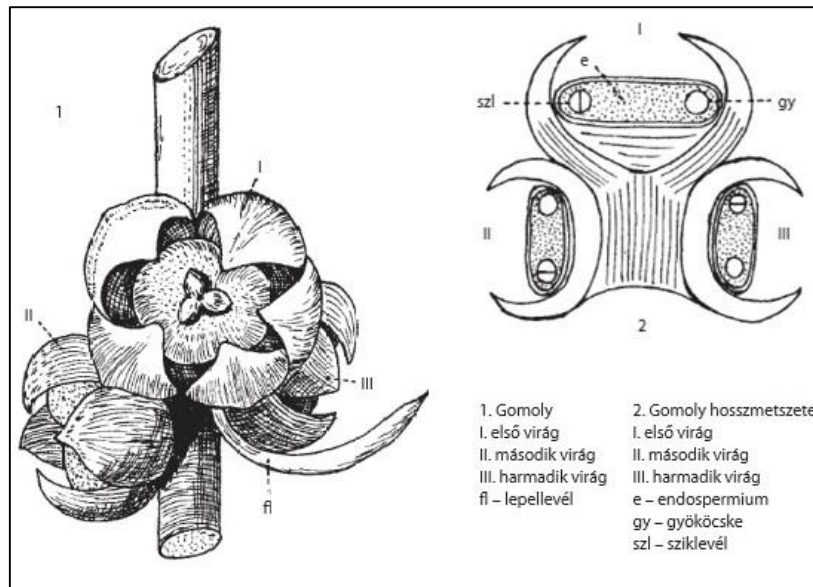
(A) fiatal gyökér az elsődleges szövetekkel, (B) másodlagos vastagodás, (C-D) új kambiumgyűrűk keletkezése, (f) fanyaláb, (h) háncsnyaláb, (k) kambiumgyűrű, (mf) másodlagos fatest, (ny) kambiumgyűrűk által lefűzött fa-háncs edénnyalábok, (pa) raktározó parenchimaszövetek (Forrás: *Takácsné Hájos, 2011a*)

A **levélzet** aktivitása meghatározza a termés kialakítását. A korai fajták rövid vagy közepes lombhosszúsága elősegíti a répatest intenzív fejlődését, ezért friss fogyasztásra ezek a legkorábban elérhető fajták. A késői fajtáknál a közepes hosszúságú lomb bár kevésbé hatékony, de több a szénanyag és cukorfelhalmozódás a répatestben a lassabb növekedés alatt. A cékla lombozatának nagysága a gépi betakarítás lehetőségét is meghatározza. Jelentős különbségek lehetnek a genotípusok között a levélnyél hosszát és szénanyag-tartalmát tekintve. A kisebb lombozatot fejlesztő fajtáknál a levélnelek vékonyabbak és sötétlilák, míg a hosszabb levelű genotípusoknál ez narancssárga színű, lila csíkozással. A répatest és a levélnyél színintenzitása között szoros összefüggés mutatható ki, azaz az intenzív vörös levélnyéllel rendelkező fajták a répatestben is nagyobb mennyiségű vörös szénanyagot halmoznak fel. Ezzel szemben a fehér, sárga vagy csíkos színezetű (*Chioggia*) fajtáknál a levélnyél színe többnyire zöldes vagy annak bizonyos árnyalatát mutatja (*Takácsné Hájos, 2011a*).

A cékla a második évben fejleszti a **virágszárát** (80-130 cm), illetve érlel termést. A virágzati tengelyen a 2-3 sziromból (*Rubatzky – Yamaguchi, 1997*) vagy olykor 5 sziromból álló, 3-5 mm-es, apró virágok olyan közel helyezkednek el egymáshoz (*Kezi – Sumathy, 2014*), hogy termékenyülést követően összenőnek és gomolyt alkotnak

(4. ábra). A gomolyos fűrtvirágzaton a virágok kétivarúak, hímnősek, valamint idegenbeporzóak, mivel a pollen mindig hamarabb érik, mint a bibe (Szabó, 1994).

A cékla **termése** (egyben szaporítóanyaga) *gomolyból álló csalmatok*, ami 2-5 magot tartalmaz. Mivel *poligerm* (többmagvú), így vetést követően egy gomolyból több növény fejlődik, ezért 2-4 lomblevelés állapotban tőszámbeállításra van szükség.



4. ábra: A cékla termése és szerkezeti felépítése (Forrás: Takácsné Hájos, 2011a)

A nemesítés nyomán lehetővé vált egyszemű (monogerm) fajták alkalmazása is, amelyekre az állomány egyöntetűsége jellemző (Rubatzky – Yamaguchi, 1997).

A gyorsabb és egyöntetűbb csírázás érdekében a gomolyokat koptatják, valamint áztatni is lehet, mivel a *poligerm* magokat parás réteg veszi körül, aminek érdes a felülete és csírázásgátló anyagot tartalmaz (Hájos, 1976; Takácsné Hájos, 2009).

A cékla ezermagtömege 13-22 g között változik (Szabó, 1994). Csírázóképesége 3-4 év, de kedvező feltételek mellett (5 °C és 50% páratartalom) 10 év is lehet (Copeland – McDonald, 2001).

2.3. Környezeti igénye

A cékla származásából adódóan (tengerparti növény) hidegtűrő, a Markov-Haev besorolás szerint a 19±7 °C-os csoportba tartozik. Rubatzky – Yamaguchi (1997) szerint a cékla fejlődése 16-20 °C közötti értékeken optimális. Ezt erősíti Nottingham (2004), aki szerint a cékla 15-19 °C-on fejlődik a legjobban. Szabó (1994) megállapította, hogy a

gyökérzet 15-20 °C között, míg a levélzet 21-28 °C közötti értékeken fejlődik a legjobban. Jó szárazság- és sötétítésnek köszönhetően, a vegetáció folyamán ettől alacsonyabb vagy magasabb hőmérsékleten is megfelelően fejlődik (*Nottingham, 2004*).

A fejlődése kezdetén érzékeny az alacsony hőmérsékletre, a tartósan 10 °C vagy ez alatti hőmérséklet hatására vegetatív szakaszból generatív szakaszba megy át, azaz beindul a vernalizáció (magszárképződés), ami negatív hatással van a répatest fejlődésére. Ebből adódóan figyelni kell, hogy korai vetéshez felmagzásra ellenálló fajtákat használjunk.

A vegetáció későbbi szakaszában az őszi hűvösebb időjárás (akár kisebb fagyhatás is) azonban kedvező lehet a cékla minőségére, úgymint a színanyagok és a cukortartalom mennyiségére (*Takácsné Hájos, 1993*), valamint a szöveti szerkezetre (nagyobb rosttartalom).

A vegetáció során a tartósan 25 °C feletti hőmérséklet kedvezőtlenül befolyásolhatja a fejlődést, valamint a színanyagok felhalmozódását (*Nottingham, 2004; Niziol-Lukaszewska – Gawęda, 2014*).

Fényigényét tekintve a hosszúnappalos növények közé tartozik. Bár az igénye fajtafüggő, ez 12 és 16 óra közötti megvilágítást jelent. A szórt fény nem hat negatívan a fejlődésére, azonban bizonyítottan csökken a répatest színanyag- és cukortartalma (*Szabó, 1994*). Kutatók megállapították, hogy a piros színű fóliatakarás kedvezően hat a növények fejlődésére (*Casierra-Posada – Pinto-Correa, 2011*).

Vízigénye kezdetben jelentős, mivel feltétele az egyenletes kelésnek és az egészséges fejlődésnek. A csírázáshoz 5-10 mm-t, a vegetációs időszakban pedig igény szerinti (30-40 mm) vízádagokat célszerű kijuttatni. Gyenge vízellátás esetén hiányos a kelés, valamint heterogén (nem egyöntetű) lesz az állomány. A cékla transzspirációs együtthatója 300-400. Az időszakos vízhiányt elviseli, ugyanakkor az egyenletes vízellátás feltétel a jó minőségű répatest előállításához (*Somos, 1967; Szabó, 1994*).

Tápanyagigénye nagy, így megfelelő terméshozamot csak jó szerkezetű, tápanyagdús talajon várhatunk. Káliumigénye kiemelkedő, azonban a túlzott nitrogénadag kedvezőtlenül hat a minőségre és egészségre egyaránt. Mikroelemekből szükség szerinti adagot juttassunk ki. A cékla fajlagos tápanyagigénye: nitrogén 4,3 kg/t, foszfor 1,5 kg/t, illetve kálium 8 kg/t (*Takácsné Hájos, 2019*).

Optimális termőhely számára a vályog-, homokos vályog- és a humuszos homoktalaj, de gyakorlatilag eredményesen termeszthető a legtöbb talajtípuson a megfelelő technológia alkalmazásával (*Hadnagy et al., 2001*). A talaj kémhatását tekintve

az enyhén savas vagy semleges közegben fejlődik legjobban. *Rubatzky – Yamaguchi* (1997) szerint ez pH 6-8 között optimális, míg más szerzők ezt pH 6,6-7,2 (*Sánchez et al.*, 2010) és pH 6,4-6,8 közötti értékekre szűkítik (*Welbaum*, 2015).

Laza homoktalaj esetén a gyakori öntözés miatt előfordulhat tápanyag-lemosódás, melynek következtében a répatetek talpgyökere megerősödik. Ez rontja a minőséget és növeli a tisztítási veszteséget (*Takácsné Hájos et al.*, 1994).

2.4. Termesztési módok

2.4.1. Feldolgozásra – másodveteményként

A cékla termesztése leginkább másodveteményként terjedt el hazánkban, melyet az őszi szabad feldolgozó-kapacitás tett indokolttá. Ehhez a termesztéshez június végén, illetve július elején történik a vetés, amelyet a 100-110 napos tenyészidő elteltével október elején takarítanak be. A nyári hónapokban csak öntözéssel lehet sikeresen termesztetni. Kiemelt jelentőségű az egyenletes vízellátás, mivel átmeneti vízhiány esetén fehérgyűrűsek lesznek a répatetek, illetve a megvastagodott talpgyökök nagy tisztítási veszteséget okoznak, egyben csökkentve a termék minőségét.

A cékla vetése történhet kézzel vagy géppel, az optimális vetésmélység 2-3 cm, a növényszám pedig 14-16 db/folyóméter.

A céklát vetésfogóban, trágyázott kapás kultúrák (uborka, paradicsom, görögdinnye), gabonafélék és hüvelyesek után célszerű termesztetni. A vele egy családba tartozó fajok és önmaga után nem vethető. Szervestrágyát a vetést közvetlen megelőző időszakban nem ajánlatos kijuttatni, mivel ez esetben túlfejlettek és deformáltak lesznek a répatetek, emellett alacsonyabb színanyag-tartalommal rendelkeznek (*Watson – Gabelman*, 1982).

A talaj tápelem-tartalmát és tápanyag-szolgáltató képességét figyelembe véve történjen a tápanyag-utánpótlás. Ennek egyik legfontosabb oka, hogy a cékla hajlamos a nitrátot nagyobb mennyiségben felhalmozni, ami veszélyes lehet egészségügyi szempontból, így a nitrogén-adagokra gondos figyelmet kell fordítani. Mint a legtöbb gyökérzöldség, úgy a cékla is nagyobb mennyiségben igényel káliumot, melynek zavartalan felvételét az optimális ellátottság mellett a levegős talajszerkezet fenntartásával tudjuk biztosítani. Emellett figyelniünk kell arra, hogy a túlzott kálium-adag befolyásolhatja a magnézium ellátottságot, a két elem között fennálló antagonizmus miatt (*Takacs-Hajos et al.*, 2006).

Betakarítása gépesíthető, ehhez egysoros síkművelést alkalmaznak a termesztésben, 35-45 cm-es sortávolsággal és 12-16 kg/ha vetőmagmennyiséggel. A betakarítást célszerű szárazabb talajállapot mellett végezni, ekkor a répatetek könnyen felszedhetők. Ehhez többsoros, egymenetes, önjáró gépeket alkalmaznak (pl.: ASA-LIFT T-300), amely könnyen kiemeli a növényeket, mivel a répatest egyharmada kiáll a talajból.

A répatest alakja és a tápanyag-ellátás függvényében a várható hozam 25-50 t/ha között változik (*Ijoyah et al., 2008*), de akár a 70 t/ha is elérhető (*Neelwarne, 2013; Markoski et al., 2015*).

Fontos, hogy a répatetek mérete 70 mm átmérőnél kisebb legyen, így biztosítva a nagyobb színanyag-tartalmat és a jó szöveti szerkezetet (*Takácsné Hájos, 2009*).

A cékla posztharvest technológiáját egészen az 1930-as évektől vizsgálják (*Thompson, 2003*). Kísérletek szerint 4 °C és 95-98%-os relatív páratartalom mellett mintegy 6 hónapig jól tárolható a répatest (*Mercantilia, 1989*).

A szabadföldi termesztés mellett lehetőség van a céklát fűtetlen fólia, valamint váznélküli fólia alatt is termesztetni (*Gimenez et al., 2002*).

2.4.2. Friss fogyasztásra

Korai termesztés lehetőségei

A céklát lehet előveteményként is termesztetni, ekkor április második felében történik a vetés, melyet július közepéig célszerű betakarítani. A korai vetésből származó répatetek csak frisspiaci értékesítésre alkalmasak, mivel őszig a talajban hagyva túlnőnek, durvább lesz a szöveti szerkezetük, valamint a színanyag-tartalmuk is jelentősen csökken (*Nilsson, 1970; Watson – Gabelman, 1982*).

Külföldön a zsege céklát kedveli a friss piac, így már 50-75 nap elteltével felszedik a répateteket (*Kemble et al., 2017; Chhikara et al., 2019*).

Bébicékla termesztés – Hazánkban is foglalkoznak bébicékla termesztésével, melynek vetése kora tavasszal történik. A répatetek betakarítását a 60. nap körül lehet tervezni. Erre a termesztési célra a felmagzásra rezisztens, intenzív vastagodású fajták alkalmazhatóak, mint például a *Little Ball* vagy *Babybeat*, de bármelyik gömbölyű típust sűrűn vetve kisméretű termést kapunk (3-5 cm), amely egészben savanyítható.

A bébicékla és csomózott frisspiaci áru előállításához általában ágyásos vetést alkalmaznak, körülbelül 200 növény/m² állománysűrűséggel.

Rentábilis termesztést csak akkor érhetünk el, ha az 5 cm-nél nagyobb répatestek aránya kevesebb (max. 45%), mint az elvárt 3-5 cm közöttiek aránya. Ehhez fontos a precíz vetéstechnika, valamint a kiegyenlített csírázóképeségű vetőmag (*Takácsné Hájos, 2009*).

Levélcékla termesztés – Napjainkban egyre nagyobb a kereslet levélcékla iránt, melyet nemcsak az éttermek, hanem az élelmiszerbolt-láncok is egyre nagyobb mennyiségben igényelnek. Köztudott, hogy a cékla levelét kezdetben lázcsillapításra használták az ókori rómaiak, azonban friss salátaként történő felhasználása csak az utóbbi évtizedekben terjedt el (*Nottingham, 2004; Bryan – Pierini, 2013*).

Külföldön már régóta népszerű a zsenge levelek fogyasztása, melyet a jelentős ásványi elem-tartalom indokol. Napjainkban a hazai fogyasztók is egyre nyitottabbak a zsenge céklalevél fogyasztására.

A termesztésben erre a célra nemesített fajták is kaphatók, azonban bármely kis vagy középhosszú lombosított fajta megfelel a saláta alapanyag-előállításához. Ehhez célszerű a töszámbeállításakor (2-4 lombleveles állapotban) felszedett leveleket hasznosítani.

Napjainkban a céklalevél igen kedvelt saláta-mix alapanyag, erre a célra történő termesztéshez bio vagy csávázatlan vetőmagokat alkalmaznak. Külföldön kedveltek a színes erezetű genotípusok, úgymint a sárga *Yellow Beet*, a vörös *Bull's Blood* vagy az *Early Wonder Tall Top* (*Welbaum, 2015*).

2.5. A cékla növényvédelme

A cékla nagyobb területen történő termesztéséhez szükség lehet vegyszeres növényvédelemre.

Fontos az *ökológiai szemléletű* termesztés figyelembe vétele, ahol a minőségi alapanyag-termesztés a fenntarthatóság és a környezet megóvása mellett történik. Az ökológiai termesztésben elfogadott növényvédelem azonban nem mindig elég nagyobb területen történő termesztésnél. Ebben az esetben az *integrált termesztés* elemeit követve szintén környezetkímélő módon alkalmazhatunk vegyszeres növényvédelmet, amely nem a növényi kórokozók teljes mértékű kiirtását, hanem azok veszélyességi küszöbérték alatt tartását célozza meg (*Holb, 2005*). A következőkben a cékla leggyakrabban előforduló kór- és kártevői kerülnek bemutatásra.

2.5.1. Kórokozók

Vírus okozta betegségek

A **céklamozaik betegség** világszerte elterjedt, a répa mozaik vírusa (*Beet mosaic virus*) okozza. A világosabb vagy sötétebb zöld foltok a fiatal leveleken jelennek meg, amelyek majd felhólyagosodnak. Fontos a megfelelő izolációs távolság, illetve a levéltetvek elleni védelem (*Glits – Folk, 2000; Rod et al., 2005*).

A **cékla sárgasága** gyakran súlyos veszteséget okozó betegség, melyet a *Beet yellows virus* okoz. A tünetek az idősebb leveleken gyakoriak, melyek először világoszöldek, majd később sárgák lesznek (*Koppányi, 1997; Glits – Folk, 2000*).

A **cékla szőrösgyökerűségét** („rizománia”) szintén vírus okozza (*Beet necrotic yellow vein virus*). Legfőbb tünete a sok kis oldalgyökér képzése, ami a gyökerek „szakállosságát” okozza (*Rod et al., 2005*). A kórokozó fő terjesztője a *Polymyxa betae* nyálkagomba. Rezisztens fajták használatával, valamint fertőzésmentes parcellák kiválasztásával védekezhetünk ellene (*Glits – Folk, 2000; Rod et al., 2005*).

Baktérium okozta betegségek

A **gumók baktériumos varasodását** a *Streptomyces scabies* sugárbaktérium okozza, amely a gumókba behatolva szemölcsös kinövéseket okoz a felületen. Elsősorban száraz időben, a könnyen felmelegedő, meszes talajokon fordulhat elő. A fertőzés megelőzése érdekében több éves vetésciklust kell alkalmazni (*Crüger, 2002*).

Gombás betegségek

A **cékla pleospórási betegsége** (kórokozó: *Pleospora betae*, ivartalan alakja: *Phoma betae*) a növény kezdeti fejlődési fázisában jelentkezik leggyakrabban. A betegséget fómás betegség, illetve gyökérfekély néven is tárgyalják. Jellemzően a csíranövény gyökérnyaka elfeketedik, a növények fejlődésükben visszamaradnak, majd eldőlnek. A tünetek megjelenésekor réz-tartalmú szerrel lehet védekezni (*Glits – Folk, 2000; Rod et al., 2005*).

A **cékla cercospórási levélfoltossága** (kórokozója: *Cercospora beticola*) a cékla egyik leggyakoribb betegsége, amely a vegetáció végére jelentős lombpusztulást okozhat a tavaszi vetésű céklánál. A levélen kerek, lilászörös szegélyű foltok láthatók. A kórokozó fertőzésének a nedvesség (harmat, öntözés) és a 20 °C feletti hőmérséklet

kedvez. Védekezés történhet rezisztens fajta használatával, illetve 4-5 lombleveles kortól rendszeres növényvédelmi kezeléssel (*Glits – Folk, 2000; Crüger, 2002; Rod et al., 2005*).

A **cékla peronoszpóra** (kórokozója: *Peronospora schachtii*) hűvös (<15 °C), csapadékos időben veszélyeztető betegség, ami főként tavasszal okozhat kárt. Két tünete ismert, az elsődleges a levelek torzulása és sárgulása, valamint a levélfonákon képződő barna bevonat (sporangiumtartó gyp). A szekunder tünetek foltszerűen alakulnak ki. Csapadékos, hűvös tavasz esetén, kelés után legalább kétszer, 10 napos időközzel ajánlatos kezelni az állományt (*Glits – Folk, 2000*).

A **céklalisztharmat** (kórokozója: *Erysiphe betae*) jelenlétére a levelek színén megjelenő foltszerű, majd az egész levélre kiterjedő szürkésfehér lisztes bevonat (epifita micélium) utal. A bevonatban később megjelennek a fekete színű, gömbölyű termőtestek (kleisztotéciumok). A meleg, száraz időjárás, valamint a gyakori harmatképződés kedvez a fertőzés kialakulásának (*Rod et al., 2005*). A tünetek megjelenésekor vegyszeres védekezést kell alkalmazni (*Glits – Folk, 2000*).

A **réparozsda** (kórokozó: *Uromyces betae*) szintén a leveleken fordul elő. Tavasszal spermogóniumok és ecídiumok figyelhetők meg szórványosan a leveleken, míg nyáron barnás teleutotelepek jelentkezhetnek. Fontos a növénymaradványok eltávolítása, valamint az izolációs távolság betartása (*Glits – Folk, 2000; Rod et al., 2005*).

2.5.2. Kártevők

A **répafonálféreg** (*Heterodera schachtii*) jelentős kártevő lehet a céklában. Erős fertőzöttségnél a növények a fejlődésben visszamaradnak, száraz idő esetén a levelek lankadnak. Hajszálvékony éhezési gyökerek jelennek meg a főgyökéren, amelyeken fehér, majd barna színű fonálféreg-nőstények, ún. ciszták találhatóak. 4-5 éves vetésforgóval lehet védekezni ellene (*Kozma, 1997; Crüger, 2002*).

A **répabolha** (*Chaetocnema tibialis*) szikleveles állapotban kezdi hámozgatni a leveleket, mellyel fokozott vízvesztést okoz, mivel felborul a fiatal növények vízháztartása. Fontos a megfelelő magágy előkészítése, valamint a terület gyommentesen tartása (*Kozma, 1997*).

A **fekete répa-levéltetű** (*Aphis fabae*) nagy károkat okozhat a céklaállományban. Szívogatással közvetlenül károsítja a növényeket, melyek fejlődésükben visszamaradnak, valamint közvetetten vírusos betegségekkel fertőzhetik az egyedeket. Fontos a területet

gyommentesen tartani. Fertőzés esetén inszekticides védekezésre is szükség lehet (Kozma, 1997; Rod et al., 2005).

2.6. A fajtaválasztás szempontjai és jelentősége

A cékla termesztésénél fontos szerepe van a fajtaválasztásnak, amely többnyire a termesztési cél függvényében változik. A hazai fajtaválaszték elsősorban gömbölyű és hengeres típusú, vörös belső színű, *poligerm* fajtákból áll. Betakarításnál előnyt jelent a gömbölyű típus, mivel ezeknek vékony a karógyökere, így kevesebb talajszennyeződéssel és sérülésmentesen szedhető fel a répatest.

A színanyag-összetételben nagy különbségek vannak a fajták között, ezért hőkezelést igénylő készítmények előállításánál a kevésbé hőérzékeny genotípusokat részesítik előnyben, amelyeknél a színanyag jelentős része *betanin*, míg az *izobetanin* és *prebetanin* csak kisebb mennyiséget képviselnek (Neelwarne, 2013).

A hazai fajták mellett egyre nagyobb teret nyernek a külföldi genotípusok is. A minőséget meghatározó belső szín egyöntetűsége nem mindig teljesül, de a piacosságot kedvezően befolyásoló vékony talpgyökér meghatározó. *Monogerm* típusú vetőmag is megtalálható a kereskedelemben, aminek a legnagyobb előnye, hogy precíziós vetést követően nem igényel tőszámbeállítást, mivel a termés csak egy magot tartalmaz.

Megtalálható a fajtaválasztékban sárga és fehér répatestű fajta is (5. ábra), melyet ételkülönlegességek ízesítésére használnak elsősorban. Olaszországban népszerű a fehér-rózsaszín gyűrűkből álló cékla-különlegesség (*Chioggia*), míg a XIX. századi Franciaországban a sárga húsú, nagyobb cukor-tartalmú fajtákat előnyben részesítették (Takácsné Hájos, 2011a).



5. ábra: Különleges cékla genotípusok

(*Subeto F₁*, *Boldor*, *Chioggia*, *Albina Vereduna*, *Bull's Blood* 'Scarletta') (Forrás: I1)

2.7. A cékla bioaktív anyagai és azok hatása a humán szervezetre

A cékla nemcsak létfontosságú makro- és mikroelemeket tartalmaz (P, K, Mg, Na, Ca, Fe, Mn, Zn), hanem jelentős a benne megtalálható vitaminok (B₁, B₂, B₅, B₆, B₉- és C-vitamin) mennyisége is (*Neelwarne*, 2013; *Chhikara et al.*, 2019).

Bioaktív anyagai közül a színyanyag (*betalain*)-tartalmát már több évtizede vizsgálják, ugyanis antioxidáns tulajdonságának köszönhetően rendkívül pozitív hatással van a humán szervezetre. Ezt felfedezve számos kísérletben bizonyították kedvező hatását (*Kanner et al.*, 2001; *Butera et al.*, 2002; *Kaur – Kapoor*, 2002; *Cai et al.*, 2003; *Gentile et al.*, 2004; *Stintzing et al.*, 2005; *Zielińska-Przyjemska et al.*, 2009; *Tsai et al.*, 2010), amelyet további bioaktív anyagok (úgy mint polifenolok, flavonoidok stb.) együttes hatásának is feltételeznek (*Wootton-Beard – Ryan*, 2011).

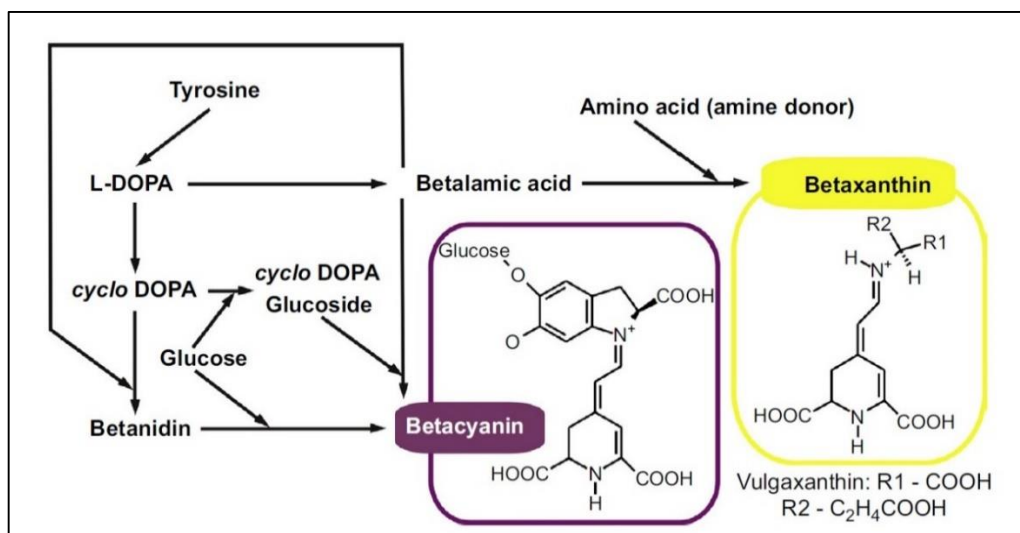
A cékla biokémiai reakciókat, enzim- és metabolizmust befolyásol a szervezetben. *Ferenczi* (1955, 1957, 1959, 1961, 1970) munkássága során elsőként mutatott rá a céklalé pozitív hatásaira. Hasonló megállapításra jutottak *Nyirády et al.* (2010), akik közlése szerint az általuk alkalmazott céklaporkészítmény mérsékelt (1 hónap, 2x10 g), illetve tartós fogyasztása nagymértékben javítja a tumoros betegek életminőségét. A cékla anti-tumor hatását az élő szervezetre további kutatások is vizsgálták (*Kapadia et al.*, 1996, 2003, 2011, 2013; *Geshner et al.*, 1998; *Kelloff et al.*, 2000; *Riboli – Norat*, 2003; *Lee et al.*, 2004; *Stanner et al.*, 2004; *Stintzing – Carle*, 2004, 2008; *Pan – Ho*, 2008; *Boivin et al.*, 2009; *Lechner et al.*, 2010; *Song et al.*, 2010; *Das et al.*, 2013; *Lechner – Stoner*, 2019).

2.7.1. Betalainok – a cékla színanyagai

A cékla színanyagai a vízoldható, nitrogén-tartalmú *betalainok* csoportjába tartoznak (Lee et al., 2005; Ravichandran et al., 2013; Vulić et al., 2014), melyet több kutatócsoport is tanulmányozott (Escribano et al., 1998; Gandía-Herrero et al., 2005; Kugler et al., 2007; Azeredo, 2009; Azeredo et al., 2009; Francis, 2013). A narancssárga színű vegyületek (*vulgaxantin I*, *vulgaxantin II* és *indicaxantin*) a *betaxantinok* csoportjába sorolhatóak (Chhikara et al., 2019), míg a vörös színű pigmentek (*betanin*, *prebetanin*, *izobetanin* és *neobetanin*) a *betacianinok* közé tartoznak (Kujala et al., 2001; Nemzer et al., 2011).

A cékla színanyagainak bioszintézise (6. ábra) a *tirozin* aminosavból indul ki (Stafford, 1994; Strack et al., 2003; Gandía-Herrero et al., 2005; Hatlestad et al., 2012). Ezt követően a vörös és sárga pigmentcsoport a *L-DOPA* (*L-3,4-dihidroxifenilalanin*) intermedieren keresztül a *betalamsavból* szintetizálódik. A *betalamsav* fontos alkotóeleme a glükóz, ennek nyomán összefüggést figyeltek meg a vegyületcsoportok mennyisége és a cukrok felhalmozódásának mértéke között (Mabry, 1980).

A céklából kinyert betalainokat vizsgálva megállapították, hogy a színanyagoknak jelentős gyulladáscsökkentő hatása van (Baker et al., 2001; Reddy et al., 2005; Lechner et al., 2010; Riciotti – Fitzgerald, 2011; El Gamal et al., 2014; Vidal et al., 2014; Tan et al., 2015), emellett teljesítménynövelő hatásuk is bizonyított (Pryor et al., 2012).



6. ábra: A cékla színanyagainak egyszerűsített bioszintézise (Baranski et al., 2016)

Többen vizsgálták a betalainok hasznosulását a szervezetben, és megállapították, hogy az *in vivo* antioxidáns tulajdonság összefüggésbe hozható a fenolos vegyületek jelenlétével (Frank et al., 2005; Netzel et al., 2005; Tesoriere et al., 2013).

Shannon (1972) megállapította, hogy a cékla színanyag-felhalmozódása a tenyészidő 100. napjáig folyamatos növekedést mutat, azonban a 130. nap után jelentősen csökken (akár 40%-kal). A színanyagok szintézisét jelentősen meghatározza a vegetációs időszak hőmérséklete (Nizioł-Lukaszewska – Gawęda, 2014). Emellett más környezeti tényezők, úgymint a talajtermékenység, öntözés, valamint a betakarítás időpontja is hatással lehetnek a színanyagok felhalmozódására (Lee – Wiley, 1981; Takácsné Hájos et al., 1994).

2.7.2. Fenolos vegyületek - polifenolok

A *polifenolok* olyan szerves vegyületek, melyeket a növény leggyakrabban a sejtek védelmére termel (UV-sugárzás, kór- és kártevők ellen). A cékla jelentős mennyiségben tartalmaz polifenolokat (Váli et al., 2007; Georgiev et al., 2010; Figiel, 2010; Kannan, 2011; Raupp et al., 2011; Straus et al., 2012; Kathiravan et al., 2014).

A cékla közeli rokonáról, a mángoldról (*Beta vulgaris* var. *cicla*) megállapították, hogy fenolos vegyületekben és flavonoidokban igen gazdag (Gennari et al., 2011; Maraie et al., 2014). Ugyanakkor a céklából több fenolos vegyületet kinyertek, amelyek között megtalálható a *fenolsav*, a *flavonoidok*, a *fenolos amidok*, köztük a *betalainok* (színanyagok) is (Nemzer et al., 2011). Fenolos vegyületeket tartalmaz nemcsak a cékla magja és levele, hanem a répatest is (Kujala et al., 2001).

Manach et al. (2005) közlése szerint a *polifenolok* mérséklik a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát azáltal, hogy csökkentik a koleszterin mennyiségét és a vérnyomást, valamint javítják az erek rugalmasságát.

Kutatók a céklában található polifenolokat *antidiabetikus* hatásuk és gyökfogó-képességük miatt tartják igen hasznosnak (Georgiev et al., 2010; Gliszczynska-Świgło et al., 2006).

2.7.3. Flavonoidok

A növényi sejtek a káros UV-sugárzás és a növényi kórokozókkal (gombákkal, baktériumokkal) szemben önvédelmükre *flavonoidokat* termelnek. Ezek az anyagok a humán szervezetben is védelmet biztosíthatnak a kedvezőtlen hatásokkal szemben.

Emellett hozzájárulnak a keringési zavarok mérsékléséhez, segítik a sejtek oxigénellátását, illetve az anyagcsere-folyamatokat. Továbbá, csökkenthetik a kemoterápiás és sugárkezelések okozta mellékhatásokat (*Kapadia – Rao, 2013*).

A *flavonoidok* egyben az élelmiszeripar fontos alapanyagai, mivel ezek a vegyületek teszik lehetővé a színt, az ízt, a vitaminok és az enzimek védelmét, ugyanakkor megakadályozzák a zsírok oxidációját (*Yao et al., 2004*).

A *flavonoidok* a cékla fontos biológiailag aktív fitokémiai vegyületei, melyek között a legfontosabbak a *flavonok*, *flavonolok* és *flaván-3-olok*. A *flavonok* közül a céklában megtalálható az *apigenin* és *luteolin*; a *flavonolok* közül pedig a *quercetin*, *myricetin* és *kaempferol*. Emellett az *epicatechin* és *epicatechingallát* jelenlétét is kimutatták, melyek a *flaván-3-olok* csoportjába tartoznak (*Bhagwat et al., 2014*).

A *flavonoidok* antioxidáns tulajdonságuk révén segítenek megelőzni a tumoros és a szív-érrendszeri betegségek kialakulását a humán szervezetben (*Clifford et al., 2015*). Emellett védő hatásuk is ismert – fekély, allergia, valamint vírusos és bakteriális fertőzésekkel szemben (*Yao et al., 2004*). Epidemiológiai tanulmányok során fordított összefüggést figyeltek meg a *flavonoid*-bevitel és a szívkoszorúér-, valamint a daganatos betegség megjelenése között (*Kannan, 2011*).

2.7.4. Egyéb bioaktív anyagok

A céklában nagy mennyiségű *folsavat* (B₉-vitamin vagy *folát*) mértek mind a nyers, mind pedig a feldolgozott répatestben (*Delchier et al., 2016*). Kutatások bizonyították, hogy a folsavnak kulcsfontosságú szerepe van a *noradrenalin*, illetve a *szertonin*-hormon működésében, így a folsav hiánya nyugtalanságot és emlékezetkiesést, míg jelentős mértékű hiánya akár vérzékenységet is okozhat (*Chew et al., 2012; Walker et al., 2012*). Emellett köztudott, hogy a *folsav* nélkülözhetetlen a magzat gerincvelőjének egészséges fejlődéséhez (*Ashfield-Watt et al., 2002*). A napi *folsav* szükséglet akár 150-200 g cékla fogyasztásával biztosítható (*Hoppner et al., 1972*).

A cékla *élelmi* (diétás) *rostokat* is tartalmaz, melyek között a legfontosabb összetevők a *cellulóz*, *hemicellulóz*, *pektin*, *lignin*, illetve a *gumi* (*Dworschák, 1985*). Jelentőségük a szervezet metabolizmusának megfelelő működésének elősegítésében áll, valamint védik a bélnyálkahártyát az epesavakkal és káros anyagokkal szemben (*Dhingra et al., 2012*).

A cékla kisebb mennyiségben *karotinoidokat* és *aszorbinsavat* is tartalmaz, ami tovább növeli a teljes antioxidáns-kapacitást (Wootton-Beard – Ryan, 2011; Clifford et al., 2015).

A cékla (főként az idősebb levelekben) kismértékben tartalmaz *oxalátokat* (Ugrinović et al., 2012), melyek mennyisége forralással jelentős mértékben csökkenthető.

A cékla *nitrátot* is tartalmaz, amely mérsékelt mennyiségben fontos szerepet játszik az emberi szervezet működésében. A nitrát önmagában nem toxikus, de kedvezőtlen tárolás (levegőtlenység) hatására nitritté alakul. Az élelmiszerekben lévő nagy nitrit-tartalom veszélye, hogy a szekunder aminokkal *nitrozaminokat* képeznek, melyek karcinogén hatását bizonyították (Neelwarne, 2013). Emellett köztudott a *methemoglobinémia* megbetegedés kockázata, mely főként csecsemőket veszélyeztet, akik szervezetében még nem fejlődött ki a nitrát lebontó enzim. A céklalé tejsavas erjesztésével azonban a nitrát-koncentráció jelentősen csökkenthető (Ninfali – Angelino, 2013).

A répatetek elemösszetételét vizsgálva többen megállapították, hogy közvetlen a héjrész alatt nagyobb dúsulás figyelhető meg, mint a répatest belső részében (Takácsné Hájos et al., 2000; Csikkel-Szolnoki et al., 2002; Kujala et al., 2002). Ezáltal feldolgozásnál célszerű minél vékonyabb részt eltávolítani, míg konyhai előkészítésnél egészben megfőzni, majd a külső vékony réteget leválasztani.

2.8. A feldolgozóipari nyersanyag minőségét befolyásoló tényezők

A cékla minőségét a belső színintenzitás és a fehérgyűrű-mentesség mellett a vízdoldható szárazanyag-tartalom határozza meg elsősorban. A vörös *betanin* egy több komponensből álló csoport fő összetevője, mely fajtánként eltérő arányban fordul elő (Sapers – Hornstein, 1979), ezzel meghatározva a színanyagnak az összetételét és annak hőstabilitását. A betacianinok 75-95%-át a *betanin* adja (Gliszczyńska-Świgło et al., 2006; Chhikara et al., 2019). A *betanin* enyhén savas közegben (pH 5,5-6) éri el legnagyobb stabilitását, azonban ettől kisebb (pH 3-4), illetve nagyobb értéknél (pH 9) jelentős a vörös színanyag átalakulása sárga vulgaxantinná (Shih – Wiley, 1982). A *betanin* stabilitását a pH mellett több tényező is meghatározza, ilyen a hőmérséklet (Saguy, 1979; Sánchez-Chávez et al., 2015), oxigén, fény, fémionok (Herbach et al., 2004), és az oxidációt elősegítő enzimek (Shih – Wiley, 1982). A feldolgozásnál fontos számításba venni, hogy a *betacianinok* igen érzékenyek a magas hőmérsékletre (von Elbe et al.,

1974), így például 100 °C-on mintegy 70%-os színanyaglebomlás is bekövetkezhet 10 perc alatt. Az olyan szerves savak, mint a citromsav vagy az aszkorbinsav (C-vitamin) segítenek a színyanyagok megtartásában (*Pasch – von Elbe, 1979; Takácsné Hájos – Gyuris, 1994; Delgado-Vargas et al., 2000; Moreno et al., 2007; Durge et al., 2013a; Durge et al., 2013b*). *Attoe – von Elbe (1981)* fordított irányú kapcsolatot figyeltek meg a betalainok stabilitása és a fényintenzitás között, vagyis minél nagyobb fényintenzitás éri a terméket, annál nagyobb a festékanyagok bomlásának intenzitása.

A talajlakó gombafajok (*Actinomycetes*) spórái *geozmint (tranz-1,10-dimethyl-tranz-9-decalol)* termelnek, ami a cékla nemkívánatos földes ízét okozza. Ennek megjelenése és intenzitása a fajta, talajtípus, feldolgozási és tárolási mód függvényében változik (*Lu et al., 2003; Liato-Aïder, 2017*).

2.9. A cékla egészségmegőrzésben betöltött szerepe

Már az ókori rómaiak is használták a cékla levelének főzetét, melyet lázcsillapító, illetve hashajtó hatásáért kedveltek. A görög legendák szerint Aphrodité szépségmegőrzés céljából rendszeresen fogyasztotta, Hippokratész pedig a leveleket sebkötözésre tartotta alkalmasnak. A középkorban emésztési és vérképzési problémák esetén alkalmazták (*Nottingham, 2004; Bryan – Pierini, 2013*).

Az utóbbi évtizedekben rendkívül megnőtt az érdeklődés a cékla iránt, többek között a 2012-ben megrendezett olimpia után, ahol a versenyzők egy csoportja jelentős teljesítőképesség-növelést ért el tudatos céklafogyasztással (*Bryan – Pierini, 2013*). Erre mutat rá számos tudományos kísérlet, amely alátámasztja a céklalé pozitív hatásait a sportteljesítményre (*Ormsbee et al., 2013*) azáltal, hogy növeli a teljesítőképességet és annak idejét (*Bailey et al., 2009, 2010; Vanhatalo et al., 2010; Lansley et al., 2011a, 2011b; Murphy et al., 2012; Cermak et al., 2012*).

A cékla vörös színét adó *betacyanin* antioxidáns hatással bír (*Tesoriere et al., 2004, 2008; Pavlov et al., 2005; Lu et al., 2009; Ryan – Prescott, 2010; Pitalua et al., 2010; Krajka-Kuźniak et al., 2012, 2013; Szaefer et al., 2014; Esatbeyoglu et al., 2014*), továbbá csökkenti a szívinfarktusz és stroke kockázatát azáltal, hogy redukálja az LDL-koleszterol szintet (*Presley et al., 2011; Clifford et al., 2015*).

Kutatások bizonyították, hogy a céklatermékek fogyasztása jelentős mértékben csökkenti a vérnyomást (*Webb et al., 2008; Bailey et al., 2009; Hobbs et al., 2012, 2013*;

Jajja et al., 2014), melyet a véráramba kerülő nitrogén-monoxid gáz felszabadulásának tulajdonítanak (Kapil et al., 2010; Vanhatalo et al., 2010).

Észak-amerikai kutatók megfigyelték, hogy a céklában lévő mérsékelt *nitrát*-tartalom lassíthatja a *demencia* előrehaladását, valamint szerepe lehet az *Alzheimer*-kór megelőzésében a folsavval együtt (Presley et al., 2011; Bond et al., 2013), ami a cukorbetegségben (2-es típusú) szenvedők nagy részét érintheti (Wootton-Beard et al., 2011a; Gilchrist et al., 2014). A céklában lévő mérsékelt természetes *nitrát*-tartalomnak kutatók antioxidáns kapacitást tulajdonítanak (Wink et al., 2001, 2011; Lundberg et al., 2011), mely csökkentheti a szív- és érrendszeri betegségek előfordulását (Frombaum et al., 2012; Joris – Mensink, 2013).

Fontos szem előtt tartani a céklalé pozitív hatásaival kapcsolatban, hogy igen sok területen hatékony, mivel rendkívül aktív *antioxidánsokat* és fenolos vegyületeket tartalmaz (Vinson et al., 1998; Kähkönen et al., 1999; Miller et al., 2000).

A nagymértékű *antioxidáns*-tartalma segít megvédeni a sejtet, megelőzni a DNS-károsodást (Schinella et al., 2002), valamint eltávolítja a káros és az öregedést elősegítő szabadgyököket (Winkler et al., 2005; Gliszczyńska-Świgło et al., 2006; Kujawska et al., 2009; Pietrzkowski et al., 2010; Wootton-Beard et al., 2011b).

2.10. A cékla felhasználásának lehetőségei

Jelenleg a leggyakoribb feldolgozási formák a konzervgyártás, légyártás és a céklapor előállítás. Ez utóbbi feldolgozás biztosít természetes alapanyagot (E162 jelzéssel) az élelmiszeriparnak, a gyógyszeriparnak (táplálék-kiegészítő termékek) és a kozmetikai iparnak. Hazánkban legnagyobb mennyiségben konzerválásra kerül az ősszel betakarított cékla, azonban mára megnőtt az igény a légyártásra, a szárítmány-előállításra (chips), valamint a friss cékla fogyasztására is.

Külföldön a céklából készült termékek választéka jóval szélesebb, ehhez a termesztés volumene is jelentősebb mértékű. A megtermelt céklából csomózott frisspiaci áru (Egyesült Királyság) vagy feldolgozott termék lesz, úgymint előfőzött, vákuumcsomagolt cékla, bébicékla-konzerv vagy tejsavas erjesztett pektindús céklalé (Lengyelország). Emellett kedvelt levesalapanyag (Ukrajna), ugyanakkor sütve és párolva is fogyasztják (Egyesült Államok). A céklával színezett ételek listája igen hosszú, többek között jégkrémek, joghurtok, édességek, paradicsomszószok és lekvárok színét javítja, valamint pácolt húsok természetes fedőfestékeként szolgál.

A mesterszakácsok kedvelt zöldsége a cékla (7. ábra), melyből a tradicionális ételeken túlmenően számos új receptnek lett az alapanyaga, mivel könnyen kombinálható más hozzávalókkal. Az indiai konyhában többek között cékla csatni (chutney) készül belőle, de amatőr borászok és cukrászok is igen kedvelik (Nottingham, 2004).

A répatest mellett a céklának a levele is kiváló ásványianyag-forrás, így számos országban termesztik leveléért (pl. Olaszország, USA), melyet saláta-mixek készítéséhez használnak.



7. ábra: Céklából készült természetes energital és desszert

(Forrás: Pinterest, 2019)

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek helye, ideje és a vizsgált genotípusok

A szabadföldi kísérleteket a Debreceni Egyetem, AKIT-DTTI Arborétum-Bemutatókertjében végeztük 2015 és 2017 között különböző cékla genotípusokkal (1. táblázat). Mészlepedéses csernozjom talajon 9 fajtát (6 gömbölyű és 3 hengeres), 3 hibridet (8. ábra) és egy különleges genotípust (tájfajtát) vizsgáltunk (9. ábra).

2015-ben 6 fajta vizsgálatával indult a kísérlet, majd 2016-ban újabb genotípusokat vontunk be a kísérletbe. Ez a kísérlet második éve volt, ami után megállapítottuk, hogy vannak nem perspektivikus genotípusok, amelyek a következő évben már nem kerültek elvetésre. Ennek nyomán 2017-ben 10 genotípust értékeltünk.

A kísérletet három ismétléses véletlen (randomizált) blokk elrendezéssel állítottuk be, az állományokról készült felvételeket az *1. sz. melléklet* tartalmazza.

1. táblázat: A kísérletben vizsgált cékla genotípusok (Debrecen, 2015-2017)

Fajta/hibrid	Nemesítő/ Forgalmazó	Szár- mazás	Répatest típus	2015	2016	2017
1 <i>Bonel</i>	Nickerson Zwaan	NL	gömbölyű	X	X	X
2 <i>Libero</i>	Rijk Zwaan	NL	gömbölyű	X	X	X
3 <i>Cylindra</i>	Rédei Kertimag Zrt.	HU	hengeres	X	X	X
4 <i>Rubin</i>	ZKI Zrt.	HU	gömbölyű	X	X	–
5 <i>Detroit 2</i>	Rédei Kertimag Zrt.	HU	gömbölyű	X	X	–
6 <i>Chioggia</i>	ZKI Zrt.	HU	gömbölyű	X	X	–
7 <i>Larka</i>	Rijk Zwaan	NL	gömbölyű	–	X	X
8 <i>Akela</i>	Rijk Zwaan	NL	gömbölyű	–	X	X
9 <i>Belushi F₁</i>	Rijk Zwaan	NL	gömbölyű	–	X	X
10 <i>Zeppo F₁</i>	Rijk Zwaan	NL	gömbölyű	–	X	X
11 <i>Camaro F₁</i>	Vilmorin	FR	gömbölyű	–	X	X
12 <i>Carillon</i>	Rijk Zwaan	NL	hengeres	–	X	X
13 <i>Lomako</i>	Rijk Zwaan	NL	hengeres	–	X	X



8. ábra: A kísérletben vizsgált 12 hagyományos vörös cékla genotípus

(Fotó: Rubóczki, 2016)



9. ábra: A *Chioggia* fehér-pirosas színe miatt fajtakülönlegesség
(Fotó: *Rubóczki*, 2016; Forrás: I2)

3.2. A kísérletben vizsgált genotípusok jellemzése

Bonel

Gyorsan fejlődő, feldolgozásnak jól ellenálló, korai fajta. A gömbölyű répatetek fehérgyűrűktől mentesek, édes íz jellemzi. Felálló levélzet jellemzi, amely megkönnyíti az egyelés és a betakarítás műveletét (*Nottingham*, 2004). Frisspiaci értékesítésre, tárolásra és ipari felhasználásra is egyaránt alkalmas.

Libero

Korai és másodtermesztésben is jól termeszthető, feldolgozásnak ellenálló, holland fajta. Gömbölyű, egyöntetű répatesteket fejleszt. Intenzív belső színe van, fehérgyűrűsségre nem hajlamos (*Nottingham*, 2004).

Cylindra

A répatest félhosszú, hengeres típusú, sima felületű, aminek a színe sötétvörös. Korai- és másodtermesztésre egyaránt alkalmas, dán fajta. Feldolgozásra, illetve tárolásra is ajánlott (*Nottingham*, 2004).

Rubin

Középhosszú tenyészidejű (90-110 nap) magyar fajta. Fő- és másodtermesztésben is alkalmazható genotípus. A répatest szabályos gömb alakú, egyöntetű vörös belső szín jellemzi. Konzervipari feldolgozásra, illetve színanyag-előállításra egyaránt alkalmas (I3).

Detroit 2

Középnagy répatestű gömbölyű, lilásvörös színű, amerikai nemesítésű fajta. Levélzete kicsi, pirosas színezetű, amely jól ellenáll a *Cercospora* gombának. Rövid tenyészidejű, fő- és másodvetésben egyaránt termesztethető, valamint jól tárolható fajta (Nottingham, 2004).

Chioggia

Olasz tájfajta, melynek gömbölyű répatestű fehér és rózsaszín-vörös koncentrikus gyűrűkből áll. Ma már felmagzásra ellenálló változatai vannak. Főként érdekes színéért termesztik, az ízét nem mindenki kedveli. Felhasználása: elsősorban friss fogyasztásra és salátákhoz (Nottingham, 2004).

Larka

Középkorai, megbízható minőségű céklafajta. Erőteljes növekedésű, ezért friss piacra ajánlott elsősorban, de másodtermesztésben is jól termesztethető. Gömbölyű, egyöntetű belső színnel rendelkező fajta. Felmagzásnak ellenálló, jó alkalmazkodó-képességű (I4).

Akela

Gömbölyű répatestű, holland fajta, aminek felálló erős levélzete a betegségeknek jól ellenáll. Tenyészideje rövid, így másodtermesztésben is sikeresen termesztethető. A répatest sima felszínű, mély bordó színű, gyűrűzöttségtől mentes, beltartalmi értékei miatt feldolgozásra és tárolásra is kiváló (I5).

Belushi F₁

Ipari felhasználásra és friss piaci értékesítésre is kiválóan alkalmas hibrid, ami 95 nap után betakarítható. Gömbölyű répatest (6-9 cm) jellemzi, mely sima felületű. Erős levélzete, kiváló cukor- és színanyag-tartalma teszi még értékesebbé (I6).

Zeppo F₁

Leginkább kora tavaszi vetéshez ajánlott, multigerminált fajta, de másodtermesztésben is alkalmazható. A *Libero*-nál gyorsabb növekedésű, gömbölyű formájú uniform répatesteket fejleszt, ami intenzív belső színnel rendelkezik (I7).

Camaro F₁

Mélyvörös, sima felületű, vékony héjú, mintegy 6-8 cm átmérőjű, kerek répatest jellemzi, mivel hibrid. Korai genotípus, ami jól tárolható. A kalibrált vetőmag lehetővé teszi a könnyű termesztetőséget (I8).

Carillon

Hengeres répatest alak és felálló lomboszat jellemzi. A répatest felszíne sima, könnyen hámozható és szeletelhető. Felmagzásnak ellenálló, korai fajta (*Nottingham*, 2004).

Lomako

Hengeres répatestű (>20 cm) fajta, kisebb átmérőjű szeletek készítéséhez a feldolgozóipar számára ajánlott (I9). Nagy cukor-tartalom mellett elfogadható a nitrát-tartalma (I10).

3.3. A kísérleti terület talajtani jellemzői

A talaj típusát tekintve a kísérlet mészlepedékes csernozjom talajon történt, más-más parcellában, melynek a különböző években végzett vizsgálati eredményeit a 2. táblázat mutatja be. A talajvizsgálatokat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Agrárműszerközpontjában végezték, amely akkreditált laboratórium nemzeti (NAT) és nemzetközi (GAFTA) rendszerben egyaránt.

A vizsgált talaj pH_{KCL} értéke (6,83-7,22) alapján semleges kémhatású, ami kedvező a zöldségtermesztés számára. A kísérleti talaj Arany-féle kötöttségi száma (K_A) 36-39 közötti. Ez vályog talajféleségre utal, ami kedvező a cékla termesztésére. A talajban lévő, vízben oldható sók összegét nevezzük a talaj összes só-tartalmának. Kis só-tartalmúnak nevezzük a talajt, ha a sók mennyisége kevesebb, mint 0,05%, ami esetünkben teljesül (0,04%).

2. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálatainak eredményei (Debrecen, 2015-2017)

Vizsgált paraméter	2015	2016	2017	Átlag
<i>pH (KCl)</i>	7,22	6,83	7,05	7,03
<i>Arany-féle kötöttség K_A</i>	39	38	36	38
<i>Vízoldható összes só (%)</i>	0,04	0,04	0,04	0,04
<i>CaCO₃ (%)</i>	1,05	0,99	1,59	1,21
<i>Szerves szén humuszban kifejezve (%)</i>	3,05	2,91	2,58	2,85
<i>AL-oldható P₂O₅ (mg/kg)</i>	460	451	392	434
<i>AL-oldható K₂O (mg/kg)</i>	288	310	356	318
<i>KCl-oldható NO³⁻ + NO²⁻ - N (mg/kg)</i>	5,06	3,16	7,70	5,30

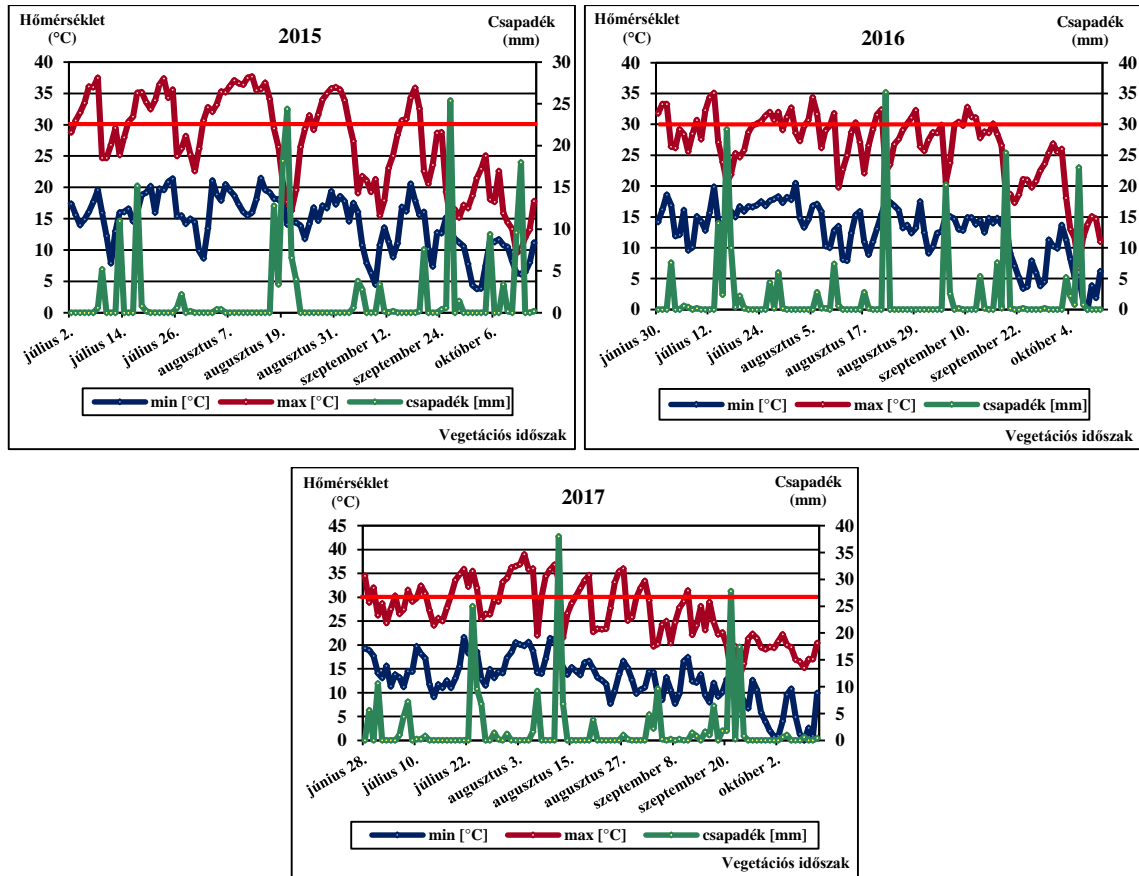
A talaj mésztartalmát jellemző CaCO₃ értéke átlagosan 1,21%, ami a gyengén meszes kategóriába sorolható. A humusz-ellátottságot minden esetben a talaj fizikai összetételét és genetikai típusát figyelembe véve kell megítélni. A talajvizsgálat során erre kapott értékek (2,58-3,05%) csernozjom talaj esetén a jó kategóriába tartoznak nitrogén-ellátottság szempontjából. Az AL-oldható foszforértékek (>392 mg/kg) és káliumértékek (>288 mg/kg) alapján jó a talaj tápelem-ellátottsága. A kísérleti terület talajának vizsgált pH értéke, összes só-tartalma, humusztartalma és természetes tápanyag-ellátottsága alapján elmondható, hogy kiválóan alkalmas céklatermesztésre.

3.4. A kísérleti terület éghajlati jellemzői

A tenyészidőszakban (2015-2017) lehullott természetes csapadék mennyisége, valamint a minimum és maximum hőmérsékleti értékek a vizsgált területen a 10. ábrán láthatóak. Az adatokat a Debreceni Egyetem AKIT DTTI Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központja bocsátotta rendelkezésünkre.

Megállapítható, hogy 2015-ben rendkívül meleg, száraz nyár volt, a maximum hőmérséklet többször (összesen 44 nap) is elérte vagy meghaladta a 30 °C-ot. Ezt követte

augusztus hónapban egy nagyobb lehülés (16,3 °C napi maximum), amikor a természetes csapadék mennyisége elérte a 24 mm-t, amely azonban nem volt elegendő szeptember végéig, így igény szerint heti 2-3 alkalommal kiegészítő öntözést alkalmaztunk 30 mm-es vízáradagokkal.



10. ábra: A napi minimum és maximum hőmérséklet (°C), valamint a természetes csapadék mennyisége a tenyészidőszak folyamán (Debrecen, 2015, 2016 és 2017) (Forrás: DE AKIT DTTI Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ)

A 2016. és 2017. évet kiegyenlítettebb hőmérsékletű nyár jellemezte, több volt a természetes csapadék mennyisége az előző évhez (2015) képest, valamint ezekben az években, október hónap elején a minimum hőmérséklet lecsökkent 0 °C-ra.

2016-ban a tenyészidőszak folyamán 31 nap volt 30 °C a maximum hőmérséklet, ebből 1 nap érte el a 35 °C-ot, míg 2017-ben 12 nap volt 35 °C felett a hőmérséklet. A cékla hidegtűrő növény (16-19 °C), így a tartósan 30 °C feletti hőmérséklet kedvezőtlenül hat a répatest fejlődésére (Niziol-Lukaszewska – Gawęda, 2014).

Ennek nyomán megállapítható, hogy a három év közül a 2015-ös év volt kevésbé kedvező a cékla termesztéséhez.

3.5. A kísérlet körülményei

A kísérlet első évében a vetésre 2015. július 2-án került sor. 2016-ban június 30-án, míg 2017-ben június 28-án történt a kísérlet beállítása. Ezek elrendezését a különböző években a 11-13. ábrák mutatják be, ahol az arab számok a genotípust jelölik az 1. táblázatban közöltek szerint.

A parcellaméret mindhárom évben 5 m x 0,4 m volt, ahol a fajták/hibridek randomizált véletlen blokk elrendezésben kerültek elvetésre, 3 ismétlésben, 1-1 szegélysorral.

A terület kiválasztásánál tekintettel voltunk az előző kultúrára, a talaj alkalmasságára, valamint a céklatermesztéshez szükséges egyéb feltételek meglétére. A megfelelő talaj-előkészítés után (talajfertőtlenítés *Artis* mikrobiológiai készítménnyel 7 g/10 liter dózisban) a csávázott vetőmagokat 2-3 cm mélyre és 35 cm sortávolságra vetettük. A tenyészidő folyamán a fajra jellemző ápolási és gyomirtási munkákat végeztük el.

A töszámbeállítás (egyelés) 2-4 lombleveles állapotban történt 5-7 cm-es tőtávolságot biztosítva. Növényvédelmet tekintve az állomány gombabetegségei, valamint répabolha és levéltetvek elleni megelőző és okszerű permetezésben részesült mindhárom évben. Ehhez kártevők ellen *Actara* (*tiametoxam* hatóanyag) 2 ml/10 liter dózist, míg a gombabetegségek ellen *Cuproxat* (*tribázikus réz-szulfát* hatóanyag) 40 ml/10 liter dózist alkalmaztunk.

A betakarítás és mintavétel 2015. október 15-én, valamint 2016-ban és 2017-ben október 11-én történt.

A 2015. évi kísérletben 6 fajtát értékeltünk. A laboratóriumi méréseknél 5 fajta mintáit vizsgáltuk, mivel a *Bonel* fajta esetében csak a morfológiai vizsgálatok elvégzésére volt lehetőség. A kapott eredményeket figyelembe véve csak a perspektivikus fajtákat vizsgáltuk tovább a következő évben újabb genotípusok bevonásával. Ennek nyomán a 2016. évi kísérletben 10 fajtát és 3 hibridet értékeltük, míg 2017-ben 10 genotípus értékelése történt.

SZ	III/6.	III/4.	III/2.	III/5.	III/3.	III/1.	SZ
ÚT							
SZ	II/4.	II/5.	II/6.	II/2.	II/1.	II/3.	SZ
ÚT							
SZ	I/1.	I/2.	I/3.	I/4.	I/5.	I/6.	SZ

11. ábra: A kísérlet vetésterve (Debrecen, 2015)

SZ	III/4.	III/11.	III/8.	III/7.	III/10.	III/12.	III/5.	III/3.	III/13.	III/1.	III/6.	III/9.	III/2.	SZ
ÚT														
SZ	II/9.	II/6.	II/7.	II/5.	II/8.	II/13.	II/4.	II/1.	II/10.	II/2.	II/12.	II/3.	II/11.	SZ
ÚT														
SZ	I/1.	I/2.	I/3.	I/4.	I/5.	I/6.	I/7.	I/8.	I/9.	I/10.	I/11.	I/12.	I/13.	SZ

12. ábra: A kísérlet vetésterve (Debrecen, 2016)

SZ	III/8.	III/9.	III/1.	III/7.	III/11.	III/3.	III/10.	III/13.	III/2.	III/12.	SZ
ÚT											
SZ	II/12.	II/8.	II/10.	II/1.	II/13.	II/11.	II/3.	II/7.	II/9.	II/2.	SZ
ÚT											
SZ	I/1.	I/2.	I/3.	I/8.	I/9.	I/12.	I/7.	I/10.	I/11.	I/13.	SZ

13. ábra: A kísérlet vetésterve (Debrecen, 2017)

(SZ=szegély, I-III=ismétlések száma, 1-13=cékla genotípusok)

3.6. A morfológiai és érzékszervi vizsgálatok

Az állomány felszámolását követően minden esetben megtisztítottuk a répatesteket a szennyeződésektől, majd az alábbi **morfológiai paraméterek** vizsgálatát végeztük el:

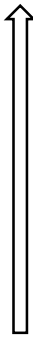




- levélhosszúság (cm)
- levéltömeg (g)
- répatest tömege (g)
- répatest hossza (cm)
- répatest átmérője (cm)

Az **érzékszervi bírálat** alkalmanként 5-6 fő, többnyire 20 és 50 év közötti nők részvételével történt, mely során az alábbi tulajdonságokat értékeltük (3. táblázat):

- belsőszín intenzitása* (1 – piros ... 5 – mély bordó)
- fehérgyűrűség mértéke* (1 – fehérgyűrűs ... 3 – egyöntetű belső szín)
- íz (1 – erősen földes íz, kesernyés utóíz ... 5 – édes, földes íztől mentes)

* A Chioggia fajta értékelésénél ezek a paraméterek nem szerepelnek a genetikailag kódolt fokozott fehérgyűrűsége miatt.

3. táblázat: Az érzékszervi vizsgálat paraméterei (Takács-Hájos – Rubóczki, 2012)

Érzékszervi vizsgálat	Belsőszín (1-5)	Fehérgyűrűség (1-3)	Íz (1-5)
Pontérték (bonitált érték)*	5 – mély bordó  1 – piros	3 – egyöntetű belső szín    1 – fehérgyűrűs	5 – édes, földes íztől mentes  1 – erősen földes íz, kesernyés utóíz

*Bonitált érték: A nagyobb számérték jelöl kedvezőbb minőséget.

3.7. A laboratóriumi mérések

Az analitikai mérések a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Agrárműszerközpontjában kerültek elvégzésre.

Vizsgált beltartalmi mutatók:

- Összes szárazanyag-tartalom (%)
- Vízoldható szárazanyag-tartalom (Brix%)
- Színanyag-tartalom (mg/100 g)
- Összpolifenol-tartalom (mg GAE/100 g)
- Flavonoid-tartalom (mg CE/100 g)
- Nitrát-tartalom – NO₃-N (mg/kg)

Összes szárazanyag-tartalom (%) meghatározása

Az összes szárazanyag-tartalom meghatározása az MSZ-08-1783-1:1983-as szabvány 2. fejezete szerint történt 105 °C-on történő szárítással tömegállandóságig.

Vízoldható szárazanyag-tartalom (Brix%) meghatározása

A vízoldható szárazanyag-tartalom detektálásához kézi digitális refraktométert (PAL-1, Atago, Japán) használtunk.

Színanyag-tartalom (mg/100 g) meghatározása

A színanyag meghatározást *Nilsson* (1970) módszere alapján végeztük. Ehhez Lambda 25 UV/Vis típusú (PerkinElmer, USA) spektrofotométert használtunk, ahol a sárga pigmentek megállapításához $\lambda=476$ nm-en, a vörös színanyag mennyiségéhez pedig $\lambda=538$ nm-en történt a mérés, valamint $\lambda=600$ nm-es hullámhosszon korrekciós mérést végeztünk. A leolvasott extinkciós értékekből a színanyag-tartalmat mg/100 g friss anyagra vonatkoztatva adtuk meg.

Összpolifenol-tartalom (mg GAE/100 g) meghatározása

Az összes polifenol-tartalom mennyisége ($\lambda=760$ nm) a *Meda et al.* (2005) által leírt kolorimetrikus módszer alapján, *Folin-Ciocalteu* reagens alkalmazásával került meghatározásra spektrofotométer (Lambda 25 UV/Vis, PerkinElmer, USA) segítségével. Az eredményeket mg galluszsav egyenértékre (GAE) vonatkoztatva 100 g friss tömegben adtuk meg.

Flavonoid-tartalom (mg CE/100 g) meghatározása

A flavonoid-tartalom mennyiségének meghatározása kolorimetrikus módszerrel (*Kim et al.*, 2003) történt, spektrofotométer készülékkel (Lambda 25 UV/Vis, PerkinElmer, USA). A leolvasott extinkciós értékeket ($\lambda=510$ nm) mg katechin (CE) egyenértékre vonatkoztatva 100 g friss tömegre adtuk meg.

Nitrát-tartalom – NO_3-N (mg/kg) meghatározása

A cékla minták nitrát-tartalmának meghatározására folyadékáramlásos (CONTIFLOW) módszert alkalmaztunk (FIAstar 5000 Analyzer, Foss, Dánia), amely során a nitritionok vöröses-bíbor azoszínezékké alakulnak. A színezék színintenzitása spektrometriás méréssel $\lambda=520$ és $\lambda=540$ nm hullámhossz értékek közé eső abszorpciós maximumon került meghatározásra (*Abrankó et al.*, 2011) az MSZ EN 12014-7:1999 szabvány 6. fejezete szerint. A nitrát-ionban kifejezett nitrát-tartalmat mg/kg friss tömegben tüntettük fel.

3.8. Adatok statisztikai feldolgozása

Az adatok rendszerezéséhez, csoportosításához, valamint a statisztikai értékeléséhez Microsoft Excel 2013 programot használtunk, melyben ANOVA egytényezős variancia-analízist, majd Duncan-tesztet (XLSTAT, 2019) és $SzD_{5\%}$ számítást végeztünk (*Huzsvai*, 2012; *Berzsenyi*, 2015).

Pearson-féle korrelációs mátrix segítségével határoztuk meg a különböző paraméterek közötti összefüggéseket $p=0,05$ szinten.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK

4.1. Gazdasági értékmérő tulajdonságok értékelése

4.1.1. Morfológiai tulajdonságok

A cékla minőségét a morfológiai tulajdonságok, úgymint a levél vagy a répatest alakja és tömege, jelentős mértékben meghatározzák. A vizsgált genotípusok legtöbbje gömbölyű típus volt, kivétel a *Cylindra*, *Carillon* és *Lomako* fajtákat, amelyeknél a répatest hosszúsága nagyobb, mint a szélessége.

Az élelmiszeripar számára a hengeres répatestformák kedvezőbbek szeletelt készítmények alapanyagának, ugyanis kevesebb a feldolgozási veszteség, míg a gömbölyű típus kockázott céklaételek előállítására kiváló. A friss fogyasztásra szánt cékla termesztéséhez elsősorban a gyors növekedésű, kisebb lombozatú, gömbölyded vagy enyhén lapított répatestű fajták a kedvezőbbek.

A morfológiai paraméterek vizsgálata során meghatároztuk a levéltömeget és levélhosszúságot, továbbá a répatestek tömegét, hosszát és átmérőjét, amely hányadosából alakindexet számoltunk (hossz/átmérő).

A levélzet vizsgálata – a levélhossz alakulása

A cékla répatestének, azaz a gazdasági értelemben vett termésnek a kialakításában meghatározó szerepe van a levélzet aktivitásának. Elsősorban a kisebb lombozatú, intenzív répatest vastagodású genotípusok a perspektivikusak, amelyeknél az asszimiláta felhalmozódása, illetve eloszlása kedvezőbb. A kísérletben alkalmazott genotípusok levélhossz értékeit a 4. táblázat mutatja be.

A 2015-re jellemző száraz, meleg nyár, illetve az augusztusi hirtelen lehűlés egy szélsőségesebb évjáratra utal, ami valószínűleg kevésbé volt kedvező a cékla genotípusok fejlődéséhez. Ez a levélhossz alakulásánál is megfigyelhető, ugyanis a 2015-ben és 2016-ban is vizsgált fajták értékei 2015-ben minden esetben nagyobbak voltak, átlagosan kb. 4-8 cm-rel.

Megfigyelhető, hogy az első évben a *Bonel* fajta tűnt ki kedvezőbb értékeivel (39,00±3,61 cm), míg a fajtakülönlegességnek számító *Chioggia* levélhossza szignifikánsan nagyobb (58,40±3,21 cm) volt a többi genotípushoz képest.

4. táblázat: A levélhossz alakulása a vizsgált genotípusok és az évek függvényében
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Levélhossz (cm/tő)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	39,00±3,61 ^c	35,40±2,61 ^{bcd}	44,20±3,56 ^{ab}	39,53
<i>Libero</i>	43,60±4,77 ^{bc}	36,80±1,30 ^{bcd}	40,00±2,55 ^{bc}	39,80
<i>Cylindra*</i>	41,60±4,04 ^c	37,00±2,12 ^{bcd}	37,40±3,65 ^c	38,67
<i>Rubin</i>	47,40±2,97 ^b	38,20±3,35 ^{bc}	–	42,80
<i>Detroit 2</i>	47,20±3,83 ^b	36,80±3,11 ^{bcd}	–	42,00
<i>Chioggia</i>	58,40±3,21 ^a	43,60±4,28 ^a	–	51,00
<i>Larka</i>	–	32,60±3,13 ^{de}	41,60±3,51 ^{bc}	37,10
<i>Akela</i>	–	38,20±3,83 ^{bc}	39,70±2,91 ^{bc}	38,95
<i>Belushi F₁</i>	–	35,60±3,21 ^{bcd}	46,40±2,19 ^a	41,00
<i>Zeppo F₁</i>	–	33,80±3,19 ^{cde}	42,00±2,35 ^{bc}	37,90
<i>Camaro F₁</i>	–	39,40±3,36 ^b	46,60±3,65 ^a	43,00
<i>Carillon*</i>	–	36,60±3,21 ^{bcd}	39,20±3,63 ^c	37,90
<i>Lomako*</i>	–	29,80±3,11 ^e	38,40±3,36 ^c	34,10
Genotípusok átlagában	46,03±7,26	36,45±4,31	41,55±4,24	
SzD_{5%}	2,02	1,11	1,29	

* hengeres réptestű genotípus

A 2016-ban végzett kísérletben a levélhossz a vizsgált genotípusok függvényében 29,80 cm és 43,60 cm között változott, míg 2017-ben ezek az értékek 37,40 cm és 46,60 cm között voltak. Az évek átlagát tekintve a *Lomako* genotípus levélhossza (34,10 cm) bizonyult a legkisebbnek, legnagyobb értéket pedig a *Chioggia* fajtánál (51,00 cm) mértünk. Ugyanezen fajtánál az évek közötti eltérés jelentős volt, mintegy 15 cm-rel volt nagyobb a levélhossz 2015-ben a 2016-os évhez képest, ami a fajta érzékenységére utal a szélsőséges klimatikus viszonyokkal szemben.

Takácsné Hájos et al. (1994, 1997) homoktalajon 27,10-30,20 cm közötti levélhosszúságot mértek *Rubin* fajtánál. Kísérletünkben, feltehetően a száraz, meleg nyár (tartósan 25 °C feletti hőmérséklet) miatti fokozott vízellátás következtében, nagyobb leveleket fejlesztett a növény (42,80 cm az évek átlagában).

A *Libero*, a *Detroit 2* és a *Cylindra* genotípusoknál hasonló (30-50 cm közötti) értékeket állapítottunk meg azonos körülmények között (*Rubóczki – Takácsné Hájos, 2017*).

A levéltömeg alakulása

A levéltömeg genetikailag meghatározott tulajdonság az adott fajtánál, amely következetes nemesítői munka eredménye. A termesztésben a kis lombozatú, intenzív répatest-fejlődésű fajták a kedveltek. A levéltömeg vizsgálata során fajtánként mértük az egy répatesthez tartozó összes levelet (*5. táblázat*).

5. táblázat: A levéltömeg alakulása a genotípus és az év függvényében

(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Levéltömeg (g/tő)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	100,40±17,53 ^b	49,00±12,14 ^{cd}	94,00±12,55 ^a	81,13
<i>Libero</i>	91,20±17,20 ^b	50,80±7,36 ^{cd}	64,40±14,08 ^{bc}	68,80
<i>Cylindra</i> *	94,60±14,93 ^b	55,80±10,55 ^{cd}	60,80±13,72 ^c	70,40
<i>Rubin</i>	180,40±12,50 ^a	86,20±15,99 ^a	–	133,30
<i>Detroit 2</i>	169,80±16,63 ^a	72,00±13,17 ^b	–	120,90
<i>Chioggia</i>	179,60±11,93 ^a	99,80±12,68 ^a	–	139,70
<i>Larka</i>	–	34,60±6,58 ^{ef}	66,20±12,81 ^{bc}	50,40
<i>Akela</i>	–	56,20±11,10 ^{cd}	59,80±13,01 ^c	58,00
<i>Belushi F₁</i>	–	64,40±7,70 ^{bc}	85,60±12,66 ^a	75,00
<i>Zeppo F₁</i>	–	43,40±8,93 ^{de}	64,60±14,89 ^{bc}	54,00
<i>Camaro F₁</i>	–	64,40±8,56 ^{bc}	81,00±13,25 ^{ab}	72,70
<i>Carillon</i> *	–	60,60±14,19 ^{bc}	53,80±14,24 ^c	57,20
<i>Lomako</i> *	–	24,60±3,36 ^f	32,20±6,61 ^d	28,40
Genotípusok átlagában	136,00±43,79	58,60±21,71	66,24±20,45	
SzD_{5%}	8,14	3,77	5,24	

* hengeres répatestű genotípus

Jól látható, hogy az évjáratokat tekintve jelentős különbség mutatkozott a fajták között. A lombhosszúság és a lombtömeg vizsgálatánál is, két év eredményei alapján (2015-2016) megállapításra került, hogy a *Rubin*, *Detroit 2* és a *Chioggia* nem tartoznak

a perspektivikus genotípusok közé, mivel nagy lombozatot fejlesztenek, melyhez lassú répatest-vastagodás társul. Ezzel ellentétben, a *Bonel*, *Libero* és *Cylindra* kisebb lombozatú, intenzívebb répatest-fejlődésű modern fajták, melyeket tovább vizsgáltunk.

2015-ben a vizsgált genotípusok mindegyikénél mintegy kétszeres levéltömeget mértünk 2016-hoz képest, ezt a genotípusok átlaga is jól mutatja (136,00 g/tő, illetve 58,60 g/tő). Ez valószínűleg a száraz, meleg nyár okozta stresszhatás következtében alakulhatott így, melyet fokozott vízellátással igyekeztünk kompenzálni.

A 2017-es év nagyobb lombtömeget (66,24 g/tő) mutatott a fajták átlagában, mint a 2016-os év (58,60 g/tő).

Megállapítható, hogy a *Lomako* valamennyi vizsgált genotípustól eltérően a legkisebb (28,40 g/tő) levéltömeggel rendelkezik a vizsgált évek átlagában.

Megfigyelhető, hogy a 13 genotípus közül az *Akela*, *Carillon* és *Lomako* mutat a vizsgált két évben legkisebb eltérést a levéltömegben, ami ezen genotípusok stabilitását mutatja eltérő évjáratokban is.

A répatest vizsgálata – a répatest tömeg alakulása

A répatest tömege meghatározza a hozamot és a termény minőségét. A feldolgozóipar közel azonos répatestű nyersanyagot igényel, amely egységesebb késztermék előállítását teszi lehetővé.

A répatest alak függvényében a répatestek tömege között jelentős eltérés lehet. Az általunk vizsgált genotípusok répatest tömege a 6. táblázatban közöltek szerint alakult.

A táblázatból jól kitűnik, hogy 2015-ben a répatest-gyarapodás háttérbe került a levélzet növekedése mellett (4-5. táblázatok). A vizsgált genotípusok legtöbbje, úgymint a *Bonel*, *Libero*, *Cylindra* és *Chioggia* 2016-ban nagyobb répatestet fejlesztett, mint 2015-ben. Megállapítható továbbá, hogy legnagyobb répatest tömege a *Rubin* fajtának volt 2015-ben, illetve a két vizsgált év átlagában. Legkisebb értéket a *Lomako* hengeres genotípusnál mértünk (148,00±15,20 és 176,00±14,73 g/tő). Ehhez hasonló értéket mért *Szopińska – Gawęda* (2013) a hengeres *Regulski Cylinder* genotípusnál organikus termesztésben (149,39 g/tő) a vizsgált három év átlagában. Ugyanakkor, jelentős különbségek voltak nemcsak a termesztés-technológiában, hanem az évjáratok között is.

6. táblázat: A vizsgált genotípusok répatest tömege az évek függvényében
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Répatest tömeg (g/tő)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	139,60±21,43 ^d	223,00±14,56 ^{cd}	277,00±18,18 ^b	213,20
<i>Libero</i>	194,20±23,46 ^c	204,60±19,51 ^d	231,60±20,26 ^{de}	210,13
<i>Cylindra</i> *	217,40±24,02 ^c	261,00±30,45 ^b	235,40±18,02 ^{de}	237,93
<i>Rubin</i>	325,20±22,13 ^a	260,80±23,59 ^b	–	293,00
<i>Detroit 2</i>	284,00±23,19 ^b	262,20±32,18 ^b	–	273,10
<i>Chioggia</i>	186,60±21,07 ^c	294,40±20,85 ^a	–	240,50
<i>Larka</i>	–	203,60±20,65 ^d	261,00±18,21 ^{bc}	232,30
<i>Akela</i>	–	246,60±20,67 ^{bc}	218,40±21,51 ^e	232,50
<i>Belushi F₁</i>	–	257,80±21,79 ^b	322,40±22,03 ^a	290,10
<i>Zeppo F₁</i>	–	246,80±23,72 ^{bc}	261,80±18,32 ^{bc}	254,30
<i>Camaro F₁</i>	–	254,00±12,33 ^b	245,20±20,20 ^{cd}	249,60
<i>Carillon</i> *	–	257,60±17,52 ^b	276,60±13,11 ^b	267,10
<i>Lomako</i> *	–	148,00±15,20 ^e	176,00±14,73 ^f	162,00
Genotípusok átlagában	224,50±66,62	240,03±40,96	250,54±41,36	
SzD_{5%}	12,03	7,64	7,54	

* hengeres répatestű genotípus

A *Chioggia* fajta átlagértéke a két évben igen nagy különbséget mutatott (2015-ben 186,60±21,07 g/tő; 2016-ban 294,40±20,85 g/tő). Ezt a 100 g-ot meghaladó különbséget feltehetően az évjáratok közötti különbség okozhatta.

A hibridek közül a *Camaro F₁* mutatta a leginkább kiegyenlített állományt, a répatestek tömege között kevesebb, mint 9 g volt az eltérés a vizsgált évek átlaga között.

Wruss et al. (2015) 214-362 g/tő közötti értékeket mértek 7 fajtánál, amelyet az általunk vizsgált gömbölyű genotípusok legtöbb esetben elértek vagy megközelítettek (210-293 g/tő). Továbbá, hasonló répatest tömegeket mért kísérletében *Rekowska – Jurga-Szlemo (2011)* hengeres és gömbölyű céklafajtáknál (210-345 g/tő), valamint ettől kevesebbet *Nizioł-Lukaszewska – Gawęda (2015)* fajtakísérletében (92-242 g/tő).

Ijoyah et al. (2008) öt gömbölyű cékla genotípust vizsgáltak homokos vályogtalajon (Seychelle-szigetek). A szabadföldi kísérletben jelentősen kevesebb répatest tömeget állapítottak meg a vizsgált évek átlagában (106,37-115,66 g/tő), amit az

eltérő éghajlati körülmények (nagyobb páratartalom és hőmérséklet, valamint kevesebb természetes csapadék) magyarázhat.

A *Bonel*, a *Rubin*, az *Akela*, a *Larka* és a *Libero* fajtáknál eltérő évjáratban kevesebb répatest tömeget is (88,93-187,60 g/tő) mértünk hazai körülmények között (*Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012).

Az alakindex (hosszúság/átmérő) alakulása

Az alakindex, azaz a hosszúság és az átmérő hányadosa megmutatja, hogy a répatest alakja gömbölyű, lapos vagy pedig hengeres. Ennek kiszámítása azért fontos, mivel a termelő ezáltal ki tudja választani azt a genotípust, amely a termesztési célnak megfelelő és egyöntetű (genotípusra jellemző) termést biztosít.

A gömbölyű típusú fajtáknál az 1,0 körüli *alakindex* az optimális, azaz a szabályos gömb alak. Ha az alakindex nagyobb, mint 1,0, akkor hengeres típushoz közelít (>3,0), míg az ettől kisebb érték lapos répatest alakra utal. A talaj egyenletes vízellátottsága, ezáltal a talpgyökér aktivitása jelentősen befolyásolja ennek változását. Vízhányra érzékenyebb fajtánál a megerősödött talpgyökér a répatesteket szív vagy ovális alakhoz hasonlóvá formálja, ezzel nehezebbé teszi a betakaríthatóságot, valamint növeli a tisztítási költségeket. A genotípusok alakindexének értékeit a 7. táblázat mutatja be.

Az évjáratok hatását figyelembe véve megállapítható, hogy 2015-ben a *Chioggia* kivételével valamennyi fajtánál nagyobb alakindexet kaptunk, amely megnyúlt répatestre utal (gömbölyű genotípusoknál). Ebben a vizsgálati évben mértük a legnagyobb levélhosszúságot is, amely a lombozat fokozott növekedése mellett a répatestek megnyúlását eredményezte. Ezt feltehetően az igen magas hőmérséklet mellett szükségessé vált gyakoribb vízutánpótlással lehet magyarázni.

A cékla termesztéséhez kedvező évjáratnak bizonyult a 2016-os és 2017-es év, melyeknél a gömbölyű típusúak alakindexe a fajták átlagában 1,02 és 1,05 volt. A szabályos répatest alak kisebb tisztítási veszteséggel dolgozható fel az iparban. Ezen vizsgálati évek átlagában a gömbölyű típusúak közül a *Larka*, *Akela* és *Zeppo F₁* mutatott csaknem szabályos gömb alakot (~1,00).

7. táblázat: A vizsgált genotípusok alakindexe (hosszúság/átmérő)
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Alakindex (répatest hosszúság/átmérő)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	1,79±0,22 ^b	1,06±0,13 ^{cd}	1,01±0,15 ^{de}	1,29
<i>Libero</i>	1,28±0,14 ^c	1,04±0,13 ^{cd}	0,98±0,10 ^e	1,10
<i>Cylindra</i> *	3,28±0,31 ^a	3,24±0,22 ^b	3,20±0,29 ^b	3,24
<i>Rubin</i>	1,28±0,13 ^c	1,05±0,09 ^{cd}	–	1,17
<i>Detroit 2</i>	1,47±0,23 ^c	0,99±0,15 ^d	–	1,23
<i>Chioggia</i>	0,92±0,06 ^d	0,71±0,11 ^e	–	0,81
<i>Larka</i>	–	0,97±0,13 ^d	1,00±0,16 ^{de}	0,99
<i>Akela</i>	–	1,06±0,09 ^{cd}	1,07±0,13 ^{de}	1,06
<i>Belushi F₁</i>	–	1,23±0,13 ^c	1,05±0,08 ^{de}	1,14
<i>Zeppo F₁</i>	–	1,02±0,05 ^{cd}	0,96±0,14 ^e	0,99
<i>Camaro F₁</i>	–	1,04±0,05 ^{cd}	1,25±0,10 ^d	1,14
<i>Carillon</i> *	–	3,86±0,24 ^a	2,94±0,26 ^c	3,40
<i>Lomako</i> *	–	3,72±0,25 ^a	3,58±0,24 ^a	3,65
Gömbölyű genotípusok átlagában	1,35±0,33	1,02±0,16	1,05±0,15	
SzD₅%	0,11	0,05	0,07	

* hengeres répatestű genotípus

A táblázat alapján elmondható, hogy a három évben vizsgált *Bonel* és *Libero* esetében a répatestek egyre inkább megközelítették a szabályos gömbölyű formát. Ugyanígy a *Rubin* és *Detroit 2* fajták a vizsgált két évben (2015-2016).

A fajtára jellemző hengeres formát állapítottuk meg a *Cylindra*, a *Carillon* és a *Lomako* genotípusok esetében, melyeknél 3,24 és 3,65 között alakult a hosszúság/átmérő aránya. Ezen fajták a szeletelt készítményekhez kiválóan alkalmazhatóak, mivel közel azonos szelet nagyságot nyerhetünk ki.

Korábbi években értékelt *Bonel*, *Rubin*, *Akela*, *Larka*, *Libero* (Takács-Hájos – Rubóczki, 2012), valamint *Detroit 2* (Rubóczki et al., 2015) hagyományos gömbölyű fajták hasonló alakindexet mutattak (Rubóczki – Takácsné Hájos, 2017), azaz megközelítették a szabályos gömb alakot az egyedek átlagában.

Összefoglaló értékelés a morfológiai paraméterek alakulásáról

A morfológiai mérések során meghatároztuk a genotípusok levélzetének hosszát és tömegét, valamint a répatest tömegét. Továbbá, a répatest hosszának és átmérőjének hányadosából alakindexet számoltunk. Ezek a paraméterek meghatározhatják egy fajta termesztetőségét, illetve a felhasználási célra is ajánlást adhatnak. A vizsgált genotípusok morfológiai tulajdonságait a 8. táblázat mutatja be az évek átlagában.

Friss fogyasztásra szánt cékla termesztéséhez a gyors növekedésű, kisebb lombozatú, intenzív répatest vastagodással jellemezhető gömbölyded répatestű genotípusok a kedvezőbbek. Kísérletünkben a gömbölyű répatestű *Larka* és *Akela* fajták mutattak legjobb értékeket a lombozat és a répatest alakulására.

8. táblázat: A cékla genotípusok morfológiai tulajdonságainak alakulása az évek átlagában

Paraméter	Levélhossz	Levéltömeg	Répatest tömeg	Alakindex
Mértékegys./ genotípus	(cm)	(g)	(g)	(hossz/ átmérő)
<i>Bonel</i>	39,53	81,13	213,20	1,29
<i>Libero</i>	39,80	68,80	210,13	1,10
<i>Cylindra*</i>	38,67	70,40	237,93	3,24
<i>Rubin</i>	42,80	133,30	293,00	1,17
<i>Detroit 2</i>	42,00	120,90	273,10	1,23
<i>Chioggia</i>	51,00	139,70	240,50	0,81
<i>Larka</i>	37,10	50,40	232,30	0,99
<i>Akela</i>	38,95	58,00	232,50	1,06
<i>Belushi F₁</i>	41,00	75,00	290,10	1,14
<i>Zeppo F₁</i>	37,90	54,00	254,30	0,99
<i>Camaro F₁</i>	43,00	72,70	249,60	1,14
<i>Carillon*</i>	37,90	57,20	267,10	3,40
<i>Lomako*</i>	34,10	28,40	162,00	3,65

* hengeres répatestű genotípus

Megállapítható, hogy a *Bonel* és a *Libero* genotípusoknál az elvárt gömbölyded alak nem mindig teljesül, azonban a kisebb lombozat és az intenzív répatest vastagodás lehetővé teszi a friss fogyasztásra előállított cékla termesztését.

A hengeres genotípusok közül kedvező lombozat-répatest arányt mutatott a *Carillon* genotípus, mely kiváló lehet szeletelt készítmények előállítására. A *Lomako*

genotípus lombzat-réptest aránya szintén kedvezően alakult, egyedül a réptest tömege volt jelentősen kisebb, mely kisebb szeletek előállítását teszi lehetővé.

A hibrideknél megállapítható, hogy a *Zeppo F₁* értéke volt kiemelkedő minden morfológiai paraméter esetén.

Kísérletünkben a *Rubin* és a *Detroit 2* gömbölyű típusok nem bizonyultak perspektivikus fajtának, így ezen genotípusok termesztése elsősorban házikerti termesztésre ajánlható.

A *Chioggia* genotípusnál jelentős levéltömeget állapítottunk meg, valamint az alakindexnél lapos réptest alakot kaptunk.

A morfológiai tulajdonságok közötti kapcsolat vizsgálata

Kísérletünkben *Pearson*-féle korrelációs együtthatót számoltunk három morfológiai paraméterre. Megvizsgáltuk a levélhossz, levéltömeg, illetve a réptest tömege közötti összefüggést, melyet a 9-11. táblázatok mutatnak be a vizsgálati évekre.

9. táblázat: Összefüggés-vizsgálat levélhossz, levéltömeg és a réptest tömeg között
(Debrecen, 2015, n=30)

Paraméter	Levélhossz (cm)	Levéltömeg (g)	Réptest tömeg (g)
Levélhossz (cm)	-	0,747	0,181
Levéltömeg (g)		-	0,566
Réptest tömeg (g)			-

10. táblázat: Összefüggés-vizsgálat levélhossz, levéltömeg és a réptest tömeg között
(Debrecen, 2016, n=65)

Paraméter	Levélhossz (cm)	Levéltömeg (g)	Réptest tömeg (g)
Levélhossz (cm)	-	0,727	0,633
Levéltömeg (g)		-	0,680
Réptest tömeg (g)			-

11. táblázat: Összefüggés-vizsgálat levélhossz, levéltömeg és a répatest tömeg között
(Debrecen, 2017, n=50)

Paraméter	Levélhossz (cm)	Levéltömeg (g)	Répatest tömeg (g)
Levélhossz (cm)	-	0,739	0,516
Levéltömeg (g)		-	0,589
Répatest tömeg (g)			-

A táblázatokból jól látható, hogy szorosabb összefüggést a levélhossz és a levéltömeg alakulása mutatott a különböző évjáratokban ($r=0,747$; $r=0,727$; $r=0,739$). Szintén pozitív korreláció állapítható meg a levéltömeg és a répatest tömege között, mely mindhárom évben igazolódott.

A 2015-ben mért extrém hőmérsékleti értékek következtében az állomány gyakoribb öntözést igényelt, ezáltal a levélhosszúság és répatest tömeg közötti összefüggés kedvezőtlenül alakult, melyet az előző táblázatok is igazoltak (4-6. táblázat).

A korrelációs együtthatót értékelve e két paraméter között csak 2015-ben kaptunk igen alacsony értéket ($r=0,181$), míg 2016-ban és 2017-ben ennek értéke $r=0,633$ és $r=0,516$ volt.

Jól látható, hogy a cékla fejlődésében zavarokat okozott a 2015-ös év igen gyenge csapadék-ellátottsága és kimagasló hőmérséklete. Ezáltal a növények próbáltak túlélni az öntözésből származó vízfelvétellel, de emellett a répatestek vastagodása háttérbe került.

4.2. Beltartalmi mutatók

4.2.1. Bioaktív anyagok alakulása

A cékla nyersanyagértékét mindenekeelőtt a répatetek színanyaga és annak egyenletes eloszlása, azaz a pigmentek egymáshoz viszonyított aránya határozza meg, így kísérletünkben a színanyagok mennyisége mellett vizsgáltuk a BC/BX (*betacianin/betaxantin*) arányt is (betanin/vulgaxantin). Meghatároztuk továbbá a vízdoldható szárazanyag-, illetve az összes szárazanyag-tartalmat is.

A színanyagok mellett egyéb bioaktív anyagok mennyiségét is meghatároztuk, úgymint az összpolidfenol- és a flavonoid-tartalmat, melyek antioxidáns tulajdonságukkal kiemelt szerepet töltenek be az egészségmegőrzésben (*Gandía-Herrero et al., 2009; Georgiev et al., 2010; Clifford et al., 2015*).

Többen rávilágítanak arra, hogy a céklában lévő mérsékelt nitrát-tartalom egyéb fontos bioaktív anyagokkal együtt hozzájárulhat az idegrendszer megfelelő működéséhez (*Wootton-Beard et al., 2011a; Presley et al., 2011*). Ugyanakkor, mint a legtöbb gyökérzöldség, úgy a cékla is hajlamos lehet a nitrát-felhalmozásra, ami élelmezés-egészségügyi szempontból kedvezőtlen. Kísérletünkben vizsgáltuk a nitrát mennyiségét is, rávilágítva a genotípusok közötti különbségekre.

Vízdoldható szárazanyag-tartalom (Brix%)

A feldolgozóipar és a fogyasztók számára egyaránt jelentős paraméter a vízdoldható szárazanyag-tartalom (Brix%), melyet a genotípus, a termesztés-technológia, valamint az időjárási körülmények is befolyásolnak.

A zöldségnövények szárazanyag-tartalma két csoportból áll, a vízdoldható frakcióból (cukrok, színanyagok stb.) és a vízben nem oldható anyagok mennyiségéből.

A vízben oldható anyagok meghatározását digitális Brix-mérővel végeztük. Mivel a meghatározható vegyületek jelentős része cukor, így a répatest édes ízével is összefüggésben van. A kísérletben vizsgált cékla genotípusok vízdoldható szárazanyag-tartalmát a *12. táblázat* mutatja be.

Az évjáratok hatását értékelve megállapítható, hogy legkisebb vízdoldható szárazanyag-tartalmat 2015-ben mértünk a fajták átlagában (7,40%), ami összefüggésbe hozható a cékla számára kedvezőtlen klimatikus viszonyok alakulásával.

Hasonló csökkenést állapítottak meg vízdoldható szárazanyag-tartalomra *Stagnari* et al. (2014) csökkentett vízutánpótlás (VK_{50%} és VK_{30%}) hatására.

Hazai körülmények között mértünk kevesebb (5,51-7,95%) (*Rubóczki* et al., 2015; *Rubóczki – Takácsné Hájos*, 2017), illetve nagyobb (8,13-10,03%) vízdoldható szárazanyag-tartalmat is *Libero* és *Rubin* genotípusoknál eltérő évjáratokban (*Takácsné Hájos – Rubóczki*, 2012). Korábbi években a *Rubin* fajtánál 11,50% (*Takácsné Hájos*, 1997), illetve 12,38-13,28% közötti (*Takácsné Hájos* et al., 1997) vízdoldható szárazanyag-mennyiséget is detektáltak, ami meghaladja a kísérletünkben vizsgált egyedek évenkénti átlagát (8,98%). Ennek feltehetően az eltérő évjáráthatás a magyarázata.

12. táblázat: A vízdoldható szárazanyag-tartalom (Brix%) alakulása
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Vízdoldható szárazanyag-tartalom (Brix%)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	8,68±1,01 ^a	8,90±0,99 ^{def}	9,92±1,24 ^a	9,17
<i>Libero</i>	6,32±0,93 ^c	7,82±0,45 ^{fg}	8,78±1,16 ^{ab}	7,64
<i>Cylindra*</i>	6,98±0,57 ^{bc}	9,68±1,36 ^{bcd}	9,96±1,10 ^a	8,87
<i>Rubin</i>	7,20±1,04 ^{bc}	10,76±0,57 ^{ab}	–	8,98
<i>Detroit 2</i>	7,98±0,74 ^{ab}	11,50±0,64 ^a	–	9,74
<i>Chioggia</i>	7,26±0,61 ^{bc}	9,40±0,62 ^{cd}	–	8,33
<i>Larka</i>	–	8,08±0,69 ^{efg}	7,32±0,77 ^{cd}	7,70
<i>Akela</i>	–	10,34±0,93 ^{bc}	9,12±0,43 ^{ab}	9,73
<i>Belushi F₁</i>	–	10,70±0,69 ^{ab}	9,48±0,61 ^{ab}	10,09
<i>Zeppo F₁</i>	–	9,32±0,91 ^{cd}	9,06±0,76 ^{ab}	9,19
<i>Camaro F₁</i>	–	9,02±0,60 ^{de}	8,28±0,82 ^{bc}	8,65
<i>Carillon*</i>	–	8,76±0,56 ^{def}	8,38±0,95 ^{bc}	8,57
<i>Lomako*</i>	–	7,32±0,74 ^g	6,72±0,48 ^d	7,02
Genotípusok átlagában	7,40±1,08	9,35±1,39	8,70±1,29	
SzD_{5%}	0,45	0,28	0,35	

* hengeres répatestű genotípus

A 2016-os és 2017-es év valamennyi fajtánál kedvezőbb értéket mutatott ezen paraméter alakulásában, ami közel 2 százalékponttal volt nagyobb.

Az évek átlagában a *Lomako* (7,02%), a *Libero* (7,64%) és a *Larka* (7,70%) fajták mutattak kisebb értékeket, ami 8,00% alatt maradt. Ezek a genotípusok kiválóan alkalmasak szárítmány előállítására, mivel a kevesebb cukor-tartalom jobb minőségű szárítmányt tesz lehetővé, azaz kisebb a barnulás (karamellizálódás) veszélye.

Ezzel szemben több, mint 9,00% vízdoldható szárazanyag-tartalmat mértünk három év átlagában a *Bonel* (9,17%) esetében, ami korábbi kísérletben elérte a 11,09%-os mennyiséget is (*Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012). Az édes íz jelenléte salátakonzervek készítésénél, lé előállításánál, valamint friss fogyasztásnál jelenthet előnyt.

Továbbá, két év átlagában a *Detroit 2* (9,74%) és az *Akela* (9,73%) fajták, valamint a *Belushi F₁* (10,09%) és a *Zeppo F₁* (9,19%) hibridek emelkedtek ki nagyobb értékekkel. Ezek a genotípusok friss fogyasztásra kiválóak, azaz a nyers salátakomponensek részét képezhetik.

Slavov et al. (2013) a *Detroit Dark Red* gömbölyű genotípusnál 6,5% vízdoldható szárazanyag-tartalmat mértek, ami kevesebb az általunk vizsgált *Detroit 2* genotípus vízdoldható szárazanyag-tartalmához képest (7,98-11,50%).

Az évek átlagában 7,02 és 10,09% vízdoldható szárazanyag-tartalmat mértünk, amely több esetben meghaladja a *Szopińska – Gawęda* (2013) által különböző termesztés-technológiából származó egyedeknél mért értékeket (6,54-8,51%).

Összes szárazanyag-tartalom

A répatetek összes szárazanyag-tartalma elsősorban fajtulajdonság, másrészt a környezeti tényezők is jelentősen befolyásolják az alakulását. Az összes szárazanyag-tartalom utal a vízben oldható (mono- és diszacharidok, ásványianyagok, vitaminok stb.), illetve a vízben nem oldható vegyületek mennyiségére is (pl. élelmi rostok).

Kísérletünkben vizsgáltuk ennek mennyiségét, melynek a különböző években mért értékeit a *13. táblázat* foglalja össze.

Az összes szárazanyag-tartalom alakulásában az évjáratok között jelentős eltérés mutatkozott, különösen a 2015-ös évet tekintve. Az évjáráthatást több kísérlet is igazolta szárazanyag-tartalomra (*Petek et al.*, 2012; *Szopińska – Gawęda*, 2013).

A vízdoldható szárazanyag-tartalomhoz hasonlóan itt is alacsonyabb értékeket kaptunk a fajták átlagában (8,59%), a 2016 és 2017-es évekhez képest (10,07%, illetve 11,28%).

13. táblázat: Az összes szárazanyag-tartalom (%) a vizsgált genotípusoknál
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Összes szárazanyag-tartalom (%)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Libero</i>	7,39±0,59 ^b	7,52±0,51 ^g	8,65±0,62 ^e	7,85
<i>Cylindra</i> *	8,41±0,63 ^{ab}	11,19±0,77 ^b	14,66±0,77 ^a	11,42
<i>Rubin</i>	8,90±0,52 ^a	12,62±0,55 ^a	–	10,76
<i>Detroit 2</i>	9,33±0,37 ^a	10,39±0,50 ^{bcd}	–	9,86
<i>Chioggia</i>	8,93±1,00 ^a	13,28±0,61 ^a	–	11,10
<i>Bonel</i>	–	10,14±0,23 ^{cde}	11,99±0,36 ^c	11,06
<i>Larka</i>	–	7,60±0,63 ^g	9,20±0,73 ^e	8,40
<i>Akela</i>	–	8,91±0,59 ^f	13,10±0,50 ^b	11,01
<i>Belushi F₁</i>	–	9,50±0,49 ^{def}	10,22±0,30 ^d	9,86
<i>Zeppo F₁</i>	–	10,38±0,31 ^{bcd}	10,32±0,64 ^d	10,35
<i>Camaro F₁</i>	–	9,61±0,52 ^{cdef}	11,87±0,60 ^c	10,74
<i>Carillon</i> *	–	10,62±0,50 ^{bc}	12,48±0,29 ^{bc}	11,55
<i>Lomako</i> *	–	9,20±0,87 ^{ef}	10,30±0,62 ^d	9,75
Genotípusok átlagában	8,59±0,89	10,07±1,70	11,28±1,86	
SzD_{5%}	0,54	0,26	0,30	

* hengeres répatestű genotípus

Kísérletünkben a genotípusok összes szárazanyag-tartalma 7,39% és 14,66% között változott. Az évek átlagát tekintve megállapítható, hogy legnagyobb mennyiséget a *Carillon* (11,55%), a *Cylindra* (11,42%), a *Chioggia* (11,10%) és az *Akela* (11,01%) fajták mutattak, melyek mindegyike 11,00% feletti értéket ért el.

Ugyanakkor az is jól látható, hogy a *Carillon* kivételével az említett genotípusok mindegyike, valamint a *Rubin* fajta is 3-4 százalékpontos eltérést mutatott az évek között, amely a fajták klimatikus érzékenységére utalhat.

Legkisebb szárazanyag-tartalmat a *Libero* (7,85%) és a *Larka* (8,40%) genotípusoknál mértünk, melyek a vizsgált évek átlagában nem érték el a 9,00%-os mennyiséget.

Továbbá megállapítható, hogy a *Libero* genotípus volt az egyik legkevésbé érzékeny a különböző klimatikus körülményekre, mivel kiegyenlített értéket mutatott a vizsgált években. Emellett a *Zeppo F₁*, a *Belushi F₁*, a *Detroit 2* és a *Lomako* genotípusokat is ki kell emelni, melyek értékei között ~1 százalékpontos volt az eltérés.

A *Larka*, a *Bonel*, a *Carillon* és a *Camaro F₁* genotípusok megközelítőleg 2 százalékpontos különbséget mutattak, ami szintén kiegyenlítettnek mondható.

Slavov et al. (2013) a *Detroit Dark Red* gömbölyű genotípust vizsgálták, melynél 10,9% szárazanyag-tartalmat mértek, ami hasonló érték az általunk vizsgált *Detroit 2* genotípus összes szárazanyag-tartalmához (9,33-10,39%).

Rekowska – Jurga (2009) kísérletükben tíz cékla genotípust vizsgáltak, köztük hengeres, lapos és gömbölyű típusokat. A betakarításkor mért 9,4-14,9% közötti szárazanyag-tartalomról megállapítható, hogy a szárazanyag-tartalom a genotípus és az évjárat függvényében változik. Hasonló megállapítás vonható le *Nizioł-Lukaszewska – Gawęda* (2014, 2015) kísérleteiből, amelyekben az évek között jelentős eltérés volt a vizsgált genotípusok szárazanyag-tartalmában.

Korábbi kutatásokban 9,52-12,80% közötti szárazanyag-tartalmat mértek *Rubin* fajtánál (*Takácsné Hájos*, 1993; *Takácsné Hájos et al.*, 2004; *Takács-Hájos*, 2011b), ami hasonló értékek között mozog, mint a jelen kísérletben mért egyedek összes szárazanyag-tartalma (8,90-12,62%).

Továbbá, hasonló értékeket mutattak a *Bonel* (12,19%), *Akela* (10,33%), *Larka* (9,84%) és *Liberio* (9,68%) genotípusok eltérő évjáratban (*Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012).

Betanin-tartalom

A cékla festékanyagait a *betalainok* csoportjába sorolják, melyből a vörös színt adók a *betacianinok*. Az ide tartozó vegyületek közül legnagyobb arányban (kb. 75-95%) a *betanin* fordul elő (*Gliszczyńska-Świgło et al.*, 2006).

Kísérletünkben a répatestekben mért betanin mennyiségét a 14. táblázat foglalja össze.

Jól látható, hogy az évjáratok között jelentős különbség mutatkozott a vizsgált genotípusok betanin-tartalmában. A 2015-ös év kedvezőtlenebb volt a további kísérleti évekhez képest, mivel a szárazság miatti gyakori öntözés következtében a színanyag-tartalom kevésbé tudott felhalmozódni a répatestben. *Stagnari et al.* (2014), kísérletükben közel kétszeres vörös színanyag-mennyiséget mértek vízhiány hatására (mintegy 45 mg/100 g), azaz a mérsékelt szárazság (VK_{50%} és VK_{30%}) növelheti a répatestek színanyag-tartalmát. Ugyanakkor, a tartós nyári hőség (25 °C) negatív hatással lehet a répatestek egészséges fejlődésére és a színanyagok felhalmozódására (*Nizioł-*

Lukaszewska – Gawęda, 2014), így szabadföldi körülmények között indokoltá válik a kiegészítő öntözés.

14. táblázat: A betanin-tartalom (mg/100 g) alakulása (Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Betanin-tartalom (mg/100 g)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Libero</i>	15,98±0,26 ^a	22,74±1,22 ^e	32,53±1,80 ^c	23,75
<i>Cylindra</i> *	12,40±1,37 ^b	37,19±1,19 ^a	29,74±1,08 ^{cd}	26,44
<i>Rubin</i>	15,04±1,96 ^a	27,70±1,71 ^c	–	21,37
<i>Detroit 2</i>	9,66±1,88 ^c	19,26±1,75 ^{fg}	–	14,46
<i>Chioggia</i>	0,36±0,07 ^d	0,68±0,22 ^h	–	0,52
<i>Bonel</i>	–	21,50±1,51 ^{ef}	28,08±0,29 ^{de}	24,79
<i>Larka</i>	–	23,79±1,61 ^e	31,65±1,48 ^c	27,72
<i>Akela</i>	–	24,24±1,99 ^{de}	26,37±2,35 ^e	25,31
<i>Belushi F₁</i>	–	16,95±2,51 ^g	22,70±2,15 ^f	19,83
<i>Zeppo F₁</i>	–	17,90±2,08 ^g	28,52±1,50 ^{de}	23,21
<i>Camaro F₁</i>	–	18,17±1,77 ^g	31,99±1,84 ^c	25,08
<i>Carillon</i> *	–	27,07±2,05 ^{cd}	36,15±1,88 ^b	31,61
<i>Lomako</i> *	–	32,20±1,89 ^b	44,02±0,88 ^a	38,11
Genotípusok átlagában	10,69±5,93	22,26±8,64	31,17±5,79	
SzD_{5%}	1,11	0,81	0,88	
<i>Chioggia</i> nélkül	13,27±2,88	24,06±6,15	–	

* hengeres répatestű genotípus

Megállapítható, hogy legnagyobb betanin-tartalmat a 2017-es évben mértünk (31,17 mg/100 g) a genotípusok átlagában, ami közel háromszoros mennyiség volt a 2015-ös évhez képest (10,69 mg/100 g).

2015-ben a *Chioggia* fajtakülönlegesség mutatott legkevesebb betanin-tartalmat (0,36±0,07 mg/100 g), amit a fajta genetikai háttere is igazol, azaz a fehér és világos-rózsaszín gyűrűk jelenléte, amelyek kevesebb színanyag-felhalmozódást eredményeznek a répatestben (14. ábra). Ugyanakkor jól látható, hogy a 2016-os évben közel kétszeres mennyiséget mértünk (0,68±0,22 mg/100 g), ami igazolja az évjáratok közötti különbséget ezen genotípusnál is.



14. ábra: A Chioggia fehér-rózsaszín csíkos szeletei (Forrás: I11)

A hagyományos vörös répatestű fajtákat vizsgálva legkevesebb színanyagot a *Detroit 2* genotípus mutatott ($9,66 \pm 1,88$ mg/100 g), míg legnagyobb mennyiséget a *Libero* genotípusnál mértünk ($15,98 \pm 0,26$ mg/100 g) a kísérlet első évében.

2016-ban a *Cylindra* és a *Lomako* hengeres típusú fajták tűntek ki nagyobb betanin-tartalommal ($37,19 \pm 1,19$ mg/100 g, illetve $32,20 \pm 1,89$ mg/100 g), ugyanakkor a gömbölyű típusok közül a *Rubin* mutatott nagyobb értéket ($27,70 \pm 1,71$ mg/100 g).

A kísérlet harmadik évében a *Cylindra* kivételével minden genotípus esetén nagyobb színanyag-tartalmat mértünk a 2016-os évhez képest.

Az évek átlagában a *Lomako* és *Carillon* hengeres típusú fajták tűntek ki 30 mg/100 g feletti értékekkel, ugyanakkor 20 mg/100 g alatti értékeket mértünk a *Detroit 2* és a *Belushi F₁* gömbölyű genotípusoknál.

Szopińska – Gawęda (2013) kísérletében hengeres céklafajtát vizsgált különböző termesztés-technológia mellett, melyben 40 és 44 mg/100 g közötti vörös színanyag-tartalmat mért az évek átlagában, amelyet az általunk vizsgált *Lomako* is megközelített ($38,11$ mg/100 g).

Székely et al. (2019) megközelítőleg 24-30 mg/100 g betanin-tartalmat mértek a hengeres *Cylindra* genotípusnál, ami az évek átlagát tekintve hasonlóan alakult az általunk vizsgált egyedeknél is ($26,44$ mg/100 g). Ugyanígy a *Detroit* genotípusnál (18-22 mg/100 g), amely az általunk vizsgált *Detroit 2* genotípus értékeihez közeli mennyiséget mutatott (9,66-19,26 mg/100 g).

Többen hasonló betanin-tartalmat (30-60 mg/100 g) állapítottak meg nyers céklánál (*Kanner et al.*, 2001; *Kujala et al.*, 2002; *Slavov et al.*, 2013), ugyanakkor

valamennyivel több mennyiséget mértek (42-130 mg/100 g) feldolgozott formában (Czapski et al., 2009).

Nizioł-Łukaszewska – Gawęda (2014, 2015) kísérleteiben fajtánként jelentősen eltérő színanyag-mennyiségeket állapított meg. Betanin-tartalomra mintegy 47 és 120 mg/100 g közötti értékeket mértek 15 genotípusnál, amelyek meghaladják az általunk vizsgált fajták értékeit. Ez az eltérő termesztési körülmények, a genotípusok és a klimatikus tényezők különbségéből adódhat.

A *Bonel* genotípusnál kísérletünk eredményeihez képest (24,79 mg/100 g) mértek közel kétszeres értéket (*Takács-Hájos*, 1999, 2000; *Nagy-Gasztonyi* et al., 2001; *Takács-Hájos* et al., 2004; *Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012), illetve hasonló vörös színanyag-mennyiséget is (*Rubóczki* et al., 2015). Ugyanígy változó mennyiséget mutatott a *Rubin* fajta az eltérő évjáratokban (*Takácsné Hájos*, 1997, *Takácsné Hájos* et al., 1997, *Takács-Hájos*, 2011b). Továbbá, az *Akela*, a *Larka* és a *Libero* genotípusoknál is detektáltunk többszörös (*Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012), valamint hasonló betanin-mennyiséget (*Rubóczki* et al., 2015) a kísérletben vizsgált egyedek éves átlagához képest. A hengeres *Cylindra* fajta szintén mutatott hasonló (*Takács-Hájos* et al., 2004; *Rubóczki* et al., 2015), illetve többszörös mennyiséget eltérő évjáratokban (*Takács-Hájos*, 2011b). Ezen különbségeknek valószínűleg az eltérő évjáratok a magyarázata.

Kutatások bizonyítják, hogy a cékla betanin-tartalma feldolgozás során jelentősen csökken (*Pátkai* et al., 1997; *Azaredo* et al., 2009).

Vulgaxantin-tartalom

A *betanin* mellett a *betalainok* legfőbb összetevője a sárga *vulgaxantin*, amely szintén aktív szerepet játszik a gyulladáscsökkentésben, valamint a szervezet méregtelenítésében (*Ninfali* et al., 2017; *Babarykin* et al., 2019).

A kísérletben vizsgált répatetek *vulgaxantin*-tartalmát a 15. táblázat foglalja össze.

Megállapítható, hogy az évjáratok tekintetében hasonló tendencia figyelhető meg, azaz a 2015-ös év szélsőségesebb időjárási körülményeit kompenzáló vízutánpótlás mellett is ebben az évben mértük a legkevesebb színanyag-tartalmat a répatetekben (8,67 mg/100 g). Ennek valószínű oka a 2015-re jellemző meleg, száraz nyár és a tartósan 25 °C feletti hőmérséklet, ami negatív hatással lehetett a színanyagok felhalmozódására (*Bradley – Dyck*, 1967; *Nizioł-Łukaszewska – Gawęda*, 2014).

15. táblázat: A répatestek vulgaxantin-tartalmának (mg/100 g) alakulása a vizsgált év és genotípus függvényében (Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Vulgaxantin-tartalom (mg/100 g)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Libero</i>	14,08±0,96 ^a	23,38±1,69 ^{def}	34,91±2,79 ^d	24,12
<i>Cylindra</i> *	9,09±2,42 ^{bc}	47,82±1,89 ^a	35,41±2,63 ^{cd}	30,77
<i>Rubin</i>	11,79±1,46 ^{ab}	20,09±2,23 ^{efg}	–	15,94
<i>Detroit 2</i>	7,52±2,11 ^c	19,69±2,17 ^{fg}	–	13,61
<i>Chioggia</i>	0,85±0,12 ^d	0,75±0,26 ⁱ	–	0,80
<i>Bonel</i>	–	28,63±2,39 ^c	35,60±2,12 ^{cd}	32,12
<i>Larka</i>	–	22,33±2,34 ^{def}	36,59±1,19 ^{cd}	29,46
<i>Akela</i>	–	25,62±1,60 ^{cd}	33,24±1,47 ^d	29,43
<i>Belushi F₁</i>	–	14,72±1,86 ^h	33,49±2,15 ^d	24,11
<i>Zeppo F₁</i>	–	19,59±1,98 ^{fg}	39,39±2,59 ^{bc}	29,49
<i>Camaro F₁</i>	–	16,33±2,20 ^{gh}	39,37±2,84 ^{bc}	27,85
<i>Carillon</i> *	–	23,82±2,80 ^{de}	41,91±2,01 ^b	32,86
<i>Lomako</i> *	–	35,97±2,43 ^b	54,14±2,81 ^a	45,05
Genotípusok átlagában	8,67±4,87	22,98±10,88	38,41±6,28	
SzD_{5%}	1,33	0,96	1,25	
<i>Chioggia</i> nélkül	10,62±3,05	24,83±9,09	–	

* hengeres répatestű genotípus

A sárga pigmentek kialakulása összefüggésben van a vörös betanin mennyiségével, mivel a két színanyag bioszintézise parallel működik, azaz a betanin növekedésével növekszik a vulgaxantin mennyisége is (Neelwarne, 2013; Stagnari et al., 2014). Kísérletünkben rávilágítottunk arra, hogy ez a korrelációs kapcsolat a különböző évjáratokban is szoros összefüggést mutat ($r=0,975$; $r=0,933$; $r=0,848$) (lásd a későbbi fejezetben tárgyalt 21-23. táblázatokat).

A kísérlet első évében a legkevesebb sárga színanyagot a *Chioggia* (0,85±0,12 mg/100 g) csíkos répatestű fajta mellett a *Detroit 2* hagyományos vörös répatestű fajta esetén mértük (7,52±2,11 mg/100 g), legnagyobb mennyiséget pedig a *Libero* genotípusnál detektáltunk (14,08±0,96 mg/100 g).

2016-ban a *Chioggia* és a *Detroit 2* fajták mellett a kísérletbe bevont hibridek esetén mértünk kevesebb vulgaxantin-tartalmat (<20 mg/100 g), ugyanakkor legnagyobb mennyiséget a *Cylindra* és *Lomako* hengeres típusoknál detektáltunk (>35 mg/100 g).

A 2017-es év bizonyult kedvezőbbnek a színyanyagok felhalmozódásához (38,41 mg/100 g), amely valószínűleg a kiegyenlítettebb hőmérsékletnek és természetes csapadék-ellátottságnak tudható be. Ebben az évben, a *Cylindra* kivételével, jelentősen több volt a vulgaxantin-tartalom a répatestekben. 40 mg/100 g feletti mennyiséget mértünk a *Lomako* (54,14±2,81 mg/100 g) és a *Carillon* (41,91±2,01 mg/100 g) hengeres típusoknál, azonban a többi vizsgált genotípus is jelentős, 30 mg/100 g feletti értékeket mutatott.

Az évek átlagában a hengeres típusú *Lomako* (45,05 mg/100 g) és *Carillon* (32,86 mg/100 g) tűnt ki nagyobb sárga színyanyag-tartalmával, míg a gömbölyű genotípusok közül a *Bonel* mutatott kiváló értékeket (32,12 mg/100 g). Megállapítható, hogy a *Chioggia* fajtakülönlegesség mellett a *Detroit 2* és a *Rubin* fajták mutattak 20 mg/100 g alatti értékeket a vizsgált évek átlagában. Továbbá megfigyelhető, hogy legnagyobb különbséget az évek között a *Cylindra* fajta mutatta, melynél háromszoros, illetve négyszeres mennyiségbeli különbséget is mértünk. Ez a fajta érzékenységre utalhat a hőmérsékleti változásokkal szemben.

Székely et al. (2019) a hengeres *Cylindra* genotípusnál megközelítőleg 32 mg/100 g vulgaxantin-tartalmat mértek, ami hasonlóan alakult az általunk vizsgált egyedeknél az évek átlagában (30,77 mg/100 g). Ugyanígy, az általuk vizsgált *Detroit* genotípushoz (21 mg/100 g) hasonló értéket állapítottunk meg a *Detroit 2* fajtánál (7,52-19,69 mg/100 g).

Szopińska – Gawęda (2013) 11-27 mg/100 g közötti sárga színyanyag-tartalmat mért az évek átlagában, amelyet az általunk vizsgált hasonlóan hengeres genotípusok értékei jelentősen meghaladtak (30-45 mg/100 g), ami a színyanyagok egymáshoz viszonyított arányával hozható összefüggésbe (BC/BX).

Többen hasonló mennyiséget mértek vulgaxantin-tartalomra (11-43 mg/100 g) nyers céklában (*Kujala et al.*, 2002; *Kugler et al.*, 2007; *Slavov et al.*, 2013), valamint feldolgozott formában is (*Czapski et al.*, 2009).

Nizioł-Lukaszewska – Gawęda (2014, 2015) az általuk vizsgált fajtánál 22-62 mg/100 g közötti értékeket mért az évek átlagában, amely hasonló az általunk vizsgált hagyományos vörös céklafajták értékeihez (13-45 mg/100 g).

A *Rubin* hagyományos vörös fajtánál a kísérlet eredményeihez (15,94 mg/100 g) képest mérték többszörös (*Takács-Hájos*, 1999; *Nagy-Gasztonyi et al.*, 2001; *Takács-Hájos*, 2011b; *Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012), illetve közel hasonló sárga színyanyag-mennyiséget is (*Takácsné Hájos*, 1997; *Rubóczki et al.*, 2015). Hasonlóan, változó

mennyiséget (42-71 mg/100 g) mutatott a *Bonel* genotípus a különböző évjáratokban (Takács-Hájos, 1999; Nagy-Gasztonyi et al., 2001; Takács-Hájos – Rubóczki, 2012). Az *Akela*, a *Larka* és a *Libero* genotípusoknál Takács-Hájos – Rubóczki (2012) 71-86 mg/100 g közötti mennyiséget detektált, ugyanakkor 34-41 mg/100 g közötti értékeket is mértünk sárga színanyag-tartalomra (Rubóczki et al., 2015), ami szintén meghaladja az általunk vizsgált egyedek éves átlagát (24-29 mg/100 g). Ezen különbségeknek valószínűleg az eltérő évjárathatás a magyarázata, ami a betanin-tartalomhoz hasonló tendenciát mutatott.

Kutatások rámutatnak arra, hogy a vörös színanyag mellett a cékla vulgaxantin-tartalma is csökken feldolgozás során (Pátkai et al., 1997; Azeredo et al., 2009).

BC/BX arány

A színanyagok mennyisége mellett fontos paraméter a két nagy festékanyagcsoport egymáshoz viszonyított aránya, mely meghatározza a répatest belső színintenzitását. Méréseink során meghatároztuk a betanin (*betacianin* – BC) és a vulgaxantin (*betaxantin* – BX) egymáshoz viszonyított arányát (16. táblázat).

Az 1,00 feletti érték intenzívebb belső vörös színre utal a nagyobb betanin-tartalom miatt, ugyanígy az ez alatti érték több vulgaxantin mennyiségre (Stintzing et al., 2008).

Az évjáratokat tekintve a 2016-os vegetációs időszakban vizsgált répatestek mutattak kedvezőbb BC/BX arányt a genotípusok átlagában (1,00). A 2015. évi kísérletnél megállapítható, hogy több volt a vörös színanyagok aránya a sárga pigmentekhez képest (1,11), míg a 2017-es évben ez az arány fordítottan alakult (0,81).

Stagnari et al. (2014) egy lapos répatest típusú céklát (*Egyptomi lapos*) vizsgáltak üvegházi körülmények között, amelynél hasonló színanyag-arányt állapítottak meg (0,82).

Jól látható, hogy a kísérlet első évében a *Cylindra* mutatott legnagyobb BC/BX arányt ($1,41 \pm 0,24$), ami a nagyobb betanin-tartalommal van összefüggésben. A *Chioggia* genotípus a fajta genetikai tulajdonságaiból adódóan kevesebb vörös színanyagot tartalmazott, így a BC/BX arány hasonlóan kisebb volt ($0,42 \pm 0,03$).

Ugyanakkor, ez az arány ($0,92 \pm 0,03$) a 2016-os évben megközelítette az 1,00-es értéket. Ugyanebben az évben a *Rubin* mutatott nagyobb BC/BX arányt, mely

statisztikailag is igazolódott ($1,38 \pm 0,07$). A *Bonel* ($0,75 \pm 0,01$) és a *Cylindra* ($0,78 \pm 0,01$) kivételével a vizsgált genotípusok mindegyike 0,90 feletti értéket mutatott.

16. táblázat: A répatestek BC/BX aránya az év és genotípus függvényében
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	BC/BX arány			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Libero</i>	$1,14 \pm 0,09^b$	$0,97 \pm 0,02^{de}$	$0,93 \pm 0,03^a$	1,02
<i>Cylindra</i> *	$1,41 \pm 0,24^a$	$0,78 \pm 0,01^g$	$0,84 \pm 0,09^{ab}$	1,01
<i>Rubin</i>	$1,27 \pm 0,01^{ab}$	$1,38 \pm 0,07^a$	–	1,33
<i>Detroit 2</i>	$1,31 \pm 0,13^{ab}$	$0,98 \pm 0,02^d$	–	1,14
<i>Chioggia</i>	$0,42 \pm 0,03^c$	$0,92 \pm 0,03^{ef}$	–	0,67
<i>Bonel</i>	–	$0,75 \pm 0,01^g$	$0,79 \pm 0,05^{bc}$	0,77
<i>Larka</i>	–	$1,07 \pm 0,04^c$	$0,86 \pm 0,02^{ab}$	0,97
<i>Akela</i>	–	$0,95 \pm 0,02^{def}$	$0,79 \pm 0,04^{bc}$	0,87
<i>Belushi F₁</i>	–	$1,15 \pm 0,03^b$	$0,68 \pm 0,02^d$	0,91
<i>Zeppo F₁</i>	–	$0,91 \pm 0,01^f$	$0,73 \pm 0,07^{cd}$	0,82
<i>Camaro F₁</i>	–	$1,12 \pm 0,04^{bc}$	$0,81 \pm 0,06^{bc}$	0,97
<i>Carillon</i> *	–	$1,14 \pm 0,05^b$	$0,87 \pm 0,09^{ab}$	1,00
<i>Lomako</i> *	–	$0,90 \pm 0,01^f$	$0,81 \pm 0,03^{bc}$	0,85
Genotípusok átlagában	$1,11 \pm 0,38$	$1,00 \pm 0,17$	$0,81 \pm 0,08$	
SzD_{5%}	0,10	0,01	0,03	
<i>Chioggia nélkül</i>	$1,28 \pm 0,16$	$1,01 \pm 0,17$	–	

* hengeres répatestű genotípus

2017-ben ez az arány 1,00 alatt volt, legkevesebb arányt a *Belushi F₁* ért el ($0,68 \pm 0,02$).

Az évek átlagában 1,00 feletti értéket mutatott a *Rubin*, a *Detroit 2*, a *Libero*, a *Cylindra* és a *Carillon*, ugyanakkor legkisebb BC/BX arányt a *Chioggia* (0,67) és a *Bonel* (0,77) fajtáknál detektáltunk.

Hazai körülmények között kiegyenlítettebb színanyag-arányt állapítottunk meg az *Akela* (0,96), a *Bonel* (0,88), a *Rubin* (0,85), a *Larka* (0,85) és a *Libero* (0,85) genotípusoknál (Takács-Hájos – Rubóczki, 2012), ami az évjáratok közötti különbségekből adódhat.

Összpolifenol-tartalom

A színanyagok mellett, a polifenolok mennyisége jelentősen meghatározza a cékla egészségmegőrző szerepét, mivel antioxidáns tulajdonsága révén segít a krónikus betegségek megelőzésében (Wootton-Beard – Ryan, 2011; Lechner – Stoner, 2019). Az ide tartozó vegyületek mennyiségét nagymértékben befolyásolják a vegetációs időszakra jellemző éghajlati tényezők, ugyanakkor ez genetikailag is meghatározott. Kísérletünkben meghatároztuk a répatestek összpolifenol-tartalmát, melynek értékeit a 17. táblázat mutatja be.

17. táblázat: Az összpolifenol-tartalom alakulása az év és genotípus függvényében (Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Összpolifenol-tartalom (mg GAE/100 g)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Libero</i>	91,43±7,15 ^a	85,35±2,82 ^{ef}	117,00±2,00 ^d	97,93
<i>Cylindra*</i>	72,03±8,13 ^b	142,00±2,00 ^b	132,50±6,14 ^{bc}	115,51
<i>Rubin</i>	62,00±3,47 ^{bc}	94,10±2,48 ^d	–	78,05
<i>Detroit 2</i>	55,73±6,23 ^c	82,40±4,73 ^{ef}	–	69,07
<i>Chioggia</i>	28,65±1,25 ^d	24,50±2,29 ^g	–	26,58
<i>Bonel</i>	–	158,00±1,00 ^a	125,50±2,29 ^c	141,75
<i>Larka</i>	–	95,80±3,38 ^d	115,00±5,00 ^{de}	105,40
<i>Akela</i>	–	87,40±3,64 ^e	135,50±4,53 ^{ab}	111,45
<i>Belushi F₁</i>	–	81,35±1,30 ^f	97,95±1,08 ^f	89,65
<i>Zeppo F₁</i>	–	110,00±4,00 ^c	107,30±7,75 ^e	108,65
<i>Camaro F₁</i>	–	107,00±4,00 ^c	114,00±2,01 ^{de}	110,50
<i>Carillon*</i>	–	111,00±3,00 ^c	127,50±2,51 ^{bc}	119,25
<i>Lomako*</i>	–	153,00±3,59 ^a	141,00±6,05 ^a	147,00
Genotípusok átlagában	61,97±21,87	102,45±34,41	121,32±13,49	
SzD_{5%}	4,74	1,45	2,41	
<i>Chioggia nélkül</i>	70,30±15,16	108,95±26,85	–	

* hengeres répatestű genotípus

Megállapítható, hogy jelentős különbség volt az évek között az összpolifenol-tartalomban. Kiemelkedő évjárat volt a 2017-es év, amikor a genotípusok átlagában 121,32 mg GAE/100 g összpolifenol-tartalmat mértünk. Ezzel szemben, 2015-ben

lényegesen kisebb mennyiséget mértünk (61,97 mg GAE/100 g), ami feltehetően az eltérő termesztési időszakok hőmérsékleti hatásaival magyarázható.

Stagnari et al. (2014) kísérletében a vízhiánynak (VK_{50%}) kitett növényekben ugyan megnőtt az összpolicifol-tartalom (55 mg GAE/100 g értékről 99 mg GAE/100 g értékre), azonban a nagyobb mértékű vízhiány (VK_{30%}) nem növelte tovább a polifenolok mennyiségét (82 mg GAE/100 g).

A kísérlet első évében a *Libero* genotípus mutatott statisztikailag is igazoltan nagyobb értéket (91,43±7,15 mg GAE/100 g), ugyanakkor legkisebb polifenol mennyiséget a *Chioggia* fajtánál mértünk (28,65±1,25 mg GAE/100 g).

2016-ban a *Bonel*, *Lomako* és a *Cylindra* fajták emelkedtek ki 140 mg GAE/100 g feletti értékekkel, mely különbség statisztikailag is igazolódott (p=0,05 szinten). A *Chioggia* fajtánál detektált kevesebb polifenol-tartalom (24,50±2,29 mg GAE/100 g) mellett, a *Belushi F₁*, a *Detroit 2*, a *Libero* és az *Akela* genotípusok mutattak 90 mg GAE/100 g alatti értékeket.

Slavov et al. (2013) a *Detroit Dark Red* gömbölyű genotípusnál 72,81 mg GAE/100 g összpolicifol-tartalmat mértek, ami hasonló érték az általunk vizsgált *Detroit 2* genotípus két évben mért átlagértékéhez (69,07 mg GAE/100 g).

A kísérlet harmadik évében a *Lomako* statisztikailag is megbízható különbséggel (141,00±6,05 mg GAE/100 g) kiemelkedő értékeket mutatott a vizsgált genotípusok között. Emellett az *Akela*, a *Cylindra*, a *Carillon* és a *Bonel* fajták összpolicifol-tartalma alakult kedvezőbben (>120 mg GAE/100 g). 100 mg GAE/100 g alatti értéket egy esetben, a *Belushi F₁* genotípusnál detektáltunk.

Az évek átlagában legnagyobb összpolicifol-tartalmat a *Lomako* (147,00 mg GAE/100 g) és a *Bonel* (141,75 mg GAE/100 g) fajták mutattak, míg legkevesebb polifenol mennyiséget a *Chioggia*, a *Detroit 2*, a *Rubin* és a *Belushi F₁* genotípusoknál mértünk, melyek átlaga nem érte el a 90 mg GAE/100 g-ot.

A hagyományos vörös genotípusoknál 69 és 147 mg GAE/100 g közötti összpolicifol-tartalmat mértünk az évek átlagában, ami elérte, illetve meghaladta a *Straus et al.* (2012) által különböző termesztés-technológiában termesztett cékla értékeit (67-80 mg GAE/100 g).

Székely et al. (2019) kísérletükben a *Cylindra* genotípusnál megközelítőleg 65 mg GAE/100 g értéket, míg a *Detroit* fajtánál 42 mg GAE/100 g összpolicifol-tartalmat mértek, amit az általunk vizsgált genotípusok közel kétszeresen meghaladtak az évek átlagában (115,51 és 69,07 mg GAE/100 g).

Kujala et al. (2000) a cékla répatest belső részében mérték a legkevesebb összpolicifanol-tartalmat (42 mg GAE/100 g), ugyanakkor legtöbb mennyiséget a héj részénél detektálták (155 mg GAE/100 g).

Kísérletekben kimutatták, hogy a céklalé jóval kevesebb (10-33 GAE/100 g) összpolicifanol-tartalmaz, mint a nyers répatest (*Kannan, 2011; Bazarria – Kumar, 2016*).

A *Bonel*, a *Rubin*, a *Liberio* és a *Cylindra* hagyományos vörös genotípusoknál nagyobb mennyiségeket mértünk, mint eltérő évjáratokban (*Takács-Hájos et al., 2004; Rubóczki et al., 2015*). Ugyanígy a *Detroit 2*, az *Akela* és a *Larka* fajtáknál nagyobb összpolicifanol-mennyiséget detektáltunk, mint korábbi években (*Rubóczki et al., 2015*). Ezek az eltérések feltehetőleg az eltérő termesztési időszakok hőmérsékleti hatásaival magyarázhatók.

Flavonoid-tartalom

Az élelmiszeripar fontos alapanyagai a flavonoidok, mivel a színanyagok jelentős része ebbe a vegyületcsoportba tartozik. Antioxidáns tulajdonságuk révén mennyiségük kiemelt fontosságú. Élettani jelentőségüket tekintve a zsírok oxidációjának megakadályozásában van fontos szerepük (*Robards, 2003*).

A vizsgált genotípusok flavonoid-tartalma közötti különbséget a 18. táblázat mutatja be.

Jól látható, hogy hasonlóan az összpolicifanol-tartalomhoz, a flavonoidok mennyisége is 2017-ben volt a legnagyobb (33,67 mg CE/100 g) a genotípusok átlagában, ugyanakkor a 2015-ös (12,09 mg CE/100 g) és 2016-os (12,93 mg CE/100 g) év között nem mutatkozott jelentős különbség.

2015-ben szignifikáns különbséggel ($p=0,05$ szinten) a *Liberio* genotípusnál mértünk nagyobb flavonoid-tartalmat ($20,47\pm 0,78$ mg CE/100 g), míg legkevesebb mennyiséget a *Chioggia* tájfajtánál detektáltunk ($5,28\pm 1,11$ mg CE/100 g).

A kísérlet második évében a *Chioggia* fajtánál igen kis mennyiségben találtunk flavonoidokat a vizsgált répatestekben, mely statisztikailag is igazolt különbség volt a többi genotípushoz képest ($0,62\pm 0,15$ mg CE/100 g). A flavonoidok mennyisége valószínűleg a színanyagok mennyiségével is összefüggésben van, melyre *Pearson*-féle korrelációs analízissel rávilágítottunk kísérletünkben (lásd később a 21-23. táblázatokat).

18. táblázat: A flavonoid-tartalom mennyisége a vizsgált év és genotípus függvényében
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Flavonoid-tartalom (mg CE/100 g)			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Libero</i>	20,47±0,78 ^a	8,30±0,76 ^{ef}	28,80±0,70 ^c	19,19
<i>Cylindra</i> *	13,03±2,05 ^b	21,63±1,82 ^c	34,55±0,75 ^b	23,07
<i>Rubin</i>	10,77±1,16 ^b	10,10±1,19 ^e	–	10,44
<i>Detroit 2</i>	10,90±0,61 ^b	9,52±1,52 ^{ef}	–	10,21
<i>Chioggia</i>	5,28±1,11 ^c	0,62±0,15 ^g	–	2,95
<i>Bonel</i>	–	28,00±1,34 ^a	35,25±2,00 ^b	31,63
<i>Larka</i>	–	13,59±1,37 ^d	29,65±2,31 ^c	21,62
<i>Akela</i>	–	7,81±0,82 ^f	42,05±2,64 ^a	24,93
<i>Belushi F₁</i>	–	7,53±1,38 ^f	25,90±0,82 ^d	16,72
<i>Zeppo F₁</i>	–	10,30±1,67 ^e	29,60±1,92 ^c	19,95
<i>Camaro F₁</i>	–	13,20±0,94 ^d	30,30±1,34 ^c	21,75
<i>Carillon</i> *	–	12,50±1,16 ^d	36,80±1,17 ^b	24,65
<i>Lomako</i> *	–	25,00±1,16 ^b	43,80±1,96 ^a	34,40
Genotípusok átlagában	12,09±5,20	12,93±7,53	33,67±5,87	
SzD_{5%}	1,01	0,58	0,91	
<i>Chioggia nélkül</i>	13,79±4,28	13,96±6,89	–	

* hengeres répatestű genotípus

Nagyobb mennyiséget a *Bonel* (28,00±1,34 mg CE/100 g) és a *Lomako* (25,00±1,16 mg CE/100 g) fajták esetén mértünk, melyek szignifikáns eltérést mutattak a többi genotípushoz képest (p=0,05 szinten).

Megállapítható, hogy a genotípusok átlagában legnagyobb flavonoid-tartalmat a harmadik vizsgálati évben (2017) mértünk. Legkevesebb mennyiséget a *Belushi F₁* hibridnél mértünk (25,90±0,82 mg CE/100 g), míg közel kétszeres értéket mutatott a *Lomako* (43,80±1,96 mg CE/100 g) és az *Akela* (42,05±2,64 mg CE/100 g) genotípus.

Az évek átlagában a *Lomako* és a *Bonel* fajták tűntek ki nagyobb flavonoid-tartalommal (>30 mg CE/100 g), míg legkevesebb mennyiséget a *Chioggia* fajtán kívül a *Detroit 2* és a *Rubin* genotípusok mutattak (<11 mg CE/100 g).

Guldiken et al. (2016) 26 mg CE/100 g flavonoid-tartalmat mértek nyers céklában, míg szakirodalmak 6,15 mg CE/100 g (*Babarykin* et al., 2019) és 9,25 mg CE/100 g (*Chhikara* et al., 2019) flavonoid mennyiségről számolnak be, ami elérheti az

50 mg CE/100 g-ot is (*Bhagwat et al.*, 2014). Az általunk vizsgált hagyományos vörös genotípusoknál az évek átlagában 10-34 mg CE/100 g közötti mennyiségeket detektáltunk.

A *Bonel*, az *Akela*, a *Larka*, a *Libero* és a *Cylindra* fajtáknál nagyobb flavonoid-mennyiséget mértünk, mint korábbi évjáratban vizsgált egyedeknél (*Rubóczki et al.*, 2015). Ez alól kivétel volt a *Rubin* és a *Detroit 2* genotípusok, melyek flavonoid-tartalma csökkenést mutatott (*Rubóczki et al.*, 2015).

Nitrát-tartalom

Élelmiszer-egészségügyi szempontból fontos ismerni a zöldségnövények nitrát-tartalmát, amit elsősorban a nagy mennyiségű nitrát szervezetre gyakorolt káros hatása indokol.

A termesztett zöldségek nitrát-tartalmát többek között befolyásolja a fajta, a termesztéstechnológia, a tápanyag-utánpótlás, a klimatikus tényezők, valamint a fényintenzitás. Amint a gyökérszöldségek többsége, úgy a cékla is hajlamos lehet a túlzott nitrát-felhalmozódásra. Ennek oka lehet genetikailag meghatározott, de emellett további ok lehet, ha a nitrogén nagy mennyiségben áll rendelkezésre vagy korlátozott fényviszonyok mellett történik a betakarítás.

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) hivatalos oldalán közzétettek szerint a leveles zöldségekre, úgymint a salátára és spenótra megállapított határértékek 2000 és 4500 mg/kg közöttiek (I12). A jogszabályban (1881/2006 EK rendelet) a céklára nincs konkrét határérték megállapítva (*Szigeti*, 2010; I13), azonban az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) felmérése szerint a cékla répatest nitrát-tartalma 1100 mg/kg középérték körül változik, ami akár elérheti a 4000 mg/kg-os értéket is (EFSA, 2008).

A vizsgált genotípusok nitrát-mennyiségét a *19. táblázat* mutatja be.

Jól látható, hogy a vizsgált két év között kismértékű volt az eltérés a genotípusok átlagában, azonban 2016-ban nagyobb nitrát-tartalmat mértünk a legtöbb genotípus esetében.

Megállapítható, hogy 2016-ban a *Libero* fajta nitrát-tartalma szignifikánsan eltért a többi genotípusnál mért értéktől ($1931 \pm 150,50$ mg/kg), ugyanakkor legkevesebb nitrát mennyiséget a hibridek (*Belushi F₁*, *Zeppo F₁*, *Camaro F₁*) mutattak (598-869 mg/kg).

19. táblázat: A nitrát-tartalom mennyiségének alakulása az év és genotípus függvényében (Debrecen, 2016-2017)

Genotípus	Nitrát-tartalom (mg/kg)		Évek átlagában
	2016	2017	
<i>Libero</i>	1931±150,50 ^a	889±119,03 ^{bcd}	1410
<i>Cylindra*</i>	1516±102,89 ^b	890±156,07 ^{bcd}	1203
<i>Bonel</i>	1155±74,33 ^c	800±162,85 ^{cd}	978
<i>Larka</i>	1563±63,55 ^b	1139±133,15 ^b	1351
<i>Akela</i>	1224±107,13 ^c	310±48,00 ^e	767
<i>Belushi F₁</i>	598±66,02 ^e	769±123,60 ^d	684
<i>Zeppo F₁</i>	869±61,46 ^d	665±60,17 ^d	767
<i>Camaro F₁</i>	757±72,57 ^{de}	922±103,36 ^{bcd}	839
<i>Carillon*</i>	1060±94,78 ^c	1053±170,20 ^{bc}	1056
<i>Lomako*</i>	1652±168,22 ^b	2146±214,75 ^a	1899
Genotípusok átlagában	1233±421,88	958±472,40	
SzD_{5%}	55,18	74,19	

* hengeres répatestű genotípus

Feltehetőleg a hibridek előállításánál kiemelt szempont volt, hogy a nitrát akkumuláló-képesség mérsékeltebb legyen. Ezen túlmenően fontos, hogy a répatest alakja szabályos legyen és kedvező beltartalmi értékkel rendelkezzen.

2017-ben a legnagyobb nitrát-tartalmat a *Lomako* hengeres genotípus mutatta (2146±214,75 mg/kg), amely szignifikáns különbség volt a többi vizsgált genotípus értékéhez képest. Emellett 1000-1200 mg/kg közötti értéket mérünk a *Larka* (1139±133,15 mg/kg) és a *Carillon* (1053±170,20 mg/kg) genotípusoknál. Megállapítható továbbá, hogy a többi genotípus nitrát-tartalma nem érte el az 1000 mg/kg-os értéket, ami megfelelőnek számít.

A két év átlagát tekintve megállapítható, hogy legnagyobb nitrát mennyiséget a *Lomako* hengeres típus halmozott fel (1899 mg/kg), azonban ez a mennyiség is határérték alatt maradt. Legkevesebb nitrát-tartalmat a hibridek mellett az *Akela* (767 mg/kg) és a *Bonel* (978 mg/kg) fajták mutattak.

Szopińska – Gawęda (2013) 2815 mg/kg nitrát-tartalmat mért a hagyományos termesztésből származó egyedeknél az évek átlagában, ugyanakkor *Wruss et al.* (2015) jelentős különbségekről számolnak be az általuk vizsgált cékla genotípusok nitrát-tartalmára vonatkozóan (565-4626 mg/kg), ami megerősíti a kísérletünk eredményeit.

Korábbi kísérletben a *Bonel*, az *Akela*, a *Larka*, a *Liberio* és a *Cylindra* genotípusok megközelítőleg 700-850 mg/kg közötti nitrát-mennyiséget mutattak (Rubóczki et al., 2015), ami legtöbb esetben még kevesebb, mint a kísérletünkben vizsgált egyedek értékei (767-1410 mg/kg).

Céklalé nitrát-tartalmát vizsgálva 1678-1755 mg/kg értékről számolnak be kutatók (Bazaria – Kumar, 2016).

Összefoglaló értékelés a beltartalmi paraméterek alakulásáról

A cékla termesztése történhet friss fogyasztásra vagy konzervipari alapanyagként való felhasználásra. A két különböző cél eltérő minőséget igényel. Friss fogyasztásnál fontosak a morfológiai tulajdonságok (szabályos répatest alak, vékony talpgyökér), ezen túlmenően az egyöntetű, intenzív vörös belsőszín, nagyobb vízdoldható szárazanyag (édes íz) és a fajra jellemző földes íz mérsékelt jelenléte.

Ezzel szemben konzervipari célra a színanyag-tartalom mellett, másodlagos jelentőséggel bír a vízdoldható szárazanyag-tartalom mennyisége, mivel bizonyos feldolgozási módnál (szárítmány készítése) a nagyobb szénhidrát-mennyiség zavaróan hat (barnulást okoz), azaz rontja a késztermék színét.

A fajtaválasztáshoz a termesztési célnak megfelelően a morfológiai paraméterek mellett kiemelt szerepet kapnak a beltartalmi tulajdonságok. Ennek értékeit mutatja be a 20. táblázat a vizsgálati évek átlagában.

Megállapítható, hogy a gömbölyű répatestű fajták közül a *Bonel* és az *Akela* mutatott kiváló minőséget az évek átlagában. Továbbá megállapítható, hogy igen jó értékeket ért el a legtöbb tulajdonságban a *Larka* genotípus is. Ezek a fajták kiváló friss salátakeverékek alapanyagai lehetnek a nagy mennyiségű bioaktív anyagaik révén.

A hengeres répatestű fajtákat tekintve a *Lomako* genotípus mutatott kiváló értékeket betanin-, vulgaxantin-, összpolicifenol- és flavonoid-tartalomra, míg a *Carillon* genotípus az összes szárazanyag-, vízdoldható szárazanyag- és mérsékelt nitrát-tartalmát, valamint a BC/BX arányát tekintve volt kiemelkedő. Ennek nyomán megállapítható, hogy a *Lomako* genotípus teljesíti a fajtakövetelményeket szárítmány előállításához, mivel a nagyobb színanyag-tartalom mellé alacsonyabb vízdoldható szárazanyag (cukor)-tartalom párosul.

20. táblázat: A cékla genotípusok beltartalmi tulajdonságainak alakulása az évek átlagában

Paraméter	Össz. sz.a.	Vízold. sz.a.	Betainin	Vulga-xantin	BC/BX	Össz. polif.	Flavo-noid	Nitrát
Mértékegys. /genotípus	(%)	(Brix%)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	-	(mg GAE /100 g)	(mg CE /100 g)	(mg/kg)
<i>Libero</i>	7,85	7,64	23,75	24,12	1,02	97,93	19,19	1410
<i>Cylindra*</i>	11,42	8,87	26,44	30,77	1,01	115,51	23,07	1203
<i>Rubin</i>	10,76	8,98	21,37	15,94	1,33	78,05	10,44	–
<i>Detroit 2</i>	9,86	9,74	14,46	13,61	1,14	69,07	10,21	–
<i>Chioggia</i>	11,10	8,33	0,52	0,80	0,67	26,58	2,95	–
<i>Bonel</i>	11,06	9,17	24,79	32,12	0,77	141,75	31,63	978
<i>Larka</i>	8,40	7,70	27,72	29,46	0,97	105,40	21,62	1351
<i>Akela</i>	11,01	9,73	25,31	29,43	0,87	111,45	24,93	767
<i>Belushi F₁</i>	9,86	10,09	19,83	24,11	0,91	89,65	16,72	684
<i>Zeppo F₁</i>	10,35	9,19	23,21	29,49	0,82	108,65	19,95	767
<i>Camaro F₁</i>	10,74	8,65	25,08	27,85	0,97	110,50	21,75	839
<i>Carillon*</i>	11,55	8,57	31,61	32,86	1,00	119,25	24,65	1056
<i>Lomako*</i>	9,75	7,02	38,11	45,05	0,85	147,00	34,40	1899

* hengeres répatestű genotípus

A hibrideket vizsgálva az évek átlagában megállapítható, hogy legtöbb esetben a *Camaro F₁* mutatott kedvezőbb értékeket a beltartalmi paramétereknél, míg legkevesebb bioaktív anyagot a *Belushi F₁* hibridnél mértünk.

Fajtakülönlegességeként vizsgáltuk a *Chioggia* genotípust, melynél nem kaptunk nagy értékeket a bioaktív anyagokra, ez részben a genetikai tulajdonságok miatt alakulhatott így. Ez a fehér-vörös csíkos genotípus főként hidegtalak készítésénél lehet különlegesség.

A bioaktív anyagok közötti kapcsolat vizsgálata

Kutatások rámutattak a cékla különböző komponenseinek mennyisége közötti kapcsolatra, melyet kísérletünkben *Pearson*-féle korrelációs mátrix segítségével elemeztünk. Értékeltek többek között az összes szárazanyag-, összes polifenol-, flavonoid-, betanin-, vulgaxantin-, BC/BX arány és nitrát-tartalom közötti kapcsolat alakulását a különböző vizsgálati években. Ennek eredményeit a 21-23. táblázatok korrelációs mátrixa mutatja be.

Jól látható, hogy a kísérlet mindhárom évében erős pozitív kapcsolatot találtunk az összpolicfenol és flavonoidok mennyisége között ($r=0,932$; $r=0,953$ és $r=0,917$). Ennek magyarázata, hogy a flavonoidok a fenolos vegyületek közé tartoznak, így szintézisük összefüggésben van.

Hasonlóan szoros összefüggést találtunk a két színanyag mennyisége között ($r=0,975$), ami azzal magyarázható, hogy bioszintézisük egyazon anyagból (*betalainsav*) indul ki. A pozitív kapcsolat ugyanígy igazolódott a 2016-os és 2017-es években is ($r=0,933$ és $r=0,848$). Továbbá, ezt erősíti meg több kísérlet eredménye is (*Takács-Hájos – Rubóczki, 2012; Rubóczki et al., 2015*).

21. táblázat: Összefüggés-vizsgálat a cékla bioaktív anyagai között

(Debrecen, 2015, $n=15$)

Paraméter	Össz. szá. (%)	Összpolifen. (mg GAE /100 g)	Flavonoid (mg CE/100 g)	Betanin (mg/100 g)	Vulgaxantin (mg/100 g)	BC/BX
Összes szárazanyag (%)	-	-0,601	-0,722	-0,391	-0,471	-0,061
Összpolifenol (mg GAE/100 g)		-	0,932	0,874	0,858	0,684
Flavonoid (mg CE/100 g)			-	0,779	0,827	0,491
Betanin (mg/100 g)				-	0,975	0,760
Vulgaxantin (mg/100 g)					-	0,620
BC/BX						-

22. táblázat: Összefüggés-vizsgálat a cékla bioaktív anyagai között

(Debrecen, 2016, n=39)

Paraméter	Össz. szá. (%)	Összpolifen. (mg GAE /100 g)	Flavonoid (mg CE /100 g)	Betanin (mg/100 g)	Vulgaxan. (mg/100 g)	BC/BX	nitrát
Összes szárazanyag (%)	-	0,486	0,340	0,255	0,342	-0,255	-0,413
Összpolifenol (mg GAE /100 g)		-	0,953	0,533	0,680	-0,701	0,196
Flavonoid (mg CE/100 g)			-	0,506	0,655	-0,672	0,254
Betanin (mg/100 g)				-	0,933	-0,456	0,603
Vulgaxan. (mg/100 g)					-	-0,725	0,560
BC/BX						-	-0,390
nitrát							-

23. táblázat: Összefüggés-vizsgálat a cékla bioaktív anyagai között

(Debrecen, 2017, n=30)

Paraméter	Össz. szá. (%)	Összpolifen. (mg GAE /100 g)	Flavonoid (mg CE/100 g)	Betanin (mg/100 g)	Vulgaxan. (mg/100 g)	BC/BX	nitrát
Összes szárazanyag (%)	-	0,488	0,440	-0,144	-0,130	-0,059	-0,292
Összpolifenol (mg GAE /100 g)		-	0,917	0,552	0,405	0,379	0,351
Flavonoid (mg CE/100 g)			-	0,520	0,514	0,123	0,335
Betanin (mg/100 g)				-	0,848	0,489	0,837
Vulgaxan. (mg/100 g)					-	-0,044	0,826
BC/BX						-	0,203
nitrát							-

Jól látható, hogy a két színanyag, az összpolicfenol és a flavonoidok mennyisége között szintén pozitív kapcsolat áll fenn, ez azonban az évek között jelentős eltérést mutat. Szoros összefüggés a kísérlet első évében állapítható meg, amikor az összpolicfenol és *betanin*, valamint a *vulgaxantin* között $r=0,874$, illetve $r=0,858$ volt a korreláció értéke. Korábbi kutatásokban szintén pozitív korrelációt ($r=0,757$) találtak összpolicfenol és betanin mennyisége között (Takács-Hájos, 1999).

Ehhez hasonlóan alakult a flavonoid és a színanyagok közötti kapcsolat ($r=0,779$, valamint $r=0,827$). A 2016-os és 2017-es években ez az összefüggés gyengébb volt ($r=0,506-0,655$) ezen bioaktív anyagok mennyisége között. Ez valószínűleg az eltérő hőmérséklet alakulásával magyarázható.

A hidegtűrő növényfajok közé tartozik a cékla is, ezáltal a répatest vastagodásának idejétől a betakarításig az alacsonyabb hőmérséklet ($< 25\text{ °C}$) kedvezően hat a bioaktív anyagainak alakulására. 2015-ben a vegetáció utolsó harmadában 5 napon 35 °C feletti értékeket is detektáltunk, míg 2016-ban és 2017-ben a 35 °C feletti érték csak 0-2 napra korlátozódott. Feltehetőleg ez a magyarázata, hogy a színanyag és egyéb bioaktív anyagok felhalmozódása között eltérő összefüggést állapítottunk meg.

Megállapítható továbbá, hogy a színanyagok és a nitrát mennyisége között pozitív korreláció áll fenn, azaz a színanyag mennyiségének növekedésével párhuzamosan nő a nitrát mennyisége. Ennek magyarázata lehet, hogy a két színanyag (betanin és *vulgaxantin*) a *betalainok* csoportjába tartozik, amelyek nitrogént tartalmazó vegyületek (Kujala et al., 2002; Azeredo et al., 2009; Esquivel, 2016).

Jól látható, hogy a 2017-es évben szorosabb összefüggés volt megfigyelhető a *betanin*, a *vulgaxantin* és a nitrát mennyisége között ($r=0,837$ és $r=0,826$), mint a 2016-os évben ($r=0,603$ és $r=0,560$). Ez a különbség szintén a klimatikus tényezők változásával hozható összefüggésbe.

4.3. Érzékszervi bírálatok értékelése

Friss fogyasztásra, valamint konzervipari alapanyagként történő felhasználásra egyaránt fontos a répatestek érzékszervi bírálatokkal történő minősítése. Ezáltal megállapítható a kettévágott répatest belső színintenzitása, fehérgyűrűsségének mértéke, valamint az íze. Kísérletünkben pontozással értékeltük a vörös szín intenzitását (1-től 5-ig terjedő skálán) és egyöntetűségét.

A színintenzitást meghatározó vegyületek jelentős része a háncsrészben található és csak kevés mennyiség fordul elő a farészben, ami a világos gyűrűk láthatóságát okozhatja. Ezt 1-től 3-ig terjedő skálán pontértékekkel jellemeztünk (lásd a 3. táblázatban).

A korszerű és egészséges táplálkozásban kiemelt szerepet kap a zöldségfélék nyers fogyasztása, így fontos a répatestek nyers állapotú érzékszervi bírálata. Meghatározó az alapanyag íze friss saláták készítésénél, melyet a fűszerezés csak kismértékben módosít. Ezzel szemben a feldolgozott termékeknél a hőhatás, valamint a felöntőlevek összetétele a nyersanyag eredeti ízét jelentős mértékben elfedi.

A cékla földes ízét a gyökerekkel szimbiózisban élő mikroorganizmusok által termelt vegyületek okozzák. Ennek előfordulását a fajta genetikai tulajdonságai mellett a talajtani tényezők is jelentősen meghatározzák, úgymint a termőterület talajának levegőtlensége. Kísérletünk célja volt, hogy az édes íz mértéke mellett, a földes ízt okozó *geozmin* jelenlétét is meghatározzuk (1-től 5-ig terjedő skálán).

Belső szín intenzitása

A nyersanyag minősítésénél kiemelt szerepet kap a répatest belső színe és annak egyöntetűsége. Ennek kialakulását a genetikai tulajdonságokon túlmenően a termesztési mód is jelentősen meghatározza. Az egyenetlen vízellátás és a túlzott nitrogén adagok csökkentik a színintenzitást és növelik a fehérgyűrűség mértékét, azaz a farészben lévő színyanyagok mennyisége kisebb a háncsrészhez képest.

A répatestek ilyen irányú bírálatának eredményeit a 24. táblázat mutatja be.

Jól látható, hogy az évek között nem volt jelentős eltérés a genotípusok átlagában, azonban a 2016-os év értéke kiemelkedett (4,27) a 2015-ös és 2017-es évekhez képest (3,92 és 3,94). Ez valószínűleg a 2016-ra jellemző kedvezőbb időjárási körülmények miatt alakulhatott így, ugyanis ebben az évben kiegyenlítettebb volt a hőmérséklet a tenyészidőszak folyamán.

24. táblázat: A répatestek belső színének alakulása a genotípus és az év függvényében
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Belső szín (1-5)*			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	4,90±0,22 ^a	4,60±0,22 ^{ab}	4,40±0,42 ^a	4,63
<i>Libero</i>	4,20±0,27 ^b	4,60±0,42 ^{ab}	3,80±0,45 ^{bcd}	4,20
<i>Cylindra</i> **	3,80±0,45 ^{bc}	3,80±0,45 ^d	4,40±0,22 ^a	4,00
<i>Rubin</i>	3,30±0,57 ^c	4,10±0,55 ^{bcd}	–	3,70
<i>Detroit 2</i>	3,40±0,65 ^c	4,20±0,45 ^{abcd}	–	3,80
<i>Larka</i>	–	4,40±0,42 ^{abc}	4,00±0,35 ^{abc}	4,20
<i>Akela</i>	–	4,70±0,45 ^a	4,30±0,45 ^{ab}	4,50
<i>Belushi F₁</i>	–	4,30±0,27 ^{abcd}	3,10±0,22 ^e	3,70
<i>Zeppo F₁</i>	–	4,00±0,35 ^{cd}	3,60±0,42 ^{cde}	3,80
<i>Camaro F₁</i>	–	3,90±0,22 ^{cd}	3,30±0,45 ^{de}	3,60
<i>Carillon</i> **	–	3,90±0,42 ^{cd}	4,20±0,27 ^{ab}	4,05
<i>Lomako</i> **	–	4,70±0,27 ^a	4,30±0,45 ^{ab}	4,50
Genotípusok átlagában	3,92±0,73	4,27±0,47	3,94±0,57	
SzD_{5%}	0,27	0,14	0,15	

* 1 – piros → 5 – mély bordó

** hengeres répatestű genotípus

A kísérlet első évében a *Bonel* és a *Libero* belső színintenzitása volt kiemelkedő (4,90 és 4,20), míg a többi fajtánál 3,00 és 4,00 közötti értékeket állapítottunk meg.

2017-ben a *Cylindra*, a *Camaro F₁* és a *Carillon* kivételével 4,00 feletti értékeket ért el a többi genotípus. A maximum értéket (5,00) leginkább az *Akela*, a *Lomako*, a *Bonel* és a *Libero* fajták közelítették meg (4,60-4,70).

A kísérlet harmadik évében jó értékeket kapott a *Bonel*, a *Cylindra*, az *Akela* és a *Lomako* fajta (4,30-4,40), míg legkevésbé intenzív vörös répatestet a hibridek (*Belushi F₁*, *Zeppo F₁*, *Camaro F₁*) mutattak (3,10-3,60).

Az évek átlagában legjobb értéket a *Bonel* fajta ért el (4,63), valamint az *Akela* és a *Lomako* genotípusok belső színének intenzitása volt kiemelkedő (4,50 és 4,50). Ezek a fajták friss fogyasztásra és konzervipari feldolgozásra is kiválóan alkalmasak.

A *Bonel* és a *Libero* fajtáknál korábbi években is igen jó belső színintenzitást állapítottunk meg (Takács-Hájos et al., 2004; Takács-Hájos – Rubóczki, 2012). A *Cylindra* (3,00-5,00) és a *Rubin* (3,50-5,00) színének intenzitása nagy különbségeket

mutat az eltérő évjáratokban (Takács-Hájos et al., 2004; Takács-Hájos – Rubóczki, 2012; Rubóczki – Takácsné Hájos, 2018).

Fehérgyűrűsség mértéke

A répatest belső színének egyöntetűségét a fehérgyűrűsség mértékének 1-től 3-ig terjedő pontozásával értékeltük (25. táblázat). Ezen tulajdonság jelentős mértékben genetikailag kódolt. A fajta-előállításnál ennek kiemelt szerepe van, melynek manifesztálódásában (megnyilvánulás) meghatározóak a termesztési körülmények.

25. táblázat: A répatestek fehérgyűrűsségének mértéke (Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Fehérgyűrűsség (1-3)*			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	2,80±0,45 ^a	2,20±0,27 ^{bc}	2,70±0,27 ^a	2,57
<i>Libero</i>	2,50±0,35 ^a	2,40±0,22 ^{abc}	2,20±0,27 ^{abc}	2,37
<i>Cylindra**</i>	2,30±0,45 ^{ab}	2,20±0,45 ^{bc}	2,40±0,55 ^{ab}	2,30
<i>Rubin</i>	1,80±0,45 ^b	2,30±0,45 ^{bc}	–	2,05
<i>Detroit 2</i>	1,90±0,42 ^b	2,20±0,27 ^{bc}	–	2,05
<i>Larka</i>	–	2,30±0,27 ^{bc}	2,20±0,45 ^{abc}	2,25
<i>Akela</i>	–	2,60±0,22 ^{ab}	2,50±0,35 ^a	2,55
<i>Belushi F₁</i>	–	2,50±0,35 ^{ab}	1,80±0,27 ^c	2,15
<i>Zeppo F₁</i>	–	2,30±0,27 ^{bc}	1,90±0,42 ^{bc}	2,10
<i>Camaro F₁</i>	–	2,00±0,35 ^c	1,80±0,27 ^c	1,90
<i>Carillon**</i>	–	2,20±0,45 ^{bc}	2,20±0,27 ^{abc}	2,20
<i>Lomako**</i>	–	2,80±0,27 ^a	2,30±0,45 ^{abc}	2,55
Genotípusok átlagában	2,26±0,54	2,33±0,36	2,20±0,44	
SzD_{5%}	0,25	0,12	0,15	

* 1 – fehérgyűrűs → 3 – egyöntetű belső szín

** hengeres répatestű genotípus

A különböző évjáratok között a 2016-os év szélsőségektől mentes hőmérsékleti viszonyai kedvezőek voltak (2,33). A hibrideknél ezen tulajdonság tekintetében sok esetben alacsonyabb értékeket kaptunk, ami a genotípusok fokozott érzékenységre utal a szélsőséges hőmérsékleti értékekkel szemben. Ezt mutatják a 2017-ben megállapított fehérgyűrűsségre vonatkozó értékek is (1,80-1,90), míg a konstans fajták esetében a

Bonel és az *Akela* genotípusoknál ugyanezen paraméterre 2,70, illetve 2,50-es értéket, azaz csaknem teljes fehérgyűrű-mentességet állapítottunk meg.

A vizsgálati évek átlagában megállapítható, hogy legnagyobb (3-hoz legközelebbi) értéket a gömbölyű répatestű fajták között a *Bonel* és az *Akela* mutatta (2,57 és 2,55), míg a hengeres típusok közül a *Lomako* belső szín egyöntetűsége volt a legjobb (2,55).

A *Cylindra* (1,00-3,00) és a *Rubin* (2,00-3,00) belső színének egyöntetűsége nagy különbségeket mutat eltérő évjáratokban (*Takács-Hájos* et al., 2004; *Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012; *Rubóczki – Takácsné Hájos*, 2018). A *Bonel*, az *Akela* és a *Larka* fajták azonban kiegyenlítettebb színegyöntetűséget mutattak korábbi kísérletekben is (*Takács-Hájos – Rubóczki*, 2012).

Íz értékelése

A cékla ízének értékelése főként azon nyersanyagnál kiemelkedő, amely friss fogyasztásra kerül. Ezen paraméter kialakulását meghatározza a vízdoldható szárazanyag-tartalom (főként cukrok) mennyisége, valamint az előforduló földes íz mértéke. Kísérletünkben e két paraméterre alkotott összbenyomást értékeltük 1-től 5-ig terjedő skálán (26. táblázat).

Megállapítható, hogy az évjáratok között jelentős különbség van a fajták átlagában, azaz a 2015-ös év kiemelkedő hőmérsékleti hatása kedvezőtlenül hatott a répatestek ízére (2,90). Ezzel szemben a 2016-os év kiegyenlített hőmérsékleti körülménye jobb minőségű cékla előállítását tette lehetővé (3,59), melynél a földes íz mértéke csak mérsékelten volt jelen.

Ha az évek átlagát tekintjük, a fajták között is jelentős volt a különbség. Friss fogyasztásra is alkalmas jó minőségű nyersanyagot a gömbölyű típusú *Akela* és *Bonel* fajták termesztésénél kaptunk (4,00). A hengeres típusúak közül a *Carillon* érdemel kiemelést (3,95), amelynek ízanyagai csak némileg maradtak el a legjobb gömbölyű típusúakhoz képest.

Kísérletünkben a *Chioggia* csíkos genotípus erősen földes íze miatt kevésbé volt kedvelt a nyers formában történő értékelésnél. Ez a tájfajta jelentős mértékű *geozmint* tartalmaz, ami genetikailag igazolt tulajdonság (*Lu* et al., 2003; *Freidig – Goldman*, 2014).

26. táblázat: A répatestek ízének alakulása a genotípus és az év függvényében
(Debrecen, 2015-2017)

Genotípus	Íz (1-5)*			Évek átlagában
	2015	2016	2017	
<i>Bonel</i>	3,60±0,42 ^a	3,70±0,27 ^{bc}	4,70±0,27 ^a	4,00
<i>Libero</i>	3,30±0,27 ^{ab}	3,90±0,22 ^{ab}	3,60±0,42 ^b	3,60
<i>Cylindra</i> **	3,10±0,22 ^b	3,80±0,27 ^{ab}	4,60±0,22 ^a	3,83
<i>Rubin</i>	2,50±0,35 ^c	3,20±0,45 ^{cd}	–	2,85
<i>Detroit 2</i>	3,40±0,42 ^{ab}	3,80±0,27 ^{ab}	–	3,60
<i>Chioggia</i>	1,50±0,35 ^d	2,30±0,45 ^e	–	1,90
<i>Larka</i>	–	3,10±0,42 ^d	4,00±0,35 ^b	3,55
<i>Akela</i>	–	4,30±0,27 ^a	3,70±0,27 ^b	4,00
<i>Belushi F₁</i>	–	3,60±0,22 ^{bcd}	3,00±0,35 ^c	3,30
<i>Zeppo F₁</i>	–	3,40±0,42 ^{bcd}	2,50±0,35 ^d	2,95
<i>Camaro F₁</i>	–	3,50±0,50 ^{bcd}	2,10±0,42 ^d	2,80
<i>Carillon</i> **	–	4,30±0,27 ^a	3,60±0,42 ^b	3,95
<i>Lomako</i> **	–	3,80±0,45 ^{ab}	2,10±0,42 ^d	2,95
Genotípusok átlagában	2,90±0,79	3,59±0,61	3,39±0,96	
SzD_{5%}	0,19	0,13	0,14	

* 1 – erősen földes íz, kesernyés utóíz → 5 – édes, földes íztől mentes

** hengeres répatestű genotípus

A *Bonel* genotípus kellemes ízével korábbi években történő érzékszervi bírálat során is kiemelkedett (Takács-Hájos et al., 2004; Takács-Hájos – Rubóczki, 2012). Ezzel ellentétben, az *Akela* és a *Larka* (Takács-Hájos – Rubóczki, 2012), valamint a *Libero* és a *Cylindra* fajták ízértékei közepesen földes ízre vagy mellékízre utalnak korábbi kísérletekben történő értékelés alapján. Leginkább azonban a *Rubin* fajta ízértékei (2,63-4,50) változtak a különböző évjáratokban (Takács-Hájos et al., 2004; Takács-Hájos – Rubóczki, 2012; Rubóczki – Takácsné Hájos, 2018).

Összefoglaló értékelés az érzékszervi bírálatok alakulásáról

Az érzékszervi bírálat eredménye a cékla friss fogyasztásra, illetve feldolgozásra történő felhasználásánál egyaránt fontos szempont. Ennek értékeit a vizsgált genotípusoknál a 27. táblázat mutatja be az évek átlagában.

27. táblázat: A cékla genotípusok érzékszervi bírálatának alakulása az évek átlagában

Paraméter	Belső szín	Fehérgyűrűsség	Íz
Mértékegys./ genotípus	(1-5)	(1-3)	(1-5)
<i>Bonel</i>	4,63	2,57	4,00
<i>Libero</i>	4,20	2,37	3,60
<i>Cylindra*</i>	4,00	2,30	3,83
<i>Rubin</i>	3,70	2,05	2,85
<i>Detroit 2</i>	3,80	2,05	3,60
<i>Chioggia</i>	–	–	1,90
<i>Larka</i>	4,20	2,25	3,55
<i>Akela</i>	4,50	2,55	4,00
<i>Belushi F₁</i>	3,70	2,15	3,30
<i>Zeppo F₁</i>	3,80	2,10	2,95
<i>Camaro F₁</i>	3,60	1,90	2,80
<i>Carillon*</i>	4,05	2,20	3,95
<i>Lomako*</i>	4,50	2,55	2,95

* hengeres répatestű genotípus

Megállapítható, hogy a gömbölyű répatestű *Bonel* és *Akela* értékei mindhárom paraméter esetén kiemelkednek. Ezen fajtáknál a fehérgyűrűktől mentes, intenzív vörös belső szín és a kellemes íz (édes, földes íztől mentes) megléte egyaránt teljesül.

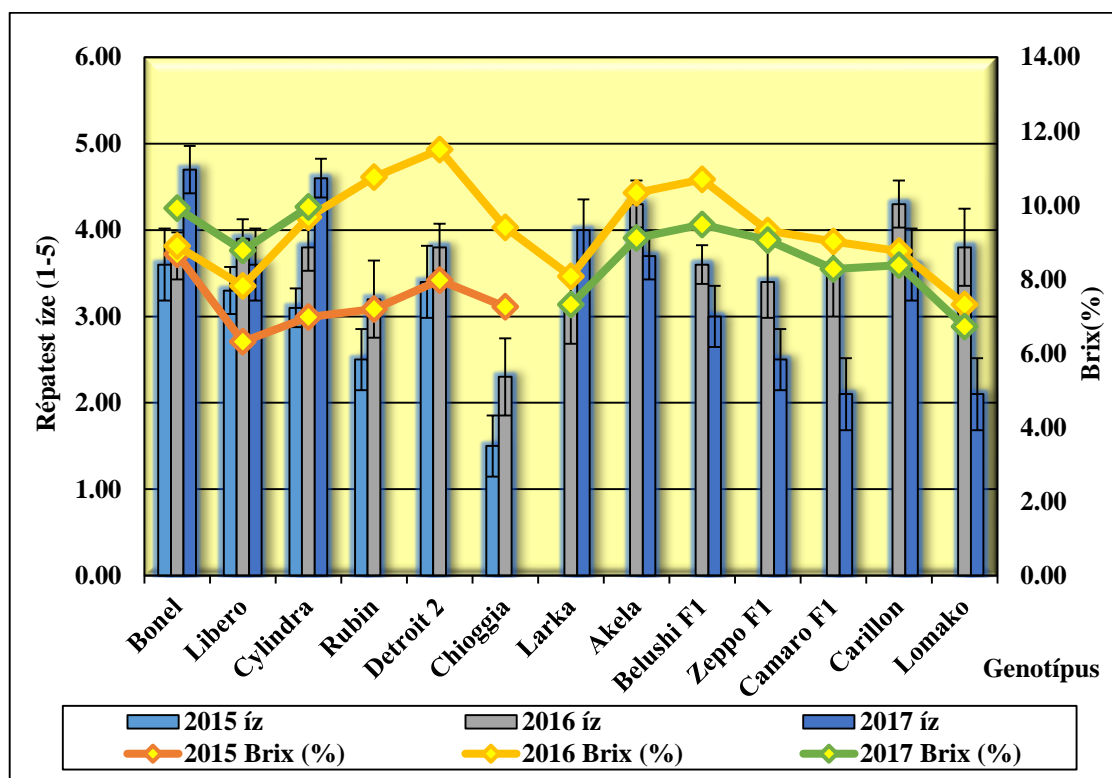
A hengeres genotípusoknál a *Lomako* belső színe, míg a *Carillon* kellemes, édes íze miatt volt kiemelkedő.

Az évek átlagában a *Belushi F₁* mutatott kedvezőbb belső színintenzitást és egyöntetűséget, valamint erre a hibridre volt kevésbé jellemző a földes utóíz jelenléte.

Kísérletünkben a *Chioggia* genotípus nem mutatott kedvező ízértéket, így ez a fajta főként hidegtálak díszítéshez ajánlható.

Az íz és a vízdoldható szárazanyag-tartalom közötti összefüggések

Kísérletünkben próbáltunk párhuzamot vonni a vízdoldható szárazanyag-tartalom és a répatest ízének alakulása között. Ennek eredményeit a 15. ábra mutatja be.



15. ábra: A répatestek ízének és vízdoldható szárazanyag-tartalmának alakulása (Debrecen, 2015-2017)

Megállapítható, hogy csak $r=0,086-0,480$ összefüggést kaptunk a különböző fajták és évek vonatkozásában, amely arra utal, hogy a vízdoldható szárazanyag-tartalom (főként cukrok) mellett, minőségrontó paraméterek (geozmin) is jelen voltak, amely az íz értékelésénél zavaróan hatott. Tehát egy nagyobb cukor-tartalommal rendelkező répatest alacsonyabb pontértéket kapott az íz meghatározásánál, ha annak földes utóízét is lehetett érezni.

Jól látható, hogy a *Rubin*, a *Detroit 2* és a *Chioggia* mellett a hibridek (*Belushi F₁*, *Zeppo F₁*, *Camaro F₁*) kiemelkedő Brix értékéhez képest igen nagy különbséget mutatott az ízanyagok értékelése során megállapított érték. Ez feltehetőleg az *Actinomyces* fajok jelenlétével van összefüggésben, amelyek *geozmin*-t termelve ronthatják a répatest ízértékeit (erősen földes utóíz).

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A cékla jelentős zöldségnövényünk, melyet széleskörű felhasználhatósága még inkább előtérbe helyez. Elsősorban konzervipari felhasználása terjedt el hazánkban, ahol leginkább savanyúság készül belőle. Emellett azonban egyre nagyobb teret nyer a légyártás, illetve a szárítmány-előállítás.

Külföldön már régóta elterjedt a cékla friss fogyasztása, mely nemcsak a répatestre, hanem a levélre is kiterjed. Ma már hazánkban is egyre fontosabb a friss fogyasztásra történő termesztés, melynél a répatest és a levélzet jelentősége egyaránt kiemelkedő, így a kísérlet során nagy hangsúlyt kapott a levelek értékelése is.

A genetikai háttér mellett, az évjáráthatásnak is igen komoly szerepe van a morfológiai paraméterek alakulásában.

A rentábilis termesztést jelentősen meghatározzák a környezeti tényezők, a termesztés-technológia, valamint a fajtaválasztás. Fontos a felhasználási célnak megfelelő genotípus kiválasztása, mely amellett, hogy az adott területen jól termeszthető, a piaci igényeket teljes mértékben kielégíti, legyen az friss fogyasztás vagy feldolgozóipar (konzerválás, festékanyag vagy táplálék-kiegészítő termék előállítása).

Kísérletünkben 13 genotípust vizsgáltunk, melyek között 6 gömbölyű és 3 hengeres répatestű fajta, valamint 3 hibrid és 1 különleges, csíkos répatestű tájfajta szerepelt. Ezek felhasználhatóságára kívántunk választ adni, melyhez megvizsgáltuk a morfológiai paramétereiket, továbbá analitikai méréseket és érzékszervi bírálatokat végeztünk.

A friss fogyasztásra szánt cékla termesztéséhez a gyors növekedésű, kisebb lombozatú, intenzív vastagodású gömbölyű répatestű genotípusok a kedvezőbbek, melyek akár a tenyészidő felénél (60. nap körül) is felszedhetők.

Legjobb morfológiai tulajdonságokat a *Larka* és az *Akela* fajták mutattak. A *Bonel* és a *Libero* genotípusoknál ugyan az elvárt gömbölyded alak nem mindig teljesült, azonban a kisebb lombozat és az intenzív répatest vastagodás lehetővé teszi a friss fogyasztásra történő termesztést.

Friss fogyasztásnál fontosak a morfológiai tulajdonságok mellett (szabályos répatest alak, vékony talpgyökér) az érzékszervi szempontok is (egyöntetű, intenzív vörös belsőszín, az édes íz és a fajra jellemző földes íz mérsékelt jelenléte vagy hiánya). Megállapítottuk, hogy a gömbölyű répatestű *Bonel* és *Akela* értékei kiválóak, tehát az intenzív vörös belső szín, a fehérgyűrű-mentesség és a kellemes íz egyaránt teljesültek.

Továbbá, kísérletünkben vizsgáltuk a beltartalmi paraméterek alakulását is, melyek meghatározzák az adott fajta táplálkozási értékét. Megállapítottuk, hogy a *Bonel*, az *Akela* és a *Larka* genotípusok kiválóak friss salátakeverékekhez, mivel nagy mennyiségben tartalmaznak bioaktív anyagokat.

A feldolgozóiparban a szeletelt készítmények előállításához a hengeres típusok a kedvezőek, mivel a közel azonos átmérőjű szeletek mutatósabbak a termék előállításánál. Kísérleteink azt mutatták, hogy a *Lomako* belső színintenzitása, míg a *Carillon* kellemes, édes íze miatt volt kiemelkedő. Mindkét fajta esetén kedvező lombozat-répatest arányt kaptunk az évek átlagában.

A cékla szárítmány alapanyagánál a színanyag-tartalom mellett, nagy jelentősége van a vízdoldható szárazanyag-tartalom mennyiségének is, mivel ennél a feldolgozási módnál a nagyobb szénhidrát-mennyiség zavaróan hat (barnulást okoz), ezzel rontva a késztermék színét. Kísérletünkben megállapítottuk, hogy a *Lomako* genotípus szárítmány előállításához megfelel, mivel a nagyobb színanyag-tartalom mellé alacsonyabb vízdoldható szárazanyag (cukor)-tartalom társult.

A céklalé gyártása egyre nagyobb jelentőséggel bír, mint önálló termék vagy gyümölcslevek komponense (pl. alma-cékla). Az erre a célra előállított alapanyagnál fontos a nagy színanyag- és cukor-tartalom, valamint a földes utóízről való mentesség. Ezekben a tulajdonságokban a *Bonel* és az *Akela* fajták emelkedtek ki kiváló értékekkel.

Különleges céklafajtaként került vizsgálatra a vörös-fehér csíkos *Chioggia*, amely kiváló lehetőséget adhat hidegtálak készítésére nyers formában (szeletelve). A répatest keresztmetszetén látható fehér-piros koncentrikus körök egyedi megjelenést biztosítanak a vékony szeletekre vágott készítménynél, amely kiváló esztétikai értéket ad a tálalásnál. Ez a genotípus a hagyományos egyöntetű belsőszínű fajtákhoz képest sokkal gyengébb színanyag- és cukor-tartalommal rendelkezik. Ezt a fajtát a felhasználáshoz a tenyészidő 60. napján célszerű betakarítani, mivel ekkor még kisebb a rost-tartalma, könnyebben szeletelhető és kedvezőbb a nyers felhasználásra. A tenyészidő végére a répatestek durvább szöveti szerkezetet, azaz a hagyományos genotípusokhoz képest gyengébb minőséget mutattak. További kísérletek szükségesek ahhoz, hogy tavaszi vetésben, rövid tenyészidő mellett hogyan alakulnak a gazdasági értékmérő tulajdonságai.

A cékla termesztésében többnyire konstans fajtákat alkalmaznak, melyek szaporítóanyaga poligerm (többcsírás), azaz még koptatott vetőmag mellett is gyakran

tőszámbeállítást igényel. Az utóbbi évtizedekben megjelentek a hibridek is a köztermesztésben.

A kísérletünkben vizsgált három hibridnél (*Belushi F₁*, *Zeppo F₁*, *Camaro F₁*) a morfológiai tulajdonságokban a *Zeppo F₁* volt a legjobb, míg beltartalmi paraméterekben a *Camaro F₁* mutatott kedvező értékeket. Emellett a *Belushi F₁* kapott legjobb értéket az érzékszervi bírálaton (egyöntetű belsősín, földes íz mérsékelt jelenléte) a vizsgált hibridek között.

Összességében megállapítható, hogy a vizsgált hibridek beltartalomban és bioaktív anyagaikban (polifenolok, flavonoidok) csak közepes vagy gyengébb értékeket mutattak a legtöbb hagyományos (konstans) fajtához képest. A gyengébb beltartalmi értékek és a lényegesen nagyobb vetőmagár a magyarázata annak, hogy jelenleg a hagyományos fajtákból célszerű választani szaporítóanyagot a termesztéshez.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1.) Mészlepedékes csernozjom talajon, 13 genotípussal végzett kísérlet alapján megállapítottuk, hogy a répatetek vörös színanyag (betanin) tartalmának alakulása korrelációs kapcsolatot mutatott ($r=0,653$) az összpolicifenolok mennyiségével.

2.) Kísérletünkben erős pozitív kapcsolatot állapítottunk meg az összpolicifenol és flavonoidok mennyisége között ($r=0,934$). Hasonlóan szoros összefüggést kaptunk a két színanyag (betanin és vulgaxantin) alakulására is ($r=0,919$).

3.) Kísérletünkben a legjobb értékeket adó genotípusoknál (*Lomako*, *Bonel*) összpolicifenol-tartalomra 141 és 147 mg GAE/100 g közötti értékeket mértünk az évek átlagában, ami meghaladja a szakirodalomban közölt 100 mg GAE/100 g körüli értéket.

4.) A flavonoidok mennyisége a legjobb színintenzitást mutató genotípusoknál (*Lomako*, *Bonel*) 31 és 34 mg CE/100 g között alakult. Ez az összefüggés a flavonoidok és a sárga színanyagok közötti korrelációs kapcsolattal ($r=0,665$) is bizonyított.

5.) Ezek nyomán megállapítható, hogy a cékla színanyag-tartalma jelentős mértékben meghatározza annak táplálkozásbiológiai értékét.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1.) Megállapítottuk, hogy a hagyományos fajták között a gömbölyű répatestű *Bonel*, *Akela* és *Larka* értékei a legjobbak az évek átlagában, azaz teljesül az intenzív vörös belső szín, a fehérgyűrű-mentesség és a kellemes íz egyaránt. Emellett ezen fajták morfológiai tulajdonságaikban és beltartalmi értékeikben is kiemelkedtek, így táplálkozás-élettanilag kedvező hatásaik révén kiválóak friss salátakeverékekhez.

2.) Kísérleteinkben megállapítottuk, hogy a *Lomako* belső színintenzitása, míg a *Carillon* kellemes, édes íze miatt volt kiemelkedő, emellett kedvező lombozat-répatest arányt mutattak az évek átlagában, így feldolgozóipari felhasználásra, szeletelt készítmények előállításához kiválóak.

3.) Kísérleteink azt mutatták, hogy a *Lomako* genotípus szárítmány előállításához szintén kiváló lehet, mivel a nagyobb színanyag-tartalom mellett alacsonyabb vízoldható szárazanyag (cukor)-tartalmat mértünk az évek átlagában.

4.) A céklalé gyártás céljából előállított alapanyagnál fontos a nagy színanyag- és cukor-tartalom, valamint a földes utóízről való mentesség. Megállapítottuk, hogy körülményeink között a *Bonel* és az *Akela* fajták emelkedtek ki ezekben a tulajdonságokban.

5.) Különleges céklafajtaként került vizsgálatra a vörös-fehér csíkos *Chioggia* tájfajta. Megállapításra került, hogy ez a genotípus a hagyományos egyöntetű belsőszínű fajtákhoz képest sokkal gyengébb színanyag- és cukor-tartalommal rendelkezik, azonban kiváló lehetőséget adhat hidegtálak készítéséhez nyers formában (szeletelve).

6.) A hagyományos (konstans) fajták mellett megjelentek a hibridek is a köztermesztésben. Kísérletünkben három új hibridet (*Belushi F₁*, *Zeppo F₁*, *Camaro F₁*) vizsgáltunk, melyeknél megállapítottuk, hogy morfológiai tulajdonságokban a *Zeppo F₁* volt a legjobb, míg beltartalmi paraméterekben a *Camaro F₁* mutatott kedvező értékeket. Emellett a *Belushi F₁* kapott legjobb értéket az érzékszervi bírálaton (egyöntetű belsőszín, földes íz mérsékelt jelenléte) a vizsgált hibridek között.

7.) Összességében megállapítható, hogy a vizsgált hibridek beltartalomban és bioaktív anyagaikban (polifenolok, flavonoidok) gyengébb értékeket mutattak a legtöbb hagyományos (konstans) fajtához képest. A gyengébb beltartalmi értékek és a lényegesen nagyobb vetőmagár miatt, jelenleg célszerű a hagyományos fajtákból választani szaporítóanyagot a termesztéshez.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A cékla világszerte ismert és széleskörben termesztett zöldségnövény, melyet friss vagy feldolgozott formában is fogyaszthatunk. Bár régóta termesztett növény, számottevő mennyiségben csak az elmúlt évtizedekben kezdték fogyasztani, miután kutatások bizonyították jelentős antioxidáns hatását, melyet főként színanyagainak köszönhetünk. A cékla bioaktív anyagainak ígéretes eredményei az egészségmegőrzésben, lehetőséget adnak funkcionális élelmiszerekben történő felhasználásukra (*Babarykin et al., 2019*).

Jelenleg a leggyakoribb feldolgozási módok a konzerv- és légyártás, valamint a céklapor előállítás. Ez utóbbi feldolgozás biztosít természetes színanyagot (E162 jelzéssel) az élelmiszer-, gyógyszer- (táplálék-kiegészítő termékek) és kozmetikai ipar részére. Hazánkban legnagyobb mennyiségben konzerválásra kerül az ősszel betakarított cékla, azonban mára megnőtt az igény a légyártásra, a szárítmány-előállításra (chips), valamint a friss cékla fogyasztására is.

Mindezek alapján igen fontos elősegíteni a cékla nagyobb mennyiségben történő termesztését és szélesebb körű felhasználását hazánkban is. A szakirodalomban főként feldolgozott céklára található információkat bioaktív anyagok mennyiségéről, azonban kevés a fajtákra vonatkozó adat.

Kísérletünk célja volt hagyományos (konstans) fajták, hibridek és egy különleges cékla genotípus (tájfajta) morfológiai és beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata. Emellett célunk volt rávilágítani a genotípusok közötti különbségekre, ehhez érzékszervi bírálatot is végeztünk, mely alapján ajánlást tudunk adni az élelmiszeripari felhasználhatóságukra.

A szabadföldi kísérleteket a Debreceni Egyetem, AKIT-DTTI Arborétum-Bemutatókertjében végeztük 2015 és 2017 között. A három évben 9 fajtát (6 gömbölyű és 3 hengeres), 3 hibridet és egy különleges genotípust (tájfajtát) vizsgáltunk másodtermesztésben (június vége – július eleji vetés). A kísérletet mészlepedékes csernozjom talajon végeztük, a genotípusokat randomizált blokk elrendezésben vetettük el, 3 ismétlésben. A betakarítás és mintavétel október közepén történt.

A morfológiai paraméterek vizsgálata során meghatároztuk a levéltömeget és levélhosszúságot, továbbá a répatetek tömegét, hosszát és átmérőjét, melyek hányadosából alakindexet számoltunk (hossz/átmérő). A beltartalmi mutatók között vizsgáltuk a répatetek összes- és vízdoldható szárazanyag-tartalmát, valamint a színanyag-, összpolicifenol- flavonoid- és nitrát mennyiségét. Az érzékszervi bírálatoknál belsőszín intenzitást, fehérgyűrűsséget és a répatet ízét értékeltük.

Morfológiai paraméterek alakulása

Friss fogyasztásra szánt cékla termesztéséhez a gyors növekedésű, kisebb lombozatú, intenzív répatest vastagodással jellemezhető gömbölyded répatestű genotípusok a kedvezőbbek. Kísérletünkben a gömbölyű típusú *Larka* és *Akela* fajták mutattak legjobb értékeket a lombozat (37,10-38,95 cm; 50,40-58,00 g) és a répatest alakulására (232,30-232,50 g; 0,99-1,06-es alakindex).

Megállapítható, hogy a *Liberio* és a *Bonel* genotípusoknál az elvárt gömbölyded alak nem mindig teljesült (1,10-1,29), azonban a kisebb lombozat (68,80-81,13 g) és az intenzív répatest vastagodás lehetővé teszi a friss fogyasztásra előállított cékla termesztését.

A hengeres genotípusok közül kedvező lombozat-répatest arányt mutatott a *Carillon* genotípus, mely kiváló lehet szeletelt készítmények előállítására. A *Lomako* genotípus lombozat-répatest aránya szintén kedvezően alakult, egyedül a répatest tömege volt jelentősen kisebb (162,00 g), mely kisebb szeletek előállítását teszi lehetővé.

A hibrideknél megállapítható, hogy a *Zeppo F₁* értéke volt kiemelkedő minden morfológiai paraméter esetén.

Kísérletünkben a *Rubin* és a *Detroit 2* gömbölyű típusok nem bizonyultak perspektivikus fajtának, így ezen genotípusok termesztése elsősorban házikerti termesztésre ajánlható.

A *Chioggia* genotípusnál jelentős levéltömeget állapítottunk meg (139,70 g), valamint az alakindexnél lapos répatest alakot kaptunk (0,81).

Kísérletünkben *Pearson*-féle korrelációs együtthatót számoltunk három morfológiai paraméterre. Megvizsgáltuk a levélhossz, levéltömeg, illetve a répatest tömege közötti összefüggést. Szorosabb összefüggést a levélhossz és a levéltömeg alakulása mutatott a különböző évjáratokban ($r=0,747$; $r=0,727$; $r=0,739$). Korreláció figyelhető meg a levéltömeg és a répatest tömege között is, melyet az évjárathatás kis mértékben befolyásolhat ($r=0,566$; $r=0,680$ $r=0,589$).

Bioaktív anyagok mennyiségének alakulása

A cékla termesztése történhet friss fogyasztásra vagy konzervipari alapanyagként való felhasználásra. Friss fogyasztásnál fontosak a morfológiai tulajdonságok (szabályos répatest alak, vékony talpgyökér), ezen túlmenően az egyöntetű, intenzív vörös belsőszín, nagyobb vízdoldható szárazanyag (édes íz) és a fajra jellemző földes íz mérsékelt jelenléte.

Ezzel szemben konzervipari célra a színanyag-tartalom mellett, másodlagos jelentőséggel bír a vízdoldható szárazanyag-tartalom mennyisége, mivel bizonyos feldolgozási módnál (szárítmány készítése) a nagyobb szénhidrát-mennyiség zavaróan hat (barnulást okoz), azaz rontja a késztermék színét. A fajtaválasztáshoz a termesztési célnak megfelelően a morfológiai paraméterek mellett kiemelt szerepet kapnak a beltartalmi tulajdonságok.

Megállapítható, hogy a gömbölyű répatestű fajták közül a *Bonel* és az *Akela* mutatott kiváló minőséget az összes szárazanyag- (11,06 és 11,01%), vízdoldható szárazanyag- (9,17 és 9,73%), színanyag- (56,91 és 54,74 mg/100 g), összpolicifenol- (141,75 és 111,45 mg GAE/100 g) és flavonoid-tartalomra (31,63 és 24,93 mg CE/100 g). Emellett mérsékelt nitrát-tartalmat mértünk (978 és 767 mg/kg) az évek átlagában. Továbbá megállapítható, hogy igen jó értékeket ért el a legtöbb tulajdonságban a *Larka* genotípus is. Ezek a fajták friss salátakeverékek kiváló alapanyagai lehetnek a nagy mennyiségű bioaktív anyagaiknak köszönhetően.

A hengeres répatestű fajtákat tekintve a *Lomako* genotípus mutatott kiváló értékeket betanin- (38,11 mg/100 g), vulgaxantin- (45,05 mg/100 g), összes policifenol- (147,00 mg GAE/100 g) és flavonoid-tartalomra (34,40 mg CE/100 g), míg a *Carillon* genotípus az összes szárazanyag- (11,55%), vízdoldható szárazanyag- (8,57%) és mérsékelt nitrát-tartalmát (1056 mg/kg), valamint BC/BX arányát tekintve volt kiemelkedő (1,00). Ennek nyomán a *Lomako* genotípus szárítmány előállításához is javasolható, mivel a nagyobb színanyag-tartalom (83,16 mg/100 g) mellé alacsonyabb vízdoldható szárazanyag-tartalom (7,02%) társult.

A hibrideket vizsgálva az évek átlagában megállapítható, hogy legtöbb esetben a *Camaro F₁* mutatott kedvezőbb értékeket a beltartalmi paramétereknél, míg legkevesebb bioaktív anyagot a *Belushi F₁* hibridnél mértünk.

Fajtakülönlegességként vizsgáltuk a *Chioggia* genotípust, melynél nem kaptunk nagy értékeket a bioaktív anyagokra, amely a genetikai tulajdonságaival magyarázható. Ennek a fehér-vörös csíkos genotípusnak főként hidegtálak készítésénél lehet kiemelt jelentősége.

Kutatások rámutattak a céklában megtalálható jelentősebb bioaktív anyagok közötti kapcsolatra, melyet kísérletünkben *Pearson*-féle korrelációs mátrix segítségével elemeztünk. Értékeltek többek között az összes szárazanyag-, összes policifenol-, flavonoid-, betanin-, vulgaxantin- és nitrát-tartalom közötti összefüggés alakulását a

különböző vizsgálati években. Megállapítható, hogy erős pozitív kapcsolat van az összpolicifenol és flavonoidok mennyisége között ($r=0,932$; $r=0,953$ és $r=0,917$).

Hasonlóan szoros összefüggést kaptunk a két színanyag mennyisége között ($r=0,975$; $r=0,933$ és $r=0,848$), ami azzal magyarázható, hogy bioszintézisük egyazon vegyületből, a *betalamsavból* indul ki.

A két színanyag, az összpolicifenol és a flavonoidok mennyisége között szintén pozitív kapcsolat áll fenn, ez azonban az évek között jelentős eltérést mutat. A kísérlet első évében (2015) az összpolicifenol és betanin, valamint a vulgaxantin között $r=0,874$, illetve $r=0,858$ volt a korreláció értéke. Ehhez hasonlóan alakult a flavonoid és a színanyagok közötti kapcsolat is ($r=0,779$, valamint $r=0,827$). A 2016-os és 2017-es években ez az összefüggés gyengébb volt ($r=0,405-0,680$) ezen bioaktív anyagok mennyisége között. Ez valószínűleg az évjáráthatással magyarázható.

Érzékszervi bírálatok alakulása

A cékla friss fogyasztásra, illetve feldolgozásra történő felhasználásánál egyaránt fontos szempont az érzékszervi bírálat.

Megállapítható, hogy a gömbölyű répatestű *Bonel* és *Akela* értékei mindhárom paraméter esetén kiemelkedtek. Ezen fajtáknál a fehérgyűrűktől mentes, intenzív vörös belső szín és a kellemes íz (édes, földes íztől mentes) megléte egyaránt teljesült. A hengeres genotípusoknál a *Lomako* belső színe (4,50), míg a *Carillon* kellemes, édes íze miatt volt kiemelkedő (3,95). Az évek átlagában a hibridek között a *Belushi F₁* mutatott kedvezőbb belső színintenzitást (3,70) és egyöntetűséget (2,15), valamint erre a hibridre volt kevésbé jellemző a földes utóíz jelenléte (3,30). Kísérletünkben a *Chioggia* genotípus nem mutatott kedvező ízértéket.

Összességében megállapítható, hogy a genotípusok között jelentős különbségek vannak mind morfológiai, mind pedig beltartalmi mutatókban, melyet az évjáráthatás nagymértékben befolyásol.

9. SUMMARY

The beetroot is well known and cultivated vegetable all around the world, which can be consumed either fresh or in processed form. Although it has been cultivated from a long time, it has only started to be consumed in significant quantities in recent decades, after researchers have shown its significant antioxidant effect, mainly due to its pigments. The promising results of their bioactive compounds in health protection give the opportunity for their use in functional foods (*Babarykin et al., 2019*).

At present, the most common forms of processing beetroot are canning, juice and powder production. The latter processing provides natural colorant (labeled as E162) to the food industry, the pharmaceutical (nutritional supplement products) and cosmetics industry. In Hungary the beetroot is mainly grown for canning purposes, but nowadays the demand for juice production, chips production and consumption of fresh beets has increased.

Based on the above, it is important to promote the growing and consumption of beetroot in Hungary as well. Mainly information about bioactive compounds of processed beetroot can be found, however, there is little information on the varieties.

The aim of our experiment was to investigate the morphological characteristics and bioactive compounds of beetroot cultivars, hybrids and a heirloom variety. In addition, our aim was to highlight the differences between genotypes, therefore, sensory evaluation was carried out. Based on it, recommendation can be made for their use in the food industry. Field experiments were conducted at the University of Debrecen Farm and Regional Research Institute, Botanical and Exhibition Garden between 2015 and 2017. Nine varieties (6 spherical and 3 cylindrical types), 3 hybrids and one heirloom variety was evaluated in second cultivation (with late June – early July sowing). The experiment was carried out on lowland chernozem soil. The genotypes were in a randomized block arrangement with 3 replicates. Harvesting and sampling were in mid-October.

The morphological parameters were determined by leaf weight and leaf length, as well as by the weight, length and diameter of the root, from which shape index was calculated (length/diameter). Bioactive compounds were measured in the root such as total and water-soluble dry matter, color, total polyphenol, flavonoid and nitrate content. The inner colour intensity, white ring and taste were evaluated by sensory methods.

Morphological parameters

Beetroot genotypes with fast growth, smaller foliage and intense root thickness are preferred to grow for fresh consumption. In our experiment, the spherical type *Larka* and *Akela* varieties showed the best values for the development of foliage (37.10-38.95 cm and 50.40-58.00 g) and root (232.30-232.50 g and 0.99-1.06 shape index).

It can be stated that in the case of *Libero* and *Bonel* genotypes the expected round shape was not always fulfilled (1.10-1.29), however, the smaller foliage (68.80-81.13 g) and the intense root thickening allows the cultivation of beets for fresh consumption.

Of the cylindrical genotypes, the *Carillon* genotype showed a favorable foliage-root ratio, which can be excellent for the preparation of sliced products. The foliage-root ratio of the *Lomako* genotype also developed favorably, except of the root weight which was much less (162.00 g), which allows only smaller slices to process.

In the case of hybrids, the *Zeppo F₁* value was the best for all morphological parameters.

In our experiment, the *Rubin* and *Detroit 2* spherical types were not promising varieties, therefore the cultivation of these genotypes is recommended mainly for home garden production.

Significant leaf weight (139.70 g) was found for the *Chioggia* genotype and a flat root shape was obtained for the shape index (0.81).

Pearson's correlation coefficient was calculated for three morphological parameters. The relationship between leaf length, leaf weight and root weight was investigated. There was a stronger correlation between leaf length and leaf weight in different years ($r = 0.747$; $r = 0.727$; $r = 0.739$). There is also a positive correlation between leaf weight and root weight, which can be slightly influenced by the year effect ($r = 0.566$; $r = 0.680$ $r = 0.589$).

Bioactive compounds content

Beetroot can be grown for fresh consumption or as a raw material for canning. Morphological characteristics (proper root shape, thin bottom root) are important for fresh consumption, in addition to the uniform, intense red color, the higher water soluble solids (sweet taste) and the moderate presence of species-specific earthy taste.

In contrast, for canning purposes, besides the colour content the water soluble solids content is also important, since in certain processing methods (dried products), the

higher carbohydrate content interferes (causes browning), which degrades the color of the product. In addition to morphological parameters, the amount of bioactive compounds play an important role in the selection of the variety.

It can be stated that *Bonel* and *Akela* showed excellent quality of total solids (11.06 and 11.01%), water soluble solids (9.17 and 9.73%), pigment (56.91 and 54.74 mg/100 g), total polyphenol (141.75 and 111.45 mg GAE / 100 g) and flavonoid content (31.63 and 24.93 mg CE / 100 g). In addition, moderate nitrate contents (978 and 767 mg/kg) were measured as an average of the years. Furthermore, it can be stated that the *Larka* genotype showed very good values in most of the bioactive compounds. These varieties can be excellent raw materials for fresh salad mixes due to their high bioactive compounds content.

Among the cylindrical types, the *Lomako* showed excellent values for betanin (38.11 mg/100 g), vulgaxanthin (45.05 mg/100 g), total polyphenol (147.00 mg GAE/100 g) and flavonoid content (34.40 mg CE/100 g), while the *Carillon* genotype contained more total solids (11.55%), water soluble solids (8.57%), and lower nitrate (1056 mg/kg). Besides, it had an excellent BC/BX ratio (1.00). The *Lomako* genotype can be recommended for dried product production, due to that it has showed higher colour content (83.16 mg/100 g) and lower water soluble solids content (7.02%) in the experiment.

In the case of hybrids, it can be stated that in most parameters *Camaro F₁* showed better values, while the least amount of bioactive compounds was measured in the *Belushi F₁* hybrid.

The *Chioggia* genotype as a special variety was investigated and it did not show high values for bioactive compounds, partly due to its genetic background. This white-red-striped genotype can play a major role in the preparation of cold dishes.

Researches have shown relationship between the main bioactive compounds of beetroot, which was analyzed in our experiment using Pearson's correlation matrix. The relationship between total dry matter, total polyphenol, flavonoid, betanin, vulgaxanthin, BC/BX and nitrate content among the different years were evaluated. There is a strong positive relationship between total polyphenol and flavonoids ($r = 0.932$; $r = 0.953$ and $r = 0.917$).

Similarly strong correlation was found between the two pigments ($r = 0.975$; $r = 0.933$ and $r = 0.848$), which can be explained by the fact that their biosynthesis starts from the same compound, the betalamic acid.

There is also a positive relationship between the two pigments, total polyphenol and flavonoids, but this varies significantly between years. Strong correlation was found in the first year of the experiment, when the correlations between total polyphenol and betanin and vulgaxanthin were $r = 0.874$ and $r = 0.858$, respectively.

Similarly, the relationship between flavonoid and pigments was observed ($r = 0.779$ and $r = 0.827$). In 2016 and 2017, this relationship was weaker ($r = 0.405$ - 0.680) between the amounts of these bioactive compounds. This is probably due to the different temperature values.

Sensory evaluation

The sensory evaluation is important not only in the use of beet for fresh consumption, but also of processing.

It can be stated that the spherical *Bonel* and *Akela* have excelled in all three parameters. The intense red color without white rings and the pleasant taste (sweet, without earthy taste) were fulfilled in these varieties. In the case of cylindrical genotypes, the *Lomako* excelled in inner color (4.50) while *Carillon* has showed the most pleasant taste (3.95). Among the hybrids, *Belushi F₁* showed more favorable inner color intensity (3.70) and uniformity (2.15), and this hybrid was less characterized by the presence of earthy aftertaste (3.30). In the experiment, the *Chioggia* genotype did not show favorable taste.

Finally, it can be stated that there are significant differences between the genotypes both in morphological parameters and in bioactive compounds content, which is greatly influenced by the year effect.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. **Abrankó L. – Dernovics M. – Fodor M. – Gyepes A. – Jókainé Szatura Zs. – Woller Á.: 2011.** Hagymányos, gyors és automatizált módszerek alkalmazása élelmiszerek kémiai vizsgálatára. Nemzeti Tankönyvkiadó. Online: www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0011_2A_3_modul/702/index.html
2. **Alonso, J.: 2007.** Tratado de fitofármacos y nutracéuticos. Corpus Editorial y distribuidora. Rosario, Argentina. 1144 p.
3. **Ashfield-Watt, P. A. L. – Pullin, C. H. – Whiting, J. M. – Clark, Z. E. – Moat, S. J. – Newcombe, R. G. – Burr, M. L. – Lewis, M. J. – Powers, H. J. – McDowell, I. F. W.: 2002.** Methylenetetrahydrofolate reductase 677C->T genotype modulates homocysteine responses to a folate-rich diet or a low-dose folic acid supplement: a randomized controlled trial. *Am. J. of C. Nutr.* 76(1):180-186.
4. **Attoe, E. L. – von Elbe, J. H.: 1981.** Photochemical degradation of betanine and selected anthocyanins. *J. of F. Sc.* 46(6):1934-1937.
5. **Azeredo, H. M. C.: 2009.** Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *Int. J. of F. Sc. and Techn.* 44(12):2365-2376.
6. **Azeredo, H. M. C. – Pereira, A. C. – Souza, A. C. R. – Gouveia, S. T. – Mendes, K. C. B.: 2009.** Study on efficiency of betacyanin extraction from red beetroots. *Int. J. of F. Sc. and Techn.* 44(12):2464-2469.
7. **Babarykin, D. – Smirnova, G. – Pundinsh, I. – Vasiljeva, S. – Krumina, G. – Agejchenko, V.: 2019.** Red beet (*Beta vulgaris*) impact on human health. *J. of Biosc. and Med.* 7(3):61-79.
8. **Bailey, S. J. – Winyard, P. – Vanhatalo, A. – Blackwell, J. R. – DiMenna, F. J. – Wilkerson, D. P. – Tarr, J. – Benjamin, N. – Jones, A. M.: 2009.** Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* 107(4):1144-1155.
9. **Bailey, S. J. – Fulford, J. – Vanhatalo, A. – Winyard, P. G. – Blackwell, J. R. – DiMenna, F. J. – Wilkerson, D. P. – Benjamin, N. – Jones, A. M.: 2010.** Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol.* 109(1):135-148.
10. **Baker, R. G. – Hayden, M. S. – Ghosh, S.: 2001.** NF-κB, inflammation, and Metabolic Disease. *Cell Metab.* 13(1):11-22.

11. **Baranski, R. – Goldman, I. – Nothnagel, T. – Scott, J. W.: 2016.** Improving color sources by plant breeding and cultivation. In: Handbook on natural pigments in food and beverages. Editors: *Carle, R. – Schweiggert, R. M.* Woodhead Publishing. 429-472. p.
12. **Bazaria, B. – Kumar, P.: 2016.** Compositional changes in functional attributes of vacuum concentrated beetroot juice. *J. of F. Proc. and Pres.* 40(6):1215-1222.
13. **Berzsenyi Z.: 2015.** Növénytermesztési kísérletek tervezése és értékelése. Agroinform Kiadó, Budapest. 587. p.
14. **Bhagwat, S. – Haytowitz, D. B. – Holden, J. M. (Ret.): 2014.** USDA Database for the flavonoid content of selected foods. Release 3.1. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Data Laboratory Home Page: www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80400535/Data/Flav/Flav_R03-1.pdf
15. **Biancardi, E. – Panella, L. W. – Lewellen, R. T. (Eds.): 2012.** Beta maritima. The Origin of Beets. Springer, New York. 294 p.
16. **Boivin, D. – Lomy, S. – Lord-Dufour, S. – Jackson, J. – Beauliou, E. – Cote, M. – Mograbi, A. – Barrette, S. – Gingas, D. – Beliveau, R.: 2009.** Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: A comparative study. *F. Chem.* 112(2):374-380.
17. **Bond, V. Jr. – Curry, B. H. – Adams, R. G. – Asadi, M. S. – Millis, R. M. – Haddad, G. E.: 2013.** Effects of dietary nitrates on systemic and cerebrovascular hemodynamics. *Cardiol. Res. Pract.* 1(1):435-629.
18. **Bradley, G. A. – Dyck, R. L.: 1967.** Yield and quality of table beets. *Ark. Farm Res.* 16(4):9.
19. **Bryan, N. S. – Pierini, C.: 2013.** Beet the odds. Harness the power of beets to radically transform your health. Neogenis, USA. 46 p.
20. **Butera, D. – Tesoriere, L. – Di Gaudio, F. – Bongiorno, A. – Allegra, M. – Pintaudi, A. M. – Kohen, R. – Livrea, M. A.: 2002.** Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *J. of Agr. and F. Chem.* 50(23):6895-6901.
21. **Cai, Y. – Sun, M. – Corke, H.: 2003.** Antioxidant activity of betalains from plants of the *Amaranthaceae*. *J. of Agric. and F. Chem.* 51(8):2288-2294.
22. **Casierra-Posada, F. – Pinto-Correa, J. R.: 2011.** Crecimiento de plantas de remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *Crosby Egipcia*) bajo coberturas de color. *Rev. Fac. Nal. Agr. Med.* 64(2):6081-6091.

23. **Cermak, N. M. – Gibala, M. J. – Van Loon, L. J. C.: 2012.** Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int. J. Sports Nutr. Exerc.* 22(1):64-71.
24. **Chew, S. C. – Loh, S. P. – Khor, G. L.: 2012.** Determination of folate content in commonly consumed Malaysian foods. *Int. F. Res. J.* 19(1):189-197.
25. **Chhikara, N. – Kushwaha, K. – Sharma, P. – Gat, Y. – Panghal, A.: 2019.** Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: a critical review. *F. Chem.* 272:192-200.
26. **Clifford, T. – Howatson, G. – West, D. J. – Stevenson, E. J.: 2015.** The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutr.* 7(4):2801-2822.
27. **Copeland, L. O. – McDonald, M. B.: 2001.** Principles of seed science and technology. Kluwer Academic Publishers, USA. 467 p.
28. **Crüger G. (szerk.): 2002.** Növényvédelem a zöldségtermesztésben. Eredeti mű: Pflanzenschutz im Gemüsebau. Ford.: *Erdeiné Dér Zs. – Glits M.* (2011). Mezőgazda Kiadó, Budapest. 197 p.
29. **Czapski, J. – Mikołajczyk, K. – Kaczmarek, M.: 2009.** Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of its betalain pigments. *Pol. J. of F. and Nutr. Sc.* 59(2):119-122.
30. **Csapody V.: 1961.** Színes Atlasz „Magyarország kultúrflórájáj”-hoz. In: Magyarország kultúrflórája, 10. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest. 40 p.
31. **Csikkel-Szolnoki A. – Takács-Hájos M. – Kiss A. S.: 2002.** Trace element content in table beet roots depending on varieties. *The 10th Int. Tr. El. Conf.* 4-6 July. 10 p.
32. **Das, S. – Williams, D. S. – Das, A. – Kukreja, R. C.: 2013.** Beet root juice promotes apoptosis in oncogenic MDA-MB-231 cells while protecting cardiomyocytes under doxorubicin treatment. *J. Exp. Second. Sci.* 2:1-6.
33. **Delchier, N. – Herbig, A.-L. – Rychlik, M. – Renard, C. M. G. C.: 2016.** Foliates in Fruits and Vegetables: Contents, Processing, and Stability. *Comp. Rev. in F. Sc. and F. S.* 15:506-528.
34. **Delgado-Vargas, F. – Jimenez, A. R. – Paredes-Lopez, O. – Francis, F. J.: 2000.** Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – Characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Crit. Rev. in F. Sc. and Nutr.* 40(3):173-289.
35. **Dhingra, D. – Michael, M. – Rajput, H.: 2012.** Dietary fibre in foods: A review. *J. of F. Sc. and Techn.* 49(3):255-266.

36. **Durge, A. V. – Sarkar, S. – Singhal, R. S.: 2013a.** Stability of anthocyanins as pre-extrusion colouring of rice extrudates. *Food Res. Int.* 50(2):641-646.
37. **Durge, A. V. – Sarkar, S. – Survase, S. A. – Singhal, R. S.: 2013b.** Impact of extrusion on red beetroot colour used as pre-extrusion colouring of rice flour. *Food Bioproc. Techn.* 6(2):570-575.
38. **Dworschák E.: 1985.** Élelmiszer-tápanyag. Amit a táplálkozásról tudni kell. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 141 p.
39. **El Gamal, A. A. – AlSaid, M. S. – Raish, M. – Al-Sohaibani, M. – Al-Massarani, S. M. – Ahmad, A. – Hefnawy, M. – Al-Yahya, M. – Basoudan, O. A. – Rafatullah, S.: 2014.** Beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract ameliorates gentamicin-induced nephrotoxicity associated oxidative stress, inflammation, and apoptosis in rodent model. *Mediat. Inflamm.* 2014:983-952.
40. **Esatbeyoglu, T. – Wagner, A. E. – Motafakkerazad, R. – Nakajima, Y. – Matsugo, S. – Rimbach, G.: 2014.** Free radical scavenging and antioxidant activity of betanin: Electron spin resonance spectroscopy studies and studies in cultured cells. *Food. Chem. Toxicol.* 73:119-126.
41. **Escribano, J. – Pedreño, M. A. – García-Carmona, F. – Muñoz, R.: 1998.** Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris* L. roots. *Phytochem Anal.* 9(3):124-127.
42. **Esquivel, P.: 2016.** Betalains. In: Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. Editors: Carle, R. – Schweiggert, R. M. Woodhead Publ., Elsevier. 81-99 p.
43. **Fehérvári-Póczik E.: 2006.** A cékla tápértéke és gyógyhatásai. *Kertészet és Szőlészet.* 55(7):29.
44. **Ferenczi, S.: 1955.** Tumorbehandlung mit roter Rübe. *Ztschr. Ges. Inn. Med. Grenzgebiete.* 10:1078-1080.
45. **Ferenczi, S.: 1957.** On the treatment of lung cancer with red beets. *Tuberkuloziz.* 10(5-6):117-118.
46. **Ferenczi, A.: 1959.** Treatment of tumours with red beet. *Ztschr. Ges. Inn. Med. Grenzgebiete.* 14(8):408-412.
47. **Ferenczi, A.: 1961.** Tumor treatment with red beets or with anthocyanin pigments. *Ztschr. Ges. Inn. Med. Grenzgebiete.* 16(10):437-439.
48. **Ferenczi, S.: 1970.** Rote Bete in der Zusatherapie bei Kranken mit Bösartigen Neubildungen. Heidelberg, Haug. 182 p.

49. **Figiel, A.: 2010.** Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *J. of Food Eng.* 98(4):461-470.
50. **Francis, G. W.: 2013.** Pigments. Thin-Layer (Planar) Chromatography. In: Encyclopedia of Separation Science. Academic Press, 2000. 3839-3850 p.
51. **Frank, T. – Stintzing, F. C. – Carle, R. – Bitsch, I. – Quaas, D. – Strass, G. – Netzel, M.: 2005.** Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans. *Pharmacol. Res.* 52(4):290-297.
52. **Freidig, A. K. – Goldman, I. L.: 2014.** Geosmin (2 β ,6 α -dimethylbicyclo[4.4.0]decan-1 β -ol) production associated with *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* is cultivar specific. *J. Agric. F. Chem.* 62(9):2031-2036.
53. **Frombaum, M. – Le Clanche, S. – Bonnefont-Rousselot, D. – Borderie, D.: 2012.** Antioxidant effects of resveratrol and other stilbene derivatives on oxidative stress and NO bioavailability: Potential benefits to cardiovascular diseases. *Biochimie.* 94(2):269-276.
54. **Gandía-Herrero, F. – Escribano, J. – García-Carmona, F.: 2005.** Betaxanthins as pigments responsible for visible fluorescence in flowers. *Planta* 222(4):586-593.
55. **Gandía-Herrero, F. – Escribano, J. – García-Carmona, F.: 2009.** The Role of Phenolic Hydroxy Groups in the Free Radical Scavenging Activity of Betalains. *J. Nat. Prod.* 72(6):1142-1146.
56. **Gennari, L. – Felletti, M. – Blasa, M. – Celeghini, C. – Corallini, A. – Ninfali, P.: 2011.** Total extract of *Beta vulgaris* var. *cicla* seeds versus its purified phenolic components: Antioxidant activities and antiproliferative effects against colon cancer cells. *Phytochem. Anal.* 22(3):272-279.
57. **Gentile, C. – Tesoriere, L. – Allegra, M. – Livrea, M. A. – D'Alessio, P.: 2004.** Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression. *An. of the New York Acad. of Sc.* 1028(1):481-486.
58. **Georgiev, V. G. – Weber, J. – Kneschke, E. M. – Denev, P. N. – Bley, T. – Pavlov, A. I.: 2010.** Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit dark red. *Plant Foods Hum. Nutr.* 65(2):105-111.
59. **Geshner, A. – Pastorino, U. – Plummer, S. M. – Manson, M. M.: 1998.** Suppression of tumor development by substances from the diet: Mechanisms and clinical implications. *Brit. J. of Clin. Pharmacol.* 45(1):1-12.

60. **Gilchrist, M. – Winyard, P. G. – Fulford, J. – Anning, C. – Shore, A. C. – Benjamin, N.: 2014.** Dietary nitrate supplementation improves reaction time in type 2 diabetes: Development and application of a novel nitrate-depleted beetroot juice placebo. *Nitr. Ox.* 40:67-74.
61. **Gimenez, C. – Otto, R. F. – Castilla, N.: 2002.** Productivity of leaf and root vegetable crops under direct cover. *Scient. Horticult.* 94(1-2):1-11.
62. **Gliszczyńska-Świgło, A. – Szymusiak, H. – Malinowska, P.: 2006.** Betanin, the main pigment of red beet - molecular origin of its exceptionally high free radical scavenging activity. *Food Addit. and Contam.* 23(11):1079-1087.
63. **Glits M. – Folk Gy.: 2000.** Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 582 p.
64. **Guldiken, B. – Toydemir, G. – Memis, K. N. – Okur, S. – Boyacioglu, D. – Capanoglu, E.: 2016.** Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) products: changes in antioxidant properties and bioaccessibility. *Int. J. of Mol. Sci.* 17(6):858.
65. **Hadnagy Á. – Tuza S. – Kristóf L.-né: 2001.** Cékla. In: Téli zöldségek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 94-96 p.
66. **Hatlestad, G. J. – Sunnadeniya, R. M. – Akhavan, N. A. – Gonzalez, A. – Goldman, I. L. – McGrath, J. M. – Lloyd, A. M.: 2012.** The beet R locus encodes a new cytochrome P450 required for red betalain production. *Nat. Genet.* 44(7):816-820.
67. **Hájas M.: 1976.** Gyökérezöldségek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 257 p.
68. **Henry, B. S.: 1996.** Natural Food Colours. In: Natural Food Colourants. *Hendry, G. A. F. – Houghton, J. D.* (Eds). Chapman, London. 40-79 p.
69. **Herbach, K. M. – Stintzing, F. C. – Carle, R.: 2004.** Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. *J. of F. Sc.* 69(6):C491-C498.
70. **Hobbs, D. A. – Goulding, M. G. – Nguyen, A. – Malaver, T. – Walker, C. F. – George, T. W. – Lovegrove, J. A.: 2013.** Acute ingestion of beetroot bread increases endothelium-independent vasodilation and lowers diastolic blood pressure in healthy men: A randomized controlled trial. *J. Nutr.* 143(9):1399-1405.
71. **Hobbs, D. A. – Kaffa, N. – George, T. W. – Methven, L. – Lovegrove, J. A.: 2012.** Blood pressure-lowering effects of beetroot juice and novel beetroot-enriched bread products in normotensive male subjects. *Brit. J. Nutr.* 108(11):2066-2074.

72. **Holb, I. (Szerk.): 2005.** A gyümölcsösök és a szőlő ökológiai növényvédelme. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 340 p.
73. **Hoppner, K. – Lambi, B. – Perrin, D. E.: 1972.** The free and total folate activity in foods available on the Canadian market. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment* 5(2):60-66.
74. **Hraskó I.-né – Tóthné Taskovics Zs.: 2011.** A gyökérzöldségek jelentősége. In: Gyökérzöldségek termesztése. Szerk.: Kovács A., Mezőgazda Kiadó, Budapest. 7-12 p.
75. **Huzsvai L.: 2012.** Statisztika gazdaságelemzők részére. Excel és R alkalmazások. Seneca Books. ISBN 978-963-08-5016-2 170 p.
76. **Ijyah, M. O. – Sophie, V. L. – Rakotomavo, H.: 2008.** Yield performance of four beetroot (*Beta vulgaris* L.) varieties compared with the local variety under open field conditions in Seychelles. *Agro-Science. J. of T. Agr., Food, Env. and Ext.* 7(2):139-142.
77. **Jajja, A. – Sutyarjoko, A. – Lara, J. – Rennie, K. – Brandt, K. – Qadir, O. – Siervo, M.: 2014.** Beetroot supplementation lowers daily systolic blood pressure in older, overweight subjects. *Nutr. Res.* 34(10):868-875.
78. **Joris, P. J. – Mensink, R. P.: 2013.** Beetroot juice improves in overweight and slightly obese men postprandial endothelial function after consumption of a mixed meal. *Atherosclerosis.* 231(1):78-83.
79. **Kannan, V.: 2011.** Extraction of bioactive compounds from whole red cabbage and beetroot using Pulsed Electric Fields and evaluation of their functionality. In: Dissertations & Theses in Food Sc. and Techn. P. 11.
80. **Kanner, J. – Harel, S. – Granit, R.: 2001.** Betalains – a new class of dietary cationized antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 49(11):5178-5185.
81. **Kaur, C. – Kapoor, H. C.: 2002.** Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int. J. of Food Sc. And Techn.* 37(2):153-161.
82. **Kapadia, G. J. – Tokuda, H. – Konoshima, T. – Nishino, H.: 1996.** Chemoprevention of lung and skin cancer by *Beta vulgaris* (beet) root extract. *Can. Let.* 100(1-2):211-214.
83. **Kapadia, G. J. – Azuine, M. A. – Sridhar, R. – Okuda, Y. – Tsuruta, A. – Ichiishi, E. – Mukainakec, T. – Takasakid, M. – Konoshimad, T. – Nishinoc, H. – Tokuda, H.: 2003.** Chemoprevention of DMBA-induced UV-B promoted, NOR-1-induced

- TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. *Pharmacol. Res.* 47(2):141-148.
84. **Kapadia, G. J. – Azuine, M. A. – Rao, G. S. – Arai, T. – Iida, A. – Tokuda, H.: 2011.** Cytotoxic effect of the red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract compared to doxorubicin (Adriamycin) in the human prostate (PC-3) and breast (MCF-7) cancer cell lines. *Anti -Cancer Agent Med. Chem.* 11(3):280-284.
 85. **Kapadia, G. J. – Rao, G. S. – Ramachandran, C. – Iida, A. – Suzuki, N. – Tokuda, H.: 2013.** Synergistic cytotoxicity of red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract with doxorubicin in human pancreatic, breast and prostate cancer cell lines. *J. Complement. Med.* 10(1):113-122.
 86. **Kapadia, G. J. – Rao, G. S.: 2013.** Anticancer Effects of Red Beet Pigments. In: Red Beet Biotechnology. *Neelwarne, B.* (Editor) Food and Pharmaceutical Applications. Springer, New York. 125-154 p.
 87. **Kapil, V. – Milsom, A. B. – Okorie, M. – Maleki-Toyserkani, S. – Akram, F. – Rehman, F. – Arghandawi, S. – Pearl, V. – Benjamin, N. – Loukogeorgaki, S. – Macallister, R. – Hobbs, A. J. – Webb, A. J. – Ahluwalia, A.: 2010.** Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: Role for nitrite-derived NO. *Hypertens.* 56(2):274-281.
 88. **Kathiravan, T. – Nadanasabapathi, S. – Kumar, R.: (2014).** Standardization of process condition in batch thermal pasteurization and its effect on antioxidant, pigment and microbial inactivation of Ready to Drink (RTD) beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice. *Int. Food Res. J.* 21(4):1305-1312.
 89. **Kähkönen, M. P. – Hopia, A. I. – Vuorela, H. J. – Rauha, J. P. – Pihlaja, K. – Kujala, T. S. – Heinonen, M.: 1999.** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47(10):3954-3962.
 90. **Kemble, J. M. – Meadows, I. – Jennings, K. – Walgenbach, J.: 2017.** Vegetable Crop Handbook for Southeastern United States. SEVEW Group, USA. 294 p.
 91. **Kelloff, G. J. – Crowell, J. A. – Steele, V. E. – Lubert, R. A. – Malone, W. A. – Boone, C. W. – Kopelovich, L. – Hawk, E. T. – Lieberman, R. – Lawrence, A. – Ali, I. – Viner, J. L. – Sigman, C. C.: 2000.** Progress in chemoprevention: Development of diet-derived chemopreventive agents. *J. of Nutr.* 130(2S Suppl):467S-471S.
 92. **Kezi, J. – Sumathy, J. H.: 2014.** Betalain – a boon to the food industry. *Discov.* 20(63):51-58.

93. **Kim, D. O. – Chun, O. K. – Kim, Y. J. – Moon, H. Y. – Lee, C. Y.: 2003.** Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem.*, 51(22):6509-6515.
94. **Koppányi M.: 1997.** A répafélék betegségei. In: Növényvédelem. Szerk.: *Glits M. – Horváth J. – Kuroli G. – Petróczi I.* Mezőgazda Kiadó, Budapest. 170-177 p.
95. **Kozma E.: 1997.** A répafélék kártevői. In: Növényvédelem. Szerk.: *Glits M. – Horváth J. – Kuroli G. – Petróczi I.* Mezőgazda Kiadó, Budapest. 177-183 p.
96. **Krajka-Kuźniak, V. – Paluszczak, J. – Szaefer, H. – Baer-Dubowska, W.: 2013.** Betanin, a beetroot component, induces nuclear factor erythroid-2-related factor 2-mediated expression of detoxifying/antioxidant enzymes in human liver cell lines. *Br. J. Nutr.* 110(12):2138-2149.
97. **Krajka-Kuźniak, V. – Szaefer, H. – Ignatowicz, E. – Adamska, T. – Baer-Dubowska, W.: 2012.** Beetroot juice protects against N-nitrosodiethylamine-induced liver injury in rats. *Food. Chem. Toxicol.* 50(6):2027-2033.
98. **Kugler, F. – Graneis, S. – Stintzing, F. C. – Carle, R.: 2007.** Studies on betaxanthin profiles of vegetables and fruits from the *Chenopodiaceae* and *Cactaceae*. *Z. Naturforsch. C* 62(5-6):311-318.
99. **Kujala, T. S. – Lopenen, J. M. – Klika, K. D. – Pihlaja, K.: 2000.** Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. *J. of Agr. and Food Chem.* 48(11):5338-5342.
100. **Kujala, T. S. – Lopenen, J. M. – Pihlaja, K.: 2001.** Betalains and phenolics in red beetroot (*Beta vulgaris*) peel extracts: extraction and characterisation. *Z. Naturforsch. C* 56(5-6):343-348.
101. **Kujala, T. S. – Vienola, M. S. – Klika, K. D. – Lopenen, J. M. – Pihlaja, K.: 2002.** Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars. *Eur. Food Res. Technol.* 214(6):505-510.
102. **Kujawska, M. – Ignatowicz, E. – Murias, M. – Ewertowska, M. – Mikołajczyk, K. – Jodynis-Liebert, J.: 2009.** Protective effect of red beetroot against carbon tetrachloride- and N-nitrosodiethylamine-induced oxidative stress in rats. *J. Agric. Food Chem.* 57(6):2570-2575.
103. **Lansley, K. E. – Winyard, P. G. – Bailey, S. J. – Vanhatalo, A. – Wilkerson, D. P. – Blackwell, J. R. – Gilchrist, M. – Benjamin, N. – Jones, A. M.: 2011a.** Acute

- dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43(6):1125-1131.
104. **Lansley, K. E. – Winyard, P. G. – Fulford, J. – Vanhatalo, A. – Bailey, S. J. – Blackwell, J. R. – DiMenna, F. J. – Gilchrist, M. – Benjamin, N. – Jones, A. M.: 2011b.** Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *J. Appl. Physiol.* 110(3):591-600.
 105. **Lechner, J. F. – Wang, L. S. – Rocha, C. M. – Larue, B. – Henry, C. – McIntyre, C. M. – Riedl, K. M. – Schwartz, S. J. – Stoner, G. D.: 2010.** Drinking water with red beetroot food color antagonizes esophageal carcinogenesis in N-nitrosomethylbenzylamine-treated rats. *J. Med. Food.* 13(3):733-739.
 106. **Lechner, J. F. – Stoner, G. D.: 2019.** Red beetroot and betalains as cancer chemopreventative agents. *Mol.* 24(8):1602 1-12.
 107. **Lee, Y. N. – Wiley, R. C.: 1981.** Betalaine yield from a continuous solid-liquid extraction system as influenced by raw product, post-harvest and processing variables. *J. Food Sci.* 46(2):421-424.
 108. **Lee, J. – Koo, N. – Min, D. B.: 2004.** Reactive oxygen species, aging and antioxidant nutraceuticals. *Comp. Rev. in F. Sc. and F. Saf.* 3(1):21-33.
 109. **Lee, C. H. – Wettasinghe, M. – Bolling, B. W. – Ji, L. L. – Parkin, K. L.: 2005.** Betalains, phase II enzyme-inducing components from red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. *Nutr. Canc.* 53(1):91-103.
 110. **Liato, V. – Aïder, M.: 2017.** Geosmin as a source of the earthy-musty smell in fruits, vegetables and water: Origins, impact on foods and water, and review of the removing techniques. *Chemosph.* 181:9-18.
 111. **Lu, G. – Edwards, C. G. – Fellman, J. K. – Mattinson, D. S. – Navazio, J.: 2003.** Biosynthetic origin of geosmin in red beets (*Beta vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* 51(4):1026-1029.
 112. **Lu, X. – Wang, Y. – Zhang, Z.: 2009.** Radioprotective activity of betalains from red beets in mice exposed to gamma irradiation. *Eur. J. Pharmacol.* 615(1-3):223-227.
 113. **Lundberg, J. O. – Carlström, M. – Larsen, F. J. – Weitzberg, E.: 2011.** Roles of dietary inorganic nitrate in cardiovascular health and disease. *Cardiovas. Res.* 89(3):525-532.

114. **Mabry, T. J.: 1980.** Betalains. In: Encyclopedia of Plant Physiology, Newseries, Vol.8. Secondary Plant Products. (Bell E. A. – Charlwood, B. B., Edies.). Springer-Verlag, New York. 513-533 p.
115. **Manach, C. – Williamson, G. – Morand, C. – Scalbert, A. – Rémésy, C.: 2005.** Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 81(1 Suppl):230S-242S
116. **Maraie, N. K. – Abdul-Jalil, T. Z. – Alhamdany, A. T. – Janabi, H. A.: 2014.** Phytochemical study of the Iraqi Beta vulgaris leaves and its clinical applications for the treatment of different dermatological diseases. *W. J. Pharm. Pharm. Sci.* 3(8):5-19.
117. **Markoski, M. – Bogevska, Z. – Petrov, P. – Tanaskovik, V. – Davitkovska, M. – Spalevic, V.: 2015.** The impact of foliar nutrition on the yield of beetroot crop grown in high fertility soil. *Agr. & For.* 61(2):235-242.
118. **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. *F. Chem.* 91(3):571-577.
119. **Mercantilia: 1989.** Guide to Food Transport Fruit and Vegetables. Mercantilia Publishers. Copenhagen. 247 p.
120. **Miller, H. E. – Rigelhof, F. – Marquart, L. – Prakash, A. – Kanter, M.: 2000.** Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *J. Am. Coll. Nutr.* 19(3 Suppl):312S-319S.
121. **Moreno, M. – Betancourt, M. – Pitre, A. – García, D. – Belén, D. – Medina, C.: 2007.** Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalaínas: tuna y remolacha. *Bioagro.* 19(3):149-159.
122. **Murphy, M. – Eliot, K. – Heuertz, R. M. – Weiss, E.: 2012.** Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *J. Acad. Nutr. Diet.* 112(4):548-552.
123. **Nagy-Gasztonyi, M. – Daood, H. – Takács-Hájos, M. – Biacs, P.: 2001.** Comparison of red beet (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) varieties on the basis of their pigment components. *J. Sci. Food Agric.* 81(9):932-933.
124. **Neelwarne, B. (Ed.): 2013.** Red beet biotechnology. Food and pharmaceutical applications. Springer, New York. 435 p.
125. **Nemzer, B. – Pietrkowski, Z. – Spórna, A. – Stalica, P. – Thresher, W. – Michalowski, T. – Wybraniec, S.: 2011.** Betalainic and nutritional profiles of

- pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. *F. Chem.* 127(1):42-53.
126. **Netzel, M. – Stintzing, F. C. – Quaaas, D. – Strass, G. – Carle, R. – Bitsch, R. – Frank, T.: 2005.** Renal excretion of antioxidative constituents from red beet in humans. *Food. Res. Int.* 38(8-9):1051-1058.
 127. **Nilsson, T.: 1970.** Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). *Lantbrukshoegsk. An.* 36:179-219.
 128. **Ninfali, P. – Angelino, D.: 2013.** Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* *cicla* and *rubra*. *Fitoter.* 89:188-199.
 129. **Ninfali, P. – Antonini, E. – Frati, A. – Scarpa, E-S.: 2017.** C-Glycosyl flavonoids from *Beta vulgaris* *cicla* and betalains from *Beta vulgaris* *rubra*: Antioxidant, anticancer and antiinflammatory activities – A Review. *Phytother. Res.* 31(6):871-884.
 130. **Nizioł-Lukaszewska, Z. – Gawęda, M.: 2014.** Changes in quality of selected red beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars during the growing season. *Fol. Horticult.* 26(2):139-146.
 131. **Nizioł-Lukaszewska, Z. – Gawęda, M.: 2015.** Selected indicators of the root quality of fifteen cultivars of red beet (*Beta vulgaris* L.). *J. of Hort. Res.* 23(1):65-74.
 132. **Nottingham, S.: 2004.** Beetroot. The Times. London. E-book. www.academia.edu/21542519/Beetroot (Megtekintve: 2015.10.15.)
 133. **Nyirády P. – Sárdi É. – Bekő G. – Szűcs M. – Horváth A. – Székely E. – Szentmihályi K. – Romics I. – Blázovics A.: 2010.** Effects of bioactive molecules of *Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* var. *rubra* on metastatic prostate cancer. *Orv. H.* 151(37):1495-1503.
 134. **Ormsbee, M. J. – Lox, J. – Arciero, P. J.: 2013.** Beetroot juice and exercise performance. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 5:27-35.
 135. **Pan, M. H. – Ho, C. T.: 2008.** Chemopreventive effects of natural dietary compounds on cancer development. *Chem. Soc. Rev.* 37(11):2558-2574.
 136. **Pasch, J. H. – von Elbe, J. H.: 1979.** Betalain stability in buffered solutions containing organic acids, metal cations, antioxidants, or sequesterants. *J. of F. Sc.* 44(1):72-75.
 137. **Pátkai, Gy. – Barta, J. – Varsányi, I.: 1997.** Decomposition of anticarcinogen factors of the beetroot during juice and nectar production. *Can. Let.* 114(1-2):105-106.

138. **Pavlov, A. – Georgiev, V. – Ilieva, M.: 2005.** Betalain biosynthesis by red beet (*Beta vulgaris* L.) hairy root culture. *Process. Biochem.* 40(5):1531-1533.
139. **Petek, M. – Herak Ćustić, M. – Toth, N. – Slunjski, S. – Čoga, L. – Pavlović, I. – Karažija, T. – Lazarević, B. – Cvetković, S.: 2012.** Nitrogen and crude proteins in beetroot (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) under different fertilization treatments. *Not. Bot. Horti. Agrobi.* 40(2):215-219.
140. **Pietrzkowski, Z. – Nemzer, B. – Spórna, A. – Stalica, P. – Tresher, W. – Keller, R. – Jimenez, R. – Michalowski, T. – Wybraniec, S.: 2010.** Influence of betalain-rich extracts on reduction of discomfort associated with osteoarthritis. *New. Med.* 1:12-17.
141. **Pitalua, E. – Jimenez, M. – Vernon-Carter, E. J. – Beristain, C. I.: 2010.** Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum arabic as wall material. *F. and Bioprod. Proc.* 88(2-3):253-258.
142. **Presley, T. D. – Morgan, A. R. – Bechtold, E. – Clodfelter, W. – Dove, R.W. – Jennings, J. M. – Kraft, R. A. – King, S. B. – Laurienti, P. J. – Rejeski, W. J. – Burdette, J. H. – Kim-Shapiro, D. B. – Miller, G. D.: 2011.** Acute effect of a high nitrate diet on brain perfusion in older adults. *Nitr. Ox.* 24(1):34-42.
143. **Pryor, J. L. – Craig, S. A. S. – Swensen, T.: 2012.** Effect of betaine supplementation on cycling sprint performance. *J. Int. Soc. of Sp. Nutr.* 9(1):12.
144. **Raupp, D. S. – Rodrigues, E. – Rockenbach, I. I. – Carbonar, A. – Campos, P. F. – Borsato, A. V. – Fett, R.: 2011.** Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet (*Beta vulgaris* L.). *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas.* 31(3):688-693.
145. **Ravichandran, K. – Saw, N. M. M. T. – Mohdaly, A. A. A. – Gabr, A. M. M. – Kastell, A. – Riedel, H. – Cai, Z. – Knorr, D. – Smetanska, I.: 2013.** Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *F. Res. Int.* 50(2):670-675.
146. **Reddy, M. K. – Alexander-Lindo, R. L. – Nair, M. G.: 2005.** Relative inhibition of lipid peroxidation, cyclooxygenase enzymes, and human tumor cell proliferation by natural food colors. *J. Agric. F. Chem.* 53(23):9268-9273.
147. **Rekowska, E. – Jurga, B.: 2009.** Evaluation of selected quality traits of storage roots of ten beet cultivars. *Her. Polon.* 55(3):163-169.
148. **Rekowska, E. – Jurga-Szlemko, B.: 2011.** Content of mineral components in roots of selected cultivars of beetroot. *J. Elem.* 16(2):255-260.

149. **Riboli, E. – Norat, T.: 2003.** Epidemiologic evidence of the protective effect of fruit and vegetables on cancer risk. *Am. J. of Clin. Nutr.* 78(3 Suppl):559S-569S.
150. **Ricciotti, E. – FitzGerald, G. A.: 2011.** Prostaglandins and inflammation. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 31(5):986-1000.
151. **Robards, K.: 2003.** Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. *J. of Chrom. A.* 1000(1-2):657-691.
152. **Rod, J. – Hluchy, M. – Zavadil, K. – Prásil, J. – Somssich, I. – Zacharda, M.: 2005.** A zöldségfélék betegségei és kártevői: A zöldségfélék védelme az integrált növénytermesztésben és a biológiai növényvédelem eszközei. Ford.: Lacza T. Biocont Laboratory Kft., Brno. ISBN 80-901874-4-7 392 p.
153. **Rubatzky, V. E. – Yamaguchi, M.: 1997.** World vegetables: principles, production, and nutritive values. Springer, New York. 843 p.
154. **Rubóczki, T. – Raczkó, V. – Takácsné Hájos, M.: 2015.** Evaluation of morphological parameters and bioactive compounds in different varieties of beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* GURKE var. *rubra* L.). *Int. J. of Hort. Sc.* 21(3-4):31-35.
155. **Rubóczki, T. – Takácsné Hájos, M.: 2017.** Cékla fajták gazdasági értékmérő tulajdonságainak értékelése. *Agrártud. Közl.* 72:137-142.
156. **Rubóczki, T. – Takácsné Hájos, M.: 2018.** Leaf and root evaluation of bioactive compounds of different beetroot varieties. *A. Agr. Debr.* 74:135-139.
157. **Ryan, L. – Prescott, S. L.: 2010.** Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an *in vitro* digestion. *Int. J. F. Sc. Technol.* 45(6):1191-1197.
158. **Saguy, I.: 1979.** Thermostability of red beet pigments (betanine and vulgaxanthin-I): Influence of pH and temperature. *J. of F. Sc.* 44(5):1554-1555.
159. **Sapers, G. M. – Hornstein, J. S.: 1979.** Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments. *J. of F. Sc.* 44(4):1245-1248.
160. **Sánchez, E. S. – Ferretti, P. A. – Elkner, T. E. – Bogash, S. M. – Fleischer, S. J. – Gugino, B. K. – Lamont Jr., W. J. – Orzolek, M. D. – Pryor, G.: 2010.** Vegetable gardening – recommendations for home gardeners in Pennsylvania. The Pennsylvania State University. Ag. Com. and Market. 58 p.
161. **Sánchez-Chávez, W. – Cortez-Arredondo, J. – Solano-Cornejo, M. – Vidaurre-Ruiz, J.: 2015.** Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y

- vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. *Scient. Agropecuar.* 6(2):111-118.
162. **Schinella, G. R. – Tournier, H. A. – Prieto, J. M. – Mordujovich de Buschiazzo, P. – Ríos, J. L.: 2002.** Antioxidant activity of anti-inflammatory plant extracts. *L. Sc.* 70(9):1023-1033.
 163. **Shannon, S.: 1972.** Changes in soluble solids, red pigments content and firmness of table beet cultivars with growing time and season. *J. of the Am. Soc. for Hort. Sci.* 97(2):223-228.
 164. **Shih, C. C. – Wiley, R. C.: 1982.** Betacyanine and betaxanthine decolorizing enzymes in the beet (*Beta vulgaris* L.) root. *J. of F. Sc.* 47(1):164-166.
 165. **Slavov, A. – Karagyozev, V. – Denev, P. – Kratchanova, M. – Kratchanov, C.: 2013.** Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pretreatments. *Cz. J. of F. Sc.* 31(2):139-147.
 166. **Somos A.: 1967.** Zöldségtermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 556 p.
 167. **Song, W. – Derito, C. M. – Liu, M. K. – He, X. – Dong, M. – Liu, R. H.: 2010.** Cellular antioxidant activity of common vegetables. *J. of Agr. and F. Chem.* 58(11):6621-6629.
 168. **Stafford, H. A.: 1994.** Anthocyanins and betalains: evolution of the mutually exclusive pathways. *Pl. Sc.* 101(2):91-98.
 169. **Stagnari, F. – Galieni, A. – Speca, S. – Pisante, M.: 2014.** Water stress effects on growth, yield and quality traits of red beet. *Scient. Horticult.* 165:13-22.
 170. **Stanner, S. A. – Hughes, J. – Kelly, C. N. – Buttriss, J.: 2004.** A review of the epidemiological evidence for the ‘antioxidant hypothesis’. *Publ. H. Nutr.* 7(3):407-422.
 171. **Stintzing, F. C. – Carle, R.: 2004.** Functional properties of anthocyanins and betalains in plants and human nutrition. *Tr. in F. Sc. and Techn.* 15(1):19-38.
 172. **Stintzing, F. C. – Herbach, K. M. – Mosshammer, M. R. – Carle, R. – Yi, W. – Sellappan, S. – Akoh, C. C. – Bunch, R. – Felker, P.: 2005.** Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *J. of Agr. and F. Chem.* 53(2):442-451.
 173. **Stintzing, F. C. – Carle, R.: 2008.** N-Heterocyclic pigments: Betalains. In: Food colorants: Chemical and functional properties. *C. Socaciu* (Ed.), CRC Press, Boca Raton. 87-93 p.

174. **Stintzing, F. C. – Herbach, K. M. – Mosshammer, M. R. – Kugler, F. – Carle, R.: 2008.** Betalain pigments and color quality. In: 231st ACS Symposium Series “Color Quality of Fresh and Processed Foods” Wrolstad R. E. – Culver C. (Eds.) 82-101 p.
175. **Strack, D. – Vogt, T. – Schliemann, W.: 2003.** Recent advances in betalain research. *Phytochem.* 62(3):247-269.
176. **Straus, S. – Bavec, F. – Turinek, M. – Slatnar, A. – Rozman, C. – Bavec, M.: 2012.** Nutritional value and economic feasibility of red beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel) from different production systems. *Afr. J. of Agr. Res.* 7(42):5653-5660.
177. **Szabó I.: 1994.** Cékla. In: Zöldségtermesztők kézikönyve. Szerk.: Balázs S. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 578-584 p.
178. **Szaefer, H. – Krajka-Kuźniak, V. – Ignatowicz, E. – Adamska, T. – Baer-Dubowska, W.: 2014.** Evaluation of the effect of beetroot juice on DMBA-induced damage in liver and mammary gland of female Sprague-Dawley rats. *Phytother. Res.* 28(1):55-61.
179. **Székely, D. – Vidák, K. – Furulyás, D. – Ribárszki, Á. – Stéger-Máté, M.: 2019.** Effect of drying methods on physicochemical parameters of different red beetroots (*Beta vulgaris* L.) species. *Per. Polytech. Chem. Eng.* 63(3):485-490.
180. **Szopińska, A. A. – Gawęda, M.: 2013.** Comparison of yield and quality of red beet roots cultivated using conventional, integrated and organic method. *J. of Hort. Res.* 21(1):107-114.
181. **Szigei T. J.: 2010.** Nitrát- és nitrit-vegyületek jelentősége az élelmiszerekben. Élelmiszervizsgálati Közlemények, 56, 2010/4 231-246 p.
http://epa.oszk.hu/03100/03135/00245/pdf/EPA03135_elelmiszervizsgalati_kozlemenyek_2010_04_231-246.pdf
182. **Takácsné Hájos M.: 1993.** A cékla optimális betakarítási idejének meghatározása a répatest színanyag tartalmának függvényében. *Zöldségterm. Kut. Int. Bull.* Kecskemét. 25:81-95.
183. **Takácsné Hájos, M. – Gyuris, K.: 1994.** The effect of different temperatures and pH values on colour intensity in table beet root. *Zöldségterm. Kut. Int. Bull.* Kecskemét. 26:129-140.
184. **Takácsné Hájos, M. – Gyuris, K. – Novák, J.: 1994.** The effect of water supply on the development of table beet foliage and root quality. *Zöldségterm. Kut. Int. Bull.* Kecskemét. 26:115-128.

185. **Takácsné Hájos, M.: 1997.** The effect of sowing dates on parameters determining beet root quality. *Hort. Sc.* 29(3-4):87-92.
186. **Takácsné Hájos, M. – Simándi, P. – Posza, I.: 1997.** The effect of water supply and nitrogen doses on the pigment, nitrate-N and water soluble solids contents of table beet. *Hort. Sc.* 29(1-2):61-65.
187. **Takács-Hájos, M.: 1999.** Colour components of different table beet varieties. *Int. J. of Hort. Sc.* 5(3-4.):36-38.
188. **Takács-Hájos, M.: 2000.** Results in table beet breeding. *Int. J. of Hort. Sc.* 6(1):15-18.
189. **Takácsné Hájos M. – Kiss A. S. – Csikkelné Szolnoki A.: 2000.** Gyökérzöldségfélék ásványi elem összetételének alakulása a répatest különböző részeiben és a fajták függvényében. *VI. Növénynem. Tud. N.* 2000. március 8-9. MTA, Budapest. 34. p.
190. **Takács-Hájos, M. – Szöllősi-Varga, I. – Lugasi, A. – Fehér, M. – Stefanovits-Bányai, É.: 2004.** Correlation between pigment contents and FRAP values in beet root (*Beta vulgaris* ssp. *esculenta* var. *rubra*). *Int. J. of Hort. Sc.* 10(4):85-89.
191. **Takacs-Hajos, M. – Stefanovits-Banyai, E. – Kiss, A. S.: 2006.** The effect of leaf fertilisation on mineral element content of table beet varieties. *Int. Symp. on Tr. Elem. in the F. Ch.* Budapest. May 25-27. 81. p.
192. **Takácsné Hájos M.: 2009.** Cékla. In: Zöldségtermesztés szabadföldön. Szerk.: Hodossi S. – Kovács A. – Terbe I. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 270-275 p.
193. **Takácsné Hájos M.: 2011a.** Cékla termesztése. In: Gyökérzöldségek termesztése. Szerk.: Kovács A., Mezőgazda Kiadó, Budapest. 87-107 p.
194. **Takács-Hájos M.: 2011b.** The effect of drying process on the pigment content and composition of table beet varieties. *Int. J. of Hort. Sc.* 17(4-5):115-117.
195. **Takácsné Hájos M.: 2019.** Gyökérzöldségfélék trágyázása és öntözése. In: Zöldségfélék trágyázása. Szerk.: Terbe I. – Ombodi A., Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest. 241-252 p.
196. **Takács-Hájos, M. – Rubóczki, T.: 2012.** Effects of environmental factors on morphological and quality parameters of table beet root. *Int. J. of Hort. Sc.* 18(2):139-146.
197. **Tan, D. – Wang, Y. – Bai, B. – Yang, X. – Han, J.: 2015.** Betanin attenuates oxidative stress and inflammatory reaction in kidney of paraquat-treated rat. *F. Chem. Toxicol.* 78:141-146.

198. **Tesoriere, L. – Allegra, M. – Butera, D. – Livrea, M. A.: 2004.** Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: Potential health effects of betalains in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 80(4):941-945.
199. **Tesoriere, L. – Fazzari, M. – Angileri, F. – Gentile, C. – Livrea, M. A.: 2008.** *In vitro* digestion of betalainic foods. Stability and bioaccessibility of betaxanthins and betacyanins and antioxidative potential of food digesta. *J. Agric. Food. Chem.* 56(22):10487-10492.
200. **Tesoriere, L. – Gentile, C. – Angileri, F. – Attanzio, A. – Tutone, M. – Allegra, M. – Livrea, M. A.: 2013.** Trans-epithelial transport of the betalain pigments indicaxanthin and betanin across Caco-2 cell monolayers and influence of food matrix. *Eur. J. Nutr.* 52(3):1077-1087.
201. **Thompson, A. K.: 2003.** Fruit and Vegetables. Harvesting, Handling and Storage. Blackwell Publishing Ltd, UK. 460 p.
202. **Tsai, P. J. – Sheu, C. H. – Wu, P. H. – Sun, Y. F.: 2010.** Thermal and pH stability of betacyanin pigment of Djulis (*Chenopodium formosanum*) in Taiwan and their relation to antioxidant activity. *J. Agric. F. Chem.* 58(2):1020-1025.
203. **Ugrinović, K. – Kmecl, V. – Ćustić, M. H. – Žnidarčič, D.: 2012.** Contents of oxalic acid, nitrate and reduced nitrogen in different parts of beetroot (*Beta vulgaris* var. *conditiva* Alef.) at different rates of nitrogen fertilization. *Afr. J. of Agr. Res.* 7(20):3066-3072.
204. **Vanhatalo, A. – Bailey, S. J. – Blackwell, J. R. – Di Menna, F. J. – Pavey, T. G. – Wilkerson, D. P. – Benjamin, N. – Winyard, P. G. – Jones, A. M.: 2010.** Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am. J. Physiol. Reg. Integr. Comp. Physiol.* 299(4):R1121-R1131.
205. **Váli, L. – Stefanovits-Bányai, E. – Szentmihályi, K. – Fébel, H. – Sárdi, E. – Lugasi, A. – Kocsis, I. – Blázovics, A.: 2007.** Liver-protecting effects of table beet (*Beta vulgaris* var. *rubra*) during ischemia-reperfusion. *Nutr.* 23(2):172-178.
206. **Vidal, P. J. – López-Nicolás, J. M. – Gandía-Herrero, F. – García-Carmona, F.: 2014.** Inactivation of lipoxygenase and cyclooxygenase by natural betalains and semi-synthetic analogues. *F. Chem.* 154:246-254.
207. **Vinson, J. A. – Hao, Y. – Su, X. – Zubik, L.: 1998.** Phenolic antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables. *J. of Agr. and F. Chem.* 46(9):3630-3634.

208. **Von Elbe, J. H. – Maing, I. Y. – Amundson, C. H.: 1974.** Color stability of betanin. *J. of F. Sc.* 39(2):334-337.
209. **Vulić, J. J. – Čebović, T. N. – Čanadanović-Brunet, J. M. – Četković, G. S. – Čanadanović, V. M. – Djilas, S. M. – Tumbas Šaponjac, V. T.: 2014.** *In vivo* and *in vitro* antioxidant effects of beetroot pomace extracts. *J. Funct. F.* 6:168-175.
210. **Walker, J. G. – Batterham, P. J. – Mackinnon, A. J. – Jorm, A. F. – Hickie, I. – Fenech, M. – Kljakovic, M. – Crisp, D. – Christensen, H.: 2012.** Oral folic acid and vitamin B-12 supplementation to prevent cognitive decline in community-dwelling older adults with depressive symptoms – the Beyond Ageing Project: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 95(1):194-203.
211. **Watson, I. F. – Gabelman, W. H.: 1982.** Seasonal changes and cultivar difference in pigment concentration and percent dissolved solids in roots of table beets. *J. of the Am. Soc. for Hort. Sc.* 107(5):713-716.
212. **Webb, A. J. – Patel, N. – Loukogeorgakis, S. – Okorie, M. – Aboud, Z. – Misra, S. – Rashid, R. – Miall, P. – Deanfield, J. – Benjamin, N. – MacAllister, R. – Hobbs, A. J. – Ahluwalia, A.: 2008.** Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypert.* 51(3):784-790.
213. **Welbaum, G. E.: 2015.** Vegetable Production and Practices. CPI Group, UK. 476 p.
214. **Wink, D. A. – Hines, H. B. – Cheng, R. Y. S. – Switzer, C. H. – Flores-Santana, W. – Vitek, M. P. – Ridnour, L. A. – Colton, C. A.: 2011.** Nitric oxide and redox mechanisms in the immune response. *J. Leukoc. Biol.* 89(6):873-891.
215. **Wink, D. A. – Miranda, K. M. – Espey, M. G. – Pluta, R. M. – Hewett, S. J. – Colton, C. – Vitek, M. – Feelisch, M. – Grisham, M. B.: 2001.** Mechanisms of the antioxidant effects of nitric oxide. *Antioxid. Redox Signal.* 3(2):203-213.
216. **Winkler, C. – Wirleitner, B. – Schroecksnadel, K. – Schennach, H. – Fuchs, D.: 2005.** *In vitro* effects of beet root juice on stimulated and unstimulated peripheral blood mononuclear cells. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 1(4):180-185.
217. **Wootton-Beard, P. C. – Brandt, K. – Fell, D. – Warner, S. – Ryan, L.: 2011a.** Effects of a beetroot juice with high neobetanin content on the early-phase insulin response in healthy volunteers. *J. Nutr. Sci.* 3(e9):1-9.
218. **Wootton-Beard, P. C. – Moran, A. – Ryan, L.: 2011b.** Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available

- vegetable juices before and after *in vitro* digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Food. Res. Int.* 44(1):217-224.
219. **Wootton-Beard, P. C. – Ryan, L.: 2011.** A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *J. of Funct. F.* 3(2):329-334.
220. **Wruss, J. – Waldenberger, G. – Huemer, S. – Uygun, P. – Lanzerstorfer, P. – Müller, U. – Höglinger, O. – Weghuber U.: 2015.** Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *J. of F. Comp. and Anal.* 42:45-55.
221. **Yao, L. H. – Jiang, Y. M. – Shi, J. – Tomas-Barberan, F. A. – Datta, N., – Singanusong, R. – Chen, S. S.: 2004.** Flavonoids in food and their health benefits. *Pl. F. for Hum. Nutr. (Formerly Qualitas Plantarum).* 59(3):113-122.
222. **Zielińska-Przyjemska, M. – Olejnik, A. – Dobrowolska-Zachwieja, A. – Grajek, W.: 2009.** *In vitro* effects of beetroot juice and chips on oxidative metabolism and apoptosis in neutrophils from obese individuals. *Phyto. Res.* 23(1):49-55.
223. **Zohary, D. – Hopf, M.: 2000.** Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. Oxford University Press, Oxford, UK. 316 p.
224. **AKI: 2017.** Agrárpiaci Jelentések. Zöldség, gyümölcs és bor. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest. XXI. évf., 8. sz. p. 6.
225. **EFSA: 2008.** European Food Safety Authority. Nitrate in vegetables. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA J. 689:1e79, http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_ej_689_nitrate_en.pdf (Megtekintve: 2020.02.10.)
226. **NAIK: 2019.** Agrárpiaci Jelentések. Zöldség, gyümölcs és bor. NAIK Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest. XXIII. évf., 9. sz. p. 6.
227. **Pinterest: 2019.** <https://www.pinterest.com> (Megtekintve: 2016.08.30.)
228. **I1: <https://parkseed.com/rainbow-mix-beet-seeds/p/52487-PK-P1/>** (Megtekintve: 2019.05.22.)
229. **I2: www.burpee.com/vegetables/beets/beet-chioggia-prod000609.html** (Megtekintve: 2019.06.25.)
230. **I3: https://zkivetomag.hu/cekla_53/rubin_260** (Megtekintve: 2019.06.25.)
231. **I4: www.rijkzwaan.com/find-your-variety/beetroot/larka-rz** (Megtekintve: 2019.06.25.)
232. **I5: www.rijkzwaan.com/fajta/kereso/cekla/akela-rz** (Megtekintve: 2019.06.25.)

233. **I6:** <https://issuu.com/rijkszwaan/docs/international-catalogue>
(Megtekintve: 2019.06.25.)
234. **I7:** www.rijkszwaan.hu/fajtakereso/cékla/zeppo-rz (Megtekintve: 2019.06.25.)
235. **I8:** www.alfaluc.hu/ceklafajtak/ (Megtekintve: 2019.06.25.)
236. **I9:** www.rijkszwaan.hu/sites/default/files/gyokerzolds_seeds_and_sharing_15_2018_net.pdf (Megtekintve: 2019.06.25.)
237. **I10:** <https://www.rijkszwaan.dk/find-your-variety/beetroot/lomako-rz>
(Megtekintve: 2019.06.25.)
238. **I11:** www.bramblesbanknursery.co.uk/ourshop/prod_3686662-Chiaggio-pre-order-delivery-from-mid-April.html (Megtekintve: 2019.07.22.)
239. **I12:** Magas nitrát tartalmú zöldségek fogyasztásának kockázata csecsemőknél. 2015. február 26. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH). <https://portal.nebih.gov.hu/-/magas-nitrat-tartalmu-zoldsegek-fogyasztasanak-kockazata-csecsemoknel> (Megtekintve: 2019.07.26.)
240. **I13:** Élelmiszerekben előforduló szennyezőanyagokra vonatkozó előírások. 1881/2006/EK rendelet. *In:* Élelmiszerekre vonatkozó jogszabályok jegyzéke. Jogszabálygyűjtemény. 89. kiadás <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20180319&from=HU> (Megtekintve: 2019.07.26.)

11. 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/81/2020.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Rubóczki Tímea
Neptun kód: HIWHZ3
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10056789

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

1. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Cékla fajták gazdasági értékmerő tulajdonságainak értékelése.
Agrártud. Közl. 72, 137-142, 2017. ISSN: 1587-1282.
2. Raczkó, V., **Rubóczki, T.**, Borbélyné Varga, M., Takácsné Hájos, M.: Cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* Gurke var. *rubra* L.) beltartalmi paramétereinek változása tárolás hatására.
Agrártud. Közl. 63, 113-119, 2015. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

3. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Folic acid content of beetroot leaf and root by different growing stages and genotypes.
Agrártud. Közl. 1. (2), 115-119, 2019. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrari/2/3688>
4. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Evaluation of mineral element content of beetroot during the different stages of the growing season.
Agrártud. Közl. 74, 459-469, 2018. ISSN: 1587-1282.
5. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Leaf and root evaluation of bioactive compounds of different beetroot varieties.
Agrártud. Közl. 74, 135-139, 2018. ISSN: 1587-1282.
6. **Rubóczki, T.**, Raczkó, V., Takácsné Hájos, M.: Evaluation of morphological parameters and bioactive compounds in different varieties of beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* GURKE var. *rubra* L.).
Int. J. Hort. Sci. 21 (3-4), 31-35, 2015. ISSN: 1585-0404.
DOI: <https://doi.org/10.31421/IJHS/21/3-4./1172>
7. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Effects of environmental factors on morphological and quality parameters of table beet root.
Int. J. Hort. Sci. 18 (2), 139-146, 2012. ISSN: 1585-0404.





Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

8. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Cékla termesztés jelentősége és jövedelmezősége.
In: II. Gazdálkodás és Menedzsment Tudományos Konferencia "A vidék él, és élni akar".
Szerk.: Ferencz Árpád, Kecskeméti Főiskola KIK Nyomda, Kecskemét, 889-893, 2015. ISBN:
9786155192333
9. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Különböző vetési időkből származó céklafajták minőségének alakulása és felhasználásának lehetőségei.
In: Határokon átívelő tudományos és kulturális kapcsolatok - Konferenciák. Szerk.: Vári Enikő, Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 179-187, 2012. ISBN: 9789630842105

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (5)

10. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**, Cottonaro, A.: Cékklafajták ásványi elem tartalmának alakulása: A céklalevél értéke = Evaluation of mineral element content of beetroot varieties: The value of beetroot leaves.
In: 15. Magyar Magnézium Szimpózium : Program és összefoglalók, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 14-17, 2017. ISBN: 9789639970714
11. **Rubóczki, T.**, Kincses, S., Takácsné Hájos, M., Csubák, M.: Dudarit talajkondicionáló készítmény hatásának vizsgálata talaj-növény rendszerben.
In: Talajtani Vándorgyűlés : "Okszerű talajhasználat - Talajvédelem", MAE Talajtani Társaság, Debrecen, 73, 2016.
12. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: A cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* GURKE var. *rubra* L.) jelentőségének újra felismerése napjainkban.
In: A Magyar Táplálkozástudományi Társaság XL. Vándorgyűlése: programfüzet, előadás és poszter összefoglalók. Szerk.: Bíró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 38, 2015. ISBN: 9786155606007
13. Takácsné Hájos, M., Raczkó, V., **Rubóczki, T.**: Eltérő cékla (*Beta Vulgaris* L.SSP. *Esculenta*) változatok és fajták bioaktív anyagainak alakulása.
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok : Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártud. Kutatóközp, Martonvásár, 127, 2015. ISBN: 9789638351432
14. **Rubóczki, T.**: Különböző vetési időkből származó céklafajták minőségének alakulása és felhasználásának lehetőségei.
In: Tudományos diákköri konferencia, 2011/2012. tanév őszi félév : Debrecen, 2011. október 20. : meghívó és programfüzet, DE MÉK, Debrecen, 41, 2011.





További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

15. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**, Takács, J.: Különleges paradicsomfajták összehasonlító vizsgálata.
Kertgazdaság. 48 (3), 14-26, 2016. ISSN: 1419-2713.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

16. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**, Kiss, A.: Possibility of stevia (*Stevia rebaudiana* B.) production in Hungary.
Int. J. Hortic. Sci. 22 (1-2), 29-32, 2016. ISSN: 1585-0404.
DOI: <https://doi.org/10.31421/IJHS/22/1-2./1180>
17. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**, Szutor, M.: Sensory evaluation of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) hybrids.
Int. J. Hortic. Sci. 22 (3-4), 51-55, 2016. ISSN: 1585-0404.
DOI: <https://doi.org/10.31421/IJHS/22/3-4./1191>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

18. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**, Szabó, F. M., Kiss, A.: Effect of Environmentally Friendly Nutrition Supply on Stevia (*Stevia rebaudiana* B.) Production.
Notulae Botanicae. 47 (1), 201-206, 2019. ISSN: 0255-965X.
IF: 0.624 (2018)
19. Tóth, A. R., **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Evaluation of industrial tomato genotypes in open-field production.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 11 (1), 109-116, 2019. ISSN: 2065-748X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausae-2019-0010>
20. Kovácsné, M. 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 (1)

21. Takácsné Hájos, M., Madar, Á., **Rubóczki, T.**, Homoki, D. Z., Stündl, L.: Különböző saláta fajták ásványi elem 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 (3)

22. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Édesburgonya fajták ásványi elem-tartalmának alakulása.
In: 16. Magyar Magnézium Szimpózium : Program és összefoglalók, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 11, 2019. ISBN: 9789639970960
23. **Rubóczki, T.**, Raczkó, V., Takácsné Hájos, M.: Levélzöltségek ásványi elem-tartalmának alakulása = Changes in mineral contents of leaf vegetables.
In: 14. Magyar Magnézium Szimpózium : Program és összefoglalók, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 55-56, 2015. ISBN: 9789639970540
24. Raczkó, V., Tóth, A. R., Ujlaki, G., **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Magnézium lombtrágyázás hatása paradicsom (*Lycopersicon lycopersicum* L.) és sztívia (*Stevia rebaudiana* B.) gazdasági érték mérő tulajdonságaira = The effect of Mg-leaf fertilization on the economical parameters of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* L.) and stevia (*Stevia rebaudiana* B.).
In: 14. Magyar Magnézium Szimpózium : Program és összefoglalók, Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 15-16, 2015. ISBN: 9789639970540

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

25. Kovácsné, M. 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, 2019.
26. Tóth, A. R., **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Evaluation of industrial tomato genotypes on open field growing.
In: Vth Horticulture and Landscape Planning Conference from Transylvania. Ed.: Benedek Klára, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhely, 21, 2019.
27. Tóth, A. R., Tóthné, B. A., **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Rheological evaluation of industrial tomato in raw and processed condition.
In: Scientific researches in food production : Proceeding of abstracts, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 15, 2018.

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (6)

28. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Céklalevél mint lehetséges salátakeverék alapanyag.
Agrofórum. 30 (6), 144-146, 2019. ISSN: 1788-5884.
29. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Édesburgonya fajták és hazai termesztésük lehetőségei.
Agrofórum. 30 (1), 36-39, 2019. ISSN: 1788-5884.
30. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Kézimunkaerő-szükséglet csökkentésének lehetőségei a zöldségtermesztésben.
Agrofórum. 29 (1), 44-46, 2018. ISSN: 1788-5884.





31. **Rubóczki, T.**, Takácsné Hájos, M.: Gyökérszőldségfélék termesztésének lehetőségei környezetkímélő módszerrel.
Agrofórum. 28 (4), 170-171, 2017. ISSN: 1788-5884.
32. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: Új lehetőségek a torma termesztésében.
Agrofórum. 28 (1), 16-19, 2017. ISSN: 1788-5884.
33. Takácsné Hájos, M., **Rubóczki, T.**: A palántanevelés kockázati tényezői.
Agrofórum. 27 (11), 92-97, 2016. ISSN: 1788-5884.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,624

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

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, 2020.03.09.



12. MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet



16. ábra: A genotípusok fejlődése a vegetációs időszakban (Fotó: Rubóczki, 2015)



17. ábra: A genotípusok fejlődése a vegetációs időszakban (Fotó: Rubóczki, 2016)



18. ábra: A genotípusok fejlődése a vegetációs időszakban (Fotó: Rubóczki, 2017)

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: A kísérletben vizsgált cékla genotípusok	25
2. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálatainak eredményei.....	30
3. táblázat: Az érzékszervi vizsgálat paraméterei	34
4. táblázat: A levélhossz alakulása a vizsgált genotípusok és az évek függvényében ...	38
5. táblázat: A levéltömeg alakulása a genotípus és az év függvényében.....	39
6. táblázat: A vizsgált genotípusok répatest tömege az évek függvényében	41
7. táblázat: A vizsgált genotípusok alakindexe (hosszúság/átmérő).....	43
8. táblázat: A cékla genotípusok morfológiai tulajdonságainak alakulása az évek átlagában	44
9. táblázat: Összefüggés-vizsgálat levélhossz, levéltömeg és a répatest tömeg között (Debrecen, 2015, n=30)	45
10. táblázat: Összefüggés-vizsgálat levélhossz, levéltömeg és a répatest tömeg között (Debrecen, 2016, n=65)	45
11. táblázat: Összefüggés-vizsgálat levélhossz, levéltömeg és a répatest tömeg között (Debrecen, 2017, n=50)	46
12. táblázat: A vízdíszítő szárazanyag-tartalom (Brix%) alakulása	48
13. táblázat: Az összes szárazanyag-tartalom (%) a vizsgált genotípusoknál	50
14. táblázat: A betanin-tartalom (mg/100 g) alakulása	52
15. táblázat: A répatestek vulgaxantin-tartalmának (mg/100 g) alakulása a vizsgált év és genotípus függvényében	55
16. táblázat: A répatestek BC/BX aránya az év és genotípus függvényében.....	58
17. táblázat: Az összpolicifol-tartalom alakulása az év és genotípus függvényében....	59
18. táblázat: A flavonoid-tartalom mennyisége a vizsgált év és genotípus függvényében	62
19. táblázat: A nitrát-tartalom mennyiségének alakulása az év és genotípus függvényében	64
20. táblázat: A cékla genotípusok beltartalmi tulajdonságainak alakulása az évek átlagában	66
21. táblázat: Összefüggés-vizsgálat a cékla bioaktív anyagai között (Debrecen, 2015, n=15).....	67
22. táblázat: Összefüggés-vizsgálat a cékla bioaktív anyagai között (Debrecen, 2016, n=39).....	68

23. táblázat: Összefüggés-vizsgálat a cékla bioaktív anyagai között (Debrecen, 2017, n=30).....	68
24. táblázat: A répatetek belső színének alakulása a genotípus és az év függvényében	71
25. táblázat: A répatetek fehérgyűrűsségének mértéke	72
26. táblázat: A répatetek ízének alakulása a genotípus és az év függvényében	74
27. táblázat: A cékla genotípusok érzékszervi bírálatának alakulása az évek átlagában	75

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A cékla származása – az ősalaktól a mai formáig.....	6
2. ábra: A cékla morfológiai felépítése	7
3. ábra: Cékla répatest-típusok.....	8
4. ábra: A cékla termése és szerkezeti felépítése	9
5. ábra: Különleges cékla genotípusok	17
6. ábra: A cékla színanyagainak egyszerűsített bioszintézise	18
7. ábra: Céklából készült természetes energiatál és desszert	24
8. ábra: A kísérletben vizsgált 12 hagyományos vörös cékla genotípus.....	26
9. ábra: A <i>Chioggia</i> fehér-pirosas színe miatt fajtakülönlegesség.....	27
10. ábra: A napi minimum és maximum hőmérséklet (°C), valamint a természetes csapadék mennyisége a tenyészidőszak folyamán.....	31
11. ábra: A kísérlet vetésterve (Debrecen, 2015).....	33
12. ábra: A kísérlet vetésterve (Debrecen, 2016).....	33
13. ábra: A kísérlet vetésterve (Debrecen, 2017).....	33
14. ábra: A <i>Chioggia</i> fehér-rózsaszín csíkos szeletei.....	53
15. ábra: A répatestek ízének és vízdoldható szárazanyag-tartalmának alakulása	76
16. ábra: A genotípusok fejlődése a vegetációs időszakban (Fotó: Rubóczki, 2015)..	116
17. ábra: A genotípusok fejlődése a vegetációs időszakban (Fotó: Rubóczki, 2016)..	116
18. ábra: A genotípusok fejlődése a vegetációs időszakban (Fotó: Rubóczki, 2017)..	116

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A disszertáció megírásához nyújtott segítségéért és a szakmai alapok megtanításáért őszinte hálával tartozom konzulensemnek, **Takácsné dr. Hájos Mária** egyetemi docensnek, aki idejét és energiáját nem kímélve támogatott a szakmai úton, és akinek biztatása és irányítása nélkül nem jöhetett volna létre a dolgozat.

Köszönettel tartozom a **Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság DTI** munkatársainak a kísérlet kivitelezéséhez és értékeléséhez nyújtott segítségért.

Köszönet a **Rijk Zwaan Budapest Kft.**-nek, aki biztosította a szaporítóanyagok jelentős részét a kísérlet folytatásához.

Köszönet illeti a **Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Agrárműszerközpontjának** munkatársait, akik az analitikai mérések elvégzésében nyújtottak segítséget.

Köszönöm a **Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság DTI Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ** munkatársainak, hogy a meteorológiai adatokat rendelkezésünkre bocsátotta.

Köszönet illeti a **Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola** és a **Kertészettudományi Intézet** vezetőit és munkatársait, akik támogatták a kutatómunka elvégzését.

Köszönöm opponenseimnek, **Dr. Sipos Péter** egyetemi docensnek és **Dr. Dudás László** szaktanácsadónak alapos és kitartó munkájukat, amivel emelték doktori értekezésem színvonalát.

Hálásan köszönöm **családomnak** és **barátaimnak** a sok támogatást és biztatást, nem utolsósorban az időt és a türelmet.

Thank you for **my family** and **friends** not only for the support and encouragement, but also for the time and patience.

Gracias para toda **mi familia** y **mis amigos** en Ecuador, especialmente para **mi esposo** cuyo apoyo fue fundamental. Dios bendiga también a **los padres de mi esposo** por todo su aliento y ayuda. **Gloria a Dios!**

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, _____

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Vargas-Rubóczki Tímea** doktorjelölt 2015-2019 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, _____

.....

a témavezető aláírása