

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János

egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Sipos Péter, PhD

egyetemi docens

**NITROGÉN-ELLÁTÁS HATÁSA A TERMESZTETT KÖLES ÉS A
SZEMESCIROK MINŐSÉGI PARAMÉTEREIRE ÉS
ÉLELMISZERIPARI HASZNOSÍTHATÓSÁGÁRA**

Készítette:

Jevcsák Szintia

doktorjelölt

Debrecen

2019

**NITROGÉN-ELLÁTÁS HATÁSA A TERMESZTETT KÖLES ÉS A
SZEMESCIROK MINŐSÉGI PARAMÉTEREIRE ÉS ÉLELMISZERIPARI
HASZNOSÍTHATÓSÁGÁRA**

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

Írta: Jevcsák Szintia, okleveles táplálkozástudományi szakember

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája (Növénytermesztési tudományok doktori program) keretében

Témavezető: Dr. Sipos Péter PhD, egyetemi docens

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:	Prof. Dr. Nagy János	DSc
tagok:	Dr. Prokisch József	PhD
	Dr. Lugasi Andrea	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2018. október 17.

Az értekezés bírálói:

név, tud. fokozat	aláírás
_____	_____
_____	_____

A bírálóbizottság:

	név, tud. fokozat	aláírás
elnök:	_____	_____
tagok:	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
titkár:	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 20...

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

M	Maxi köles
L	Lovászipatonai pirosmagvú köles
Z	Zádor szemescirok hibrid
NPK	nitrogén, foszfor és kálium komplex műtrágya
N	nitrogén
P	foszfor
K	kálium
S	kén
Mg	magnézium
Ca	kalcium
Na	nátrium
Fe	vas
Zn	cink
Mn	mangán
Cu	réz
Mha	millió hektár
Mt	millió tonna
GAE	galluszsav ekvivalens
CE	catechin
SzD	szignifikáns differencia
η_p^2	Parciális Eta Négyzet

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS.....	7
2	CÉLKITŰZÉS	9
3	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	11
3.1	A termesztett köles és a szemescirok, mint alternatív gabonafélék.....	11
3.2	A termesztett köles jelentősége, termesztése	12
3.3	A termesztett köles beltartalmi paraméterei.....	16
3.4	A termesztett köles felhasználása, táplálkozás-élettani hatásai.....	18
3.5	Tápanyagellátás hatása a köles mennyiségi és minőségi paramétereire.....	21
3.6	A szemescirok jelentősége, termesztése	23
3.7	A szemescirok beltartalmi paraméterei	27
3.8	A szemescirok felhasználása, táplálkozás-élettani hatásai.....	30
3.9	Tápanyagellátás hatása a cirok mennyiségi és minőségi paramétereire.....	31
3.10	Makro- és mikroelemek táplálékláncban betöltött szerepe	34
4	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	44
4.1	A kísérleti terület jellemzése, talajtani és éghajlati adottságai	44
4.2	A kísérleti növényfajták bemutatása.....	47
4.2.1	Maxi köles fajta.....	47
4.2.2	Lovászpatonai pirosmagvú köles fajta.....	47
4.2.3	Zádor szemescirok hibrid	48
4.3	Módszerek.....	49
4.3.1	Műtrágyázási kísérlet bemutatása	49
4.3.2	Az alkalmazott minőségvizsgálati módszerek bemutatása	52
4.4	Az eredmények statisztikai értékelésénél alkalmazott módszerek.....	60
5	EREDMÉNYEK	61
5.1	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták minőségvizsgálata	61
5.1.1	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták ezerszemtömegének változása a kezelések hatására	61
5.1.2	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták nedvességtartalmának változása a kezelések hatására	62
5.1.3	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták hamutartalmának változása a kezelések hatására	62
5.1.4	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták fehérjetartalmának változása a kezelések hatására	63

5.1.5	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták keményítő tartalmának változása a kezelések hatására	65
5.1.6	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták keményítő összetételének változása a kezelések hatására	66
5.1.7	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták zsírtartalmának változása a kezelések hatására	68
5.1.8	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták zsírsavösszetételének változása a kezelések hatására	69
5.1.9	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmának változása a kezelések hatására	73
5.1.10	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták élelmi rost tartalmának változása a kezelések hatására	74
5.1.11	A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták elemtartalmának változása a kezelések hatására	75
5.2	A Zádor szemescirok hibrid minőségvizsgálata.....	82
5.2.1	A Zádor szemescirok hibrid ezerszemtömegének változása a kezelések hatására	82
5.2.2	A Zádor szemescirok hibrid nedvességtartalmának változása a kezelések hatására	83
5.2.3	A Zádor szemescirok hibrid hamutartalmának változása a kezelések hatására.....	83
5.2.4	A Zádor szemescirok hibrid fehérjetartalmának változása a kezelések hatására	84
5.2.5	A Zádor szemescirok hibrid keményítő tartalmának változása a kezelések hatására.....	85
5.2.6	A Zádor szemescirok hibrid keményítő-összetételének változása a kezelések hatására	86
5.2.7	A Zádor szemescirok hibrid zsírtartalmának változása a kezelések hatására.....	87
5.2.8	A Zádor szemescirok hibrid zsírsavösszetételének változása a kezelések hatására	88
5.2.9	A Zádor szemescirok hibrid összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmának változása a kezelések hatására.....	89
5.2.10	A Zádor szemescirok hibrid élelmi rost tartalmának változása a kezelések hatására	90
5.2.11	A Zádor szemescirok hibrid elemtartalmának változása a kezelések hatására	91
5.3	A kísérleti minták minőségi paraméterei közötti összefüggés-vizsgálat	96
5.4	A kísérleti minták tápelem-arányainak elemzése	100
6	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	106
7	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	113
8	GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	115
	ÖSSZEFOGLALÁS.....	116
	SUMMARY	119
	IRODALOMJEGYZÉK	121
	MELLÉKLETEK	140

PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	141
ÁBRAJEGYZÉK, TÁBLÁZATJEGYZÉK, MELLÉKLETEK JEGYZÉKE.....	146
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	150
NYILATKOZAT	151

1 BEVEZETÉS

„*Létezhet-e a modern társadalom szántóföldi növények nélkül?*” – tette fel a kérdést Prof. Dr. Sárvári Mihály az Egyéb, alternatív gabonanövények termesztése című könyvében (2011). Egyes népcsoportok létfenntartása kizárólag szántóföldi növényeken alapuló élelmiszerek meglététől függ. Az állattenyésztés szempontjából pedig szintén elengedhetetlen a szántóföldi növények jelenléte (Sárvári, 2011).

Ma az időjárási szélsőségek egyre gyakoribb előfordulása miatt olyan növények termesztése kerül előtérbe, melyek kiváló alkalmazkodóképességgel rendelkeznek. A klímaváltozás a levegő felmelegedéséhez, a vízkészlet csökkenéséhez és a talaj kiszáradásához vezethet, ezentúl hatással van az élelmiszer-biztonságra. Fontos a nem hagyományos, kiválóan alkalmazkodó és igénytelen növényekben való lehetőségek, potenciálok vizsgálata (Dias-Martins et al., 2018).

Hazánkban szintén érzékelhető és a jövőben egyre inkább tapasztaljuk majd a szélsőséges időjárási viszonyokat, így például az átlaghőmérséklet növekedését és a csapadék mennyiségének csökkenését. Azonban semmiképp sem célszerű lemondani a hazai gabonatermesztési lehetőségekről, a változásokat figyelembe kell venni a termesztés során és újabb célokat, arányokat kell kitűzni (Láng et al., 2007). Ennek folytán kiváló lehetőséget nyújthatnak azok a rendkívül szárazságtűrő növények, mint a köles, melynek vízigénye igen alacsony (Mándi és Gocs, 2004) vagy a cirok, melynek termesztése jövedelmező marad a kedvezőtlen körülmények ellenére is (Ábrahám és Virágné Pintér, 2016).

Az ajánlások alapján a napi táplálékunk 55%-át a szénhidrátoknak kell alkotniuk (Gannon et al., 2003). Itt elsősorban az összetett szénhidrátokra kell gondolni, melyek nagy részét gabonanövényekből tudjuk biztosítani. Minél színesebb és változatosabb a források tárháza, annál kedvezőbb szervezetünk számára. Emellett az egyre több diagnosztizált gluténérzékenységben szenvedő igényt tart a gluténmentes élelmiszer-alapanyagokra, valamint az azokból készült termékekre. Így ez is egyik okunk lehet, hogy a szokványos gabonafélék mellett az alternatív gabonanövényekkel is megismerkedjünk, hogy azokat beépíthessük étrendünkbe.

Fontos említést tenni a nitrogénről, mely az élet hordozó anyagának és az információt tároló és átadó sejtelemének alapvető része. A nitrogén hiány tünetei korán jelentkeznek, azonban a megfelelő nitrogén pótlással a hiányjelenségeket rövid időn belül meg lehet szüntetni. A hiányából adódó tünetek között szerepel a növény törpenövése, mely a hozszianti növekedésben és a szár és hajtások vastagodásában is megmutatkozik, de a levelek

fejlődése is gátolt. A N-hiány további hátránya a szénhidrát-többlet, mely egyes növényfajoknál antocián képződést idéz elő. Ennek során elszíneződések jelentkeznek, mely a foszfor hiányánál is fellép, így nehéz megkülönböztetni, hogy mely tápelem hiánya okozza a tüneteket (Füleky és Sárdi, 2014).

A nitrogénhiány a növény növekedésének és fehérjeképződésének csökkenését is maga után vonja, a vegetatív fejlődés időtartama lerövidül. Azonban a nitrogén túladagolása már fokozott fejlődést mutat, az érés ideje elhúzódhat és a gabona dőlését is okozhatja (Loch és Nosticzius, 2004). Sokan azonban tartózkodnak a műtrágyák használatától, annak ellenére, hogy azok a természetben megtalálható nyersanyagokból feldolgozott, valamint kémiai szintézissel előállított anyagok, így természetes anyagok, a „műtrágya” megnevezés csupán az iprai előállításukra mutat rá (Loch és Nosticzius, 2004).

Tehát a nitrogén műtrágya megfelelő adagban és időszakban való alkalmazása a termés mennyiségére és minőségére egyaránt kedvezően hat. A gabonák esetében megfigyelték, hogy a fehérjetartalom növekedésével a B vitaminok mennyisége is megemelkedik (Loch és Nosticzius, 2004).

Prjanisnyikov (1945) leírja, hogy a műtrágyázás alkalmazása óta a termésátlagok emelkedésében megnyilvánuló fejlődés 50%-a a műtrágyázás segítségével javuló tápanyagellátásnak köszönhető. A mezőgazdaság egyik fő meghatározó tényezője az élelmiszerelőállítás szempontjából a műtrágya alkalmazása lett. A fejlődés elsősorban a mennyiség tekintetében volt meghatározó (Kádár, 2016), azonban fontos ismernünk, hogy az adott növényeknek milyen mértékű tápanyag-pótlás szükséges nem csupán mennyiségi, hanem főbb minőségi paramétereinek szempontjából is. Hiszen a cél a minőségi növényi termékek előállítása magas termésszinten, azonban ennek gyakorlati megvalósítása meglehetősen nehéz. Jelentős szerepe van a műtrágyázásnak és a növényvédelemnek a termésmennyiség kialakításában, míg annak korlátja lehet elsősorban az ökológiai feltételek, mint az időjárás vagy a talajtulajdonságok. A termés minőségének a genotípus, azaz a biológiai tényező szab határt. Az adott fajta vagy hibrid minőségének felső határát az optimális termesztéstechnológia alkalmazásával lehet elérni (Pepó, 2014; Pepó, 2019). Így tehát ezeket a tényezőket a mennyiségi és minőségi paraméterekre vonatkozóan komplexen kell értékelni az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők optimalizálásának figyelembevételével.

2 CÉLKITŰZÉS

Kutatási előzmények alátámasztják, hogy a nem szokványos, alternatív gabonafélék fogyasztásának hagyománya van. Hosszú ideje a növénytermesztés stabil részét képezik, azonban ennek ellenére mégis visszaszorult termesztésük és a szántóföldi kísérleteik is. Mint okleveles táplálkozástudományi szakember, célul tűztem ki, hogy olyan alternatív gabonafélék különböző mértékű tápanyag-ellátottság hatására bekövetkező minőségi változásait tanulmányozzam, melyek a Debreceni Egyetem kutatóintézetében nevesített és termesztett fajtái és hibridei. Így a kezelések hatását kontrollált kísérleti körülmények között termesztett növények mintáin értékelhetem. A doktori kutatásom alapját tehát a termesztett köles és a szemescirok, mint alternatív gabonák képezik.

A szemescirok és a termesztett köles esetében műtrágyázás hatására vonatkozó adatokat többnyire a termésátlagra, az elemtartalomra és az elemfelvételre vonatkozóan találunk, azonban a minőség összefüggésében kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésünkre, ezért célom volt, hogy:

1. Növekvő nitrogén adagokat alkalmazva megállapíthassam, melyek az optimális mennyiségek a vizsgált növények tápanyag-összetételét meghatározó, fontosabb minőségi paramétereik tekintetében.
2. Doktori munkám során a fogyasztók által elérhető cirok és köles magtermésből előállított liszt minőségvizsgálatát tűztem ki feladatomnak. Az alapvető minőséget jellemző paraméterek, mint a fehérjetartalom és a keményítő tartalom változásának vizsgálata mellett nagy hangsúlyt fektettem a keményítő összetétel meghatározására is.
3. További feladatomból volt az élelmi rost tartalom meghatározása, az összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalom meghatározása, valamint egyéb, élettani szempontból fontos minőségi paraméter tanulmányozása, mint a zsírtartalom vagy a zsírsavösszetétel, valamint ezek értékelése az élelmiszerként történő hasznosítás követelményei alapján.
4. Célul tűztem ki a makro- és mikroelem koncentrációknak és azok arányainak meghatározását, valamint az eredmények összehasonlítását mind a szemtermés,

mind pedig a humán táplálkozás szempontjából optimálisnak tartott tartományokkal, mely eredmények további információt szolgáltatnak a termesző és a fogyasztó számára egyaránt.

Dolgozatomban nem csupán a nitrogén hatásának statisztikai értékelésére került sor, ugyanis a köleseknél lehetőségem nyílt a fajták reakciójának összehasonlítására is. A statisztikai értékelés tehát a fajta és műtrágya hatásnak, valamint ezek kombinációjának hatásvizsgálatára irányult. A vizsgált növények minőségi paramétereinek meghatározása során kapott eredmények birtokában lehetőség nyílt a tápanyagok és a tápelemek közötti összefüggés-vizsgálatok elvégzésére és annak értékelésére is.

3 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A termesztett köles és a szemescirok, mint alternatív gabonafélék

Az alternatív gabonafélék egyik jellemzője, hogy a hagyományos növényekhez képest többnyire kis területen termesztik. Termesztésük különösen előnyös az agrobiodiverzitás szempontjából, ugyanis megfelel az európai mezőgazdasági termesztés mintájának. Ez az úgynevezett szántóföldi sokféleség nyújtja számunkra az élelmiszerek változatosságát, ezáltal hozzájárulva egészségünk megtartásában. Továbbá ezen gabonafélék fontos szerepet játszanak a fenntartható mezőgazdaságban (Berényi, 2013). A szántóföldi biodiverzitás pozitív hatással van a termés biztonságára, a termelési folyamatokra, szerepe van a betegségek és járványok kialakulásának megakadályozásában, továbbá a tápanyag-utánpótlás, valamint a növényvédelem szempontjából is fontos tényező. Az Európai Unió Közös Agrárpolitikája fontos szempontnak tartja a vidékek fenntartható fejlesztését, a vidéken élők elvándorlásának csökkenését, a környezet védelmét. Magyarországon a termelés tekintetében a gabonafélék, azon belül a búza és a kukorica szerepe a meghatározó. A magyar nemesítési törekvések és a hagyományok is lehetőséget nyújtanak alternatív növények (köles, cirok, tritikálé, pohánka, fénymag, dísznapraforgó) termesztésére és nemesítésére, mellyel növelni tudjuk Hazánk szántóföldi változatosságát. Ezen növények (fajok és fajták egyaránt) kedvező tulajdonsága, hogy növényvédőszeret nem, vagy csak kis mértékben igényelnek, alkalmazkodnak a kedvezőtlen környezeti feltételekhez, illetve a Kárpát-medence környezeti adottságaihoz is. Többnyire stabil export árunak számítanak, ugyanis legtöbb esetben funkcionális élelmiszereket készítenek belőlük, továbbá fontos szerepük van a környezetgazdálkodásban (Gondola, 2010). Egyre inkább növekszik felhasználásuk, mint gluténmentes termékek, mind ételek, mind pedig italok tekintetében. A fejlett országokban egyre elismertebb a köles és a cirok egészségmegőrző tulajdonsága a bennük megtalálható fitokemikáliáknak, különösen a fenolos vegyületeknek köszönhetően. Ezért fogyasztásuk fontos lehet olyan betegségek prevenciójában, mint a II-es típusú diabetes, kardiovaszkuláris vagy akár egyes daganatos betegségekben (Taylor és Duodu 2010; Taylor és Duodu 2015; Taylor és Duodu 2017). Magyarországon egyre nagyobb figyelem irányul az egészségmegőrző élelmiszer-alapanyagok fogyasztására, egyre nagyobb az érdeklődés a minőségi élelmiszerek és a funkcionális élelmiszerek iránt (Léder, 2010).

3.2 A termesztett köles jelentősége, termesztése

A köles (*Panicum miliaceum* L.) az egyik legrégebben termesztett, igénytelen rövid tenésziidejű növényünk (Zhang et al., 2017; Ábrahám, 2019). Mongóliából, Kazahsztánból és Afganisztánból származik, termesztése Kelet-Indiában, Kínában és Japánban kezdődött (Mándi és Gocs, 2004; Radics és Pusztai, 2011). A Kárpát-medencében elterjedése az újkőkorban kezdődött. A XIII. században a kunok a köles már meglévő felhasználási területein több újítást végeztek (Nagy és Ábrahám, 2010). A nehezebb időszakokban sokszor a köleskása volt a fő táplálék, a "szegényember kenyérének" is nevezték a burgonya elterjedése előtt, azonban a magas társadalmi rétegekben élők is a köleskását fogyasztották, mint fő ételt a honfoglalás idejében (Jolánkai, 2005; Lazányi, 2010). A kenyérgabonák elterjedésével egyre inkább kiszorult az étrendből. Kezdetben kásaként volt elterjedve, majd lisztet állítottak elő a terméséből. Napjainkban 83-85%-át emberi fogyasztásra használják, takarmányként 9-10%-ot, a többit vetőmagként és ipari célra hasznosítják. Közel 400 millió ember táplálékául szolgál világszerte (Léder és Monda, 1987; Léder, 2010; Nagy és Ábrahám, 2010). Afrikában és Ázsiában több mint 90 millió ember számára a legfontosabb táplálékot jelenti (Reddy, 2017). Egyre inkább elterjedt a biotermesztésben, a reform ételmezésben és mint funkcionális élelmiszer (Jolánkai, 2005).

A legfontosabb köles a gyöngyköles (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), az ujjas köles (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn), a termesztett köles (*Panicum miliaceum* L.) és a róka farkú köles (*Setaria italica* L.) (Léder, 2004).

A termesztett vagy közönséges köles (*Panicum miliaceum* L.) rendszertani besorolása:

- Ország: Növények (*Plantae*)
- Törzs: Zárvatermők (*Magnoliophyta*)
- Osztály: Egyszikűek (*Liliopsida*)
- Rend: Perjevirágúak (*Poales*)
- Család: Pázsitfűfélék (*Poaceae*)
- Alcsalád: Kölesfélék (*Panicoideae*) (syn. *Andropogonoideae* – Fenyérfűfélék)
- Nemzetség: Kölesek (*Panicum*)

(Jolánkai, 2005; Udvardy, 2005; Bagdi, 2008; Udvardy, 2008).

Az alcsaládba 100 nemzetség tartozik (Radics, 2002). A *Panicum* nemzetségnek 550 faja ismeretes, melyek többnyire a trópusi és a szubtrópusi területeken található.

Egyes fajaik a mérsékelt övben is megtalálhatóak (Nagy és Ábrahám, 2010; Ábrahám, 2019).

Ma főként három különböző csoportra osztják a köles nemzetséget:

1. Szétálló bugájú köles (*Panicum miliaceum* L. convar. *effusum* (Alef.) Mansf.).
2. Oldalra hajló bugával rendelkező köles (laza és féloldalas) (*Panicum miliaceum* convar. *contractum* (Alef.) Mansf.).
3. Tömött és egyenes bugájú köles (*Panicum miliaceum* convar. *compactum* (Koern.) Mansf.) (Radics, 2002; Mándi és Gocs, 2004; Bagdi, 2008; Radics és Pusztai, 2011; Sárvári, 2011; Seres, 2014a).

A toklász színe alapján ismeretes a fehér (*Panicum miliaceum album*), sárga (*Panicum miliaceum luteum*), piros (*Panicum miliaceum rubrum*), valamint szürke köles (*Panicum miliaceum griseum*) (Jolánkai, 2005; Fazekas et al., 2010).

Horn Miklós volt a köles első nemesítője, aki 1923-ban Lovászpatonán sikeresen nemesítette a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajtát. A köles nemesítésében fontos szempont, hogy a növény szárazságtűrő legyen, jó állóképességgel rendelkezzen, valamint tenyészideje minél rövidebb legyen (Lazányi, 2010). A Lovászpatonai pirosmagvú köles fajtafenntartásának feladatát először a Nagykunsági Mezőgazdasági Kísérleti Intézet kapta meg 1970-ben. 1981-ben kezdett el foglalkozni ennek a fajtának a nemesítésével a DE AKIT Karcagi Kutatóintézete (Nagy és Ábrahám, 2010). Napjainkban elsősorban sárga-, valamint pirosmagvú köles fajtákat termesztnek, melyek között vannak régi nemesítésűek, mint a Lovászpatonai pirosmagvú, Fertődi-2, illetve azon fajták, melyek az utóbbi időben kaptak állami elismerést, ilyen fajta a Biserka, a Maxi, a Gyöngyszem, a GK Alba vagy a Rumenka (Sárvári, 2011).

A köles a hatodik legfontosabb gabonaféle a búza, a kukorica, a rizs, az árpa és a cirok után (Taylor és Duodu, 2010; Taylor és Duodu, 2017). A kölest 84 nemzet termeszti, azonban ennek 90%-át 13 nemzet adja (Dalton, 2017). Legnagyobb a termés hozama Indiában, Nigériában, Nigerben, Kínában és Burkina Fasóban (Taylor és Duodu, 2010). Nagy területen termesztik az USA-ban, Argentínában, Ausztráliában, Oroszországban, Ukrajnában és Kazahsztánban. Továbbá kiemelkedő fontosságú Kelet-Európában. Kvashchuk (2008) leírja, hogy 1913-ban 3,5 millió hektáron termesztették Oroszországban, míg 525 ezer hektáron (a mai) Ukrajna területén (ahol ma a közönséges és a róka farkú köles ismeretes). Legnagyobb exportőrök India, az USA és Ukrajna, akik összesen a köles exportjának 50%-át teszik ki. India 158 000 tonna, míg az USA és Ukrajna

együttesen 89 000 tonnát exportált (Dudchenko és Diachenko, 2012). Az USA-ban a termesztett köles a legelterjedtebb, ahol 2013-ban 418 145 tonnát termesztettek (Singh és Adedeji, 2017). Ukrajnában a köles az egyik legfőbb gabona a hajdina és a rizs mellett, legnagyobb termőterülete az ország függetlenségének kikiáltása után 2004-ben volt, amikor 376 500 hektáron termesztették (Kaminszka, 2011). A világ legnagyobb importőrei 2010-ben Belgium 26 700 t-val, Németország 23 100 t-val, illetve Hollandia 16 000 t-val (Dudchenko és Diachenko, 2012; Arendt és Zannini, 2013). Világviszonylatban 615 000 tonna kölest exportálnak évente (Dudchenko és Diachenko, 2012).

2016-ban a világon termőterülete 31,7 millió hektár, termésmennyisége 28,4 millió tonna, termésátlag pedig 0,9 t/ha volt. Ez a szám Magyarországon 5519 hektár, 7470 tonna és 1,4 t/ha volt szintén a 2016-os évben (1. táblázat; FAOSTAT, 2018).

1. táblázat: A köles termőterülete, összesen megtermelt mennyisége és termésátlagja világviszonylatban és Magyarországon 2010-2016 között

	Betakarított terület		Összesen megtermelt mennyiség		Termésátlag	
	Világviszonylatban	Magyarországon	Világviszonylatban	Magyarországon	Világviszonylatban	Magyarországon
Év	(Mha)	(ha)	Mt	t	(t/ha)	(t/ha)
2010	36,2	10098	32,8	17964	0,9	1,8
2011	34,0	8188	27,1	10766	0,8	1,3
2012	31,2	7270	26,7	9540	0,9	1,3
2013	30,6	4910	26,4	5080	0,8	1,0
2014	31,4	4460	28,4	7050	0,9	1,6
2015	29,5	3617	28,6	4684	1,0	1,3
2016	31,7	5519	28,4	7470	0,9	1,4

Forrás: FAOSTAT, 2018

A köles C₄-es fotoszintézisű növény, bezárt gázcserenyílások mellett is képes folytatni a szervesanyag termelését, a párolgást azonban minimalizálni tudja, így tehát kedvező a fajlagos vízfelhasználása, valamint kedvező fénytűrés is jellemzi, míg szén-

dioxid kibocsátása sötétben történik (Sárvári, 2011; Futó és Sárvári, 2019). Gyökérzete bojtos gyökérzet, mely jól hasznosítja a talaj tápanyagkészletét. Szára szalmaszár, melynek magassága 1 méter körüli (80-120 cm), 5-7 szártagból áll, 1-2 hajtás hoz teljesen kifejtett bugát. A köles levelei 30-50 cm hosszúak és 1-2 cm szélesek, szőrrel fedettek (1. ábra). Összetett füzéres fürt virágzattal rendelkezik, továbbá elágazó összetett buga jellemző a növényre, önbeporzó (Radics, 2002; Jolánkai, 2005; Radics és Pusztai, 2011).

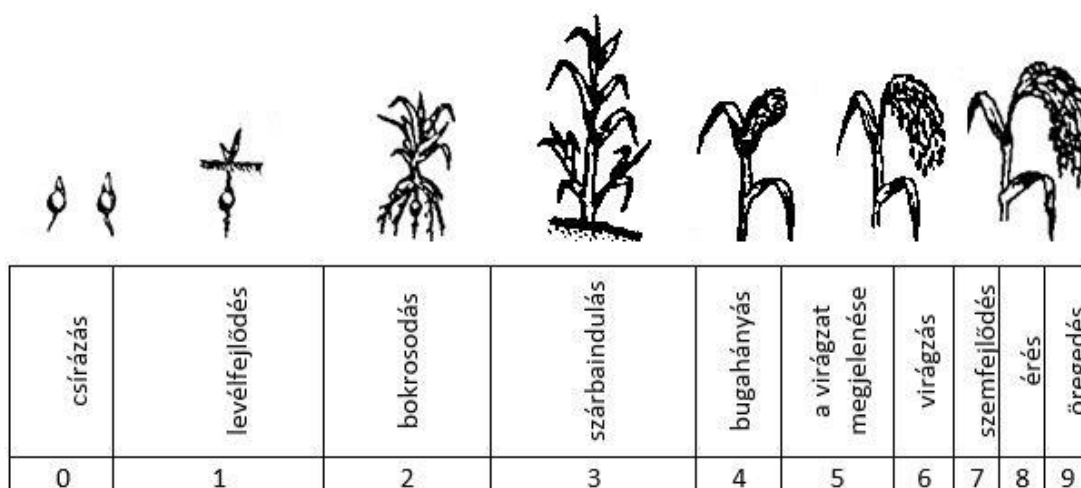
Berényi és Szabó (2001) virágzatát „hamis” kalászkának nevezi. Szemtermését két pelyva takarja. A maghéj színe fehér, sárga, vörös, barna és szürke is lehet. A szemek hosszúsága 3 mm, szélessége 2 mm, ovális alakúak.

Habiyaremye et al. (2017) leírják, hogy a termesztett köles tenésziideje 60-100 nap, Gomashe (2017) szerint 70-80 nap, míg Kalinová (2007), Radics, 2002 és Jolánkai (2005) szerint 70 és 130 nap között váltakozik (2. ábra).



1. ábra: A köles habitusának ábrázolása (Jolánkai, 2005)

Hőigényes növény, csírázásához legkevesebb 8-10 °C szükséges, azonban vízigénye igen alacsony (kivéve kelés és virágzás-terméskötés idejében), feleannyi keléskor és csírázáskor, mint a búzáé, a zabé, az árpáé vagy a kukoricáé (Mándi és Gocs, 2004; Seres és Sárvári, 2013). Durva homoktalaj kivételével szinte minden talajtípuson vethető gabona. Leginkább a laza és közép kötött talajokat kedveli. Többnyire bármely növény után elvethetjük, kései és nyári másodvetésű gabonaféle. Megfelelő számára a talaj, melynek pH értéke 5,5-6,5. Tápanyagigénye általában a következő: 30-80 kg/ha N, 20-35 kg/ha P₂O₅, illetve 40-70 kg/ha K₂O (Sárvári, 2011). Nitrogén szükséglete közép kötött talajon 50-70 kg/ha, míg laza talajon 100-120 kg/ha (Radics, 2002; Radics és Pusztai, 2011). Ukrajnai ajánlásokat tekintve ezek a mennyiségek a következők: N 50-70 kg/ha, 60-80 kg/ha P₂O₅, valamint 60-80 kg/ha K₂O (Karasyuk et al., 1991). Másodvetésben általában vetés előtt kerül kijuttatásra a műtrágya. Május 15. és június 10. között a legmegfelelőbb a fővetés időpontja (Sárvári, 2011).



2. ábra: A köles fejlődése (Kvashchuk, 2008; Marta et al, 2014; Upov, 2015)

A növény érése egyenlőtlen, mivel bokrosodása igen intenzív. Az aratást érdemes megkezdeni, amint a bugák már sárgulnak, megjelenik a szemtermésre jellemző szín, illetve látjuk, hogy viaszérésben vannak a főhajtáson lévő szemek (Ragasits et al., 1994; Nagy és Ábrahám, 2010). Betakarítása gabonakombájnnal, egy menetben végezhető augusztus-szeptemberben. Cséplés után a szemek tisztítása és szárítása következik (Fazekas et al., 2010). 13%-os szemnedvesség mellett, hűvös és jól szellőző helységben a köles 2 évig megőrzi csírázó képességét (Seres és Sárvári, 2013).

3.3 A termesztett köles beltartalmi paraméterei

A köles szemek nedvességtartalma 10-12% (a maximális érték 17% is lehet), fehérjetartalma hasonló a búza, az árpa vagy a cirok fehérjetartalmához, 8-15%. A fehérje biológiai értéke hasonló a búzaliszt biológiai értékéhez, mely 42 és 56 között változik (Kalinová, 2007). A fehérjék emészthetősége 95,0% és 99,3% között mozog. Fehérje-frakcióit tekintve túlnyomó többségben a prolaminfehérjék vannak jelen, míg kisebb mennyiségben glutelinek, albuminok és globulinok találhatóak a köles szemben. A köles szem metionin és cisztein tartalma megegyezik vagy kissé magasabb, mint a kukorica, a rizs, a búza vagy a cirok szemben található mennyiség (Arendt és Zannini, 2013). A közös köles lizin tartalma alacsonynak tekinthető, 1,4-4,3% (Ravindran, 1992; Dendy, 1995; FAO, 1995; Kalinová és Moundry, 2006; Kalinová, 2007), amely még így is magasabb, mint a búzánál (Kalinová és Moundry, 2006; Kalinová, 2007).

Nyerszsírtartalma 4-7%, ami magasnak tekinthető. A héj nélküli szem zsírtartalma 3,5 és 6,7% között mozog. A köles szemben a lipidek közül túlnyomó többségben apoláris lipideket, triglicerideket találunk. A poláris lipidek közül a glikolipidek, a foszfolipidek, a fitoszterolok vannak jelen, de találunk tokoferolt és karotinoidokat is. Ezért fontos szem előtt tartani, hogy tárolásnál avasodási folyamat indulhat meg. Ez elsősorban a többszörösen telítetlen zsírsavak jelenlétének tudható be, de a magas hidrolitikus enzimaktivitás szintén szerepet játszik a folyamat elindításában. Hamutartalma 2% és 5% között alakulhat.

A köles szénhidráttartalma 60-80%. Legnagyobb hányadát keményítő alkotja, ami 60-70%, de a 80%-ot is elérheti (Shahidi és Chandrasekara, 2013; Annor et al, 2017). A többi cellulóz, hemicellulóz, pektin, pentozán, redukáló cukor, dextrin. A termesztett köles keményítő tartalmának 20-32%-át alkotja az amilóz. A waxy típusú kölesnél az amilopektin aránya 100%-ot tesz ki. A keményítő szemcsék mérete 1-17 μm . Az élelmi rost tartalma 7-15% között mozog, de a 20%-ot is elérheti, mely poliszacharidokat, oligoszacharidokat, lignint foglal magába. A diétás rostok feloszthatók oldhatatlan (13,50%), oldható (1,45%) és rezisztens keményítőre (1,96%) (Ragae et al., 2006; Arendt és Zannini, 2013; Annor et al., 2017). A köles rezisztens keményítő tartománya 0,40% (Arendt és Zannini, 2013) és 1,96% (Ragae et al., 2006) között változhat. Srichuwong et al. (2017) teljes kiőrlésű köleslisztben 4,7 g/100 g sérült keményítő tartalmat mértek (szárazanyag tartalomra vonatkoztatva).

A termesztett köles energiatartalma az egyik legmagasabbnak tekinthető a többi gabona között, 1428-1524 kJ 100 gramm köles szemben (Kajuna, 2001; Kalinová, 2007). A kölesben megtalálható az α -amiláz, a β -amiláz, az α -glükózidáz, továbbá celluláz, hemicelluláz és proteáz enzim. Tároló és védő funkciót ellátó α -amiláz és proteáz inhibitorok is megtalálhatók (Annor et al., 2015). Makroelemek közül említésre méltó a kálium, 2350-3700 mg/kg és a foszfor, 2300-3620 mg/kg tartalma. Kalcium tartalma azonban alacsonynak tekinthető, 73-300 mg/kg (Arendt és Zannini, 2013). Mikroelemek közül kiemelkedő a vastartalma, de mangán, cink és réz is jelentős mennyiségben megtalálható a köles szemben. A köles gazdag B vitaminokban (B_1 , B_2 , B_3 , B_6 , kivéve B_{12}), melyek főleg az aleuron rétegben és a csírában koncentrálnak, valamint folsavban is gazdag (Bagdi, 2008; Taylor és Duodu, 2010; Shahidi és Chandrasekara, 2013; Habiyaemye et al., 2017; Taylor, 2017; Taylor és Duodu, 2017).

A termesztett köles összes fenolos vegyület tartalma a különböző szakirodalmi adatok szerint igen változó. Ezen fenolos vegyületeket antioxidáns hatással rendelkeznek.

Megakadályozzák, hogy szabad gyökök keletkezzenek, továbbá megkötik azokat, amelyek már jelen vannak, illetve azok tovább terjedését is csökkentik. Ezáltal a fenolsavak, melyekhez a vanillinsavat és a ferulasavat is soroljuk, igen kedvező hatással vannak a szív- és érrendszeri, de a rákos betegségekben is (Arendt és Zannini, 2013; Shahidi és Ambigaipalan, 2015). A kölesliszt összes fenolos vegyület tartalma Sharma et al. (2016) vizsgálata alapján 29 mg GAE/100 g (szárazanyag tartalomra vonatkoztatott érték), Chandra et al. (2016) 0,10 mg/100 g fenolos vegyület tartalmat mértek. Upadhyay et al. (2015) több köles fajta lisztjét vizsgálták, miszerint összfenolos vegyület tartalmuk 80 és 264 mg GAE/100 g között mozgott. Nambiar et al. (2012) a gyöngyköles lisztjét vizsgálták, mely összes fenolos vegyület tartalma 268,5-420 mg GAE/100 g között alakult (szárazanyagra vonatkoztatva). A közönséges köles szem tannin tartalma mindössze 0,055-0,178%, míg a hántolt szemben ez az érték még alacsonyabb, 0,023-0,034% (Ábrahám et al., 2012b).

3.4 A termesztett köles felhasználása, táplálkozás-élettani hatásai

A kölest elsősorban kásaként fogyasztják, de őrleményéből készülhet sütemény, szirup, sör, de úgynevezett snack-félék is (Mándi és Gocs, 2004). Egyre szélesebb körben alkalmazzák kisüzemi élelmiszergyártásban (Taylor, 2016). A hántolt kölesnek, vagy a lisztjének 10-30%-ban búzaliszthez való hozzáadásával jó minőségű kenyér süthető. Azonban a cirokhoz hasonlóan természetes adalékanyagok hozzáadásával 100%-ban is alkalmazható a kölesliszt, melyből szintén kedvező tulajdonságú termék (kekszek, muffinok) készíthetők (Léder, 2010). A kenyér elkészítése során megfelelő térfogatnövekedést érhetünk el hidrokolloidokkal, enzimekkel és kovással (Duodu és Taylor, 2012). Tejsavas erjesztéssel különböző nemzeti italok is készülnek (Taylor és Kruger, 2016). Nagyon híres a fermentált, kelt lapos kenyér, az „*injera*”, mely Etiópia nemzeti étele (Taylor, 2017).

Közismert a kölesből készített laposkenyér, a „*kisra*”, mely Szudán nemzeti étele (Berghofer és Schoenlechner, 2009; Ábrahám, 2019), de ismeretes még a különböző szemcseméretű dara, a „*kuszkusz*”. Indiában „*dosa*” néven ismert a laposkenyér, mely szintén nemzeti étel (Berghofer és Schoenlechner, 2009). A kölest felhasználják még szirupok, sör vagy snackfélék elkészítéséhez is. A viszonylag magas metionin és cisztein tartalma miatt a májbetegyek számára ajánlják, a gyorsabb regeneráció érdekében (Nagy

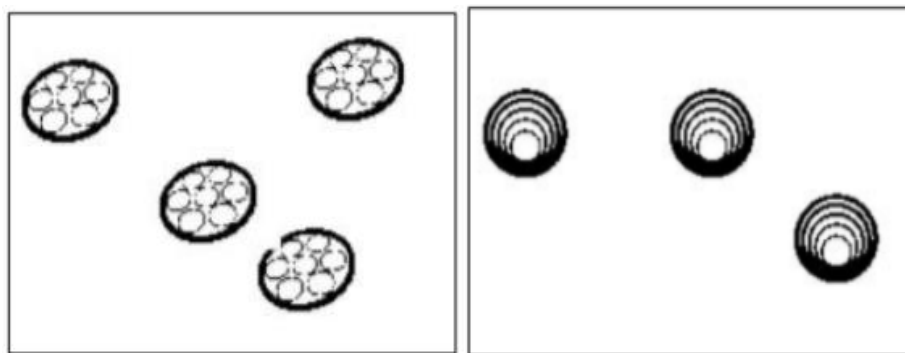
és Ábrahám, 2010). A kölesből az úgynevezett “bosa” sör is elkészíthető, mely elsősorban a Balkánon elterjedt alkoholos ital. Ismert még “busa” vagy “bouza” néven. Ezt a sört Egyiptomban és Törökországban nemzeti italnak tekintik, alkohol tartalma alacsony, mindössze 1%, mely sárga színű és aránylag sűrű állagú (Lorenz és Dilsaver, 1980).

A köles érdekessége, hogy niacin tartalma hántolás után is megmarad (67%-ban), így azok, akik hosszú ideje fogyasztják, nem jelenik meg a pellagra, a niacin hiánybetegsége. Fitinsav tartalma 1,7-6,1 g/kg, ez az érték megegyezik a többi gabonában található értékkel. Fitinsav formájában raktározódik a foszfor legnagyobb hányada, 67,3% (Ravindran, 1991; Kalinová, 2007; Arendt és Zannini, 2013). A vas biohasznosulását azonban csökkenthetik a fitátok, de a rostok is (Jaramillo et al., 2015). A hidroklorosavat tartalmazó maghéj szintén gátolhatja az ásványi elemek felszívódását szervezetünkben (Bagdi et al., 2011). Azonban kutatások alapján a magas fitát tartalommal rendelkező köles fajták akár funkcionális élelmiszerként is szolgálhatnak, ugyanis krónikus betegségek kialakulásának csökkentésében és az egészség megőrzésében fontos szerepet tölthetnek be (Devisetti et al., 2014).

Számos kutatást végeztek, miszerint a köles hipoglikémiás tulajdonsággal rendelkezik. Alacsonyabb a fehérje és a keményítő emészthetősége, mint a többi gabonánál, ennek köszönhetően a II. típusú diabeteses betegek körében javasolt a köles fogyasztása. A hypoglikémiás tulajdonsága az oldható rostoknak, a polifenoloknak és a keményítő-fehérje-zsír kölcsönhatásoknak tulajdonítható. A hántolás a glikémiás index növekedését eredményezi. Főzés hatására a köles fehérje emészthetősége alacsonyabb, mint a búza vagy a kukorica fehérje emészthetősége szintén főzés hatására. Kutatást végeztek, miszerint termesztett köles, ujjas köles és róka farkú köles fehérjeemészthetőségét vizsgálták főzés hatására. Az eredmények azt mutatták, hogy az értékek főzés hatására még magasabbak lettek (71,3%, 72,3% és 77,1%-ról 88,6%, 85,5% és 91,6%-ra emelkedtek) (Ravindran, 1992; Chandi és Annor, 2016; Annor et al., 2017). A köles továbbá rutint is tartalmaz, melyet a szív-és érrendszeri, valamint idegrendszeri betegségek kezelésében alkalmaznak (Kaminszka, 2011). Egyre jobban növekszik az érdeklődés a köles felhasználása iránt a kedvező egészségügyi hatásainak köszönhetően (Fan, 2014).

A vékonybélben nem emészthető és nem felszívódó, úgynevezett “rezisztens keményítő” egyre nagyobb figyelmet kap a fiziológiai funkciójának köszönhetően, amely hasonló a rostokéhoz. A “rezisztens keményítő” kifejezést először Englyst H. N. alkalmazta 1982-ben. Ezen keményítő típus nem hidrolizálódik 120 perces inkubáció során.

A vékonybélben nem emésztődik és nem szívódik fel, azonban elérve a vastagbelet, kisebb vagy nagyobb mennyiségben fermentálódhat az ott lévő mikroflóra hatására. Ezek az enzimek által nem emészthető keményítők 4 csoportra oszthatók (I, II, III, IV). Az első csoportba tartozik az α típusú keményítő, melynek rezisztenciája abban mutatkozik meg, hogy fizikailag hozzáférhetetlen formában van jelen, például a szemek részben vannak csupán megőrölve. A II csoporthoz tartozó keményítő rezisztens az enzimekkel szemben, esetleg lassan hidrolizálódik az α -amiláz hatására (ilyen lehet a nyers burgonya, zöld banán) (3. ábra). A III típusú rezisztens keményítő a legellenállóbb, mind a főzésnek, mint pedig az enzimes emésztésnek. Lebontása csak KOH-al vagy dimetil-szulfoxid lehetséges. A IV típusnál új kémiai kötések keletkeznek, mint az α -(1-4) vagy α -(1-6), melyek az előző típusú keményítőkből keletkezhetnek a kémiai kezelések hatására (Sajilata et al., 2006). Silvester et al. (1995) kísérletük alapján a napi elfogyasztott rezisztens keményítő mértéke 0,4-34,8 g között változik az elfogyasztott keményítő mennyiségétől és minőségétől függően (Topping és Clifton, 2001).



3. ábra: Az I és II típusú rezisztens keményítő szerkezete (Sajilata et al., 2006)

Több kutatást végeztek, miszerint a rezisztens keményítők prebiotikus tulajdonsággal rendelkeznek, ételmi rost forrásként szolgálnak (Mayer, 2004).

Kísérletet végeztek egereken, melyben termesztett kölessel etették azokat. A kölesben lévő fehérje javította a plazma adiponektin szintjét, a nagy sűrűségű lipoprotein (HDL) szintjét a genetikailag obesez, 2-es típusú diabeteses egerekben a zsíros diéta során. Továbbá megfigyelték, hogy a szérum triglicerid szint szignifikánsan alacsonyabb volt a termesztett és az ujjas kölessel táplált hiperlipidémiás patkányokban, mint a fehér rizzzel és cirokkal táplált patkányok csoportjában. A termesztett és az ujjas köles csökkentve a plazma triglicerid szintjét hiperlipidémiás patkányokban, a kardiovaszkuláris betegségek prevenciójában vehet részt. A köles az antinutrienseknek - mint a fenol savak, tannin és fitátoknak - köszönhetően csökkentik a vastagbél és a mellrák kockázatának kialakulását.

Továbbá a köles és a cirok fogyasztása csökkenti az esophagealis (nyelőcső) rák kialakulását. Vizsgálatot végeztek *in vitro*, miszerint a kölesek antimikrobiális aktivitással is rendelkeznek, ugyanis képesek meggátolni a *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* és *Fusarium oxysporum* növekedését (Saleh et al, 2013).

3.5 Tápanyagellátás hatása a köles mennyiségi és minőségi paramétereire

A kölesnek szüksége van a felvehető tápanyagban gazdag talajokra, ugyanis rövid a tenyészideje. A legérzékenyebb a nitrogén jelenlétére. Fajlagos tápanyagigénye 30 kg/t nitrogén, 14 kg/t foszfor és 35 kg/t kálium (1 tonna fő-és melléktermék előállításához). A Pro Planta rendszer szerint NPK tápanyag-igénye a következő: 29 kg, 8 kg és 36 kg az 1 tonna szemtermés eléréséhez (Fazekas et al., 2010). Szántóföldi termőhelyenként változik a köles termésátlaga. Középkötött mezőszégi talajon éri el a legmagasabb termésátlagot, 1,5-2,5 t/ha-t, középkötött erdőtalajon 1,2-2,0 t/ha szemtermést, míg laza és homoktalajokon mindössze 0,8-2,0 t/ha a termése. Jolánkai (2005) nyomán tápanyagigénye, középkötött mezőszégi talajon, a következőképpen változik: igen gyenge tápanyag-ellátottság mellett 25 N kg/t, 12 P₂O₅ kg/t, 30 K₂O kg/t hatóanyagtól az igen jó tápanyag-ellátottsággal rendelkező talajon 18 N kg/t, P₂O₅ kg/t, 20 K₂O kg/t hatóanyag-szükségletig változhat. A köles terméssel felvett NPK-, Ca- és Mg-tartalma (fajlagos tápelem tartalma) 20 kg/t N, 9 kg/t P₂O₅, 22 kg/t K₂O, 7 kg/t CaO és 2 kg/t MgO (Jolánkai, 2005).

A megfelelő összetételű műtrágya (NP és NPK) 14-34%-al tudja növelni a szemtermés mennyiségét (Nagy és Ábrahám, 2010).

Kádár (2005) különböző adagú NPK műtrágyázást alkalmazott csernozjom talajon, melyből a nitrogén 0, 100, 200 és 300 kg N/ha adagot jelentett. Ezután azt vizsgálta, hogyan hatott a kezelés a köles elemfelvételére. A szem elemösszetételét tekintve megállapította, hogy N-trágyázással nagymértékben nőtt a N, S, Mn, valamint Cu tartalom. Később hasonló kísérletet végzett, karbonátos homoktalajon. A N adag 0, 80, 160 kg N/ha volt. Az eredmények alapján a nitrogén, foszfor és cink főleg a köles szemben raktározódott, míg a többi vizsgált elem (7 db) inkább a szalmában volt jelen nagy mennyiségben. A szemtermésben a nitrogén és a foszfor műtrágyázás hatására a nitrogén és a mangán mennyisége megnövekedett, a cink felvételét azonban gátolta a foszfor (Kádár, 2009).

Jóvér et al. (2015) vizsgálatukban négy kölesfajta keményítőtartalmát, mint értékmérő tulajdonságot, határozták meg állománysűrűség és különböző tápanyagdózisok

függvényében, mely kísérlet a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézetében került beállításra. A vizsgálat során azt tapasztalták, hogy a tápanyagdózisok (30; 50 és 75 kg/ha N) és állománysűrűség nem mutatott eltérést, míg a fajták között már szignifikáns különbség mutatkozott a keményítő tartalom alakulásában.

Seres és Sárvári (2013; 2014), valamint Seres (2014b) Biserka köles terméshozamát és egyes tápanyag-tartalmát vizsgálták a különböző vetési idő, a tenyészterület és műtrágya kezelések függvényében a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetében a 2013-mas évben. A vetési június 12-én, június 25-én, valamint július 03-án történt. Az alkalmazott műtrágyaadagok a következők voltak: kontroll, NPK 40:48:48; NPK 80:72:72, valamint NPK 120:96:96. A legnagyobb terméshozamot a második kezelés alkalmazásával tapasztalták, közel 4 t/ha, azonban a K és a Mg tartalomnál csökkenést figyeltek meg a kezelések hatására a kontroll mintához képest. A fehérje tartalom 9,36% volt a kontroll mintánál, a műtrágya adagok hatására 9,58%-ot, 9,51%-ot és szintén 9,58%-ot mértek. A legmagasabb fehérje tartalom azonban a legkésőbbi vetés idején volt megfigyelhető. Szoros összefüggést leginkább a vetési idő és a terméshozam között tapasztalták.

Seres és Sárvári (2015) hasonló kísérletet végeztek el a 2014-es évben nyíregyházi és karcagi területen, amikor ugyanazon adagokat alkalmazva, három vetési időben vizsgáltak 4 kölesfajta (Biserka, Rumenka, Maxi és Lovászpatonai) változását. Termésátlagot tekintve a legkésőbbi vetésben is a Maxi fajta érte el a legnagyobb értéket. Azt tapasztalták, hogy az eltérő ökológiai viszonyok befolyásolták az NPK kezelés hatását. A megfelelő adag megválasztása segíti a növény vízhasznosítását.

Lásztity (2006) számos vizsgálatot végzett a köles szárazanyag- és tápelem felhalmozódására vonatkozóan. Megállapította, hogy a szárazanyag felhalmozás folyamatosan ment végbe a földfeletti részben, mely a betakarításig tartott. A műtrágyázás (NP, NPK) a betakarításkor növelte a felhalmozódást (a szem kivételével). A makroelemek felhalmozódását vizsgálva azt tapasztalta, hogy a P, K, Ca, Mg és S elemek a tenyészidő végéig, míg a N felhalmozása a beérés kezdetére befejeződött. Mikroelemeknél a Fe, Mn, Zn és B elemek felhalmozása a tenyészidő végéig tartott, a Cu, Ni és Mo felhalmozása a virágzáskor tetőzött, ezt követően effektív csökkenés volt tapasztalható a tenyészidő végéig. Az intenzív szakasz a Zn, Cu, B, Mo és Ni elemeknél a bugahányás után, míg a Fe és Mn elemeknél a beérés időszakában történt (Lásztity, 2006).

3.6 A szemescirok jelentősége, termesztése

A cirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) a világon az ötödik legfontosabb, legnagyobb mennyiségben termesztett gabonánk a búza, a kukorica, a rizs és az árpa után (Léder, 2010; Taylor és Duodu, 2010; Teixeira et al., 2016; Taylor és Duodu, 2017). Ma közel 500 millió embernek szolgál táplálékkul (Reddy, 2017). A cirok géncentruma Afrika, annak közép-keleti része, elsősorban Etiópiából és Szudánból származik (Pepó, 2010; Ábrahám et al., 2012a). Az USA-ba a behurcolt rabszolgák vihették be. Európában a seprűcirok termesztését már 1596 előtt megkezdték (Németh, 2009). Holland és Stephens voltak, akik 1952-ben hibrideket állítottak elő hímnős virágú cirkokból. A keresztezések során már nem csak a tenyésztőt sikerült rövidíteni, de a termésmennyiség is megnövekedett (Ábrahám, 2010).

A 10 vezető ciroktermelő ország csökkenő sorrendben a következő: az USA, Nigéria, India, Mexikó, Szudán, Argentína, Kína, Etiópia, Burcina Faso és Egyiptom (Shepel', 1989; Sárvári, 2011; Taylor és Anyango, 2011; Awika, 2017). Európában Franciaországban, Spanyolországban és a volt Szovjetunió országaiban termesztik nagy mennyiségben (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001). Ma Földünk 98 országában elterjedt. A termőterületek 59%-a Afrikában, 25%-a Ázsiában, 11%-a Észak- és Közép- Amerikában, 4%-a pedig Dél-Amerikában található. Európa cirok termesztése 1% alatti (Németh, 2009). Egyre elterjedtebb Franciaországban, Olaszországban, Spanyolországban és Magyarországon (Shherbakov, 1983). 61%-a humán fogyasztásra, 34%-a takarmányozásra, míg a többi ipari felhasználásra kerül (Léder, 2010). A cirkot a legnagyobb mennyiségben az USA, Argentína, Ausztrália és Kína exportálja, amely a világ cirok exportjának több mint 90%-a. Ukrajnában 2008-ban rekord mennyiségű cirkot exportáltak, 129 600 tonnát. Ebben az évben az összesen megtermelt mennyiség 214 700 tonna volt. Ezután csökkenés volt megfigyelhető, 2011-ben már csupán 53 100 tonnát exportált, melynek 72%-át (38 100 t) Egyiptomba exportálták. Legnagyobb cirok importőrök Mexikó és Japán (Dudchenko és Diachenko, 2012).

2016-ban a világon termőterülete 44,8 millió hektár, termésmennyisége 63,9 millió tonna, termésátlaga pedig 3,1 t/ha volt. Ez a szám Magyarországon 3619 hektár, 11047 tonna és 3,1 t/ha volt a 2016-os évben (2. táblázat; FAOSTAT, 2018).

2. táblázat: A cirok termőterülete, összesen megtermelt mennyisége és termésátlaga világviszonylatban és Magyarországon 2010-2016 között

	Betakarított terület		Összesen megtermelt mennyiség		Termésátlag	
	Világviszonylatban	Magyarországon	Világviszonylatban	Magyarországon	Világviszonylatban	Magyarországon
Év	(Mha)	(ha)	Mt	t	(t/ha)	(t/ha)
2010	42,2	3800	60,1	3900	1,4	1,0
2011	42,2	7562	56,7	16600	1,4	2,2
2012	39,2	4430	57,2	12440	1,5	2,8
2013	43,3	5330	61,8	14450	1,4	2,7
2014	45,0	4580	68,2	19470	1,5	4,3
2015	41,6	4576	65,9	15531	1,6	3,4
2016	44,8	3619	63,9	11047	1,4	3,1

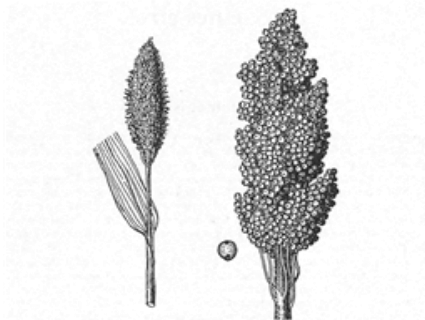
Forrás: FAOSTAT, 2018

Magyarországon először a seprűcirok volt jelen, majd 1821-ben Nagyváthy a cizirkölest ismerteti, míg a takarmánycirok honosítását Surányi János kezdi meg (Jolánkai, 2005; Ábrahám et al., 2012a). A Zádor cirok hibrid minősítésének éve 1998 (Ábrahám, 2010). Magyarország ciroktemresztésének agrotechnikai fejlesztése Barabás Zoltánnak köszönhető (Ábrahám, 2019). A Karcagi Kutatóintézet 1970-ben kezdte a cirokfélék nemesítését. Chrappán György vezette a takarmánycirok nemesítését 1990 és 2006 között (Chrappán és Fazekas, 2004). Magyarországon a legrövidebb tenyészidővel rendelkező hibridek a Zádor, a Dorka, a GK Zsófia és az NKX 7903. Így ezek inkább kései vetésű hibridek.

Magyarországon az időjárási szélsőségek előfordulásának növekedése figyelhető meg, ezért egyre nagyobb teret hódít és egyre nagyobb teret kell biztosítani az igénytelenebb növényeknek (Ábrahám, 2010). Továbbá azon területeken termesztik, ahol a kukorica termesztése nem gazdaságos, így inkább homoktalajokon és szikes talajokon. Kedvező tulajdonsága, hogy jól alkalmazkodott az öntözés nélküli körülményekhez, rendkívül szárazságtűrő növény, így jövedelmező a cirok termesztése. Kiváló szárazságtűrése

származási helyének, a nagy mennyiségű gyökértömegének és a viasszal borított leveleinek köszönhető (Ábrahám és Virágné Pintér, 2016; Bell et al., 2018). 3-4 t/ha körül alakul átlagtermése, míg kedvezőbb termesztési körülmények és technológia mellett akár 10-12 tonnára is emelkedhet hektáronkénti termésátlaga (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001). Aszályos, száraz időszakokban is jobb termésbiztonsággal jellemezhető, mint a kukorica. Rendkívül jó a regenerálódó képessége, betegségekkel szemben pedig igen toleráns (GK Tavaszi fajtaajánlat, 2018). Jellemző a növényre a jó tőszámkompenzáció, amikor a kelési tőhiányt bokrosodóképességével javítja. A túlsűrítést pedig a növényállományának kiritkításával szintén javítani képes (Rajki és Palágyi, 2018).

A szemescirkot (4. ábra) a középkorban “surgo”-nak nevezték, ami a latin “surgere” szóból eredhet, melynek jelentése felállni. Több neve is ismeretes, mint a Guinea corn, sorgho vagy dura.



4. ábra: A szemescirok habitusának ábrázolása (Jolánkai, 2005)

A szemescirok egyszikű növény, a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába és a *Sorghum* nemzetségbe tartozik (Pepó et al., 2013). Főleg a meleg éghajlatú vidékeken számít nagyon fontos gabonanövénynek (Jolánkai, 2005).

A szemescirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) rendszertani besorolása:

- Ország: Növények (*Plantae*)
- Törzs: Zárvatermők (*Magnoliophyta*)
- Osztály: Egyszikűek (*Liliopsida*)
- Rend: Perjevirágúak (*Poales*)
- Család: Pázsitfűfélék (*Poaceae*)
- Alcsalád: Kölesfélék (*Panicoideae*) (syn. *Andropogonoideae* – Fenyérfűfélék)
- Nemzetség: Cirok (*Sorghum*)

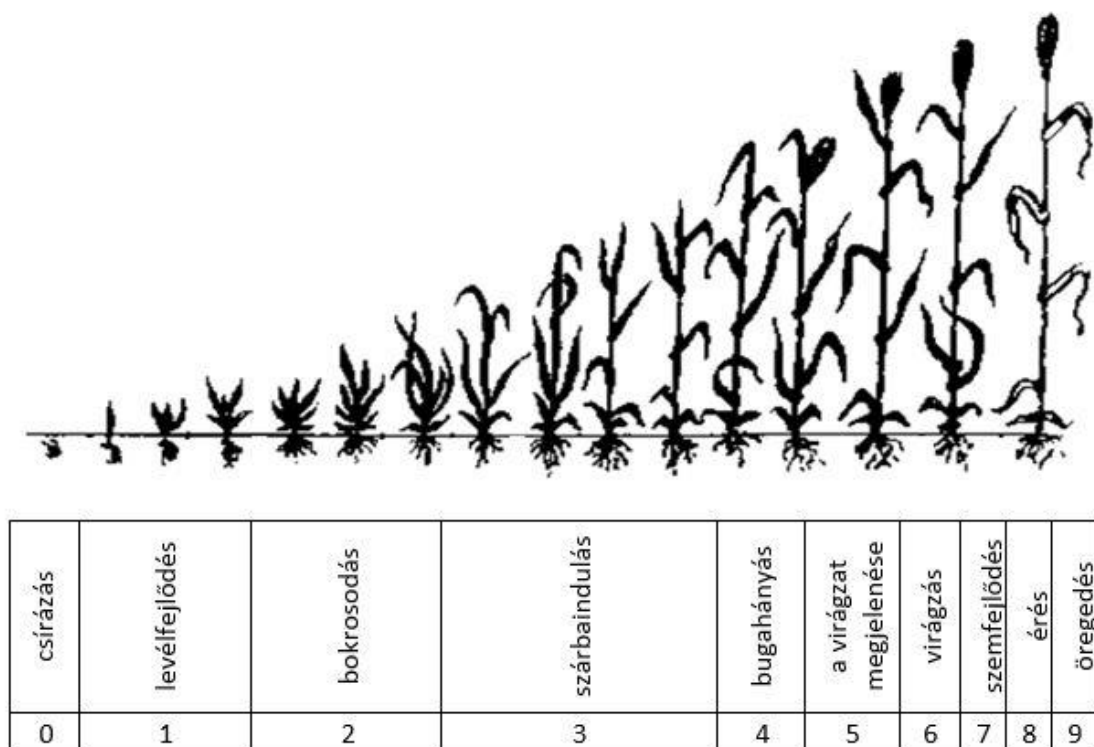
(Jolánkai, 2005; Udvardy, 2005; Udvardy, 2008).

A termesztett cirok változatai, melyeket már külön fajként ismertetik a következők: seprűcirok (*Sorghum dochna* var. *technicum*), cukorcirok (*Sorghum dochna* F.

Snovden), szemescirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) és szudánifű (*Sorghum sudanense* Piper) (Ábrahám et al., 2012a). A *Sorghum* nemzetség 60 faja ismeretes (Jolánkai, 2005).

C₄-es típusú növényekhez tartozik, ahogyan a kukorica is, adott felületen több szén-dioxidot köt meg, mint a C₃-mas növények (Ragasits, 1994; Ábrahám, 2010; Ábrahám et al., 2012a). Bugavirágzat jellemző a cirokra, mely 20-30 cm hosszú lehet. Ismeretes a laza, középkötött és a tömött buga. Többnyire önmegtermékenyülő gabonaféle. Termése szemtermés. Egy buga 800, de akár 3000 szemet is tartalmazhat. A pelyva félig borítja a szemet, vagy nincs is jelen. 28 és 33 g között alakul ezerszemtömege. A szemek színe fehér, sárga, sárgásbarna és barna között változhat (Berényi és Szabó, 2001; Jolánkai, 2005). A cirokszem (caryopsis) 3 különböző részből áll: a külső héj részből (pericarpium), ami a szem 4,3-8,7%-át teszi ki, az endospermiumból (tároló szövet, lisztes és viaszos endospermium), 82-87% és a csírából (embryo), ami 28%-a a szemnek (Jolánkai, 2005; Taylor és Anyango, 2011). A kukoricához hasonló gyökérzettel rendelkezik, a főgyökér egész korán elpusztul, azonban a mellék- és járulékos gyökerek mélyen behálózják a talajt, ennek köszönhető a növény szárazságtűrése. A szára hengeres és rostos, 0,4-2,5 m magas. Levelei szintén hasonlítanak a kukorica leveleihez, viasszal borítottak, 50 és 100 cm hosszúságúra nőnek, 5-14 cm szélesek, általában 7-15 levelük van (Isakov, 1982; Jolánkai, 2005, Ábrahám, 2019).

A cirok sótűrő kultúra, így magas sótartalmú, valamint savanyú talajokon is jól termeszthető 6 (Antal, 1999) – 5,5 pH-értékig (Jolánkai, 2005), ugyanakkor ennél savanyúbb talajokon már nem hoz elfogadható termést. Szárazságtűrése kiemelkedő, így a kukoricával összehasonlítva levelei kevesebb vizet veszítenek (Jolánkai, 2005). Melegigényes növény, az előveteményekre azonban nem igényes, önmaga után is vethető, azonban 3 év után már érdemes vetésváltást alkalmazni. Betegségei lehetnek a vöröscsíkoság, a levélfoltosság, esetleg gombás betegségek. A cirok vetéséhez szükséges talajhőmérséklet 12-14 °C, a megfelelő vetésmélység 3-5 cm, a megfelelő tőtávolság 50-70 cm, 10-12 kg vetőmagra van szükség hektáronként (Ábrahám, 2010). A növény fejlődésének ideje 110-170 nap (Léder, 2004) (5. ábra). Életciklusa igen hasonló a kukoricához (Pontieri és Giudice, 2016). Betakarításának ideje augusztus vége - szeptember. Ilyenkor optimális szemnedvessége 25%, melyet mindenképp szárítani szükséges, tároláshoz a megfelelő nedvességtartalom 12-13% (Jolánkai, 2005; Ábrahám, 2010).



5. ábra: A cirok fejlődése (Shepel', 1989; Jones, 2003; Marta et al., 2014; Upov, 2015)

3.7 A szemescirok beltartalmi paraméterei

Jolánkai (2005) szerint a szemescirok fehérjetartalma 11% és 13% között alakul, míg több szakirodalom szélesebb tartományban adja meg átlagos fehérjetartalmát, 6-16% (Chrappán és Fazekas, 2004; Léder, 2004; Mokrane et al., 2010; Noha et al., 2011). A fehérje nagyobb részét a prolaminok és a glutelinek teszik ki. Kisebb mennyiségben van jelen az albumin és a globulin. A kukoricához képest fehérje emészthetősége jobbnak tekinthető. Az aminosavak tekintetében magas a glutaminsav, a leucin, az alanin, a prolin és az aszparaginsav tartalma (Arendt és Zannini, 2013). Az esszenciális aminosavak közül alacsony a lizin, a triptofán és a treonin tartalma (Badi et al., 1990; Noha et al., 2011; Kayitesi et al., 2012). A lizin a cirok fehérjében található legfontosabb esszenciális aminosav, mely 1,8-2,5% (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001). A cirok bioaktív aminosavat tartalmaz (5,8-41,4 mg/100 g), melyek biogén aminosavakra és poliaminokra (60-100%) oszthatók. Ezen poliaminok szerepe jelentős a növény növekedésében, fejlődésében és a gyökér embriogenezisében (Paiva et al., 2015). Keményítőtartalma, 68% és 73% között alakul, mely megfelelő öntözés, műtrágyakezelés révén 74-76%-ra növelhető. A keményítő

amilóz aránya 23-28% (mely a liszben 24-33% között mozog (Yousif et al., 2012), amilopektin aránya 72-77% (Ábrahám, 2019). A keményítőszemcsék mérete 2-30 μm , de többnyire 15 μm nagyságúak. Ismeretes a cirokfélék “waxy” fajtája, melyeknél az amilóz nincs jelen, a keményítő teljes hányadát az amilopektin alkotja, ezáltal jobb az emészthetőségük (Barabás és Bányai, 1985; Siklósiné Rajki és Harmati, 2001; Wong et al., 2009; Lengyel, 2014; Taylor és Duodu, 2017). Khan et al. (2013) kutatásuk alapján meghatározták, hogy a cirokliszt teljes keményítőtartalmából (76,7%) 73,75% emészthető, míg 2,95%-a rezisztens keményítő (szárazanyag tartalomra vonatkoztatva). Schober és Bean (2008) leírja, hogy a cirok az egyetlen gabonaféle, melynek perikarpiumában keményítő szemcsék találhatóak. Az őrlés során a keményítő szemcsék sérülnek, mely hatással van a készítendő termék minőségére, ezért a sérült keményítő mértéke egy nagyon fontos paramétere a liszt minőségének. A sérült keményítő jellemzője a jó vízfelvevő-képesség, azonban túl nagy mennyiségben már ragacsossá teheti a tészta állagát (Allister et al., 2008). Srichuwong et al. (2017) a teljes kiőrlésű piros ciroklisztben 8,1 g/100 g, fehér ciroklisztben 10,1 g/100 g sérült keményítőt mértek és 10 g/100 g teljes diétás rostot (szárazanyag tartalomra vonatkoztatott értékek). Pontieri és Gludice (2016) kutatásai alapján a cirok rost tartalma 6,5 és 7,9% között mozog, melyből 86,2% oldhatatlan. Teixeira et al. (2016) különböző genotípusú cirokok lisztjeinek rezisztens keményítő tartalmát vizsgálták, mely során az eredményeket egy nagyon széles határ között kapták meg: 0,31 g/100 g-tól 65,65 g/100 g rezisztens keményítőt. A maghéj nagyrészt cellulózból és hemicellulózból áll. A maghéjban lévő zsír főleg viaszt tartalmaz (Pepó et al., 2013). A cirok szem zsírsavtartalma 2,1-6,6 g/100 g szárazanyagra vonatkoztatva (Arendt és Zannini, 2013). A cirok szemek teljes zsírtartalmának 76%-a a csírában van jelen, 13%-a az endospermiumban, míg 11%-a a korpában. 100 grammjának energiatartalma 1528 kJ (Wall és Blessin, 1970; Barabás és Bányai, 1985; Siklósiné Rajki és Harmati, 2001; Dicko et al., 2006).

A cirok szemben található viasz a következőket tartalmazza: 46%-ban aldehideket, 41%-ban alkoholokat, 8%-ban zsírsavakat (Hwang et al., 2004). 80%-ban a telítetlen zsírsavak vannak jelen (Hulse et al., 1980), a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya magasabb, mint az egyszeresen telítetlen zsírsavaké (Wall és Blessin, 1969; Mehmood et al., 2008). A cirokban lévő apoláris lipidek közül a triglicerid van jelen a legnagyobb arányban, míg a poláris lipidek közül a foszfolipid, a glikolipid, a fitoszterol és a karotenoid (Taylor és Duodu, 2010). A szemescirokban lévő zsírsavak közül a linolsav

található meg legnagyobb arányban, közel 52%. Az olajsav 32%-ot tesz ki, a palmitinsav 10%-ot, a sztearinsav 4%-ot, míg a linolénsav 1%-ot (Wall és Blessin, 1969).

A tannin elsősorban a pigmenttel rendelkező fajtákra jellemző (Dykes és Rooney, 2006). A cirok 1,39-21,79 mg/100 g tannint tartalmazhat (Afify et al., 2012). Azonban Magyarországon az államilag minősített szemescirok hibridek többségben 0,8-1,2% tannin tartalommal rendelkeznek, amelyek a közepes tannintartalmúak csoportjába sorolhatók. A Zádor szemescirokhibrid tannintartalma 1,2% (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001; Chrappán és Fazekas, 2004; Jolánkai, 2005; Ábrahám, 2010; Ábrahám és Virágné Pintér, 2016). Hántolással vagy őrléssel a tannin akár 70%-a is eltávolítható (Lásztity, 1999). A tannin egy aromás, keserű ízű vegyület, mely védi a szemtermést a baktérium és gombák által okozott megbetegedésektől, meggátolja a mikroorganizmusok bejutását a mag belsőjébe, jobb lesz a csírázókéességük, valamint jobb lesz a hidegtűrésük, így hideg időjárás esetén kedvező hatással van a cirok kelésére és a kezdeti fejlődésére (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001; Earp et al., 2004). A csersavnak ismeretes az antioxidáns hatása (Ábrahám, 2010), azonban a magas tannin tartalom ronthatja a táplálék emészthetőségét és értékét (Osuntogun et al., 1989).

Minden cirok szemben jelen van a fenolsav, a legtöbb fajtánál a flavonoidok is megtalálhatóak (Chandrashekar és Satyanarayana, 2006). A polifenolok kedvező hatást fejtenek ki az emberi szervezetre antioxidáns tulajdonságaiknak köszönhetően. Eltávolítják a szabad (többnyire az oxigén) gyököket, valamint gátolják az oxidációt, fém kelátokként viselkednek (Stratil et al., 2007; Alka et al., 2013; Shahidi és Ambigaipalan, 2015; Pradeep et al., 2015). A maghéj és az aleuron réteg az a hely, ahol ezek a fenolsavak elhelyezkednek (Chandrashekar és Satyanarayana, 2006). Összflavonoid tartalma 45,91-58,85 mg CE/100 g, összes fenolos vegyület tartalma 109,21-116,70 mg GAE/100 g (Afify et al., 2012). A cirokklisztt összes fenolos vegyület tartalma 58 mg GAE/100 g (Cardoso et al., 2014) - 128,9 mg GAE/100 g között mozoghat (Alka et al., 2013).

A cirok gazdag ásványi anyag forrás, kiemelkedő a vas és a cink mennyisége, kalcium tartalma azonban alacsonynak tekinthető (O'Kennedy et al., 2006). A makroelemek közül a foszfor mennyisége 3,44 g/kg, a kálium 4,37 g/kg, a kalcium 0,15 g/kg, a magnézium 1,64 g/kg és a kén 1,49 g/kg. A mikroelemek közül 20,6 mg/kg a mangán tartalma, 29,7 mg/kg a cink, 4,6 mg/kg a réz, valamint 41,1 mg/kg a cirok vas-tartalma (Paiva et al., 2017). Jones (2003) megadja a cirokszemre vonatkozó optimális határértékeket. A makroelemeknél a N 1,0-2,0%, a P 0,2-0,4%, a K 0,3-0,5%, a Ca 0,03-0,05% a Mg 0,1-0,2% közötti értékeket kell, hogy elérjen, míg a mikroelemeknél a Cu 5-

15 mg/kg, a Fe 40-60 mg/kg, a Mn 5-15 mg/kg, míg a Zn 5-15% közötti értéket kell, hogy elérjen (Jones, 2003).

A cirok hamutartalma 0,99% és 3,40% között változhat, mely nagymértékben függ a növény genotípusától és a környezeti tényezőktől (Pontieri és Giudice, 2016).

3.8 A szemescirok felhasználása, táplálkozás-élettani hatásai

A cirok gluténmentes és fitokemikáliákban gazdag funkcionális élelmiszernek tekinthető (Cruickshank, 2016). A cirokból készíthető sütemény, keksz, száraztészta, snack-ek, de kenyér is készíthető adalékanyagok (zsiradék, tojás, hidrokolloidok) hozzáadásával (Ábrahám, 2010). Khan et al. (2013) tésztá elkészítéséhez 20%, 30% és 40%-ban adtak ciroklisztet durumbúzához. Yousif et al. (2012) 30%, 40% és 50%-ban alkalmaztak ciroklisztet kenyér elkészítéséhez. Pontieri és Giudice (2016) ugyancsak leírják, hogy a cirok liszt 5%-tól 50%-ig alkalmas a búza liszt helyettesítésére. A cirok jelentősége az etanol, valamint más ipari termékek gyártásban is kiemelkedő lehet. Ilyen például a műanyag gyártás, olyan aszályos területeken, ahol más növények nem vagy csak kevésbé termeszthetők (Taylor et al., 2006).

A cirok kiváló takarmánynak minősül az állattenyésztésben, mind a kérődző (marha, juh, kecske), mind pedig a nem kérődző (szárnyasok, sertés, hal) állatok részére. Számukra a cirokszem legfontosabb értéke az energiatartalomban, az aminosav tartalomban és a keményítő tartalomban mutatkozik meg (McCuistion et al., 2019). Előrejelzések szerint az egy főre jutó húsfogyasztás a 2009-ben mért 37 kg-ról 2050-re már 52 kg-ra fog növekedni a népesség gyors növekedésének és az urbanizációnak köszönhetően. Ez az állatállomány növekedéséhez, ami a takarmányigény további növekedéséhez vezet, tekintve a környezeti változásokat a cirok is egyre fontosabb szerepet kaphat a jövőben. Mindemellett a baromfitenyésztésben a vörös szemű cirkok kedvező sárgás színt kölcsönöznek a tojások sárgájának. A szárnyasoknál további előnyt jelent, hogy esetükben a cirok keményítőjének emészthetősége 99%, a marhánál ez az érték 87%, a lónál már mindössze 30% (Ronda et al., 2019).

Élettani hatását tekintve a cirok véd az oxidatív stressz ellen, gyulladásgátló hatással bír, illetve anti-hipertenzív hatása is ismeretes, mely a fitokemikáliák jelenlétének köszönhető (Taylor et al., 2014). A cirokban található tannin csökkenti a bőrrák kialakulására való hajlamot, valamint közvetlenül meggátolja a melanoma sejtek képződését (Earp et al., 2004). Kutatások alapján, azokon a területeken, ahol nagyobb mennyiségben

fogyasztottak cirkot (valamint kisebb mértékben kölest is), 1,4-3,2-szer kisebb volt a nyelőső rákban elhalálozottak száma, mint azokon a területeken, melyeken elsősorban búzát vagy kukoricát fogyasztottak (Awika et al., 2009). A cirokban karotinoidok, valamint E vitamin található. Ezáltal antioxidáns tulajdonságokkal rendelkezik. Beta-karotint szintén tartalmaz, mely a látásban játszik fontos szerepet. Diszlipidémia és szív-érrendszeri betegség kialakulásának csökkentésében is szerepet játszik, azáltal, hogy α , β , γ és δ tokoferolok, valamint tokotrienolok vannak jelen a cirok szemben. Továbbá olyan krónikus megbetegedések kialakulását akadályozhatja, mint például az obezitás (Abugri et al., 2013; Cardoso et al., 2014; Cardoso et al., 2015). A cirokban található tanninok proantocianidinek nagy molekulatömegű polifenolok, ezek a vegyületek képesek megkötni a fehérjéket, szénhidrátokat és más tápanyagokat, csökkentve ezáltal az ételek tápértékét, illetve csökkenthetik emészthetőségüket. Azonban kedvező tulajdonsággal is rendelkeznek fogyókúra diétában (Awika és Rooney, 2004; Oliveira et al., 2017). A cirok endospermiumának keményítő tartalma viszonylag lassabban emészthető, mint a többi gabona keményítője. Főzés során 15-25%-kal alacsonyabb a keményítő emészthetősége a kukoricához képest, valamint emészthetetlen keményítőt is tartalmaz. Ez a tulajdonsága fontos lehet a diabetesben szenvedők esetében (Ábrahám, 2010; Awika, 2017).

3.9 Tápanyagellátás hatása a cirok mennyiségi és minőségi paramétereire

A szemescirok magas tápanyagigényű gabona. A nitrogén műtrágya növeli leginkább termésmennyiségét. Megfelelő agrotechnikát alkalmazva 4-5 tonna a hektáronkénti termésátlaga. Ennek eléréséhez 130-160 kg/ha nitrogén műtrágya szükséges, foszforból 50-70 kg/ha, valamint káliumból 150-200 kg hektáronként (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001).

A MÉM NAK, azaz a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrokémiai Központja „Műtrágyázási irányelveket és üzemi számítási módszert” fejlesztett ki 1979-ben, ez az úgynevezett „Kék Könyv”. 1987-ben módosítást végeztek, Új műtrágyázási irányelveket vezettek be, mely már „Fehér Könyv” néven volt ismeretes (Loch és Nosticzius, 2004; Sárdi, 2011). A szemesciroknál közép-kötött mező-ségi talajon 4,0-9,0 t/ha szemtermés érhető el megfelelő időjárási és agrotechnikai feltételek mellett. További termőhelyeken, ez az érték alacsonyabb, így közép-kötött erdőtalajon termésátlaga 3,0-6,0 t/ha, kötött réttalajon 2,0-7,0 t/ha, laza és homoktalajon, valamint

szikes talajon 1,8-5,0 t/ha, sekély termőrétegű talajokon pedig 2,2-5,5 t/ha. Tápanyagigénye, ugyancsak közép-kötött mezőszéki talajon, a következőképpen változhat: igen gyenge tápanyag-ellátottság mellett 35 N kg/t, 16 P₂O₅ kg/t, 35 K₂O kg/t hatóanyagtól az igen jó tápanyag-ellátottsággal rendelkező talajon 19 N kg/t, 6 P₂O₅ kg/t, 14 K₂O kg/t hatóanyag-szükségletig változhat (Antal, 1999). A szántóföldön termesztett szemes cirok terméssel felvett NPK-, Ca- és Mg-tartalma (fajlagos tápelem tartalma) 29 kg/t N, 10 kg/t P₂O₅, 31 kg/t K₂O 8 kg/t CaO és 3 kg/t MgO (Loch és Nosticzius, 2004; Ábrahám et al., 2012a).

Józsa (1976) leírja, hogy a cirok beltartalma értékesebb, mint a kukoricaé. Aszályos időszakban a cirok termése csökken, azonban fehérjetartalma megnő. Kansasban végeztek egy kísérletet, miszerint aszályos feltételek mellett 2 t/ha volt a termésátlaga, 9,5% a fehérjetartalma, míg öntözés hatására 3,3 tonnára emelkedett a hektáronkénti átlagtermése, azonban fehérjetartalma 8,3%-ra csökkent (Barabás és Bányai, 1985). A nitrogén műtrágya kezelés hatására nem csupán a fehérje mennyisége nő, de a fehérje emészthetősége is (Chrappán és Fazekas, 2004). A nitrogén, foszfor és kálium a legfontosabb faktor a növény fejlődése során. Ahogyan nélkülözhetetlen makroelem a N, P és K, úgy alkalmazzák ezt a három elemet a műtrágyázásban a ciroknál is. A nitrogén az egyik legfontosabb tápanyag, ugyanis a sejtek osztódásánál jelentős szerepet tölt be, ezáltal hatást gyakorol a növekedésre, a hozamra és a növény minőségére is. Kísérletet végeztek arra, hogyan hatnak ezen műtrágyák különböző adagokban a waxy cirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) termés hozamára és az amilopektin/keményítő arányra. Az alkalmazott N adagok a 0, 89, 219, 349 és 438 kg/ha voltak, a P₂O₅ adagok a 0, 46, 113, 180, 226 kg/ha voltak, míg a K₂O adagok a 0, 122, 300, 478 és 599 kg/ha voltak. A kezelések hatására kezdetben növekedés, majd csökkenés volt megfigyelhető mindkét vizsgált paraméternél. A hozamnál és az amilopektin/keményítő aránynál az optimális kezelés kombináció a következő volt: 262,29 - 324,30 kg/ha N és 114,07 – 139,26 kg/ha P₂O₅ és 230,22 – 369,28 kg/ha K₂O, mely során 5800 kg/ha volt a cirok termés hozama és 91% az amilopektin/keményítő aránya (Wang et al., 2017).

Egyes kutatások alapján a nitrogén kezelés hatására nő a prolamin fehérjefrakció, míg az albumin, globulin, valamint glutelin frakciók aránya csökken, melyek inkább az értékes aminosavakat tartalmazzák, ilyen a lizin, a hisztidin, a treonin vagy a glicin. További kísérletekben megállapították, hogy a nitrogén műtrágya hatására a keményítő tartalom is emelkedik 68-73%-ról 74-76%-ra (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001). Ayub et al. (1999) cirok fajtákat kezeltek NP műtrágyával 0-0, 50-0, 100-0, 50-50, 100-50 és 100-100 kg/ha arányban. A szárazanyag-hozamát (8,10 t/ha és 15,68 t/ha), a fehérjét (8,28%

és 13,37%), a nyers rost tartalmat (26,25% és 34,02%) és a hamutartalmat (7,16% és 11,14%) tekintve minden esetben a kontrollnál mérték a legalacsonyabb értéket, míg a 100-100 kg/ha NP adaggal kezelt ciroknál voltak a legmagasabb eredmények. Ayub et al. (2002) 0, 50, 100 és 150 kg/ha nitrogén adaggal kezelt szemescirok minták zsírtartalmát vizsgálták, kutatásuk alapján a minták zsírtartalma növekedést mutatott, 1,59%, 1,77%, 1,82% és 1,95%. Az 50 és a 100 kg/ha nitrogén kezelés között nem volt szignifikáns különbség, azonban a kontroll és a maximális kezelések között már kimutatható eltérést tapasztalt.

Egyes kutatásokban 0, 80, 120 és 160 kg/ha lassan ható nitrogén kezelést alkalmaztak cirok (*Sorghum bicolor*) kísérletben. Az első kísérletben a 160 kg/ha karbamid kezelés mutatta a legnagyobb biomasszát (össztömeget), bár a kezelések között nem volt szignifikáns eltérés. A második kísérletben a 160 kg/ha kezelés már szignifikánsan emelte az össztömeget a kontrollhoz képest (Ruthrof et al., 2018).

További kutatások megállapították, hogy a cirok a nitrogén 45%-át veszi fel a virágzási időszak végéig (Lásztity, 1995; Izsáki és Németh, 2016). Kádár (2013) kísérlete során azt tapasztalta, hogy nitrogén műtrágyázás hatására a nitrogén tartalom minden növényi szervben megemelkedett. Kovács et al. (2011) kísérletében beállított cukorcirok nagy adagú (185,5 kg/ha) nitrogén és kálium (150 kg/ha) műtrágyázás akár 20%-kal csökkentette a cirok szárának cukortartalmát. Buxton et al. (1999) megfigyelték, hogy a nagy dózisu nitrogén már gátolja a kálium felszívódását. Tang et al. (2018) kutatást végeztek, mely során 0, 60, 120 és 240 kg/ha nitrogén műtrágyával kezeltek 2 cirok fajtát (cukorcirok, biomassza cirok). A legmagasabb nyersfehérje tartalom mindkét esetben a legmagasabb adaggal kezelt fajtánál volt megfigyelhető (63,3-82,2 g/kg), a legalacsonyabb fehérje tartalmat a kezeletlen mintánál mérték (37,4 g/kg). A termésátlag szintén növekedést mutatott: 8,6 t/ha, 8,9 t/ha és 9 t/ha, azonban a levél és a szár szárazanyag tartalmának arányában már csökkenés volt megfigyelhető. További kutatás alapján a minőségi paraméterek (nem szerkezeti szénhidrátok, cellulóz, hemicellulóz, vagy lignin) nem mutattak szignifikáns eltérést nitrogén kezelés hatására (Tang et al., 2018).

Zandonadi et al. (2017) cirok hibridek makroelem tartalmának változását tanulmányozták különböző vetésidők során. Az elemek következő sorrendjét állapították meg átlagosan a cirok szemekben: N>K>P>Ca>Mg>S. A makroelemek felhalmozódását 1 tonna cirok szemre vonatkoztatva adták meg, mely a következőnek bizonyult: 20,05 kg N, 3,33 kg P, 3,70 kg K, 3,49 kg Ca, 1,77 kg Mg, valamint 0,72 kg S.

Lásztity (2006) ugyancsak számos vizsgálatot végzett a szemeszűk szárazanyag- és tápelem felhalmozódására vonatkozóan a tenyészidőszak folyamán. A szárazanyag felhalmozódás a föld feletti részben lassú kezdés után megszakítás nélkül a teljes érés állapotáig tartott, folyamatos növekedést mutatva. Betakarításkor a felhalmozott tömeg legnagyobb része a szemben helyezkedett el. Vizsgálatuk során azt tapasztalták, hogy a makroelemek felhalmozása folyamatosan eltérő ütemben, de megszakítás nélkül a teljes érésig tartott, elérve a maximumát. A N felhalmozás intenzív időszaka a beérés folyamán történt. A tápelemek felhalmozásában legnagyobb befolyással a talajadottságok és az aszályos évjárat voltak. Megállapították, hogy a műtrágyázás (NP, NPK) a fejlődés későbbi időszakában, valamint a betakarításkor növelte a makroelemek felhalmozódását. A mikroelemeknél a Mn, Zn és B elemek felhalmozása a tenyészidő végéig tartott és érte el a legnagyobb mennyiséget. A Fe és Cu elemek felhalmozása a virágzás időpontjára már befejeződött. A mikroelemek felhalmozásának intenzív szakasza a bugahányást követően a virágzás végéig tartott (Lásztity, 2006).

3.10 Makro- és mikroelemek táplálékláncban betöltött szerepe

Az élő szervezetekben levő elemeket alapvetően mennyiségük és élettani jelentőségük alapján csoportosíthatjuk. Koncentrációjuk alapján makro- és mikroelemeket különböztetünk meg, ahol a **makroelemek** 100 mg/ttkg-nál nagyobb mennyiségben találhatóak meg a szervezetben (P, K, Ca, stb), míg a **mikroelemek** összesen kevesebb, mint 100 mg/ttkg koncentrációban vannak jelen az emberi szervezetben (Zn, Cu, Mo, stb). Funkciójukat tekintve ismeretesek az **esszenciális tápelemek**, melyek nélkül az élő szervezetek nem képesek létezni, azokat nem tudja szintetizálni, csökkent bevitelük hiányállapothoz vezethetnek (Fe, Zn, Se, stb). Ezen kívül ismeretesek a szemiesszenciális (Ba, Sr), valamint a toxikus elemek is (Pb, Hg) (Takács, 2001).

A magasabb rendű növények számára a következő kémiai elemek esszenciálisak: **C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, (Si), (Na), Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, (Ni), (Co)**. A Si, Na, Ni és Co nem minden növény esetében esszenciális. A növényi tápelemek élettani-biokémiai funkciók szerinti csoportosítása alapján 4 kategóriát különböztetünk meg:

- **I. csoport:** C, H, O, N, S (felvétele CO₂, H₂O, O₂-ből, stb a talajból és a légkörből)
 - a szerves anyagok fő összetevői, az atomcsoportok esszenciális elemei, melyek enzimikus folyamatokban vesznek részt;

- **II. csoport:** P, B, Si (felvétele foszfátként, bórsav-, kovasavként a talajból) – észterifikáció alkoholos csoportokkal, foszfát észterek az energiaátadás folyamatában;
- **III. csoport:** K, Na, Ca, Mg, Mn, Cl (felvétele ionként a talajból) – enzimaktivitás, a membrán permeabilitás és elektrokémiai potenciál szabályozása;
- **IV. csoport:** Fe, Cu, Zn, Mo (felvétel ionként vagy kelátként a talajból) – az elektron transzport lehetővé tétele.

A C, H, O, N és S az aminosavak, fehérjék, enzimek és nukleinsavak alkotóelemei. Fontos példaként említendő a H, mely oxidációs-redukciós folyamatokban résztvevő koenzim alkotórésze (NADPH). A P, B és Si fontos biokémiai folyamatokban vesznek részt, melyek a növényi sejtekben vagy kötött állapotban vannak jelen foszfátként, vagy bórsav formájában. A harmadik csoportba tartozó elemek ugyancsak megtalálhatóak a növényi sejtekben, ionos formában, melyeknek nem-specifikus funkcióik vannak, míg a negyedik csoport elemei részt vesznek és megkönnyítik az elektron-átviteli folyamatokat (Marschner, 1986; Mengel et al, 2001; Jones, 2012; Kirkby, 2012).

Az esszenciális tápelemek funkciói a növényekben

Makroelemek

Nitrogén (N)

- a növényben megtalálható mind szervetlen, mind pedig szerves formában
- egyesül a szénnel, hidrogénnel, oxigénnel, néha a kénnel is aminosavakat, enzimeket, nukleinsavakat és purin bázisokat alkotva
- a szerves N túlnyomóan a nagy molekulatömegű fehérjék alkotója a növényben
- a szervetlen N elsősorban a szárban raktározódik nitrát (NO_3^-) formában

Kálium (K)

- főleg a növényi folyadékban található, részt vesz a sejt turgornyomásának fenntartásában, a gázcsere nyitásban és zárásban
- szerepet játszik az újonnan képződött szénhidrátok tárolásában és szállításában

Kálcium (Ca)

- fontos része van a sejtmembrán áteresztőképességének befolyásolásában
- számos enzim aktivitásáért felelős
- szerepet játszik a fehérje szintézisében és a szénhidrát szállításában
- jelenléte segít a nehézfémekkel szembeni méregtelenítésben

Magnézium (Mg)

- a klorofill molekula komponense
- számos enzim kofaktora, melyek a foszforiláció aktivitásáért felelősek

Foszfor (P)

- egyes enzimek, fehérjék, az adenzin-trifoszfát (ATP), ribonukleinsav (RNS), dezoxiribonukleinsav (DNS) és fitin alkotóeleme

Kén (S)

- részt vesz a fehérje szintézisben
- a cisztin és tiamin aminosavak része
- a betegségek elleni védelemben játszik szerepet

Forrás: Marschner, 1986; Morgan, 2000; Jones, 2012; Havlin, 2013; Havlin et al., 2014.

Mikroelemek

Klór (Cl)

- növeli a sejt ozmotikus nyomását
- növeli a nedvességtartalmat a növényi szövetekben

Vas (Fe)

- számos enzim fontos részét képezi (citokróom-oxidáz)
- a ferredoxin fehérje alkotóeleme
- szerepet játszik a nitrogén (N₂) asszimilációban és az energia (NADP) termelésében

Bór (B)

- az uracil szintézisében van szerepe
- a sejtaktivitásban (differenciálódás, növekedés) vesz részt

Mangán (Mn)

- részt vesz az oxidációs-redukciós folyamatokban
- fontos szerepet tölt be a fotolízis folyamatában

Cink (Zn)

- hasonló enzimikus folyamatokat lát el, mint a Mn és a Mg a Zn által aktivált karbon-anhidrázzal
- a magas P koncentráció zavart okozhat a Zn metabolizmusában

Réz (Cu)

- az elektrontranszport-lánc folyamatában vesz részt
- a fehérje és szénhidrát anyagcserében van fontos szerepe

- részt vesz a zsírsavak deszaturációjában és hidroxilációjában

Molibdén (Mo)

- a nitrát-reduktáz és a nitrogenáz enzimek része
- a nitrát-reduktáz a nitrát, a nitrogenáz a kémiaiilag inert elemi nitrogén, a N₂ ammóniává történő redukcióját katalizálja.

Kedvező hatású elemek

Egyes nem esszenciális elemek részben helyettesíteni tudnak bizonyos esszenciális elemeket, amikor azok csak kis koncentrációban elérhetőek. Így például a Na a K hiányában, a Rb a K, a Sr a Ca és a V a Mo hiányában hasznos elemként kerülhet előtérbe. Havlin et al. (2014) leírják, hogy négy elem csak bizonyos növények számára esszenciális elem, ezek a nátrium (Na), a kobalt (Co), a vanádium (V) és a szilícium (Si).

Nátrium (Na)

- egyes növények számára esszenciális elem
- a K helyettesítője lehet néhány növénynél, mint a spenót, a cukorrépa, míg kis mennyiségben a paradicsom hozamát is növelheti
- a Na kedvező elem kis koncentrációban, azonban nagy mennyiségben már károsnak tekinthető

Forrás: Marschner, 1986; Pais, 1999; Morgan, 2000; Jones, 2012; Havlin, 2013; Havlin et al., 2014.

Az esszenciális tápelemek koncentrációja a növényekben

A növények és az emberi test átlagos elem összetételének számadatait a 3. táblázatban szemléltetem.

A tápelemek szerepe az emberi szervezetben

Az emberi test 99%-a 6 fő elemből épül fel: O (61%), C (23%), H (10%), N (2,6%), Ca (1,4%) és P (0,8%) (3. táblázat). A többi elem koncentrációja nem haladja meg a 0,5%-ot, így pl. a K 0,4%-ot, a S 0,3%-ot, a Na és a Cl 0,2-0,2%-ot, a Mg pedig 0,1%-ot tesz ki (Duda et al., 2019).

3. táblázat: Az esszenciális tápelemek átlagos koncentrációja a növényekben és az emberi testben, szárazanyag tartalomra vonatkoztatott értékek

Tápelemek	Vegyjel	Koncentráció		Csoportosítás
		Növényekben	Emberi testben	
Hidrogén	H	6,0% ^e	10% ⁱ	Makroelemek
Szén	C	45,0% ^{g,h}	23% ⁱ	
Oxigén	O	45,0% ^{g,h}	61% ⁱ	
Nitrogén	N	1,5% ^{a,b,f,g}	2,6% ⁱ	
Kálium	K	1,0% ^{a,b,f,g}	0,4% ⁱ	
Kalcium	Ca	0,5% ^{a,b,f,g}	1,4% ⁱ	
Magnézium	Mg	0,2% ^{a,b,f,g}	0,1% ⁱ	
Foszfor	P	0,2% ^{a,b,f,g}	0,8% ⁱ	
Kén	S	0,1% ^{a,b,f,g}	0,3% ⁱ	
Nátrium	Na	0,1% ^b	0,2% ⁱ	
Klór	Cl	100 mg/kg ^{a,b,f,g}	200 mg/kg ⁱ	Mikroelemek
Vas	Fe	100 mg/kg ^{a,b,f,g}	100 mg/kg ^c	
Bór	B	20 mg/kg ^{a,b,f,g}	<1,0 mg/kg ^c	
Mangán	Mn	50 mg/kg ^{a,b,f,g}	0,3 mg/kg ^d	
Cink	Zn	20 mg/kg ^{a,b,f,g}	30 mg/kg ^c	
Réz	Cu	6 mg/kg ^{a,b,f,g}	1,6 mg/kg ^c	
Nikkel	Ni	0,1 mg/kg ^{a,f,g}	0,15 mg/kg ^c	
Molibdén	Mo	0,1 mg/kg ^{a,b,f,g}	0,2 mg/kg ^c	

Forrás: ^aEpstein, 1965; ^bMarschner, 1986; ^cPais, 1999; ^dMcDowell, 2003; ^eJones, 2012; ^fKirkby, 2012; ^gHavlin, 2013; ^hHavlin et al., 2014; ⁱDuda et al., 2019.

Makroelemek

Nitrogén (N)

A nitrogén a testünk egyik legfőbb alkotóeleme. Jelenléte szükséges a fehérje szintéziséhez, valamint számos nitrogénvegyület, mint a hormonok és neurotranszmitterek képzéséhez. Szoros összefüggés található a testünk teljes nitrogén tartalma és a fehérjék között: minden 6,25 g fehérje 1 g nitrogént tartalmaz. A legtöbb

fehérje a test zsírmentes részében található. Egy egészséges felnőtt teljes nitrogén tartalma a testtömeg növekedésével emelkedik, és a kor előrehaladtával csökken (Duda et al., 2019).

Kalcium (Ca)

Egy felnőtt ember szervezetében megközelítőleg 1200 g kalcium található, ami a testtömeg 1-2%-át jelenti. A legnagyobb mennyiségben (99%) a csontok és a fogak tartalmazzák, míg a maradék hányada (1%) a vérben, izomban és más szövetekben található. Amennyiben a plazma kalcium koncentrációja lecsökken, paratiroid hormon (PTH) szekretálódik. A Ca elengedhetetlen a csontok növekedéséhez és fejlődéséhez. A csontok növekedése során napi 150 mg Ca is képes beépülni a csontokba. A kalcium ajánlott napi bevitele kortól és nemtől függően 350 mg és 1300 mg között változhat. McGuire és Beerman (2013) szerint egy felnőtt ember számára átlagosan 1000 mg/nap a Ca javasolt beviteli értéke. Állatokon végzett kísérletek során a nagy mennyiségű Ca bevitele rontotta a Fe, Zn és Mg szintjét, azonban humán vonatkozású adatok nem találhatóak (Mann és Truswell, 2002; Gibney et al., 2009).

Foszfor (P)

A foszfor mennyisége az emberi testben közel 600 g-ot tesz ki. Egy felnőtt emberben a P 85%-a a csontokban, 15%-a pedig a lágy szövetekben található. A P a legtöbb membrán részét képezi. Segít a normál pH-érték fenntartásában. Az energia átmeneti tárolását és átadását végzi. Az alacsony foszfát bevitel hipofoszfatémiához vezethet. Ajánlott napi bevitele felnőtteknél 700 mg. Mikroelemekkel szembeni interakciója során a Fe, Cu és Zn felszívódását gátolhatja (Gibney et al., 2009; McGuire és Beerman, 2013).

Kálium (K)

A K, Na és Cl alkotják a fő elektrolitokat a testben. A kálium a fő intracelluláris elektrolit. Egy átlagos felnőtt szervezetében a kálium mennyisége közel 120 g. A K, Na és Cl az ozmotikus nyomás és az elektrolit-háztartás szabályozásának fő elemei. A kálium számos enzim kofaktora, részt vesz a glikogenezisben és a sejt növekedésében is. Javasolt napi beviteli mennyisége 2 g (Gibney et al., 2009). McGuire és Beerman (2013) szerint a javasolt napi beviteli érték magasabb, 4700 mg a felnőtt ember számára.

Kén (S)

A kén a fehérje molekulákban fordul elő, azok részét képezi. Segít ellenállni a baktériumokkal, valamint a mérgező vegyületekkel szemben. Elengedhetetlen a kötőszövet megfelelő fejlődéséhez. Segít a bőr strukturális épségének fenntartásában (Gharibzahedi és Jafari, 2017). A kén és a nitrogén metabolizmusa kapcsolt, valamint

arányuk szűk intervallumban mozog. Ez is egy bizonyítéka a kéntartalmú aminosavak kiemelt szerepének a proteinekben (Hoffmann, 2011).

Magnézium (Mg)

Az emberi tesben megközelítőleg 25 g Mg található, mely a csontozatban (50-60%) és a lágy szövetekben (40-50%) helyezkedik el. Számos alapvető celluláris reakció elengedhetetlen eleme, az anyagcsere folyamatokban lejátszódó több mint 300 enzimatis lépésben részét képezi. A csontok fejlődésében szintén szerepet játszik. Javasolt bevitele a felnőtt nőknél 320 mg/nap, míg a felnőtt férfiaknál 420 mg/nap. A foszfor képes csökkenteni a Mg felszívódását a bélrendszerből (Gibney et al., 2009; McGuire és Beerman, 2013).

Nátrium (Na)

A nátrium a fő extracelluláris elektrolitunk. Egy átlagos felnőtt szervezetében közel 90 g Na található, melynek 75%-a a csontokban van jelen. Részt vesz a vízháztartás, a pH és az ozmotikus nyomás szabályozásában. Részt vesz a plazmamembrán aktív transzportjában a Na^+/K^+ pumpák révén. A plazmában Na vagy Cl hiányt nehéz indukálni, nagyobb trauma, cachexia, túlzott folyadék bevitel, anorexia nervosa, esetleg májkárosodás válthat ki alacsony plazma koncentrációt. Javasolt napi beviteli mennyiség 500 mg (Gibney et al., 2009). McGuire és Beerman (2013) szerint ez az érték a felnőtt ember számára magasabb, 1500 mg naponta.

Mikroelemek

Klór (Cl)

A klór, ahogy a nátrium is az extracelluláris folyadékban található. A klór anion jelen van a gyomorban lévő sósav részeként. Javasolt napi bevitele 750 mg.

Vas (Fe)

Az emberi szervezetben vasat szabad ionként nem találunk. Tárolása a ferritin nevű makromolekulában történik. Nagyon fontos szerepe van az oxigén szállításában a vérben (hemoglobin) és az oxigén raktározásában az izmokban (mioglobin). Ugyancsak említést érdemel a vasat tartalmazó citokróm nevű makromolekula, melyben a vas elektronleadással- és felvétellel járó redoxreakciókat irányítja. A táplálkozás és az élelmiszeripar szempontjából szintén fontos szerepet játszik a hem prosztetikus csoportot tartalmazó kataláz, peroxidáz és citokróm-P₄₅₀ enzimek, melyek redoxifolyamatokban vesznek részt. Az elfogadható maximális napi bevétel Pais (1999) és Takács (2001) szerint 0,8 mg/ttkg

(Pais, 1999; Takács, 2001), míg McGuire és Beerman (2013) 8 mg/nap értéket javasolnak felnőtt férfi esetén és 18 mg/nap értéket felnőtt nő esetén.

Bór (B)

A bórnak 1990-ig nem tulajdonítottak különösebb élettani szerepet, ezt követően azonban olyan kutatások jelentek meg, melyek szerint a bórnak szteroidhormonok szintézisében betöltött szerepe van. A napi felvétel 0,35-4,4 mg között mozoghat a táplálkozástól függően, 640 mg/ttkg mennyiség már mérgezést okozhat (Pais, 1999; Takács, 2001).

Mangán (Mn)

A mangán egyes enzimek aktivátora, valamint a metalloenzimek komponense. Fontos szerepet játszik az emberi agy zavartalan működésében, a szaporodásban, de a zsír- és szénhidrát-anyagcserében is. Említést érdemel a mangán immunrendszerben betöltött szerepe is, fokozza a kalcium szerepét a limfociták aktiválásában. A javasolt napi beviteli mennyiség 2-5 mg (Pais, 1999; Takács, 2001), míg McGuire és Beerman (2013) szerint ez az érték alacsonyabb, 1,8 (felnőtt nő) – 2,3 (felnőtt férfi) mg/nap.

Cink (Zn)

Az ember növekedéséhez elengedhetetlen a cink jelenléte. Több mint 300 cinktartalmú enzim ismeretes. Kutatások szerint szerepe van a sejtosztódásban és a sejtszerkezet reprodukciójában. Részt vesz a glükóz- és lipidanyagcserében, az immunrendszer működésében, továbbá a nemi hormonok megfelelő működésében is. A maximálisan felvehető napi mennyiség Pais (1999) és Takács (2001) szerint 0,3-1,0 mg/ttkg (), míg McGuire és Beerman (2013) 8 mg/nap értéket javasolnak felnőtt nő esetén és 11 mg/nap értéket felnőtt férfi esetén.

Réz (Cu)

A táplálékban lévő réz az emberi szervezet emésztőrendszerének teljes hosszában fel tud szívódni. A réz a szérumalbuminhoz kötődve eljut a májba, ahol az egyik legfontosabb réztartalmú biomolekula, a ceruloplazmin bioszintézise történik. A vérképzésben fontos szerepet játszik, a zavartalan vörösvértest szintéziséhez a Cu:Fe 1:12 arány az optimális. A rézanyagcsere-zavarnál kialakulhat a Wilson-féle kór, amikor réz rakódik le az agy és a máj szöveteiben. A réz javasolt napi bevétele 20-80 µg/ttkg (Pais, 1999; Takács, 2001).

Nikkel (Ni)

A táplálékkal felvett nikkel 10%-a szívódik fel, míg a többi a széklettel ürül a szervezetből. Szerepet játszik az ureáz és hidrogenáz enzimek működésében. Újabb kutatások szerint a Ni a foszfoprotein-foszfataz enzim működésében is közreműködik. A Ni humán teratogenitására irányuló adatok jelenleg nincsenek (Pais, 1999; Takács, 2001).

Molibdén (Mo)

A molibdén ugyancsak szerepet kap bizonyos enzimek aktiválásában, mint például a szulfít-oxidáz, aldehid-oxidáz vagy xantin-oxidáz enzimek aktiválásában. Az ember átlagos molibdénszükséglete 90-160 µg/nap (Pais, 1999; Takács, 2001).

Elemek közötti interakciók

A növények fejlődéséhez elengedhetetlen az elemek megfelelő arányban való jelenléte, melyet a tápanyagpótlásnál is figyelembe kell venni, hiszen egyes elemek kölcsönhatását szinergizmus, míg más elemek közötti kölcsönhatást antagonizmus jellemzi. A szinergizmus két elem közötti pozitív kölcsönhatást, míg az antagonizmus két elem közötti negatív kölcsönhatást jelenti. A N nagymértékben növeli a termést és a fehérjetartalmat, azonban a bőséges N trágyázás már csökkentheti a P tartalmat, elősegítheti a gombák okozta megbetegedéseket, de a talaj pH-értékét is csökkentheti. A P a N kedvezőtlen hatását bizonyos mértékig ellensúlyozhatja, növelheti a betegségekkel szembeni ellenállást, azonban ismeretes, hogy túlzott P-ellátásnál jelentős a P-Zn közötti antagonizmus. A P szinergista hatással bír a Mn és Ba elemekre. A K-B, valamint K és egyéb kationok kapcsolata antagonizmussal jellemezhetőek (Watts, 1990; Kádár és Ragályi, 2011; Malvi, 2011; Kádár és Ragályi, 2013; Kádár, 2013; Sárvári, 2019). Ismeretes a Ca-Mg-P szinergizmus az emberi szervezet csontszövetben való jelenléte miatt (Watts, 1990).

A K hiányában nő a %-os N-tartalom, míg csökken a szerves-N aránya az aránytalan N/K táplálás miatt. Ismeretes, hogy K hiányos növényekben csökken a fehérje-N aránya. A K kedvezően hat mind a hozamokra, mind pedig a minőségi paraméterekre, mint a cukor, keményítő, protein, cellulóz vagy vitaminok alakulására, továbbá a Ca:K arány szerepet játszik a telített/telítetlen zsírsavak képzésében. A talaj és a növények magas K tartalma azonban közvetett kártételt okozhat, ugyanis más kationok vagy elemek felvételét gátolhatja, mint a Ca, Mg, Na, B, Mn és Fe (Kádár, 1993; Kádár, 2008). A magas N-ellátottság esetén fokozódik a növény kén-igénye, ami akár relatív kénhiányhoz is vezethet (Hoffmann, 2011). A P serkenti a S, a Sr és a Ba beépülését, azonban gátolja

a Mo beépülését. A N növeli a K, Mn, Sr és Cu elemek beépülését (Kádár, 2006). Koukoulakis et al. (2013) és Rietra et al. (2017) tanulmányaikban számos szakirodalmat dolgoztak fel az elemek közötti kölcsönhatások tanulmányozására. A N és S a feldolgozott irodalmaktól függően szinergista és antagonista kölcsönhatást is mutat. A N-t és a K-ot szinergizmus jellemzi. A K, P és N – Mg között ugyancsak szinergizmus mutatkozik. A N – Mn, Fe antagonistaként szerepel a feldolgozásban. Antagonizmus jellemzi a Fe – Zn, Fe – Mn és Zn – Cu elemeket. Watts (1990) a következő elemek közötti antagonizmusokat írja le: K – Na, Ca – Mg, Na – Mg, P – Fe, P – Zn.

Ismeretes, hogy a K elősegíti a szénhidráthépződést is, növeli a növény szárazság- és fagytűrő képességét, azonban a túlzott K ellátás már gátolhatja a Ca és Mg felvételt (Sárvári, 2019). Zhang et al. (2018) leírják, hogy a K fontos szerepet játszik a burgonya hozamában és minőségében egyaránt. A K műtrágya a rizs keményítőjében lévő amilóz tartalmat csökkenti és javítja a rizs minőségét főzés közben. A búzánál elősegíti az amilopektin felhalmozódását és javítja a búza keményítő fizikai és kémiai tulajdonságait.

Optimális elemarányok

A zöld növények fejlődéséhez a N:K megfelelő aránya 0,8-1,2 körüli érték, a N:P megfelelő aránya 8-12 körüli értéket jelent, a K:P ugyancsak 8-12 közötti értéke az optimális, míg a N:S optimauma 10-20 közötti értékkel jellemezhető. A K:Mg optimális értéke 10-20 között alakul. A P:Zn arányának optimauma 50-150 közötti érték, a P:Cu 500-1500, míg a Cu:Mo megfelelő értéke 5-10 feletti (Kádár és Ragályi, 2011; Kádár és Ragályi, 2013; Kádár, 2013). A Ca/Mg optimális aránya 2:1, 3:1 (Sárdi, 2011). Kádár és Csathó (2017) ugyancsak leírják, hogy a kiegyensúlyozott tápláltsági állapotot jelentő optimális elemarányok a következők lehetnek: N:P 8-12, K:P 6-9, K:Ca 3-6, K:Mg 4-8, Mn:Zn 1-8, P:Fe 20-100, P:Mn 20-120, P:Zn 50-150, P:Cu 200-500, valamint K:B 60-3000. Malvi (2011) leírja, hogy a Na:K túlsúlynál (>10) a növény nem tudja felvenni a számára elegendő Mn mennyiséget.

A humán táplálkozás szempontjából ugyancsak ismeretesek az egyes tápelemek arányaira vonatkozó javaslatok. A Ca:P az 1:1 és a 2:1 közötti értéke ajánlott (McDowell, 2003). A K:Na javasolt aránya 5:1 kell legyen (Szentmihályi et al., 1998; Amon et al., 2014). A megfelelő Cu:Fe arány 1:12 (Takács, 2001). A szakirodalmak alapján (Pais, 1999; Takács, 2001; McGuire és Beerman, 2013) számított optimális arányok a P:Mg elemeknél 1:2, a Fe:Zn elemeknél 5:1, a Fe:Mn elemeknél 7:1 ez az arány.

4 ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 A kísérleti terület jellemzése, talajtani és éghajlati adottságai

A kisparcellás kísérlet a 2016-os és a 2017-es években a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (DE AKIT) Karcagi Kutatóintézetének tábláin került beállításra.

A kísérletek az 1966/67-ben beállított Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) 17.-es kísérletének parcelláin lettek beállítva. Az OMTK műtrágyadózisait dolgozták át 2012. évben és a vetésváltást karcagi nemesítésű növényekre szűkítették le.

A kísérletek a B1, H2 és G3 táblákon, tartamkísérletben és tenyészkertben voltak beállítva. A 2016-os évben a kísérlet a H2 táblán volt beállítva, ahol az elővetemény őszi árpa és őszi búza volt. A 2017-es évben szemescirok hibrid a tenyészkertben a B1 táblán, a köles fajták tartamkísérletben (0 kg/ha, 40 kg/ha, 80 kg/ha, 120 kg/ha N) a G3 táblán és tenyészkertben (160 kg/ha, 200 kg/ha N) a B1 táblán kerültek beállításra. A B1 táblán őszi káposztarepce, a G3 táblán mohar volt az elővetemény. A tartamkísérlet lényege abban rejlik, hogy hosszú idejű, néhány évtizedtől akár 150 évig tartó kísérletben vizsgáljuk ugyanazokat a kezeléseket, melyeket ugyanazokban a parcellákban állítjuk be. Ezalatt vizsgálhatjuk a környezeti hatásokat, a műtrágyázási dóziskísérleteket, a szervesztrágyák és műtrágyák hatásainak összehasonlítását, a termesztési eljárások fenntarthatóságát, de a növénytermesztési tényezőket is (Berzsenyi, 2009; Berzsenyi, 2016).

A terület talaja sík, valamint kiegyenlített. A szántóföldi termőhely csoportosítása alapján a középkötött mezősegi talaj kategóriába (Antal, 1999), míg a talajgenetikai osztályozás szerint a réti csernozjom típusba sorolható. Az Arany-féle kötöttségi szám alapján a terület fizikai talajfélesége: agyagos vályog, K_A 42-48. Kémhatása 0-25 cm rétegben savanyúnak tekinthető, pH_{KCl} 4,5-5,4. A termőréteg humusztartalma alapján a N-ellátottság 0-25 cm rétegben közepesnek, 2,6-2,7% (G3) és jónak tekinthető, 3,5% (H2, B1) (Debreczeni, 1979; Loch és Nosticzius, 1983; MÉM NAK, 1987; Füleký és Sárdi, 2014). A P-ellátottság a H2 és B1 táblákon jónak (159 mg/kg), a G3 táblán igen gyengének (31-40 mg/kg) mondható (Debreczeni, 1979; Loch és Nosticzius 1983 Füleký és Sárdi, 2014), azonban a MÉM NAK (1987) új műtrágyázási irányelvei alapján a 159 mg/kg P-ellátottság a megfelelő kategóriába sorolható. A K-ellátottság jónak (248-345 mg/kg) és igen

jónak (731 mg/kg) tekinthető (Debreczeni, 1979; Loch és Nosticzius, 1983; Füleký és Sárdi, 2014), mely a MÉM NAK új értékelési útmutatója alapján a 248 mg/kg gyenge, a 263 mg/kg közepes, a 305 mg/kg megfelelő, míg a 731 mg/kg sok K-ellátottságnak felel meg (4., 5. táblázatok).

4. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (tenyészkert, H2, B1)

Termőhelyi kategória	Talajréteg (cm)	pH (KCl)	K _A	CaCO ₃	N-ellátottság Humusz %	NO ₂ +NO ₃ (mg/kg)	P-ellátottság P ₂ O ₅	K-ellátottság K ₂ O
							AL oldható (mg/kg)	
Középkötött mezősségi talaj	0-25	5,4	43	<0,05	3,5	17,7	159	345

Forrás: DE AKIT KKI mérési eredményei, 2015., 2017.

5. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (tartamkísérlet, G3)

Termőhelyi kategória	N adag	pH (KCl) **	K _A *	CaCO ₃ *	N-ellátottság Humusz *	NO ₂ +NO ₃ (mg/kg) **	P-ellátottság P ₂ O ₅	K-ellátottság K ₂ O
							AL oldható (mg/kg) **	
Középkötött mezősségi talaj	Ø	5,4	40	< 0,05	2,7	2,9	37	305
	N40	4,9	41	< 0,05	2,6	9,6	39	248
	N80	5,5	39	< 0,05	2,7	25,3	40	263
	N120	4,5	40	< 0,05	2,6	32,8	31	731

Forrás: DE AKIT KKI mérési eredményei, 2015., 2017.

* - 2015-ös adatok; ** - 2017-es adatok

A köles hőösszeg igénye 1400 °C, mely Magyarországon biztosítva van számára (Seres és Sárvári, 2015). Melegigénye keléskor nagyobb, mint más gabonaféléknél, 10 °C körüli talajhőmérsékletre van szüksége. Csírázásnál fele annyi a vízigénye, mint például a búzánál vagy a kukoricánál (Jolánkai, 2005). A cirok hőösszeg igénye május és szeptember közötti időszakban 2600-3300 °C, mely hazánkban számára szintén biztosítva van. Az erőteljesebb csírázásához 14 °C fölötti hőmérsékletet igényel. A bugahányáshoz és a virágzáshoz 23 °C fölötti hőmérséklet szükséges. Szárazságtűrése igen kedvező, aszályos időben is képes megújulni (Jolánkai, 2005; Ábrahám, 2010).

A köles tenyészidőszakát tekintve (május-augusztus) megfigyelhető, hogy az 50 éves átlag csapadékmennyiséghez viszonyítva, ami 230 mm volt, a 2016-os évben ennél

több, 297 mm, míg a 2017-es évben már kevesebb, mindössze 163 mm-es csapadék mennyiséget figyelhattunk meg.

6. táblázat: A 2016. tenyészidőszak időjárási jellemzői

Hónap	Csapadék (mm)	50 éves átlag csapadék (mm)	Hőmérséklet (C)	50 éves átlag hőmérséklet (C)
Január	51,3	28,4	-1,6	-2,5
Február	70,3	26,5	5,7	-0,6
Március	26,8	24,9	6,8	4,9
Április	17,9	37,2	12,7	10,6
Május	37,1	54,2	16,3	16,3
Június	127,0	71,3	20,7	19,4
Július	74,8	56,2	22,2	21,3
Augusztus	58,0	48,7	20,9	20,3
Szeptember	23,2	40,9	18,3	15,9
Összesen	486,5	388,2	13,5	11,7

Forrás: DE AKIT KKI mérési eredményei, 2016.

A cirok tenyészidőszakát tekintve (május-szeptember), ugyanez mondható el. Az 50 éves átlagértékhez viszonyítva (271 mm) a 2016-os évben több csapadékmennyiség volt megfigyelhető, 320 mm, míg a 2017-es kísérleti év már aszályosabb év volt, átlagosan 259 mm csapadékmennyiséggel. A tenyészidőszakban a havi középhőmérséklet minden hónapban meghaladta az 50 éves átlagot (6., 7. táblázatok).

7. táblázat: A 2017. tenyészidőszak időjárási jellemzői

Hónap	Csapadék (mm)	50 éves átlag csapadék (mm)	Hőmérséklet (°C)	50 éves átlag hőmérséklet (°C)
Január	24,8	28,4	-6,9	-2,5
Február	23,9	26,5	2,1	-0,6
Március	21,3	24,9	8,8	4,9
Április	45,7	37,2	10,6	10,6
Május	30,3	54,2	17,0	16,3
Június	42,9	71,3	21,7	19,4
Július	57,4	56,2	22,3	21,3
Augusztus	32,3	48,7	23,4	20,3
Szeptember	96,1	40,9	16,1	15,9
Összesen:	374,7	388,2	12,8	11,7

Forrás: DE AKIT KKI mérési eredményei, 2017.

4.2 A kísérleti növényfajták bemutatása

4.2.1 Maxi köles fajta

A Maxi köles (6. ábra) 1991-ben kapott állami elismerést (Fazekas et al., 2010). Hazánkban a régebbi fajtákhoz sorolják a Maxi kölest (Seres, 2014a). Szemtermésének színe fehér, világossárga. Szármagassága 80 és 110 cm között mozog. Ezerszemtömege 7-7,5 g. Tenyészideje általában 118-123 nap. Melegigényes növény, szárazságtűrő képessége jó (Mendlerné Drienyovszki et al., 2017). Termésátlaga 3,0-4,0 t/ha (Blaskó, 2012).



6. ábra: Maxi köles fajta, Karcag (fotó: Jevcsák, 2017. Július 10.)

4.2.2 Lovászipatonai pirosmagvú köles fajta

A Lovászipatonai pirosmagvú nemesített köles fajta (7. ábra) 1942-ben kapott állami elismerést (Radics és Pusztai, 2011). A Lovászipatonai pirosmagvú köles levelei sötétzöldek, szára világos és hosszú, könnyen megdől. Magja fénylő piros, ezerszemtömege 4,5-5 g között alakul. Magassága 70-100 cm. Bugája laza, zászlós jellegű. Betegségeknek ellenáll, továbbá előnye, hogy igénytelen növény, kiváló szárazságtűrő tulajdonsággal. Termésátlaga átlagosan 3 t/ha (Radics és Pusztai, 2011; Mendlerné Drienyovszki et al., 2017).



7. ábra: Lovászpatonai pirosmagvú köles, Karcag (fotó: Jevcsák, 2017. Július 10.)

4.2.3 Zádor szemescirok hibrid

A Zádor szemescirok hibrid (8. ábra) állami elismerésének éve 1998. Vékony szárú, 80-100 cm magas növény. Bugája közepesen tömött. Vízleadó képessége igen jó (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001; Ábrahám, 2010; Mendlerné Drienyovszki et al., 2017). Termésének színe világosbarna. Tannin tartalma alacsony. Ezerszemtömege 25 és 28 gramm közötti (Ábrahám, 2010), mely elérheti a 35 g-ot is (Taylor és Anyango, 2011). A genetikai sokféleségnek köszönhetően a cirok elérheti a 30-80 g-os ezerszemtömeg értéket (Schober és Bean, 2008). Termésétlaga 5-8 t/ha (Ábrahám, 2010).



8. ábra: Zádor szemescirokhibrid, Karcag (fotó: Jevcsák, 2017. Július 10.)

4.3 Módszerek

4.3.1 Műtrágyázási kísérlet bemutatása

A kiválasztott műtrágyák mészammon-salétrom (Pétisó/MAS, 27% N) és monoammónium-foszfát (MAP, 12% N, 52% P₂O₅) formájában lettek kijuttatva. A Pétisó a Péti Nitrogénművek 25%-os nitrogén tartalmú terméke, melynek KRL (kritikus relatív légnedvesség, nedvszívó képesség) értéke 61%, mészindexe –10. A MAS ammónium-nitrát (25-28% N) és finomra őrölt mészkőpor keveréke. A hozzáadott kalcium-karbonát egyik előnye, hogy csökkenti a műtrágya savanyító hatását. A MAP 11-12% nitrogént tartalmazó műtrágya, melynek KRL értéke 92%, mészindexe –40 (Loch és Nosticzius, 2004; Sárdi, 2011; Füleký és Sárdi, 2014; Balláné Kovács, 2019). A cirok és a köles jól tűrik a savanyú talajokat (5,5-6,5 pH) (Jolánkai, 2005; Sárvári, 2011), azonban a 4,5-ös pH alatti értékkel rendelkező talaj már kedvezőtlen lehet számukra, ezért a műtrágyák kiválasztásánál előnyt jelenthet a kalcium-karbonát jelenléte.

A 2016-os évben a Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles kísérleti parcella mérete 4,5 x 4,8 m = 21,6 m² volt, a 2017-es évben 4,5 x 5,3 m = 23,8 m² volt. A kivetett vetőmag mennyisége 40 kg/ha, a tőtáv 1,7 cm (Maxi) és 1,1 cm (Lovászpatonai), a sortáv 12 cm, valamint a vetésmélység 3-4 cm. A Zádor szemescirok parcella méretei 2016-ban 4,5 x 7,8 m = 35,1 m² voltak, míg 2017-ben 7,7 x 7,0 m = 53,9 m² voltak. A kivetett vetőmag mennyisége 7 kg/ha, a tőtáv 5 cm, a sortáv 76,2 cm, a vetésmélység 4-6 cm volt.

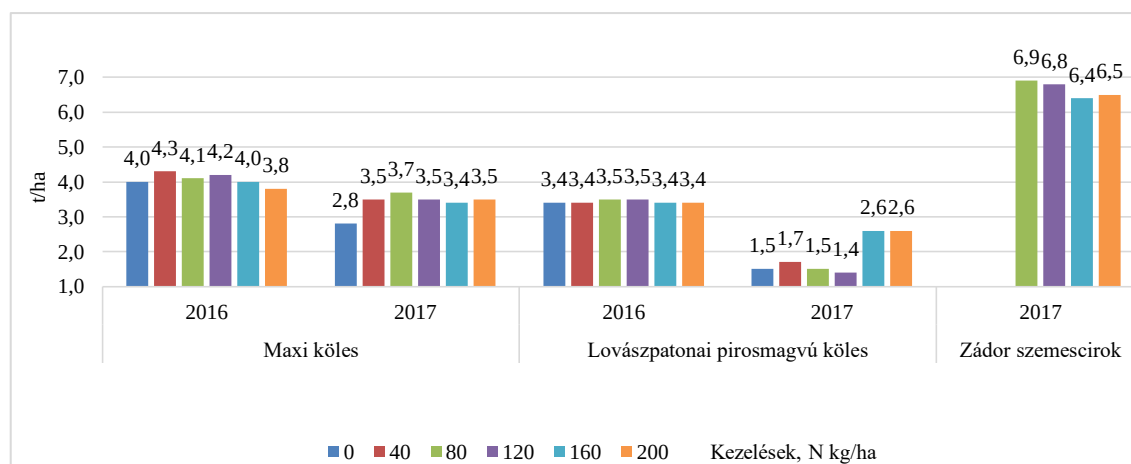
8. táblázat: A vizsgált növények vetési és betakarítási időpontjai, betakarításkori szemnedvességük és termésátlaguk

		2016 ^a	2017 ^a	2017 ^b
Maxi	vetés	május 09.	május 11.	május 23.
	betakarítás	aug. 05.	aug. 17.	aug. 28.
	szemnedvesség (%)	19,0-21,0	16,0	10,9-11,1
	termésátlag (t/ha)	3,77-4,30	3,37-3,56	2,8-3,7
Lovászpatonai	vetés	május 09.	május 11.	május 23.
	betakarítás	aug. 01.	aug. 03.	aug. 17.
	szemnedvesség (%)	16,5-18,0	11,0	15,8-17,5
	termésátlag (t/ha)	3,35-3,51	2,14-2,56	1,4-1,7
Zádor	vetés	május 10.	május 15.	-
	betakarítás	szept. 28.	szept. 15.	-
	szemnedvesség (%)	13,0	10,7-11,0	-
	termésátlag (t/ha)	-	6,44-6,92	-

^a – tenyészkert

^b – tartamkísérlet

A vetési és a betakarítási időpontokat, a betakarításkori szemnedvességet és termésátlagot a 8. táblázat és a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra: A vizsgált növények termésátlagai, a Karcagi Kutatóintézet adatai

Minden fajtánál 0 kg/ha (kontroll), 40 kg/ha, 80 kg/ha, 120 kg/ha, 160 kg/ha, valamint egy igen magas, provokatív adag, 200 kg/ha N mennyiség került kijuttatásra. Ez utóbbi annak érdekében került beállításra, hogy megállapíthassuk történik-e eltolódás az elemarányoknál, amennyiben igen, milyen mértékben. P_2O_5 83 kg/ha mennyiségben, K pedig nem került kijuttatásra. A kísérlet kizárólag a N ellátottságra hatás-vizsgálatára vonatkozott. A műtrágyázási kísérlet 4 ismétlésben történt. A 2017-es évben a Zádor szemescirok 40 kg/ha N adagú kezelésének beállítására nem volt lehetőség, ugyanis adott parcellákon előzőleg ezen érték fölötti műtrágya adag került kijuttatásra.

I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	IV. ismétlés
5	4	Ø	1
Permetező út			
4	2	1	3
3	Ø	2	5
Permetező út			
2	5	3	Ø
1	3	4	2
Permetező út			
Ø	1	5	4

10. ábra: A kísérleti parcellák

A parcellák randomizált elrendezésben kerültek beállításra (10. ábra). Ezzel a kezeléseket úgy osztjuk el, hogy a kísérleti egységekre torzítatlan módon hasson. Ilyenkor egy adott kezelés nincs csak előnyben, vagy csak hátrányban az ismétlések során (Bertzsenyi, 2016). A szántóföldi kísérletet a 11, 12 és 13. ábrák szemléltetik.



11. ábra: Maxi köles fajta kísérlet 2017. július 10-én és augusztus 02-án (fotó: Murányi és Jevcsák, 2017)



12. ábra: Lovászpatonai pirosmagvú köles 2017. Július 10-én és augusztus 02-án (fotó: Murányi és Jevcsák, 2017)



13. ábra: Zádor szemescirok hibrid kísérlet 2017. Július 10-én és szeptember 14-én (fotó: Murányi és Jevcsák, 2017)

A szárítószekrény segítségével meghatároztam a minták betakarításkori nedves-ségtartalmát és szárazanyag tartalmát. A 2016-os évben a betakarításkori szemnedvesség a Maxi és a Lovászpatonai köleséknél 19,0-21,0% és 16,5-18,0% volt, termésátlaguk 3,77-4,30 t/ha és 3,35-3,51 t/ha. A Zádor szemescirok szemnedvessége 13%, a teljes mennyiség betakarítására nem került sor, éréskor adott mennyiségű bugák lettek begyűjtve, valamint csépelve, annak érdekében, hogy mintánként biztosítva legyen 0,5-1 kg mennyiségű cirokszem az analitikai vizsgálatok elvégzéséhez. A 2017-es évben a Maxi köles betakarításkori szemnedvesség-tartalma 10,9-16,0%, termésátlaga 2,80-3,70 t/ha. A Lovászpatonai pirosmagvú köles betakarításkori szemnedvesség-tartalma 11,0-17,5%, termésátlaga 1,40-2,56 t/ha. A Zádor szemescirok szemnedvessége 10,7-11,0%, termésátlaga 6,44-6,92 t/ha volt (8. táblázat). Ekkor a köles szemek betakarításkori nedvesség-tartalma még meghaladta a szabványban (MSZ 6340:1985) szereplő határértéket, mely 14%, azonban ezután következett a minták kiterítése és szárítása.

4.3.2 Az alkalmazott minőségvizsgálati módszerek bemutatása

Kutatásom során növekvő nitrogén adagokat alkalmazva szemescirok és termesztett köles fajták szemmintáinak szántóföldi, fizikai és laboratóriumi vizsgálatait végeztem el. A betakarítást követően a mintákat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Élelmiszertechnológiai Intézet Élelmiszeripari Innovációs Központjába vittem, ahol azok őrlését végeztem el. Devisetti et al. (2014) által javasolt hengersizékes laboratóriumi malom, így esetemben Metefém FQC-109 típusú laboratóriumi malom segítségével végeztem el az őrlést. Vizsgálatra a 250 µm alatti szemcseméretű liszt került, melyet az analitikai vizsgálatok megkezdéséig 4 °C-on tároltam.

A laboratóriumi vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Élelmiszertechnológiai Intézet és az Élelmiszertudományi Intézet laboratóriumaiban végeztem el.

Magyar Szabvány mind a kölesre, mind pedig a cirokra vonatkozóan foglalmaz meg előírásokat. A köles esetében a MSZ 6340:1985 Köles (1985-2017), míg a cirok esetében a MSZ 6273:2017 Cirok élelmezési célra (2017-jelenleg is hatályos) szabványok ismeretesek. A Köles szabvány minőségi követelményeiben leginkább a sze-

mek általános higiéniai elvárásokra vonatkozóan találunk leírást. A kutatásunkhoz tartozóan a nevésségtartalom követelménye releváns, mely legfeljebb 14% lehet. Minőségi követelményeiben leginkább tisztaságra vonatkozó előírás található. A kutatásunkhoz tartozóan a nedvességtartalomra és a fehérjetartalom értékeire található előírás. A fizikai jellemzők alapján a szemtermés nedvességtartalma legfeljebb 13,5% (m/m) lehet, míg a beltartalmi követelmény alapján nyersfehérje-tartalma szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva legalább 9% (m/m) kell legyen.

Az ezerszemtömeg meghatározása

A négy szántóföldi ismétlésben vizsgált növényi minta 1000 darab ép és teljes termésének, válogatás nélkül való számolása, tömegük analitikai mérlegen való meghatározása grammban kifejezve (x g/1000 db) a szemek tényleges víztartalmára vonatkoztatott értéként (MSZ EN ISO 520:2011).

A nedvességtartalom meghatározása

A nedvességtartalom meghatározása a MSZ 6367-3:1983 szabvány szerint történt. A mintákat súlyállandóságig szárítottam, majd a szárítószekrényből kivéve, exsikkátorban való lehűtésüket követően lemértem a tömegüket.

A hamutartalom meghatározása

A vizsgálathoz hamvasztótégelyeket izzítókemencében 550 °C-on hevítettem 30 percen keresztül, azokat exsikkátorban lehűtöttem és 0,001 g pontossággal lemértem. Ezután 5 g mintát 0,001 g pontossággal bemértem a hamvasztótégelyekbe, 550°C-on izzítottam, amíg szénrészekről mentes hamut kaptam. Exsikkátorban lehűtöttem és lemértem a tömegüket (MSZ EN 1135:1995; Csapó és Csapóné Kiss, 2003).

A N koncentráció és a nyersfehérje tartalom meghatározása

MSZ EN 12135:1999 szabványnak megfelelően roncsolócsövekbe 1 gramm mintát bemértem. 2 darab katalizátor tablettát (a Kjeldahl tablettá tartalma: 3,5 g S, 3,5 mg

K₂SO₄ és 3,5 mg Se), 14 ml tömény kénsavat adtam a mintákhoz. 420-430 °C-on roncsoltam 90 percen keresztül. A keletkezett ammóniát vízdesztilláló Tecator 1026 berendezés segítségével ledesztilláltam. Indikátor jelenlétében (mely 30 ml 4%-os bórsavoldatot jelent) 0,1 n kénsavval titráltam (Csapó és Csapóné Kiss, 2003). Meghatároztam a liszt minták N koncentrációját, majd a 6,25-ös átszámítási faktor segítségével meghatároztam a nyersfehérje tartalmát. A cirok fehérje átszámítási faktora 6,25, a köles fehérje átszámítási faktora 6,31 (Barikmo és mts., 2004), azonban a nyersfehérje tartalom számítása során mindkét esetben a 6,25-ös átszámítási faktort vettem figyelembe az Élelmiszertudományi Intézet laboratóriumi gyakorlatainak megfelelően.

A keményítőtartalom meghatározása

A minták keményítő tartalmát MSZ 6830-18:1988 szabvány szerint végeztem el. Carrez I.-, és Carrez II.-oldatok segítségével végeztem el a vizsgálatot. Polariméterrel mértem a szűrletek optikai forgatóképességét (Csapó és Csapóné Kiss, 2003). A cirok forgatóképességi foka 203,2°, a köles forgatóképességi foka 201,4° (Clendenning és Wright, 1945).

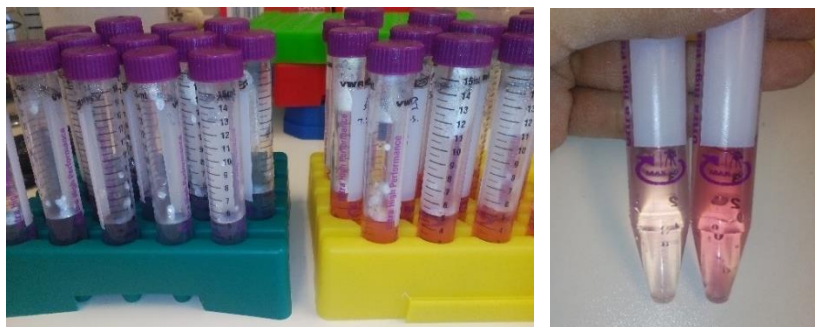
A keményítő összetétel meghatározása

A vizsgálatokat Megazyme enzimátikus módszerekkel végeztem el. A vizsgálatok költsége miatt 3 kezelést választottam ki, a kontrollt (0 kg/ha N), egy közepesnek tekinthető kezelést (80 kg/ha N) és egy magas nitrogén adagot (160 kg/ha N). A vizsgálatokat két ismétlésben végeztem el, ezért az eredmények informatív jellegűek.

Amilóz/amilopektin arány meghatározása

A vizsgálat azon alapszik, hogy dimetil-szulfoxidban (DMSO) eloszlatom a köles és a cirok lisztmintákat, miközben melegítem azokat. A lipideket eltávolítom etanol segítségével. Lectin konkanavalin A (Con A) hatására, centrifugálással az amilopektint el tudom különíteni az amilóztól. Az amilózt így enzim segítségével D-glükózzá hidrolizálom, melyet spektrofotométer segítségével már meg tudok határozni (Gibson et al., 1997). Az abszorbanciát BMG LABTECH's gyártójú, SPECTROstar NANO típusú

spektrofotométer segítségével határoztam meg 540 nm-es hullámhosszon. A 14. ábrán az amilózt és a teljes keményítőt tartalmazó mintacsövek láthatóak 40 °C-os inkubálás után.



14. ábra: Az amilózt és a teljes keményítőt tartalmazó mintacsövek 40 °C-os inkubálás után (fotó: Jevcsák, 2017)

Sérült keményítő tartalom meghatározása

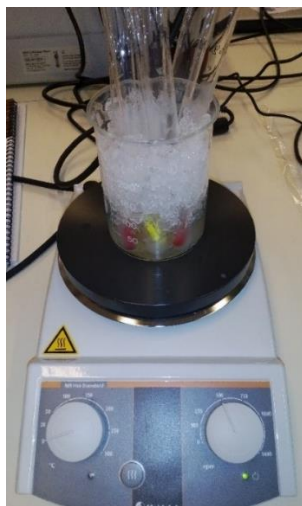
A vizsgálat során gomba α -amiláz enzimet adagolok a lisztmintákhoz, így az feloldja a bennük található sérült keményítőt és csak kis mennyiségben bontja a sértetlen keményítő szemcséket. A továbbiakban hozzáadott hígított kénsav és amiloglikozidáz enzim segít abban, hogy a dextrinek glükózzá alakuljanak át. Az így keletkező glükóz mennyiségét glükóz oxidáz és peroxidáz enzim keverékének segítségével határozzuk meg. Az eredményt százalékban kapom meg a teljes minta tömegére vonatkoztatva. A vizsgálatot az AACC 76-31.01 módszer és az ICC 164. számú módszer alapján végeztem el (Megazyme Starch Damage, 2015).

Az oldatok abszorbanciáját 510 nm-en, BMG LABTECH's gyártójú, SPECTROstar NANO típusú spektrofotométer segítségével határoztam meg.

Rezisztens keményítő tartalom meghatározása

Ennek a vizsgálati módszernek az alapja, hogy a köles és a cirok lisztmintákat 2 olyan enzimmel kezelem - α -amiláz és amiloglikozidáz -, melyek hatására a nem rezisztens keményítő kioldódik és glükózzá alakul. Ezt 16 órás 37 °C-os rázó vízfürdőn való kevertetéssel tudom elérni. A centrifugálás és az alkohol segít a rezisztens keményítő kinyerésében. 2 M-os KOH oldatban 20 percen át tartó jégfürdős mágneses keveréssel

feloldom (15. ábra), majd acetát pufferrel semlegesítem, amiloglükozidáz enzimmal pedig glükózzá tudom hidrolizálni a rezisztens keményítőt. Ezután GOPOD reagens hozzáadásával, inkubáció után (16. ábra), spektrofotométer (BMG LABTECH's gyártójú, SPECTROstar NANO típusú) segítségével meg tudom mérni a minták rezisztens keményítő tartalmát. A vizsgálatot az AACC 32-40.01 módszer és az AOAC 2002.02 módszer alapján végeztem el (Megazyme Resistant Starch, 2015).



15. ábra: Jégfürdős mágneses kevertetés (fotó: Jevcsák, 2018)



16. ábra: Nem rezisztens keményítőt tartalmazó mintacsövek 50 °C-os inkubálás után (fotó: Jevcsák, 2018)

A zsírtartalom meghatározása

5 g mintát zsírmentes extrahálóhüvelyekbe helyeztem, a hüvelyeket zsírmentes vattával zártam le. A hüvelyeket az extrahálókészülék középső részébe helyeztem, majd összekapcsoltam a horzsakövet tartalmazó, előre lemért és petroléterrel 3/4 részig megtöltött lombikokkal. A hűtő felhelyezése után a mintákat 6 órán keresztül extraháltam. A mintákat tartalmazó hüvelyek eltávolítása után az oldószert a lombikból a középrészbe

desztilláltam, onnan folyamatosan eltávolítva. A zsírt és az oldószer maradékait tartalmazó lombikokat egy órára 98 °C-os hőmérsékletű szárítószekrénybe helyeztem, majd exsikkátorban lehűtöttem és lemértem (MSZ 6369-15:1982).

A zsírsavösszetétel meghatározása

A zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékának meghatározásához a következő lépéseket végeztem el:

A köles és a cirok lisztmintákból 3 grammot kimértem, melyeket n-hexánnal extraháltam 1 órán keresztül. A retentátumot és a permeátumot elkülönítettem egymástól. Heidolph R210/215 típusú vákuumbepárló készülékkel bepároltam az n-hexánt. A visszamaradt apoláris frakcióból (17. ábra) 1 ml-t kivettem és n-hexánban feloldottam. Ezután bór-trifluoridot, $\text{BF}_3 + \text{CH}_3\text{OH}$ használtam a zsírsavak metilészter képzéséhez. Háromszoros mennyiségben alkalmaztam a származékképző reagenst, 20 percen keresztül és 50 °C-os inkubációt alkalmazva. Ezután 5 percig centrifugáltam a mintákat 10 000 1/perc fordulatszámon. A felülúszót a műszeres vizsgálatok megkezdéséig -20 °C-on tároltam.

A köles és a cirok lisztminták zsírsavösszetételének meghatározását gázkromatográfiás módszerrel (GC) végeztem el. A gázkromatográf típusa HP5890 Series II volt, Agilent 6890 automata injektorral. 30 m hosszú és 0,25 mm belső átmérőjű volt az SP2330 kromatográfiás kapilláris oszlop. A film vastagsága 0,2 μm volt, a vivőgáz nitrogén, melynek áramlási sebessége 1 ml volt percenként. A hőfokprogram kezdeti hőmérséklete 75 °C volt 2 percig, mely ezután 4 °C-ot emelkedett percenként 175 °C-ig. Ezután 2 °C/perc fűtési sebességgel 260 °C-ig emelkedett a hőmérséklet. Az injektált térfogat 1 μl volt, míg a jelet lángionizációs detektor szolgáltatatta (FID, 260 °C) (Morrison és Smith, 1964; MSZ 19928:1986; MSZ ISO 5508:1992; MSZ EN ISO 661:2006).



17. ábra: A visszamaradt apoláris frakció (fotó: Jevcsák, 2017)

Az élelmi rosttartalom meghatározása

Bemértem 1-1 g mintát 0,1 mg pontossággal 400 ml-es magas főzőpoharakba. Minden mintához 50 ml foszfát puffert öntöttem, melynek pH értéke 6,0 (ezt előzőleg leellenőriztem), majd hozzáadtam 50 μ l hőstabil α -amiláz oldatot. Alumínium fóliával lefedtem a főzőpoharakat, 15 percre forrásban lévő vízfürdőbe helyeztem és 5 percig erőteljesen kevertem. Miután lehűtöttem a mintákat, a pH-t $7,5 \pm 0,1$ értékre állítottam be 10 ml 0,275 mólos NaOH oldattal. A következő enzim 100 μ l proteáz volt. 30 percig inkubáltam 60°C-on állandó keverés közben. Lehűtés után 10 ml 0,325 mólos HCl oldattal beállítottam a minták pH-ját $4,5 \pm 0,2$ értékre. A harmadik enzim 200 μ l amiloglikozidáz volt. 20 percig inkubáltam 60°C-on rázó vízfürdőn. Ezután 280 ml 60°C-ra felmelegített 95%-os etil-alkoholt adtam a mintákhoz. 60 percre szobahőmérsékleten állni hagytam, hogy csapadék képződjön (18. ábra). Megmértem a Celite-t tartalmazó szűrőtégelyeket. Átvittem a szűrőre a keletkezett csapadékot. A csapadékot egymást követően háromszor 20 ml (78%-os) etil-alkohollal mostam, majd kétszer 10 ml (95%-os) etil-alkohollal, végezetül 2*10 ml acetonnal. A csapadékot tartalmazó szűrőt egy éjszakán át vákuum szárítószekrényben 70°C-on szárítottam. Lehűtöttem, megmértem a súlyát, melyből levontam a szűrő és a Celite súlyát. Az egyik párhuzamos minta fehérjetartalmát (Kjeldahl módszer), a másik hamutartalmát (5 órán át, 525 °C-on) határoztam meg. Ez alapján kiszámoltam a minták összes élelmi rost tartalmát (Magyar Élelmiszerkönyv 3-2-2008/1).



18. ábra: Csapadékképződés a cirok lisztmintánál (fotó: Jevcsák, 2018)

Az összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalom meghatározása

1 g mintát főzőpoharakba raktam majd 10 cm³ metanolos desztillált vízzel (80:20) feloldottam. Az oldatokat redős szűrőpapíron szűrtem. A szűrletekből 0,5 ml-t becsiszolt

dugós kémcsövekbe raktam és hozzáadtam 2,5 ml Folin-Ciocalteu reagenst. 5 perc eltelte után 2 ml nátrium-karbonátot tettem az oldatokba, majd két órán keresztül inkubáltam szobahőmérsékleten.

Spektrofotométer segítségével 760 nm-es hullámhosszon mértem az abszorbanciájukat a vakoldattal szemben. Az eredményeket mg galluszsav EKV (ekvivalens)/100 g minta mértékegységben adtam meg (Kim et al, 2003).

Az elemtartalom meghatározása

A köles és a cirok lisztminták fontosabb elemeinek meghatározásához a nedves roncsolásos mintaelőkészítés módszerét alkalmaztam (Kovács et al., 1996). A vizsgált elemeket Havlin et al. (2014) munkásságaik alapján, a tápanyag-gazdálkodás területén alkalmazott sorrend szerint adtam meg: makroelemek, P, K, Ca, Mg, S (%) és Na (mg/kg), valamint mikroelemek, Cu, Zn, Fe, Mn (mg/kg).

A mintaelőkészítés során a lisztmintákból 1 grammot mértem be kémcsövekbe, majd 10 cm³ cc. HNO₃-at adtam hozzá az Élelmiszertudományi Intézet gyakorlatai során alkalmazott leírás alapján, majd több órás roncsolás következett. A mintákon 30 percig roncsoló blokkban előroncsolást végeztem 60 °C-on. Miután lehűltek a minták, 3 cm³ 30 m/m%-os H₂O₂-ot adagoltam hozzá. Ezután történt a főroncsolás, amikor 120 °C-on 90 percig roncsoltam a mintákat. A roncsolmányok lehűlése után azokat 50 cm³-re töltöttem ioncserélt vízzel. Az oldatokat FILTRAK 388-as típusú szűrőpapíron leszűrtem, majd 50 cm³-es centrifugacsövekben tároltam.

Az elemtartalom meghatározását iCAP 6300 Dual (Thermo Electron Corporation) típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával határoztam meg (ICP-OES), mely a következő paraméterekkel jellemezhető: a RF kicsatolt teljesítmény 1350 W, a RF generátor 27 MHz, a detektor CID szilárd test detektor, az optikai rendszer Echelle elrendezésű, a porlasztó típusa koncentrikus, a plazmagáz áramlási sebessége 12 liter/perc, a segéd- és porlasztógáz áramlási sebessége 1 liter/perc, a mintaáramlási sebesség 1,6 liter/perc, valamint a hullámhossz tartomány 166-847 nm.

4.4 Az eredmények statisztikai értékelésénél alkalmazott módszerek

A minták szántóföldi ismétléseiből kapott eredményekkel olyan adathalmazt kaptam, melyeknél az alap statisztikai módszereket lehetett alkalmazni.

Az adatok feldolgozást Microsoft Excel 2013 program segítségével végeztem. Ennek segítségével diagramokat és táblázatokat készítettem, átlag és szórás feltüntetésével. A statisztikai vizsgálat során egytényezős (műtrágya adag) és kéttényezős (műtrágya adag és fajta) varianciaanalízist végeztem. Az alkalmazott műtrágya adagoknál 0 kg/ha N, 40 kg/ha N, 80 kg/ha N, 120 kg/ha N, 160 kg/ha N és 200 kg/ha N hatás értékelése, a műtrágya adagok és fajta kombinációnál az alkalmazott műtrágya, valamint a köles két (Maxi és Lovászpatonai pirosmagvú) fajta hatás értékelése történt. A szignifikáns differencia ($SzD_{5\%}$) számításával olyan tényezők egymásra való hatását értékelhettem, melyeknél az eltérések értéke már a hibahatár fölött helyezkedett el. Az eredmények közlése során a szignifikancia szintek jelölésére az alábbi módszert alkalmaztam: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (Sváb, 1981; Berzsenyi, 2015).

A hatásméret-mutatójaként, azaz a kezelés nagyságának becslésére a Parciális Eta Négyzet (Partial Eta Squared) értékeket adtam meg (Levine és Hullett, 2002; Richardson, 2011; Huzsvai, 2004; Huzsvai és Vincze, 2012). Az érték megmutatja, hogy a független változó hány százalékban befolyásolja a függő változó varianciáját. A mutató értéke 0 és 1,00 között lehet, mely során a nulla függetlenséget, míg az 1,00 determinisztikus kapcsolatot jelent. Értéke minél közelebb van az egyhez, annál erősebb a két változó közötti összefüggés. Cohen (1988) szerint az értékek 0,01 és 0,06 között kicsi, 0,06 és 0,13 között közepes, míg 0,14 és annál magasabb érték nagy hatást jelentenek (Michielsen et al., 2007).

A vizsgált tápanyagok és tápelemek közötti összefüggéseket korreláció-analízis segítségével értékeltem (Huzsvai, 2004; Huzsvai és Vincze, 2012). Ez alapján megvizsgálható, hogy két mérési változó egymáshoz képest hasonlóképpen - *pozitív korreláció* - vagy ellentétes irányban - *negatív korreláció* - változik-e. Az együttható értéke +1 és -1 között változhat, amennyiben pedig a két változó értékei között nincs kapcsolat, a korreláció értéke nulla vagy nulla közelében lesz (Varga et al., 2013). Az adatok feldolgozását SPSS program 23. verziójával végeztem el.

5 EREDMÉNYEK

5.1 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták minőségvizsgálata

5.1.1 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták ezerszemtömegének változása a kezelések hatására

A 9. táblázat összefoglalja a Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles ezerszemtömegének átlagait a vizsgált években. A 2016-os évben a legmagasabb értéket a Maxi kölesnél a 160 kg/ha nitrogén adaggal kezelt, míg a Lovászpatonai pirosmagvú kölesnél a 120 kg/ha nitrogén adaggal kezelt minták érték el ($6,84 \pm 0,20$ g és $6,82 \pm 0,21$ g). Ezzel ellentétben a 2017-es évben mindkét fajtánál a kontroll minták ezerszemtömege volt a legmagasabb, ez az érték a Maxi kölesnél $5,58 \pm 0,04$ g, a Lovászpatonai pirosmagvú kölesnél $5,45 \pm 0,06$ g volt.

A 9. táblázatban szereplő eredmények alapján láthatjuk, hogy mindkét fajtánál a 2016-os évben magasabb ezerszemtömeg volt mérhető, mint a 2017-es évben, melyet vélhetően a 2016-os év csapadékosabb időjárása okozott (6., 7. táblázatok).

9. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták ezerszemtömeg átlagai a vizsgált években (g)

	2016		2017	
Kezelés, N kg/ha	Maxi	Lovászpatonai	Maxi	Lovászpatonai
kontroll	$6,75 \pm 0,63$	$6,77 \pm 0,14$	$5,58 \pm 0,04$	$5,45 \pm 0,06$
40	$6,45 \pm 0,30$	$6,79 \pm 0,03$	$5,36 \pm 0,18$	$5,42 \pm 0,21$
80	$6,79 \pm 0,13$	$6,81 \pm 0,15$	$5,38 \pm 0,15$	$5,43 \pm 0,14$
120	$6,66 \pm 0,25$	$6,82 \pm 0,21$	$5,44 \pm 0,13$	$5,34 \pm 0,12$
160	$6,84 \pm 0,20$	$6,79 \pm 0,04$	$5,36 \pm 0,27$	$5,32 \pm 0,09$
200	$6,74 \pm 0,53$	$6,76 \pm 0,34$	$5,33 \pm 0,10$	$5,34 \pm 0,07$
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Fajtahatás</i>	0,14***	0,88	0,07***	0,97
<i>Műtrágya hatás</i>	0,34	0,10	0,18	0,05
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	0,49	0,08	0,25	0,05

A vizsgált köles fajták ezerszemtömeg átlagait elemezve megállapítható, hogy mindkét vizsgálati évben szignifikáns különbség volt kimutatható a fajták között. A kezelések, valamint a fajta és a műtrágya adagok között már nem volt kimutatható szignifikáns különbség a 2016-os és a 2017-es évben sem.

5.1.2 A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták nedvességtartalmának változása a kezelések hatására

A mintaelőkészítés utáni Maxi köles lisztminták nedvességtartalma a 2016-os vizsgálati évben a legalacsonyabb nedvességtartalommal a 160 kg/ha N adaggal kezelt mintánál, míg a legmagasabb érték a 40 kg/ha N kezelésnél volt mérhető. A 2017-es évben már alacsonyabb értékeket kaptam, 13,17% (80 kg/ha N) és 13,54% (160 kg/ha N) között változott a minták nedvességtartalma.

A 2016-os és 2017-es években a Lovászipatonai pirosmagvú köles lisztmintáinak nedvességtartalma a 2016-os év mintái közül a 40 kg/ha N adaggal kezelt lisztmintánál volt mérhető a legmagasabb érték, mely 14,78% volt. A legalacsonyabb nedvességtartalmat a 200 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál tapasztaltam, mely 13,60% volt. A 2017-es évben, hasonlóan a Maxi köles mintáihoz, alacsonyabb nedvességtartalmat mértem, ahol 12,69% és 12,94% között alakultak az értékek. A legalacsonyabb a 80 kg/ha, míg a legmagasabb a kontroll mintánál volt mérhető.

5.1.3 A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták hamutartalmának változása a kezelések hatására

A köles fajta lisztjeinek hamutartalmát a vizsgált években a 10. táblázat tartalmazza. A 2016-os évben a Maxi köles fajta hamutartalma $0,47 \pm 0,04\%$ és $0,52 \pm 0,04\%$ között változott. A legmagasabb érték a kontroll mintánál volt mérhető. Ugyanebben a vizsgálati évben a Lovászipatonai köles fajta hamutartalma $0,43 \pm 0,05\%$ és $0,61 \pm 0,03\%$ közötti értéket mutatott a kezelések függvényében. A Maxi köles fajtával ellentétben a legmagasabb értéket a 200 kg/ha N kezelésnél mértem.

A következő évben a Maxi köles hamutartalma $0,46 \pm 0,11\%$ (160 kg/ha) és $0,52 \pm 0,10\%$ (80 kg/ha) közötti értéket jelentett. A Lovászipatonai köles mintánál a két legalacsonyabb érték a 120 kg/ha ($0,47 \pm 0,09\%$) és a 200 kg/ha ($0,47 \pm 0,03\%$) adaggal kezelt mintánál, míg a legmagasabb hamutartalom a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál volt megfigyelhető ($0,51 \pm 0,05\%$).

A köles fajták hamutartalmának statisztikai értékelésének alapján elmondható, hogy a fajták között nem volt szignifikáns különbség. A 2016-os év mintáinál a kezelések

szignifikáns különbséget mutattak. A fajták és műtrágya adagok között szintén szignifikáns különbség volt kimutatható. A 2017-es évben már nem tapasztaltam eltérést a kezeléseket, valamint a fajták és kezelések között (10. táblázat).

10. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták hamutartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

	2016		2017	
Kezelés, N kg/ha	Maxi	Lovászpatonai	Maxi	Lovászpatonai
kontroll	0,52 ± 0,04	0,50 ± 0,06	0,50 ± 0,02	0,49 ± 0,07
40	0,50 ± 0,03	0,51 ± 0,05	0,48 ± 0,09	0,50 ± 0,07
80	0,47 ± 0,04	0,45 ± 0,02	0,52 ± 0,10	0,51 ± 0,05
120	0,47 ± 0,04	0,43 ± 0,05	0,49 ± 0,11	0,47 ± 0,09
160	0,48 ± 0,02	0,45 ± 0,02	0,46 ± 0,11	0,48 ± 0,02
200	0,47 ± 0,05	0,61 ± 0,03	0,49 ± 0,08	0,47 ± 0,03
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Fajtahatás</i>	0,02	0,02	0,04	0,00
<i>Műtrágya hatás</i>	0,05***	0,49	0,09	0,05
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	0,07***	0,47	0,13	0,02

5.1.4 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták fehérjetartalmának változása a kezelések hatására

A 11. táblázat összefoglalja a Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták fehérjetartalmának átlagait. Jól láthatóak, hogy a legtöbb esetben a kezelések pozitív hatást gyakoroltak az adott paraméterre. A 2016-os évben a Maxi köles kontroll mintájának fehérjetartalma $9,73 \pm 0,26\%$ volt. A nitrogénnel kezelt minták fehérjetartalma $9,72 \pm 0,15\%$ és $11,71 \pm 0,22\%$ közötti értéket mutattak. A 80 kg/ha N kezeléstől kezdődően emelkedést állapítottam meg, ahol $10,13 \pm 0,52\%$ -os fehérjetartalmat eredményezett a minta, a 120 kg/ha nitrogén kezelésnél $10,65 \pm 0,21\%$ -ot, a 160 kg/ha N adag alkalmazásánál $10,95 \pm 0,35\%$ -ot, míg a legmagasabb adagnál $11,71 \pm 0,22\%$ -os fehérjetartalommal rendelkezett a Maxi köles lisztminta. A Lovászpatonai pirosmagvú köles kontroll mintája a legalacsonyabb eredményt mutatta, $11,69 \pm 0,78\%$ -ot. A műtrágya kezelések függvényében a fehérjetartalom $11,92 \pm 0,67\%$ és $12,43 \pm 0,46\%$ között folyamatos növekedést mutatott. Így a 40 kg/ha N adaggal kezelt minta fehérjetartalma $11,92 \pm 0,67\%$, a 80 kg/ha

nitrogén adagú parcella mintája $12,02 \pm 0,32\%$, a 120 kg/ha N adaggal kezelt minta $12,05 \pm 0,35\%$, a 160 kg/ha N adagú parcella mintája $12,35 \pm 0,23\%$, míg a legmagasabb adaggal kezelt minta értéke $12,43 \pm 0,46\%$ -os fehérjetartalmat eredményezett.

A 2017-es év Maxi köles kontroll mintájának fehérjetartalma $11,51 \pm 1,01\%$ -ot mutatott. A növekvő adagok hatására ebben az évben is folytonos növekedést tapasztaltam, a 40 kg/ha nitrogén kezeléssel kezdődően ($11,78 \pm 0,25\%$), a legmagasabb kezelésig, ahol már $14,12 \pm 0,04\%$ -os fehérjetartalmat mértem. A 80 kg/ha N kezelésnél $12,71 \pm 0,03\%$, a 120 kg/ha N kezelésnél $13,03 \pm 0,02\%$, a 160 kg/ha N kezelésnél pedig $13,22 \pm 0,41\%$ -os fehérjetartalmat vizsgáltam. A Lovászpatonai pirosmagvú köles kontroll mintája szintén a legalacsonyabb fehérjetartalommal rendelkezett ($11,95 \pm 0,08\%$). A kezelések hatására a következő változásokat figyeltem meg: a 40 kg/ha nitrogénnel kezelt minta $12,71 \pm 0,06\%$ -os fehérjetartalmat mutatott, a 80 kg/ha nitrogén kezelés $13,09 \pm 0,06\%$ -ot, a 120 kg/ha N kezelés $13,23 \pm 0,45\%$ -ot, a 160 kg/ha N kezelés $14,10 \pm 0,09\%$ -os fehérjetartalmat, míg a legmagasabb érték szintén a legnagyobb adaggal kezelt mintánál volt mérhető, $14,11 \pm 0,08\%$ (11. táblázat). A MSZ 6340:1985 *Köles* szabványban nem található előírás a köles fehérjetartalmára vonatkozóan.

11. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták fehérjetartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

	2016		2017	
Kezelés, N kg/ha	Maxi	Lovászpatonai	Maxi	Lovászpatonai
kontroll	$9,73 \pm 0,26$	$11,69 \pm 0,78$	$11,51 \pm 1,01$	$11,95 \pm 0,08$
40	$9,72 \pm 0,15$	$11,92 \pm 0,67$	$11,78 \pm 0,25$	$12,71 \pm 0,06$
80	$10,13 \pm 0,52$	$12,02 \pm 0,32$	$12,71 \pm 0,03$	$13,09 \pm 0,06$
120	$10,65 \pm 0,21$	$12,05 \pm 0,35$	$13,03 \pm 0,02$	$13,23 \pm 0,45$
160	$10,95 \pm 0,35$	$12,35 \pm 0,23$	$13,22 \pm 0,41$	$14,10 \pm 0,09$
200	$11,71 \pm 0,22$	$12,43 \pm 0,46$	$14,12 \pm 0,04$	$14,11 \pm 0,08$
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Fajtahatás</i>	$0,21^{***}$	$0,84$	$0,18^{***}$	$0,38$
<i>Műtrágya hatás</i>	$0,50^{***}$	$0,65$	$0,44^{***}$	$0,88$
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	$0,71^*$	$0,33$	$0,62$	$0,24$

A statisztikai értékelés alapján mind a 2016-os, mind pedig a 2017-es évben szignifikáns eltérés volt kimutatható a fajták között a kezelések függvényében. Szintén mind a 2 vizsgálati évben szignifikáns különbség volt megállapítható a műtrágya adagok kö-

zött. A fajta és műtrágya adagok között a 2016-os évben szignifikáns különbség volt kimutatható, a 2017-es évben már nem állapítottam meg statisztikailag kimutatható különbséget, mely az évjáráttal hozható összefüggésbe.

5.1.5 A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták keményítő tartalmának változása a kezelések hatására

A 12. táblázat összefoglalja a Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták keményítő tartalmára vonatkozó eredményeket. A 2016-os év kontroll mintájának keményítő tartalma $75,76 \pm 1,08\%$ volt, melyhez képest a műtrágyával kezelt minták alacsonyabb keményítő tartalommal rendelkeztek. A kezelt minták közötti legmagasabb értékkel a 80 kg/ha N adaggal kezelt minta rendelkezett ($75,17 \pm 1,18\%$), a legalacsonyabb értékkel a 200 kg/ha nitrogénnel kezelt minta volt jellemezhető ($72,47 \pm 3,01\%$). A Lovászipatonai köles kontroll lisztmintája mutatta a legmagasabb értéket, $79,04 \pm 5,98\%$ -ot. A kezelt minták között a legmagasabb eredménnyel a 40 kg/ha N adaggal kezelt minta rendelkezett ($78,55 \pm 4,14\%$), a legalacsonyabb eredmény a 160 kg/ha N adaggal kezelt mintánál volt mérhető ($73,89 \pm 1,42\%$).

A 2017-es év Maxi köles kontroll mintája $72,96 \pm 5,38\%$ keményítő tartalmat mutatott. A kezelések között a legmagasabb értéket a 40 kg/ha műtrágyával kezelt minta eredményezte, $73,66 \pm 5,06\%$ -ot. A legalacsonyabb keményítő tartalommal a 160 kg/ha N adaggal kezelt minta bírt, $72,19 \pm 4,93\%$.

12. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
	Maxi	Lovászipatonai	Maxi	Lovászipatonai
kontroll	$75,76 \pm 1,08$	$79,04 \pm 5,98$	$72,96 \pm 5,38$	$78,34 \pm 5,00$
40	$74,28 \pm 2,07$	$78,55 \pm 4,14$	$73,66 \pm 5,06$	$78,48 \pm 5,31$
80	$75,17 \pm 1,18$	$75,79 \pm 1,72$	$73,28 \pm 4,34$	$77,20 \pm 3,40$
120	$73,78 \pm 2,52$	$74,03 \pm 4,98$	$73,37 \pm 5,83$	$76,79 \pm 3,57$
160	$73,53 \pm 3,10$	$73,89 \pm 1,42$	$72,19 \pm 4,93$	$77,00 \pm 3,82$
200	$72,47 \pm 3,01$	$74,09 \pm 1,36$	$72,50 \pm 5,48$	$76,70 \pm 4,76$
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Fajtahatás</i>	1,49	0,10	2,44**	0,22
<i>Műtrágya hatás</i>	3,65	0,26	5,98	0,02
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	5,16	0,08	8,46	0,01

A Lovászpatonai köles kontroll mintájának keményítő tartalma $78,34 \pm 5,00\%$, a 40 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál magasabb eredményt kaptam, mely $78,48 \pm 5,31\%$ volt. A legalacsonyabb eredményt a 200 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál mértem, $76,70 \pm 4,76\%$ -ot (12. táblázat).

A köles fajták keményítő tartalmának statisztikai értékelése szerint a 2016-os évben nem volt kimutatható különbség a fajták, a kezelések és a fajta és műtrágya kezelés között, míg a 2017-es évben a fajták között szignifikáns különbség volt megfigyelhető.

5.1.6 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták keményítő összetételének változása a kezelések hatására

A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták amilóz tartalmának változása a kezelések hatására

A 13. táblázatban szereplő eredmények a Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták amilóz arányát mutatja a teljes keményítő tartalomhoz viszonyítva. A 2016-os év Maxi köles mintáinak amilóz tartalma $25,03 \pm 3,74\%$ (kontroll) és $28,64 \pm 3,06\%$ (80 kg/ha N) között mozgott. A Lovászpatonai mintáknál ez az érték $27,01 \pm 2,02\%$ (160 kg/ha N) és $30,49 \pm 1,01\%$ (kontroll) között alakult.

A 2017-es évben, mindkét fajtánál magasabb eredményeket mértem. A Maxi köles mintánál a kontroll $28,16 \pm 0,38\%$ amilóz tartalmat mutatott, a legmagasabb értéket a 160 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál kaptam, $31,29 \pm 7,35\%$ -ot. A Lovászpatonai mintánál, a 2016-os év vizsgálatával ellentétben, a 80 kg/ha műtrágyával kezelt minta eredményezte a legnagyobb értéket ($32,34 \pm 2,24\%$), míg a legalacsonyabb a 160 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál volt megfigyelhető ($29,47 \pm 2,26\%$), ahogy a 2016-os évben is (13. táblázat).

13. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták amilóz tartalmának átlagai, az összes keményítő tartalomhoz viszonyított érték (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
	Maxi	Lovászpatonai	Maxi	Lovászpatonai
kontroll	$25,03 \pm 3,74$	$30,49 \pm 1,01$	$28,16 \pm 0,38$	$30,95 \pm 2,76$
80	$28,64 \pm 3,06$	$29,08 \pm 0,42$	$29,46 \pm 3,59$	$32,34 \pm 2,24$
160	$26,59 \pm 2,88$	$27,01 \pm 2,02$	$31,29 \pm 7,35$	$29,47 \pm 2,26$

A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták sérült keményítő tartalmának változása a kezelések hatására

A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles minták sérült keményítő tartalmának elemzését a 14. táblázatban láthatjuk. A 2016-os Maxi köles kontroll mintája $1,96 \pm 0,22\%$ -os értéket mutatott, melyhez képest a 80 kg/ha nitrogén műtrágyával kezelt minta magasabb, $2,17 \pm 0,19\%$ -ot ért el, a 160 kg/ha nitrogénnel kezelt minta azonban már alacsonyabb értéket vett fel a kontrollhoz képest, $1,84 \pm 0,08\%$. A Lovászipatonai kölesnél a kontroll ($2,07 \pm 0,04\%$) és a 160 kg/ha N adaggal kezelt minta közel azonos eredményt mutatott ($2,04 \pm 0,03\%$). A Maxi köles mintáival ellentétben a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt minta érte el a legalacsonyabb sérült keményítő tartalmat ($1,95 \pm 0,13\%$), azonban ezek az eltérések csupán kismértékűek.

A 2017-es év mintái alacsonyabb eredményeket mutattak. A Maxi kölesnél a kontroll és a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt minta azonos sérült keményítő tartalmat eredményezett ($1,77 \pm 0,24\%$ és $1,77 \pm 0,09\%$). A 160 kg/ha műtrágya adaggal kezelt minta a 2016-os év mintáihoz képest alacsonyabb eredményt ért el ($1,43 \pm 0,01\%$). A Lovászipatonai pirosmagvú kontroll mintája $1,89 \pm 0,25\%$ volt, ezt követte a 160 kg/ha nitrogén kezelést kapott minta, végül a 80 kg/ha adaggal kezelt minta mutatta a legalacsonyabb értéket, ahogy az előző év mintáinál is mérhető volt (14. táblázat).

14. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták sérült keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
	Maxi	Lovászipatonai	Maxi	Lovászipatonai
kontroll	$1,96 \pm 0,22$	$2,07 \pm 0,04$	$1,77 \pm 0,24$	$1,89 \pm 0,25$
80	$2,17 \pm 0,19$	$1,95 \pm 0,13$	$1,77 \pm 0,09$	$1,56 \pm 0,03$
160	$1,84 \pm 0,08$	$2,04 \pm 0,03$	$1,43 \pm 0,01$	$1,67 \pm 0,12$

A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták rezisztens keményítő tartalmának változása a kezelések hatására

A 15. táblázatban láthatjuk a köles minták rezisztens keményítő tartalmának alakulását a két vizsgálati évben. A 2016-os év Maxi mintái csökkenő tendenciát mutattak a kezelések hatására, a kontrolltól ($3,75 \pm 0,14$ g/100 g) a 160 kg/ha N adagú kezelésig

($3,33 \pm 0,03$ g/100 g). A Lovászipatonai köles mintáknál a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt minta a legmagasabb eredményt mutatta, $3,81 \pm 0,21$ g/100 g, míg a legalacsonyabb a kontroll mintánál volt mérhető, $3,66 \pm 0,33$ g/100 g.

A 2017-es kísérleti évben a Maxi köles mintáinál szintén csökkenés volt megállapítható a kezelések hatására, $3,85 \pm 0,41$ g/100 g minta (kontroll) - $3,16 \pm 0,04$ g/100 g minta (legnagyobb kezelésnél). A Lovászipatonai mintáknál a 80 kg/ha N adagú parcellánál mértem a legmagasabb rezisztens keményítő tartalmat ($3,79 \pm 0,08$ g/100 g minta), a kontroll és a legmagasabb adaggal kezelt minta közel azonos értéket mutatott ($3,44 \pm 0,14$ g/100 g minta és $3,42 \pm 0,25$ g/100 g minta) (15. táblázat).

15. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták rezisztens keményítő tartalmának átlagai, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (g/100 g)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
	Maxi	Lovászipatonai	Maxi	Lovászipatonai
kontroll	$3,75 \pm 0,14$	$3,66 \pm 0,33$	$3,85 \pm 0,41$	$3,44 \pm 0,14$
80	$3,43 \pm 0,04$	$3,81 \pm 0,21$	$3,37 \pm 0,09$	$3,79 \pm 0,08$
160	$3,33 \pm 0,03$	$3,68 \pm 0,30$	$3,16 \pm 0,04$	$3,42 \pm 0,25$

5.1.7 A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták zsírtartalmának változása a kezelések hatására

A köles lisztminták zsírtartalmának összefoglaló eredményeit a 16. táblázatban szemléltetem. A 2016-os kísérleti évben a Maxi köles minták zsírtartalma a kontrollhoz képest emelkedést mutatott a nitrogén műtrágya hatására. A kontroll mintánál $1,56 \pm 0,21\%$ -os zsírtartalmat mértem, míg a legnagyobb adaggal kezelt mintánál $2,08 \pm 0,13\%$ -ot. A Lovászipatonai pirosmagvú köles mintáknál szintén a kontroll minta zsírtartalma volt a legalacsonyabb, $1,37 \pm 0,08\%$, míg a legmagasabb érték a 160 kg/ha N kezelésnél volt megfigyelhető, $2,08 \pm 0,22\%$. A 40, 80 és 120 kg/ha N adagú parcellák közel azonos eredményt mutattak ($1,50\%$ - $1,56\%$).

A 2017-es vizsgálati évben a Maxi köles minták zsírtartalma $1,39 \pm 0,10\%$ és $1,78 \pm 0,21\%$ között változott, ahol a legalacsonyabb értéket a 160 kg/ha N adaggal kezelt minta hozta, mely $1,07 \pm 0,13\%$ volt, ahogy az előző kísérleti évben, úgy ebben az évben is, a legnagyobb adaggal kezelt minta zsírtartalma érte el a legnagyobb értéket, $1,78 \pm 0,21\%$ -ot. A Lovászipatonai pirosmagvú köles minták már magasabb, $2,31 \pm 0,18\%$ - $2,94$

$\pm 0,05\%$ közötti zsírtartalommal rendelkeztek, mint az előző kísérleti évben. A legalacsonyabb adaggal kezelt minta érte el a legalacsonyabb zsírtartalmat, a legmagasabb eredménnyel a 120 kg/ha N adaggal kezelt parcella mintái rendelkeztek (16. táblázat).

16. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták zsírtartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
	Maxi	Lovászpatonai	Maxi	Lovászpatonai
kontroll	1,56 $\pm$ 0,21	1,37 $\pm$ 0,08	1,40 $\pm$ 0,20	2,42 $\pm$ 0,05
40	1,83 $\pm$ 0,43	1,56 $\pm$ 0,34	1,57 $\pm$ 0,04	2,31 $\pm$ 0,18
80	1,89 $\pm$ 0,16	1,50 $\pm$ 0,21	1,39 $\pm$ 0,10	2,72 $\pm$ 0,06
120	1,88 $\pm$ 0,24	1,53 $\pm$ 0,06	1,36 $\pm$ 0,03	2,94 $\pm$ 0,05
160	1,82 $\pm$ 0,15	2,08 $\pm$ 0,22	1,07 $\pm$ 0,13	2,76 $\pm$ 0,22
200	2,08 $\pm$ 0,13	2,02 $\pm$ 0,25	1,78 $\pm$ 0,21	2,43 $\pm$ 0,06
	<i>SzD_{5%}</i>	η_p^2	<i>SzD_{5%}</i>	η_p^2
<i>Fajtahatás</i>	0,11*	0,16	0,07***	0,96
<i>Műtrágya hatás</i>	0,28***	0,49	0,16**	0,42
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	0,40	0,24	0,23***	0,75

A köles minták statisztikai értékelése alapján a 2016-os év kezelései és a fajták között szignifikáns különbség volt kimutatható. A fajta x műtrágya interakció között nem volt megfigyelhető szignifikáns eltérés. A 2017-es évben a fajták között, a kezelések között, továbbá a fajta és műtrágya adagok között szignifikáns különbség volt kimutatható.

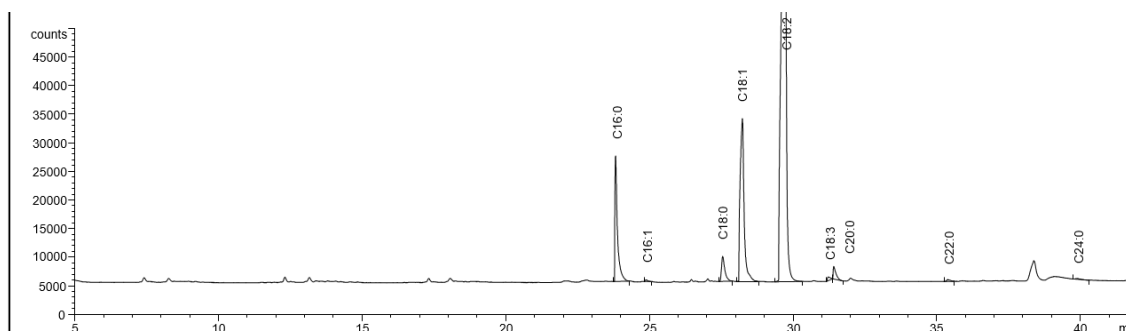
5.1.8 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták zsírsavösszetételének változása a kezelések hatására

A 17. táblázat szemlélteti a Maxi köles minták zsírsavösszetételét, telített és telítetlen zsírsavak arányát, valamint az esszenciális zsírsavak mennyiségét a 2016-os évben. A telítetlen zsírsavak közül a mintákban megtalálható volt az olajsav, linolsav, linolénsav, és palmitolajsav, melyek aránya 83,04% - 84,99% között változott. A legnagyobb koncentrációban linolsavat (64,04% - 65,90%) és olajsavat (18,41% - 18,87%) tartalmaztak a minták. A telített zsírsavak közül jelen volt a palmitinsav, a sztearinsav, az arachinsav, a behénsav és a lignocerinsav. Ezen zsírsavak aránya 15,01% és 16,96% közötti értéket mutattak. A szervezetünk számára fontos esszenciális zsírsavak – az omega-3 és az omega-6 – mennyisége a zsírsavak 64,33% - 66,22%-át tette ki. A műtrágya adagok nem befolyásolták számottevően a zsírsavak egymáshoz viszonyított arányát.

17. táblázat: A Maxi köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában a 2016-os kísérleti évben (%)

Zsírsavak	0	40	80	120	160	200
Palmitinsav (16:0)	10,56±1,16	11,23±0,67	11,55±1,01	10,78±0,39	10,87±0,12	10,25±0,04
Palmitolajsav (16:1)	0,15±0,02	0,15±0,01	0,22±0,27	0,21±0,18	0,25±0,17	0,32±0,06
Sztearinsav (18:0)	2,84±0,41	3,01±0,13	3,01±0,39	2,89±0,20	2,87±0,02	2,81±0,04
Olajsav (18:1)	18,62±0,43	18,51±0,38	18,49±0,47	18,41±0,03	18,53±0,18	18,87±0,26
Linolsav (18:2)	65,90±1,65	65,03±0,78	64,04±1,50	65,36±0,25	65,02±0,26	65,23±0,28
Linolénsav (18:3)	0,32±0,05	0,32±0,11	0,29±0,16	0,3±0,17	0,32±0,20	0,09±0,02
Arachinsav (20:0)	1,18±0,33	1,29±0,46	1,11±0,38	1,37±0,31	1,36±0,32	1,67±0,03
Behénsav (22:0)	0,35±0,21	0,32±0,02	0,30±0,03	0,32±0,04	0,25±0,06	0,34±0,13
Lignocerinsav (24:0)	0,08±0,07	0,13±0,12	0,99±0,64	0,36±0,29	0,52±0,36	0,42±0,04
Telítetlen zsírsavak	84,99	84,01	83,04	84,28	84,12	84,51
Telített zsírsavak	15,01	15,98	16,96	15,72	15,88	15,50
Esszenciális zsírsavak	66,22	65,35	64,33	65,66	65,34	65,32

A 19. ábrán bemutatom a 2016-os év Maxi köles kontroll lisztmintájának kromatogramját.



19. ábra: A 2016-os év Maxi köles fajta kontroll lisztmintájának kromatogramja

A 2017-es év Maxi köles lisztmintáinak zsírsavösszetételét a 18. táblázat szemlélte. A telítetlen zsírsavak közül a linolsav (62,17% - 64,66%), az olajsav (17,05% - 19,98%) és a linolénsav (0,46% - 1,69%) voltak jelen a mintákban. A palmitolajsav nem volt kimutatható. A telítetlen zsírsavak aránya 80,6% és 84,85% között ingadozott. A telített zsírsavak között a palmitinsav, a sztearinsav és a lignocerinsav volt mérhető, melyek aránya 15,15% és 19,95% között változott. Az esszenciális zsírsavak 63,00% - 65,11%-át tették ki a zsírsavaknak.

18. táblázat: A Maxi köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2017-es kísérleti évben (%)

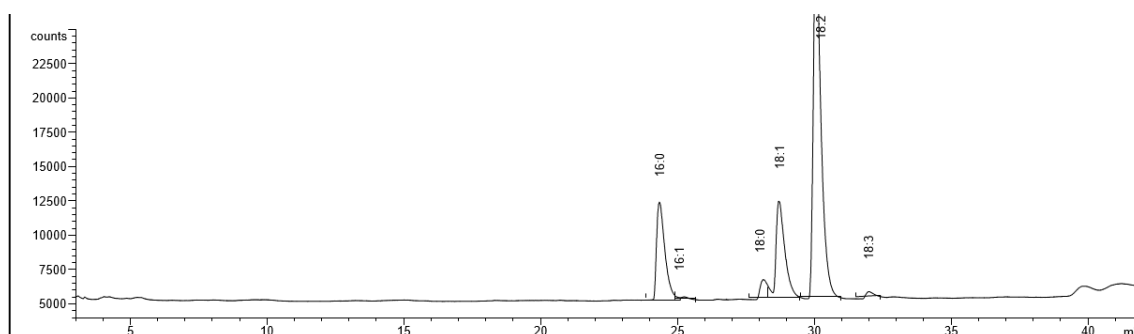
Zsírsavak	0	40	80	120	160	200
Palmitinsav (16:0)	10,88±0,71	11,21±0,93	10,33±0,43	11,71±0,87	12,06±1,03	12,39±1,04
Sztearinsav (18:0)	2,58±0,03	3,17±0,27	2,98±0,12	2,98±0,06	0,81±1,08	2,82±0,07
Olajsav (18:1)	17,78±0,79	19,09±0,06	17,05±0,81	19,98±0,36	19,74±0,42	19,08±0,09
Linolsav (18:2)	62,58±0,98	63,00±0,56	62,17±0,47	63,56±0,96	64,66±1,06	62,45±0,59
Linolénsav (18:3)	1,69±0,37	0,96±0,21	0,83±0,13	0,98±0,13	0,46±0,11	1,01±0,16
Lignocerinsav (24:0)	4,49±0,36	2,58±0,12	6,64±1,18	0,80±0,37	2,28±0,06	2,25±0,09
Telítetlen zsírsavak	82,05	83,04	80,60	84,51	84,85	82,54
Telített zsírsavak	17,95	16,96	19,95	15,49	15,15	17,46
Esszenciális zsírsavak	64,27	63,96	63,00	64,53	65,11	63,46

A 2016-os év Lovászpatonai pirosmagvú köles lisztminták zsírsavösszetételének átlagai a 19. táblázatban szerepelnek. A telítetlen zsírsavak aránya a Maxi köles mintáihoz viszonyítva alacsonyabb eredményt mutattak, 78,74% - 82,21%, ahol szintén jelen volt a linolsav, olajsav, linolénsav és palmitolajsav. A legnagyobb koncentrációban jelen levő linolsav aránya 58,03% és 61,15% között mozgott. Az olajsav a zsírsavak 18,67% - 19,12%-át tette ki. A telített zsírsavak között szerepelt a palmitinsav, a sztearinsav, valamint az arachinsav, a zsírsavak 17,79% - 21,26%-át alkotva. Az esszenciális zsírsavak aránya 59,26% és 62,86% között változott. A műtrágya adagok hatására ebben az esetben sem tapasztaltam nagymértékű változást a zsírsavak egymáshoz viszonyított arányát értékelve.

19. táblázat: A Lovászpatonai pirosmagvú köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2016-os kísérleti évben (%)

Zsírsavak	0	40	80	120	160	200
Palmitinsav (16:0)	16,57±0,33	17,36±0,06	14,35±0,75	14,75±0,14	14,65±0,61	14,89±0,33
Palmitolajsav (16:1)	0,72±0,21	0,69±0,15	0,68±0,05	0,61±0,11	0,58±0,05	0,44±0,21
Sztearinsav (18:0)	3,37±0,36	3,69±0,01	2,91±0,12	3,14±0,14	2,98±0,12	3,10±0,21
Olajsav (18:1)	19,12±0,29	18,79±0,30	18,67±0,22	18,85±0,31	18,78±0,16	18,98±0,13
Linolsav (18:2)	58,81±0,48	58,03±0,74	61,15±0,75	60,40±0,36	60,88±0,30	60,55±0,29
Linolénsav (18:3)	1,29±0,15	1,23±0,07	1,70±0,04	1,68±0,05	1,63±0,07	1,22±0,68
Arachinsav (20:0)	0,12±0,22	0,21±0,30	0,54±0,06	0,57±0,15	0,50±0,11	0,82±0,61
Telítetlen zsírsavak	79,94	78,74	82,21	81,54	81,86	81,19
Telített zsírsavak	20,06	21,26	17,79	18,46	18,14	18,81
Esszenciális zsírsavak	60,10	59,26	62,86	62,08	62,50	61,77

A 20. ábra szemlélteti a 2016-os év Lovászipatonai piroszmagvú köles kontroll lisztmintájának kromatogramját.



20. ábra: A 2016-os év Lovászipatonai piroszmagvú köles kontroll lisztmintájának kromatogramja

A 2017-es év Lovászipatonai piroszmagvú köles lisztminták telítetlen zsírsavak aránya már egy szélesebb tartományban mozgott, 79,20% és 87,63% között alakult. Ennek 45,53% - 66,84%-át a linolsav alkotta, míg a másik nagyobb hányadát az olajsav tette ki, 17,88% - 31,61%. A telített zsírsavak aránya 12,37% - 20,80%-ot jelentett, mely szintén egy szélesebb tartományt mutatott az előző év eredményeihez képest. Az esszenciális zsírsavak aránya 47,15% - 67,28% között változott (20. táblázat).

20. táblázat: A Lovászipatonai piroszmagvú köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2017-es kísérleti évben (%)

Zsírsavak	0	40	80	120	160	200
Palmitinsav (16:0)	16,63±0,13	17,19±0,34	17,83±0,29	13,78±0,41	12,01±0,46	12,75±0,37
Palmitolajsav (16:1)	0,46±0,06	0,45±0,11	0,65±0,07	0,15±0,02	0,20±0,04	0,16±0,07
Sztearinsav (18:0)	3,74±0,21	3,47±0,16	2,49±0,12	1,88±0,09	0,13±0,07	0,23±0,09
Olajsav (18:1)	31,49±0,06	31,61±0,08	31,18±0,05	17,88±0,13	20,58±0,11	19,42±0,11
Linolsav (18:2)	46,35±0,10	45,89±0,13	45,53±0,08	65,22±0,13	66,41±0,10	66,84±0,09
Linolénsav (18:3)	1,21±0,03	1,26±0,03	2,17±0,12	0,77±0,06	0,44±0,07	0,44±0,04
Arachinsav (20:0)	0,12±0,06	0,14±0,05	0,16±0,03	0,33±0,10	0,24±0,03	0,15±0,05
Telítetlen zsírsavak	79,51	79,20	79,52	84,02	87,63	86,87
Telített zsírsavak	20,49	20,80	20,48	15,98	12,37	13,14
Esszenciális zsírsavak	47,56	47,15	47,70	65,99	66,85	67,28

5.1.9 A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmának változása a kezelések hatására

A minták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmát szintén meghatároztam, melynek eredményeit a 21. táblázat szemlélteti. A 2016-os vizsgálati év mintái $20,65 \pm 1,54$ mg GAE/100 g és $23,01 \pm 1,73$ mg GAE/100 g között változtak. A kontroll megközelítőleg közepes értéket ($22,18 \pm 1,05$ mg GAE/100 g), melyhez képest alacsonyabb értéket a 40-160 kg/ha N kezelés mutatott, magasabb eredményt a 200 kg/ha N kezelésnél mértem. A Lovászipatonai pirosmagvú köles kontroll mintája $17,81 \pm 1,10$ mg GAE/100 g értéket vett fel, melyhez képest 3 kezelésnél mértem alacsonyabb értékeket (120-200 kg/ha N), magasabb értéket a 40 és a 80 kg/ha N adaggal kezelt parcella tartalmazott (21. táblázat).

A 2017-es év során alacsonyabb értékeket mértem mind a két fajtára vonatkozóan. A Maxi köles mintáknál $18,21 \pm 1,18$ mg GAE/100 g volt a legalacsonyabb eredmény (40 kg/ha N), $21,65 \pm 1,21$ mg GAE/100 g (200 kg/ha N) a legmagasabb érték, míg a kontroll mintánál $19,95 \pm 1,34$ mg GAE/100 g volt mérhető. A Lovászipatonai pirosmagvú köles fajtánál a 2017-es évben a kontroll mutatta a legmagasabb összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmát, $17,19 \pm 2,17$ mg GAE/100 g. A kezelt minták alacsonyabb értékkel rendelkeztek, ahol a legalacsonyabb a 160 kg/ha nitrogénnel kezelt parcellánál volt megfigyelhető, $16,06 \pm 2,20$ mg GAE/100 g (21. táblázat).

21. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalma (mg GAE/100 g)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
	Maxi	Lovászipatonai	Maxi	Lovászipatonai
kontroll	$22,18 \pm 1,05$	$17,81 \pm 1,10$	$19,95 \pm 1,34$	$17,19 \pm 2,17$
40	$21,46 \pm 2,31$	$17,97 \pm 0,72$	$18,21 \pm 1,18$	$16,44 \pm 4,19$
80	$20,65 \pm 1,54$	$17,84 \pm 0,85$	$18,96 \pm 2,70$	$16,97 \pm 2,77$
120	$20,66 \pm 1,86$	$16,58 \pm 0,78$	$19,90 \pm 1,92$	$16,53 \pm 0,54$
160	$21,64 \pm 2,16$	$16,65 \pm 0,99$	$18,57 \pm 1,06$	$16,06 \pm 2,20$
200	$23,01 \pm 1,73$	$17,11 \pm 0,57$	$21,65 \pm 1,21$	$16,86 \pm 1,35$
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Fajtahatás</i>	0,69***	0,77	1,05***	0,39
<i>Műtrágya hatás</i>	1,69	0,16	2,58	0,13
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	2,39	0,15	3,65	0,07

Az összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalomra vonatkozó statisztikai értékelés alapján a 2016-os évben a vizsgált fajták között szignifikáns különbség volt ki-mutatható. A műtrágya kezelések és a fajta és kezelések között nem volt szignifikáns különbség. A 2017-es évre vonatkozóan a fajtahatást tekintve szintén szignifikáns kü-lönbség volt megfigyelhető, míg a kezelések és a fajta és kezelések összefüggésében nem tapasztaltam statisztikailag igazolt szignifikáns különbséget.

5.1.10 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták élelmi rost tartalmának vál-tozása a kezelések hatására

A kutatásom során a minták élelmi rost tartalmát is meghatároztam (22. táblázat). A Maxi kölesnél az értékek $10,55 \pm 0,51\%$ és $11,97 \pm 0,87\%$ között alakultak. A kontroll minta $10,86 \pm 0,70\%$ élelmi rost tartalommal rendelkezett. Ettől alacsonyabb értéket a legalacsonyabb kezelésnél mértem. A legmagasabb értéket a 160 kg/ha N adaggal kezelt parcella mintái tartalmazták. A Lovászpatonai mintáknál az értékek már egy szélesebb tartományban mutatkoztak, $8,44 \pm 0,77\%$ és $12,29 \pm 1,11\%$ között. A legalacsonyabb eredményt a kontroll mintánál figyelhettem meg, míg a legmagasabb a 120 kg/ha nitro-génnel kezelt parcella mintáinál volt megfigyelhető.

22. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták élelmi rost tartalma, szárazanyagra vonatkoztatott érték (%)

	2016		2017	
Kezelés, N kg/ha	Maxi	Lovászpatonai	Maxi	Lovászpatonai
kontroll	$10,86 \pm 0,70$	$8,44 \pm 0,77$	$11,13 \pm 1,10$	$11,04 \pm 1,12$
40	$10,55 \pm 0,51$	$10,15 \pm 1,98$	$11,02 \pm 0,86$	$11,22 \pm 0,74$
80	$11,54 \pm 0,66$	$10,13 \pm 0,86$	$11,62 \pm 0,91$	$12,21 \pm 1,17$
120	$11,53 \pm 1,33$	$12,29 \pm 1,11$	$12,79 \pm 0,98$	$12,60 \pm 1,08$
160	$11,97 \pm 0,87$	$12,20 \pm 0,70$	$12,82 \pm 1,32$	$13,34 \pm 1,14$
200	$11,34 \pm 3,61$	$11,03 \pm 1,23$	$12,66 \pm 1,34$	$12,39 \pm 0,97$
	<i>SzD_{5%}</i>	<i>η_p^2</i>	<i>SzD_{5%}</i>	<i>η_p^2</i>
<i>Fajtahatás</i>	0,72	0,05	0,54	0,00
<i>Műtrágya hatás</i>	1,77*	0,32	1,32**	0,41
<i>Fajta x műtrágya hatás</i>	2,51	0,15	1,87	0,03

A 2017-es kísérleti évben a Maxi köles fajta élelmi rost tartalmának eredményei $11,02 \pm 0,86\%$ és $12,82 \pm 1,32\%$ közötti tartományban mozogtak. A kontroll minta $11,13$

$\pm 1,10\%$ -ot ért el, melytől alacsonyabb értéket csupán a 40 kg/ha N adagú minta mutatott. A legmagasabb élelmi rost tartalmat a 160 kg/ha nitrogénnel kezelt minták tartalmazták.

A Lovászpatonai pirosmagvú kölesnél a kontroll minta élelmi rost tartalma $11,04 \pm 1,12\%$ volt, melyhez viszonyítva minden kezelt mintánál magasabb eredményt vizsgáltam. A legnagyobb élelmi rost tartalmat a 120 kg/ha nitrogénnel kezelt minta mutatta (22. táblázat).

A köles fajták élelmi rost tartalmának statisztikai értékelése alapján mindkét kísérleti évben, a kezelések között szignifikáns különbség volt kimutatható. A fajtahatás, a fajta és műtrágya adagok között nem volt kimutatható szignifikáns különbség a vizsgált években.

5.1.11 A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták elemtartalmának változása a kezelések hatására

A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták makroelem tartalmának változása a kezelések hatására

A kutatás során a minták makroelemei közül a **N**, a **P**, a **K**, a **Ca**, a **Mg**, a **S** (%) és a **Na** (mg/kg) vizsgálatát végeztem el (23. táblázat). A legnagyobb koncentrációban a N, a P és a S elemek voltak jelen a mintákban.

A köles minták N koncentrációja a kezelések növekedésével az elvárásoknak megfelelően növekedő tendenciát mutattak. A Maxi köles N tartalma a 2016-os kísérleti évben $1,56 \pm 0,04\%$ és $1,87 \pm 0,04\%$ között mutatott növekedést. A Lovászpatonai pirosmagvú köles ugyanezen évben magasabb N koncentrációval rendelkezett, ami $1,87 \pm 0,12\%$ -ról $1,99 \pm 0,07\%$ -ra növekedett a kezelések hatására. Mind a fajta, mind a műtrágyakezelések, mind pedig a fajta és műtrágyakezelés kombinációja között szignifikáns különbség volt kimutatható. Az aszályos 2017-es évben, mindkét növényfajta N tartalma magasabb volt, mely a termés mennyiség és minőség negatív összefüggésével magyarázható. A Maxi köles N koncentrációja $1,84 \pm 0,16\%$ és $2,26 \pm 0,01\%$ közötti növekedést mutatott, míg a Lovászpatonai pirosmagvú köles $1,91 \pm 0,01\%$ és $2,26 \pm 0,01\%$ közötti N tartalommal rendelkezett. A Lovászpatonai kölesnél megállapítható, hogy a legnagyobb kezelés már nem, vagy csak kis mértékben eredményezte a N koncentráció növekedését.

A **P** többnyire csökkenő tendenciát mutatott a kezelések hatására mindkét évben és mindkét fajtánál, ugyanis érvényesült a N:P antagonizmus. 2016-ban a Maxi köles foszfortartalma $1,02 \pm 0,02\%$ – $1,21 \pm 0,01\%$ között változott, ahol a legmagasabb P koncentrációt a kontroll minta tartalmazta. A legkisebb érték a 120 kg/ha nitrogénnel kezelt parcella mintáinál volt megfigyelhető. A Lovászpatonai kölesnél szintén a kontroll minta rendelkezett a legmagasabb P tartalommal ($1,32 \pm 0,03\%$), valamint ebben az esetben is a 120 kg/ha N adagú parcella mintái tartalmazták a legkisebb koncentrációban a P elemet ($1,16 \pm 0,06\%$). A 2017-es évben már alacsonyabb eredményeket kaptam mindkét fajtánál. A Maxi köles minták P tartalma $0,82 \pm 0,04\%$ és $0,67 \pm 0,03\%$ között változott, ahol szintén a kontroll minta tartalmazta a legmagasabb P koncentrációt. A 160 kg/ha műtrágyával kezelt minta tartalmazta a legkisebb mennyiségben a P elemet. A Lovászpatonai köles mintáknál már a legkisebb adaggal kezelt minta rendelkezett a legmagasabb P tartalommal ($1,15 \pm 0,12\%$), a legalacsonyabb mennyiséget a 200 kg/ha nitrogénnel kezelt minta tartalmazta ($0,86 \pm 0,04\%$). A szakirodalmakban szereplő P koncentrációja, mely 2,30% és 3,60% között mozoghat (Arendt és Zannini, 2013), az általam vizsgált mintákban ennél alacsonyabb értékeket kaptam, 0,67% - 1,32%, mely a héj eltávolításával is összefüggésbe hozható.

A N és K elemeket szinergizmus jellemzi, ennek ellenére a köles minták többségénél a K koncentráció kismértékű csökkenését határoztam meg. A K tartalom mindkét fajtánál közel azonos értékeket mutatott a 2016-os kísérleti évben. A Maxi köles minták $0,56 \pm 0,00\%$ -tól $0,69 \pm 0,02\%$ -ig terjedő K tartalommal rendelkeztek. A kontroll mintánál vizsgáltam a legnagyobb értéket. A Lovászpatonai köles 120 és a 200 kg/ha N adagú parcella mintáinál 0,60% K tartalmat állapítottam meg, mely a legalacsonyabb koncentrációt jelentette. A legmagasabb értéket, ahogy a Maxi kölesnél is, a kontroll minta tartalmazta, $0,67 \pm 0,03\%$ -ot. A 2017-es évben a kontroll minta K koncentrációja a Maxi kölesnél $0,62 \pm 0,03\%$ -ban volt jelen. Ettől magasabb értéket a 40 kg/ha ($0,63 \pm 0,03\%$) és 200 kg/ha ($0,63 \pm 0,06\%$) nitrogén kezelésnél mértem. A kontrollhoz képest alacsonyabb értékeket mértem a 80, 120 és 160 kg/ha N adag alkalmazásánál ($0,61 \pm 0,04\%$, $0,62 \pm 0,01\%$ és $0,58 \pm 0,02\%$). A 2016-os kísérleti évtől eltérően a Lovászpatonai köles minták magasabb eredményeket mutattak, melyek $0,73 \pm 0,04\%$ (legnagyobb adaggal kezelt parcellák mintái) és $0,86 \pm 0,05\%$ (legalacsonyabb kezelésnél) között változtak. A kontroll minta $0,85 \pm 0,04\%$ K tartalommal rendelkezett (22. táblázat). A K koncentrációja jelentősen alacsonyabb volt a vizsgált mintáknál (0,56% - 0,86%) a szakirodalmakban

szereplő adatoknál (2,40% - 3,70%) (Arendt és Zannini, 2013), mely szintén a héj eltávolításával magyarázható.

Ismeretes, hogy a köles alacsony **Ca** tartalommal rendelkezik (0,07% – 0,30%, Arendt és Zannini, 2013). Ezt az általam vizsgált minták eredményei is alátámasztották, mely értékek csupán 0,04% és 0,13% között változtak. A Maxi köles minden mintájának Ca tartalma $0,06 \pm 0,00\%$ volt a 2016-os kísérleti évben. A Lovászipatonai minták ennél alacsonyabb Ca-ot tartalmaztak, mely értékek $0,04 \pm 0,01\%$ és $0,05 \pm 0,01\%$ között változtak (22. táblázat). A 2017-es évben a Maxi köles minták Ca tartalma már szélesebb tartományban változott, $0,05 \pm 0,00\%$ (160 kg/ha N) – $0,08 \pm 0,02\%$ (40 kg/ha N), ahol a kontroll minta $0,06 \pm 0,00\%$ -os Ca tartalommal volt jellemezhető. A Lovászipatonai kölesnél már jelentős növekedést is megfigyeltem az előző év eredményeihez képest. Az értékek $0,04 \pm 0,00\%$ és $0,13 \pm 0,06\%$ között változtak. A legalacsonyabb értéket a legnagyobb műtrágya adaggal kezelt minták tartalmazták, a legmagasabb értéket a 160 kg/ha N adaggal kezelt minta mutatta. A kontroll a második legmagasabb Ca tartalommal rendelkező mintának bizonyult ($0,12 \pm 0,05\%$). A Ca tartalomnál szignifikáns különbség volt kimutatható a kezelések hatására, azonban egyértelmű koncentráció növekedés vagy csökkenés nem volt megállapítható (23. táblázat).

A N és a **Mg** elemeket szinergizmus jellemzi, azonban a vizsgált mintáknál inkább koncentráció csökkenés mutatkozott a kezelések hatására. A 2016-os évben mért Mg koncentráció mindkét fajtánál a kontroll mintánál volt jelen a legnagyobb mennyiségben: Maxi $0,30 \pm 0,01\%$, Lovászipatonai $0,32 \pm 0,01\%$. A Maxi köles 120 kg/ha nitrogénnel kezelt mintája tartalmazta a legalacsonyabb Mg koncentrációt, $0,24 \pm 0,00\%$, a Lovászipatonai kölesnél a legalacsonyabb érték a legmagasabb kezelésnél volt megfigyelhető, $0,27 \pm 0,03\%$. 2017-ben a Maxi köles fajta mintái alacsonyabb Mg tartalmat mutattak. A kontroll és a 40 kg/ha N adagú parcella mintáinál $0,20\%$ Mg tartalmat vizsgáltam. A többi kezelésnél alacsonyabb értékeket kaptam, $0,19 \pm 0,02\%$ -tól (120 kg/ha N) $0,16 \pm 0,01\%$ -ig (160 kg/ha N). A Lovászipatonai köles fajta kontroll mintája $0,28 \pm 0,02\%$ Mg tartalommal rendelkezett. Ennél magasabb értéket, ahogy a Maxi kölesnél is, a legalacsonyabb kezelésnél mértem, mely $0,31 \pm 0,05\%$ volt. A többi kezelésnél alacsonyabb értékeket kaptam, ahol a legnagyobb nitrogén adaggal kezelt parcella tartalmazta a legkisebb Mg koncentrációt, $0,20 \pm 0,02\%$ -ot.

A N és S elemeket a legtöbb szakirodalomban szinergizmus jellemzi, azonban találunk olyan irodalmat is, melyben ezen elemek már antagonisták (Rietra et al., 2017).

23. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosborsó köles liszt makroelem (%) és

Na (mg/kg) tartalma

N, kg/ha			0	40	80	120	160	200	SzD _{5%}		
									A ^a	B ^b	AxB ^c
N	2016	M	1,56±0,04	1,56±0,02	1,62±0,08	1,70±0,03	1,75±0,06	1,87±0,04	0,03***	0,08***	0,11*
		L	1,87±0,12	1,91±0,11	1,92±0,05	1,93±0,06	1,98±0,04	1,99±0,07	0,03***	0,07***	0,10
	2017	M	1,84±0,16	1,88±0,04	2,03±0,00	2,08±0,00	2,12±0,07	2,26±0,01	0,03***	0,07***	0,10
		L	1,91±0,01	2,03±0,01	2,09±0,01	2,12±0,07	2,26±0,01	2,26±0,01	0,03***	0,07***	0,10
P	2016	M	1,21±0,01	1,17±0,09	1,10±0,03	1,02±0,02	1,09±0,01	1,02±0,04	0,03***	0,07***	0,10
		L	1,32±0,03	1,29±0,09	1,23±0,06	1,16±0,06	1,20±0,03	1,16±0,09	0,03***	0,07***	0,10
	2017	M	0,82±0,04	0,82±0,06	0,79±0,09	0,80±0,04	0,67±0,03	0,74±0,10	0,03***	0,08***	0,11*
		L	1,08±0,05	1,15±0,12	1,08±0,11	1,06±0,05	0,89±0,04	0,86±0,04	0,03***	0,08***	0,11*
K	2016	M	0,69±0,02	0,64±0,05	0,61±0,02	0,56±0,00	0,62±0,00	0,56±0,02	0,01***	0,03***	0,05
		L	0,67±0,03	0,62±0,03	0,62±0,04	0,60±0,03	0,62±0,01	0,60±0,03	0,01***	0,03***	0,05
	2017	M	0,62±0,03	0,63±0,03	0,61±0,04	0,62±0,01	0,58±0,02	0,63±0,06	0,02***	0,05***	0,06*
		L	0,85±0,04	0,86±0,05	0,81±0,06	0,82±0,04	0,74±0,03	0,73±0,04	0,02***	0,05***	0,06*
Ca	2016	M	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,00***	0,00***	0,01*
		L	0,05±0,01	0,05±0,00	0,05±0,00	0,04±0,01	0,05±0,00	0,05±0,00	0,00***	0,00***	0,01*
	2017	M	0,06±0,00	0,08±0,02	0,07±0,02	0,06±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,02**	0,04*	0,06*
		L	0,12±0,05	0,11±0,07	0,05±0,01	0,11±0,07	0,13±0,06	0,04±0,00	0,02**	0,04*	0,06*
Mg	2016	M	0,30±0,01	0,28±0,04	0,27±0,00	0,24±0,00	0,27±0,00	0,25±0,02	0,01***	0,03***	0,04
		L	0,32±0,01	0,29±0,02	0,29±0,02	0,27±0,03	0,28±0,01	0,27±0,03	0,01***	0,03***	0,04
	2017	M	0,20±0,02	0,20±0,01	0,19±0,03	0,19±0,02	0,16±0,01	0,19±0,04	0,01***	0,03***	0,04**
		L	0,28±0,02	0,31±0,05	0,27±0,05	0,27±0,02	0,22±0,02	0,20±0,02	0,01***	0,03***	0,04**
S	2016	M	0,92±0,01	0,91±0,03	0,92±0,03	0,92±0,03	0,98±0,01	0,94±0,02	0,01***	0,03*	0,05
		L	1,06±0,03	1,04±0,02	1,03±0,03	1,04±0,05	1,06±0,01	1,03±0,00	0,01***	0,03*	0,05
	2017	L	1,00±0,05	1,06±0,03	1,08±0,02	1,09±0,03	1,07±0,07	1,18±0,07	0,02***	0,06*	0,08**
		M	1,20±0,08	1,25±0,04	1,19±0,04	1,22±0,02	1,22±0,03	1,20±0,05	0,02***	0,06*	0,08**
Na	2016	M	5,68±0,73	4,19±0,38	3,72±0,20	3,21±0,40	4,75±0,36	3,73±0,42	0,35***	0,87***	1,23***
		L	4,11±0,47	4,72±0,20	4,31±0,45	2,81±2,05	1,27±0,25	1,31±0,47	0,35***	0,87***	1,23***
	2017	M	11,68±10,92	24,32±26,98	21,19±15,45	6,06±1,62	6,79±1,89	9,40±1,63	6,03	14,77	20,89
		L	29,74±13,87	21,61±16,14	15,73±6,74	20,47±16,02	24,72±13,29	6,07±4,66	6,03	14,77	20,89

^a – fajtahatás a kezelések függvényében

^b – műtrágyaadagok közötti hatás

^c – fajta x műtrágya hatás

A S tápelemnél többnyire koncentráció növekedés volt megállapítható a növekvő N kezelések hatására. A 2016-os évben a S koncentrációja a Maxi köles mintáknál $0,91 \pm 0,03\%$ és $0,98 \pm 0,01\%$ között változott, ahol a legalacsonyabb 40 kg/ha nitrogén kezelésnél, míg a legmagasabb érték a 160 kg/ha nitrogén kezelésnél volt megfigyelhető.

A Lovászipatonai köles mintáknál magasabb volt a S koncentrációja, melyek $1,03 \pm 0,03\%$ – $1,06 \pm 0,01\%$ között változtak. Két esetben mértem $1,03\%$ -ot, 80 és 200 kg/ha nitrogén adag alkalmazásánál, míg $1,06\%$ -ot a 160 kg/ha műtrágyával kezelt parcellánál (22. táblázat). A 2017-es év mindkét fajtánál magasabb S tartalmat eredményezett. A Maxi kölesnél ez $1,00 \pm 0,05\%$ (kontroll) és $1,18 \pm 0,07\%$ (200 kg/ha N) értékeket mutatott. A Lovászipatonai köles mintáknál $1,19 \pm 0,04\%$ (80 kg/ha N) $1,25 \pm 0,04\%$ (40 kg/ha N) között változott a S tartalom.

A Na elem koncentrációja a leginkább csökkenő tendenciát mutatott. A 2016-os Maxi minták nátrium tartalma $3,21 \pm 0,40$ mg/kg (120 kg/ha N) – $5,68 \pm 0,73$ mg/kg (kontroll) közötti értékeket mutattak. A Lovászipatonai mintáknál a 160 kg/ha N ($1,27 \pm 0,25$ mg/kg) és a 200 kg/ha nitrogénnel ($1,31 \pm 0,47$ mg/kg) kezelt parcella eredményezte a legkisebb Na tartalmat, a legnagyobb érték a 40 kg/ha N adaggal kezelt parcella mintáinál volt mérhető. A kontroll minta Na koncentrációja $4,11 \pm 0,47$ mg/kg volt. A 2017-es év Maxi mintáinál elmondható, hogy az értékek az előző év eredményeihez képest szélesebb tartományt mutattak a Na koncentrációjában, $6,06 \pm 1,62$ mg/kg (120 kg/ha N) – $24,32 \pm 26,98$ mg/kg (legkisebb adagú kezelés). A kontroll parcellák mintái átlagosan $11,68 \pm 10,92$ mg/kg Na tartalommal rendelkeztek. A Lovászipatonai minták Na tartalma jelentős emelkedést mutattak az előző év eredményeihez képest. Az értékek $6,07 \pm 4,66$ és $29,74 \pm 13,87$ mg/kg között változtak, ahol a legalacsonyabb értéket a legnagyobb adaggal kezelt parcella mutatta, míg a legmagasabb értéket a kontroll minta tartalmazta (23. táblázat).

A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták mikroelem tartalmának változása a kezelések hatására

A kutatás során meghatároztam a minták **Cu**, **Zn**, **Fe** és **Mn** (mg/kg) tartalmát (24. táblázat).

A N és **Cu** elemeket szinergizmus jellemez, mely a Maxi köles minták 2016-os kísérleti évében megfigyelhető, miszerint a növekvő N koncentráció növekvő Cu koncentrációt eredményezett. A minták Cu tartalmát meghatározva azt állapítottam meg, hogy

a 2017-es év mintái magasabb Cu koncentrációt tartalmaztak, mint a 2016-os év mintái. 2016-ban a Maxi köles fajta Cu tartalma $1,43 \pm 0,13$ mg/kg (120 kg/ha N) és $1,60 \pm 0,08$ mg/kg (legnagyobb adagú kezelés) között változott, mely során a kontroll minta értéke $1,49 \pm 0,06$ mg/kg-ot hozott. $2,08 \pm 0,08$ mg/kg Cu tartalommal rendelkezett a Lovászpatonai köles kontroll mintája, mely egyben a legmagasabb értéknek bizonyult. A legkisebb értéket, $1,82 \pm 0,06$ mg/kg-ot, a 120 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál mértem (24. táblázat). A 2017-es kísérleti év Maxi köles kontroll mintájának értéke $2,41 \pm 0,22$ mg/kg-ot mutatott. A kontroll mintától egy esetben mértem alacsonyabb eredményt (160 kg/ha N - $2,25 \pm 0,21$ mg/kg), valamint egy esetben azonos értéket (200 kg/ha N - $2,41 \pm 0,36$ mg/kg). A többi kezelés során a minták magasabb Cu tartalmat mutattak. Ugyanezen év Lovászpatonai köles mintáinak Cu koncentrációja $2,30 \pm 0,19$ mg/kg és $3,44 \pm 0,31$ mg/kg közötti értékeket tartalmaztak, a kontroll mutatta a legmagasabb eredményt, míg a legnagyobb adaggal kezelt minta a legalacsonyabb értéket (24. táblázat).

A minták **Zn** tartalmának meghatározása során azt tapasztaltam, hogy a 2017-es kísérleti év mintái magasabb értékeket tartalmaztak. 2016-ban a Maxi köles mintái $11,92 \pm 1,66$ (a 40 kg/ha N adagnál) és $12,73 \pm 0,07$ (a 200 kg/ha N adagnál) tartományú Zn tartalommal rendelkeztek. A kontroll minta értéke $12,03 \pm 1,00$ mg/kg eredményt mutatott. A Lovászpatonai pirosmagvú minták magasabb eredményt produkáltak a Maxi minták Zn tartalmával szemben. A legalacsonyabb értéket a kontroll minta tartalmazta, $16,10 \pm 0,64$ mg/kg-ot, míg a legmagasabb értéket a 40 kg/ha nitrogénnel kezelt minta mutatta, $17,50 \pm 1,54$ mg/kg-ot. A 2017-es vizsgálati év Maxi köles kontroll mintája $13,82 \pm 1,33$ mg/kg Zn tartalommal rendelkezett. A 120 kg/ha nitrogén adagú parcella kivételével ($13,58 \pm 0,67$ mg/kg N) minden minta magasabb eredményt mutatott a kontroll mintához képest, mely $14,68 \pm 2,05$ – $18,21 \pm 2,00$ mg/kg közötti érték volt. A Lovászpatonai köles kontroll mintája $17,97 \pm 2,12$ mg/kg értékkel rendelkezett. A minták Zn tartalmának tartománya $16,53 \pm 1,74$ mg/kg és $18,30 \pm 0,96$ mg/kg között változott (24. táblázat).

2016-ban a Maxi köles minták **Fe** tartalma alacsonyabbnak bizonyult, mint amit Lovászpatonai köles minták vizsgálatánál kaptam. A Maxi köles kontroll mintájának Fe tartalma $8,41 \pm 0,70$ mg/kg. A kontroll mintától három kezelés alkalmával mértem magasabb Fe tartalmat, 40, 160 és 200 kg/ha. A legalacsonyabb Fe koncentrációt a 120 kg/ha nitrogénnel kezelt minta tartalmazta ($7,70 \pm 0,43$ mg/kg). A Lovászpatonai köles kontroll mintája tartalmazta a legmagasabb értéket, $12,32 \pm 1,50$ mg/kg-ot, míg a műtrágyával kezelt minták értékei $8,90 \pm 0,03$ mg/kg és $9,28 \pm 0,03$ mg/kg közötti Fe koncentrációt

tartalmaztak. A 2017-es év Maxi mintáinak értékei már magasabb, $8,96 \pm 1,05$ mg/kg (160 kg/ha N) és $21,77 \pm 0,38$ mg/kg (legalacsonyabb adagú kezelés) közötti Fe tartalommal rendelkeztek. A kontroll minták $17,64 \pm 3,21$ mg/kg értéket értek el. A Lovászpatonai minták Fe tartalma $12,31 \pm 1,85$ mg/kg (legmagasabb kezelés) – $20,77 \pm 5,72$ mg/kg (120 kg/ha N) tartományban mozogtak. A kontroll minta átlagosan $19,76 \pm 3,07$ mg/kg Fe koncentrációt tartalmazott (24. táblázat).

24. táblázat: A Maxi és a Lovászpatonai pirosborsó köles mikroelem tartalma (mg/kg)

N, kg/ha			0	40	80	120	160	200	SzD _{5%}		
									A ^a	B ^b	AxB ^c
Cu	2016	M	1,49±0,06	1,49±0,21	1,47±0,08	1,43±0,13	1,52±0,06	1,60±0,08	***		
		L	2,08±0,08	1,93±0,16	1,87±0,16	1,82±0,06	1,93±0,03	2,02±0,10	0,1	0,1	0,2
	2017	M	2,41±0,22	2,62±0,08	2,58±0,14	2,62±0,19	2,25±0,21	2,41±0,36	***		
		L	3,44±0,31	3,26±0,26	3,08±0,19	3,40±0,34	2,52±0,10	2,30±0,19	0,1	0,3	0,4
Zn	2016	M	12,03±1,00	11,92±1,66	11,94±0,05	11,96±0,76	12,32±0,45	12,73±0,07	***		
		L	16,10±0,64	17,50±1,54	16,22±0,38	16,63±1,52	16,83±0,93	16,58±0,84	0,5	1,1	1,6
	2017	M	13,82±1,33	16,54±0,57	14,68±2,05	13,58±0,67	16,02±0,85	18,21±2,00	***		
		L	17,97±2,12	17,76±2,01	16,53±1,74	18,04±1,18	18,30±0,96	17,61±0,33	0,7	1,8	2,5
Fe	2016	M	8,41±0,70	8,58±1,67	8,03±0,35	7,70±0,43	9,52±0,81	8,52±1,58	***		
		L	12,32±1,50	8,90±0,03	9,00±0,03	9,09±0,03	9,19±0,03	9,28±0,03	0,9	2,2	3,1
	2017	M	17,64±3,21	21,77±0,38	20,48±5,51	20,60±3,32	8,96±1,05	10,27±1,51	***		
		L	19,76±3,07	18,83±2,86	15,12±1,53	20,77±5,72	17,11±4,70	12,31±1,85	1,7	4,1	5,8
Mn	2016	M	2,41±0,15	2,21±0,18	2,17±0,14	1,82±0,09	2,23±0,09	2,03±0,15	***		
		L	2,02±0,28	1,93±0,10	1,98±0,14	1,91±0,28	1,91±0,40	1,87±0,13	0,1	0,2	0,3
	2017	M	3,52±0,54	3,32±0,13	3,47±0,28	3,65±0,31	2,09±0,19	2,42±0,48	***		
		L	3,19±0,29	3,38±0,39	3,21±0,21	3,34±0,53	2,33±0,13	2,22±0,16	0,2	0,4	0,5

^a – fajtahatás a kezelések függvényében

^b – műtrágyaadagok közötti hatás

^c – fajta x műtrágya hatás

Ahogy az előző mikroelemek eredményeihez képest, úgy a **Mn** tápelemnél is azt tapasztaltam, hogy az értékek magasabbak voltak a 2017-es évben. A 2016-os év Maxi köles kontroll mintája hozta a legnagyobb értéket, $2,41 \pm 0,15$ mg/kg-ot. A legalacsonyabb eredményt a 120 kg/ha műtrágya kezelés hatására tapasztaltam, $1,82 \pm 0,09$ mg/kg-ot. A Lovászpatonai kölesnél szintén a kontroll minta rendelkezett a legmagasabb Mn

tartalommal, mely $2,02 \pm 0,28$ mg/kg volt. A legalacsonyabb értéket a legmagasabb adaggal kezelt mintánál figyelhettem meg, $1,87 \pm 0,13$ mg/kg-ot. A 2017-es év Mn tartalmát tekintve közel azonos eredményeket kaptam a két fajtát vizsgálva. A Maxi kölesnél $2,09 \pm 0,19$ mg/kg (160 kg/ha N) – $3,65 \pm 0,31$ mg/kg (120 kg/ha N) közötti Mn tartalmat kaptam. A kontroll minta $3,52 \pm 0,54$ mg/kg Mn koncentrációt tartalmazott. A Lovászpatonai kölesnél ezek az értékek $2,22 \pm 0,16$ mg/kg $3,38 \pm 0,39$ mg/kg között változtak, ahol a legalacsonyabb mennyiséget a legmagasabb adaggal kezelt parcella mintái adták, míg a legmagasabb értéket a legalacsonyabb kezelésnél tapasztaltam. A kontroll minta $3,19 \pm 0,29$ mg/kg Mn tartalommal rendelkezett (24. táblázat). A N és Mn elemek egymás antagonistái, melyet a vizsgált minták Mn koncentrációja is alátámaszt, ugyanis a növekvő N kezelés hatására, kismértékű Mn koncentráció csökkenést állapítottam meg.

Két elem kivételével, mely 2017-ben a Fe és a Mn volt, a fajták között statisztikai különbség állapítható meg. A műtrágya kezelések között szintén két elem kivételével (2016-os év Fe és Zn mintái) volt szignifikáns különbség. A fajta és kezelés kombináció hatására már csupán három esetben volt kimutatható szignifikáns különbség, a 2017-es év Fe, Zn és Cu elemeknél.

A Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták makro-és mikroelem tartalmának Parciális Eta Négyzetre vonatkozó statisztikai értékelése az 1. számú mellékletben található.

5.2 A Zádor szemescirok hibrid minőségvizsgálata

5.2.1 A Zádor szemescirok hibrid ezerszemtömegének változása a kezelések hatására

A 25. táblázat összefoglalja a Zádor szemescirok hibrid ezerszemtömegének átlagait a vizsgált években. A 2016-os vizsgálati évben látható, hogy a kontroll mintákhoz viszonyítva minden kezelés magasabb eredményt ért el ($30,76 \pm 0,45$ g), a legmagasabb érték a 160 kg/ha N adaggal kezelt mintáknál volt megfigyelhető ($31,97 \pm 0,41$ g). A 2017-es évben szintén elmondható, hogy a kontrollhoz képest minden beállítás magasabb értéket mutatott ($27,21 \pm 0,34$ g), a legmagasabb érték azonban a 120 kg/ha nitrogén adaggal kezelt mintáknál volt mérhető ($27,65 \pm 0,65$ g).

A 25. táblázatból látható - a köles fajtákhoz hasonlóan -, hogy a 2016-os évben magasabb értékek voltak mérhetőek, mint a 2017-es évben, mely szintén a csapadékosabb időjárásból adódhatott (6., 7. táblázatok).

A Zádor szemescirok hibrid ezerszemtömeg átlagainak statisztikai értékelése alapján a 2016-os évben szignifikáns különbség volt kimutatható a műtrágya adagok között. Ezzel ellentétben a 2017-es évben már nem volt szignifikáns eltérés a kezelések között.

25. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid ezerszemtömeg átlagai a vizsgált években (g)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	30,76 ± 0,45		27,21 ± 0,34	
40	31,19 ± 0,32		-	
80	31,89 ± 0,49		27,26 ± 0,67	
120	31,95 ± 0,36		27,65 ± 0,65	
160	31,97 ± 0,41		27,37 ± 0,51	
200	31,88 ± 0,27		27,52 ± 0,94	
	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	0,52***	0,74	0,91	0,12

5.2.2 A Zádor szemescirok hibrid nedvességtartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok lisztminták nedvességtartalma 14,07% és 14,35% között változott a 2016-os év lisztmintáinál, ahol a legalacsonyabb nedvességtartalom két esetben, a 120 kg/ha és a 160 kg/ha nitrogénnel kezelt mintáknál volt mérhető. A legmagasabb nedvességtartalom a 40 kg/ha N adaggal kezelt mintánál mutatkozott. A Zádor szemescirok lisztmintáinál is megfigyelhető volt, hogy a 2017-es évben átlagosan alacsonyabb nedvességtartalom volt mérhető. A legalacsonyabb 13,90% volt a 80 kg/ha nitrogén kezelésnél, míg a legmagasabb érték nem érte el a 14%-ot: a legnagyobb N adaggal kezelt mintánál 13,99%-os nedvességtartalom volt mérhető.

5.2.3 A Zádor szemescirok hibrid hamutartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok hibrid lisztminták hamutartalmának átlagait a vizsgálati években a 25. táblázat tartalmazza. A 2016-os évben a minták túlnyomó része 0,74%-os hamutartalommal rendelkezett, a 40 kg/ha nitrogén adaggal kezelt mintánál, magasabb, 0,78%-os hamutartalmat mértem.

A 2017-es kísérleti évben a szemescirok hibrid legalacsonyabb hamutartalom értékét a 200 kg/ha N műtrágya adaggal kezelt mintánál mértem, mely 0,74% volt, míg a legmagasabb eredményt a 80 kg/ha műtrágyával kezelt mintáknál vizsgáltam, 0,76%-ot (26. táblázat).

26. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid hamutartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	0,74 ± 0,03		0,75 ± 0,06	
40	0,78 ± 0,01		-	
80	0,74 ± 0,04		0,76 ± 0,03	
120	0,74 ± 0,03		0,75 ± 0,04	
160	0,74 ± 0,01		0,75 ± 0,02	
200	0,74 ± 0,01		0,74 ± 0,02	
	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	0,04	0,36	0,05	0,03

A Zádor szemescirok hibrid lisztminták hamutartalmának statisztikai értékelése szerint a műtrágya kezelések között nem volt kimutatható különbség a két vizsgált évben.

5.2.4 A Zádor szemescirok hibrid fehérjetartalmának változása a kezelések hatására

A 27. táblázat tartalmazza a Zádor szemescirok hibrid fehérjetartalmának átlagait a vizsgált években. A kontroll beállításhoz képest jól látható, hogy a kezelések pozitívan befolyásolták a minták fehérjetartalmát. A 2016-os évben a kontroll minták fehérjetartalma $8,09 \pm 0,16\%$ volt. A legalacsonyabb nitrogén adaggal kezelt minták $8,26 \pm 0,10\%$ -os, a 80 kg/ha N adaggal kezelt parcella mintái $8,94 \pm 0,08\%$ -os, a 120 kg/ha N adagú parcella mintái $9,06 \pm 0,08\%$ -os, a 160 kg/ha nitrogén adaggal kezelt minták $9,20 \pm 0,12\%$ -os, míg a legmagasabb adaggal kezelt minták fehérjetartalma a legmagasabb, $9,61 \pm 0,15\%$ -os értékkel rendelkeztek.

A 2017-es év eredményei alapján szintén növekvő eredményeket mértem. A kontroll minta $8,91 \pm 0,39\%$ -os fehérjetartalmat jelentett. A 80 és 120 kg/ha N adaggal kezelt mintáknál azonos eredményeket kaptam, $9,10 \pm 0,02\%$ -os és $9,10 \pm 0,10\%$ -os fehérjetartalmat. A 160 kg/ha nitrogén adag alkalmazásánál magasabb, $9,17 \pm 0,19\%$ -ot, míg a legnagyobb dózinál a legmagasabb értéket, $9,34 \pm 0,18\%$ -ot mértem (27. táblázat).

A MSZ 6273:2017 *Cirok élelmezési célra* szabvány minőségi követelményei alapján a cirok fehérjetartalom értéke legalább 9% kell, hogy legyen szárazanyag tartalomra vonatkoztatva. Ez alapján elmondható, hogy a vizsgált feltételek mellett legalább 80 kg/ha N kezelés kijuttatása szükséges a 9%-os fehérjetartalom biztosítása érdekében.

27. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid fehérjetartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	8,09 ± 0,16		8,91 ± 0,39	
40	8,26 ± 0,10		-	
80	8,94 ± 0,08		9,10 ± 0,02	
120	9,06 ± 0,08		9,10 ± 0,10	
160	9,20 ± 0,12		9,17 ± 0,19	
200	9,61 ± 0,15		9,34 ± 0,18	
	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	0,20***	0,96	0,33	0,41

A statisztikai értékelés alapján a 2016-os év Zádor szemescirok mintái között szignifikáns különbséget állapítottam meg a műtrágyakezelés hatására. A 2017-es évben nem tapasztaltam szignifikáns különbséget a minták között a kezelések függvényében.

5.2.5 A Zádor szemescirok hibrid keményítő tartalmának változása a kezelések hatására

A 28. táblázatban szereplő értékek mutatják a Zádor szemescirok lisztmintáinak keményítő tartalmát a vizsgált években.

28. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	75,84 ± 3,47		73,81 ± 2,79	
40	75,57 ± 1,67		-	
80	75,14 ± 3,21		72,03 ± 2,93	
120	75,11 ± 2,70		71,76 ± 3,30	
160	74,66 ± 2,17		71,25 ± 3,13	
200	74,77 ± 2,45		73,10 ± 3,19	
	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	4,31	0,03	4,27	0,16

A 2016-os év kontroll mintája $75,84 \pm 3,47\%$ -os keményítő tartalommal rendelkezett. A kezelt minták értékei $75,57 \pm 1,67\%$ (40 kg/ha N) és $74,66 \pm 2,17\%$ (160 kg/ha N) között változtak.

A 2017-es év kontroll mintája $73,81 \pm 2,79\%$ -os keményítő tartalommal bírt. A kezelt minták $73,10 \pm 3,19\%$ (200 kg/ha N) és $71,25 \pm 3,13\%$ (160 kg/ha N) közötti keményítő tartalommal rendelkeztek (28. táblázat).

A statisztikai értékelés alapján nem volt szignifikáns különbség a műtrágyaadagok hatása között a Zádor szemescirok mintáinál.

5.2.6 A Zádor szemescirok hibrid keményítő-összetételének változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok hibrid amilóz tartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok minták amilóz arányát a teljes keményítő tartalomhoz viszonyítva a 29. táblázat foglalja össze. A 2016-os év mintái $23,64 \pm 1,27\%$ (80 kg/ha N) és $25,14 \pm 1,81\%$ -os amilóz tartalommal rendelkeztek, ahol a legmagasabb a kontroll mintánál volt mérhető. A 2017-es év mintái a $22,22 \pm 0,55\%$ (160 kg/ha N) és $22,66 \pm 4,65\%$ -os amilóz tartalommal bírtak, ahol szintén a kontroll minta rendelkezett a legmagasabb értékkel. A két év eredményeit tekintve, 2016-ban a minták magasabb amilóz tartalommal rendelkeztek (29. táblázat). A szemescirok minták a köles mintákhoz viszonyítva átlagosan alacsonyabb amilóz tartalommal rendelkeztek.

29. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid amilóz tartalmának átlagai, az összes keményítő tartalomhoz viszonyított érték (%)

Kezelés, N kg/ha	2016	2017
kontroll	$25,14 \pm 1,81$	$22,66 \pm 4,65$
80	$23,64 \pm 1,27$	$22,61 \pm 2,49$
160	$24,65 \pm ,41$	$22,22 \pm 0,55$

A Zádor szemescirok hibrid sérült keményítő tartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirokban már nagyobb koncentrációban található meg a sérült keményítő, mint a köles fajták mintáiban (30. táblázat). A 2016-os évben a kontroll minta

érte el a legnagyobb eredményt, mely $3,00 \pm 0,09\%$ -ot mutatott. A 80 kg/ha N beállítás $2,77 \pm 0,10\%$, a 160 kg/ha N adagú parcella $2,49 \pm 0,17\%$ sérült keményítő tartalmat eredményezett. A 2017-es év mintái közül a 80 kg/ha N adaggal kezelt parcella értéke volt a legmagasabb, mely $2,88 \pm 0,11\%$ volt, attól csupán kis mértékben tért el a kontroll ($2,68 \pm 0,17\%$) és a 160 kg/ha N adaggal kezelt minta ($2,54 \pm 0,18\%$).

30. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid sérült keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016	2017
kontroll	$3,00 \pm 0,09$	$2,68 \pm 0,17$
80	$2,77 \pm 0,10$	$2,88 \pm 0,11$
160	$2,49 \pm 0,17$	$2,54 \pm 0,18$

A Zádor szemescirok hibrid rezisztens keményítő tartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok lisztminták rezisztens keményítő tartalmának alakulását a 31. táblázatban mutatom be. A köles mintákkal szemben alacsonyabb értékeket mértem a cirok mintáknál. A 2016-os vizsgálati év mintái enyhe növekedést mutattak $2,20 \pm 0,05$ g/ 100 g minta értéktől (kontroll) $2,37 \pm 0,13$ g/100 g minta értékig (legnagyobb adagú kezelés). A 2017-es év magasabb eredményeket hozott, $3,02 \pm 0,11$ g/ 100 g minta értéktől $3,11 \pm 0,09$ g/ 100 g minta értékig, ahol a legmagasabb a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál, míg a legalacsonyabb a 160 kg/ha N adaggal kezelt parcellánál volt mérhető.

31. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid rezisztens keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (g/100 g)

Kezelés, N kg/ha	2016	2017
kontroll	$2,20 \pm 0,05$	$3,06 \pm 0,12$
80	$2,28 \pm 0,01$	$3,11 \pm 0,09$
160	$2,37 \pm 0,13$	$3,02 \pm 0,11$

5.2.7 A Zádor szemescirok hibrid zsírtartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok mintáinak zsírtartalmára vonatkozó eredményeket a 32. táblázat tartalmazza.

32. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid zsírtartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	1,33 ± 0,04		2,71 ± 0,42	
40	1,42 ± 0,03		-	
80	1,37 ± 0,02		2,55 ± 0,57	
120	1,63 ± 0,03		2,82 ± 0,05	
160	1,62 ± 0,04		2,88 ± 0,01	
200	1,70 ± 0,02		2,69 ± 0,05	
	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2	<i>SzD</i> _{5%}	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	0,04***	0,98	0,44	0,21

A Zádor minták 2016-os értékei a kontrollnál 1,33 ± 0,04%, míg a kezelések függvényében 1,37 ± 0,02% és 1,70 ± 0,02% között változtak. A 2017-es év kontroll mintájának értéke 2,71 ± 0,42%-ot mutatott, míg a kezelések hatására 2,55 ± 0,57% és 2,88 ± 0,01% között változott.

A Zádor minták statisztikai értékelése alapján a nitrogén kezelések között szignifikáns különbség volt kimutatható a 2016-os kísérleti évben. A következő, 2017-es év mintái között nem volt szignifikáns különbség a kezelések hatására.

5.2.8 A Zádor szemescirok hibrid zsírsavösszetételének változása a kezelések hatására

A 2016-os év szemescirok minták zsírsavösszetételének mérési eredményeit a 33. táblázat tartalmazza. A telítetlen zsírsavak (palmitolajsav, olajsav, linolsav, linolénsav) aránya 82,81% - 83,66% közötti értéket mutatott, míg a telített zsírsavak (palmitinsav, sztearinsav, arachinsav, behénsav, lignocerinsav) aránya 16,34% és 17,19% közötti értékkel volt jellemezhető. A linolsav és a linolénsav esszenciális zsírsavak aránya 49,75% - 50,44%-át tették ki a zsírsavak mennyiségének. A nitrogén adagok függvényében nem tapasztaltam számottevő változást a zsírsavak egymáshoz való viszonyában.

A 2017-es év Zádor szemescirok lisztminták zsírsavösszetételét a 34. táblázat tartalmazza. A telítetlen zsírsavak aránya 78,98% - 85,02% között változott, ahol a legnagyobb koncentrációban a linolsav volt jelen (45,19% - 65,19%), valamint az olajsav (18,46% - 32,00%).

33. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában a 2016-os kísérleti évben (%)

Zsírsavak	0	40	80	120	160	200
Palmitinsav (16:0)	14,61±0,35	14,46±0,09	14,46±0,23	14,56±0,13	14,60±0,10	14,40±0,15
Palmitolajsav (16:1)	0,79±0,11	0,71±0,13	0,80±0,13	0,87±0,18	0,82±0,49	1,12±0,08
Sztearinsav (18:0)	2,17±0,08	2,18±0,22	2,38±0,35	2,36±0,19	2,18±0,19	1,84±0,20
Olajsav (18:1)	31,59±0,23	32,16±0,23	32,08±0,35	32,23±0,26	32,12±0,40	32,50±0,19
Linolsav (18:2)	48,73±0,26	48,46±0,16	48,23±0,71	48,04±0,48	48,20±0,04	48,48±0,32
Linolénsav (18:3)	1,71±0,08	1,74±0,04	1,70±0,11	1,71±0,12	1,81±0,25	1,56±0,06
Behénsav (22:0)	0,23±0,05	0,16±0,04	0,18±0,03	0,15±0,05	0,15±0,04	0,10±0,02
Lignocerinsav (24:0)	0,17±0,05	0,13±0,02	0,17±0,09	0,09±0,08	0,12±0,10	0,00±0,00
Telítetlen zsírsavak	82,82	83,08	82,81	82,84	82,95	83,66
Telített zsírsavak	17,18	16,92	17,19	17,16	17,05	16,34
Esszenciális zsírsavak	50,44	50,20	49,93	49,75	50,01	50,04

A telített zsírsavak aránya 14,98% és 21,02% között változott. Az omega 3 és az omega 6 zsírsavak aránya összesen 46,52% - 65,87%-át tették ki a zsírsavak mennyiségének. A kezelések között nagyobb különbségek voltak megfigyelhetőek a 2016-os év eredményeihez viszonyítva.

34. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában a 2017-es kísérleti évben (%)

Zsírsavak	0	40	80	120	160	200
Palmitinsav (16:0)	12,13±0,20	-	12,40±0,11	12,64±0,03	17,18±0,24	17,18±0,16
Palmitolajsav (16:1)	0,21±0,02	-	0,16±0,02	0,18±0,09	0,52±0,08	0,48±0,06
Sztearinsav (18:0)	1,48±0,11	-	1,11±0,06	3,04±0,08	3,44±0,13	3,42±0,11
Olajsav (18:1)	18,53±0,07	-	18,99±0,09	18,46±0,03	31,43±0,22	32,00±0,09
Linolsav (18:2)	61,08±0,06	-	65,19±0,09	61,35±0,02	45,19±0,21	45,54±0,13
Linolénsav (18:3)	1,76±0,04	-	0,68±0,12	1,97±0,03	1,85±0,03	0,98±0,21
Behénsav (22:0)	0,39±0,12	-	0,24±0,11	0,34±0,06	0,15±0,03	0,17±0,10
Lignocerinsav (24:0)	4,43±0,24	-	1,23±0,09	2,02±0,04	0,24±0,13	0,23±0,04
Telítetlen zsírsavak	81,58	-	85,02	81,96	78,98	79,00
Telített zsírsavak	18,42	-	14,98	18,04	21,02	21,00
Esszenciális zsírsavak	62,84	-	65,87	63,32	47,03	46,52

5.2.9 A Zádor szemescirok hibrid összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmára vonatkozó adatok a 35. táblázatban szerepelnek. A vizsgált szemescirok fenolos vegyület

tartalma magasabb, mint a termesztett köles fajtáknál mért értékek. A 2016-os évben a kísérleti minták $96,62 \pm 0,94$ mg GAE/100 g - $97,68 \pm 0,90$ mg GAE/100 g közötti eredményeket mutattak. A 200 kg/ha nitrogénnel kezelt parcellák mintái mutatták a legmagasabb értéket, a legalacsonyabb a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál volt megfigyelhető. A kontroll parcella mintáiban $96,72 \pm 0,76$ mg GAE/100 g mennyiséget mértem.

2017-ben már nagyobb értékeket mértem, mely $96,99 \pm 1,63$ mg GAE/100 g (80 kg/ha N) és $98,43 \pm 0,69$ mg GAE/100 g (200 kg/ha N) között alakult. A kontroll minta összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalma $98,35 \pm 0,31$ mg GAE/100 g volt (35. táblázat).

35. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalma (mg GAE/100 g)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	$96,72 \pm 0,76$		$98,35 \pm 0,31$	
40	$96,69 \pm 1,03$		-	
80	$96,62 \pm 0,94$		$96,99 \pm 1,63$	
120	$96,98 \pm 0,65$		$97,75 \pm 1,54$	
160	$96,87 \pm 1,02$		$98,21 \pm 0,44$	
200	$97,68 \pm 0,90$		$98,43 \pm 0,69$	
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	1,25	0,23	1,69	0,28

A szemescirok minták fenolos vegyület tartalmának statisztikai értékelése szerint a két vizsgálati évben a műtrágyaadagok között nem volt kimutatható szignifikáns különbség.

5.2.10 A Zádor szemescirok hibrid élelmi rost tartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok minták élelmi rost tartalmának eredményeit a 36. táblázat foglalja össze. A szemescirok minták magasabb élelmi rost tartalommal rendelkeztek, mint a termesztett köles minták. A 2016-os vizsgálati évben az értékek $12,48 \pm 0,82\%$ (160 kg/ha N) és $13,92 \pm 1,31\%$ (80 kg/ha N) között változtak a kezelések függvényében. A kontroll mintánál $13,74 \pm 1,67\%$ élelmi rost tartalmat mértem.

2017-ben a kísérleti minták értékei nem változtak nagymértékben az előző évhez képest. $12,04 \pm 2,06\%$ (80 kg/ha N) és $13,44 \pm 1,22\%$ (160 kg/ha N) közötti értéket vettek fel. A kontroll minta értéke $12,38 \pm 0,87\%$ volt (36. táblázat).

36. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid élelmi rost tartalma, szárazanyagra vonatkoztatott érték (%)

Kezelés, N kg/ha	2016		2017	
kontroll	13,74 ± 1,67		12,38 ± 0,87	
40	13,53 ± 0,99		-	
80	13,92 ± 1,31		12,04 ± 2,06	
120	12,49 ± 0,96		13,14 ± 0,87	
160	12,48 ± 0,82		13,44 ± 1,22	
200	12,75 ± 1,21		12,55 ± 1,08	
	$SzD_{5\%}$	η_p^2	$SzD_{5\%}$	η_p^2
<i>Műtrágya hatás</i>	1,65	0,32	2,1	0,19

A Zádor minták statisztikai értékelése alapján a kezelések között nem volt kimutatható szignifikáns különbség a 2016-os és a 2017-es években.

5.2.11 A Zádor szemescirok hibrid elemtartalmának változása a kezelések hatására

A Zádor szemescirok hibrid makroelem tartalmának változása a kezelések hatására

A kutatás során a Zádor szemescirok minták makroelemei közül a **N**, a **P**, a **K**, a **Ca**, a **Mg**, a **S** (%) és a **Na** (mg/kg) vizsgálatát végeztem (37. táblázat).

A **N** koncentráció a kezelések hatására az elvárásoknak megfelelően növekvő tendenciát mutatott. A 2016-os kísérleti évben $1,30 \pm 0,03\%$ és $1,54 \pm 0,02\%$ közötti **N** tartalmat llapítottam meg. A 2017-es évben $1,43 \pm 0,06\%$ és $1,50 \pm 0,03\%$ között változtak az értékek. Szignifikáns különbség a kezelések hatására a 2016-os évben volt kimutatható. Szakirodalmak alapján a **N** koncentráció a szemescirokban $1,00\%$ és $2,00\%$ között változhat (Jones, 2003), mely a vizsgált mintáknál ezen tartományon belül mozgott.

A minták **P** koncentrációja a **N:P** antagonizmus révén csökkenő koncentrációt mutatott. A szemescirok **P** koncentrációja $0,20\%$ és $0,40\%$ között változik (Jones, 2003), mely az általam vizsgált mintákban jelentősen meghaladta ezt az értéket, $0,85\%$ - $1,86\%$. A 2016-os évben magasabb **P** tartalom volt mérhető, mint a 2017-es vizsgálati évben. Az első évben a minták **P** koncentrációja $1,40 \pm 0,04\%$ és $1,86 \pm 0,18\%$ között változott, ahol a legalacsonyabb koncentrációt a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt minta eredményezte, míg a legnagyobb **P** tartalommal a kezeletlen minta rendelkezett. 2017-ben a szemescirok liszt-

minták P talma már csupán $0,85 \pm 0,09\%$ és $0,94 \pm 0,01\%$ közötti értékekkel volt jellemezhető, melynél szintén a 80 kg/ha adagú parcellák mintái rendelkeztek a legalacsonyabb, a kontroll a legmagasabb P tartalommal (37. táblázat).

A N és K elemeket szinergizmus jellemzi, azonban a Zádor szemesciroknál, ahogy a köles mintáknál is, a K koncentrációjának kismértékű csökkenését állapítottam meg. A 2016-os évben magasabb volt a K koncentrációja, mint a 2017-es évben. Értékei $1,27 \pm 0,03\%$ – $1,53 \pm 0,11\%$ között változtak, ahol ugyancsak azt tapasztaltam, hogy a legalacsonyabb értéket a 80 kg/ha N, a legmagasabb értéket a kontroll minta mutatta. 2017-ben a K tartalom értéke csökkent, $1,25 \pm 0,07\%$ és $1,33 \pm 0,05\%$ közötti eredményt mutatott. Megállapítható, hogy a legalacsonyabb K tartalommal a 80 kg/ha nitrogén adaggal kezelt parcella mintái rendelkeztek, illetve a kontroll minta érte el a legmagasabb K tartalmat (36. táblázat). Szintén megállapítható, hogy a K elem koncentrációja is magasabb, mint a szakirodalomban szereplő érték, mely 0,30-0,50% között változik (Jones, 2003).

A 2016-os évben a Ca tartalom minden kezelésnél 0,05% volt. 2017-ben a Ca tartalom értékei szélesebb tartományban mozogtak, $0,05 \pm 0,00\%$ és $0,08 \pm 0,06\%$ között változott. A legnagyobb értéket a kontroll minta mutatta (37. táblázat).

A N és a Mg elemek szinergizmussal jellemezhetőek, azonban a vizsgált mintáknál nem volt egyértelmű növekedés a N kezelés hatására. A Mg koncentrációja a 2016-os évben magasabb volt, mint a 2017-es évben. A kontroll minta kiugróan magas, $0,53 \pm 0,05\%$ Mg tartalommal volt jellemezhető. Ezzel szemben a 80 kg/ha N adagú parcella mintái csupán $0,40 \pm 0,02\%$ -os értéket produkáltak. A 2017-es év kontroll mintájának Mg tartalma $0,31 \pm 0,01\%$ volt, mely a legnagyobb érték volt ebben a kísérleti évben. A 40 és 80 kg/ha N kezelés eredményezte a legalacsonyabb értéket, 0,28%-ot. Ezek az értékek jelentős csökkenést mutattak az előző év eredményeihez képest (37. táblázat). A szakirodalom a cirok Mg koncentrációja 0,10 és 0,20% között változhat, mely az általam vizsgált mintákban meghaladta ezt a tartományt, 0,28-0,53%.

A N és S elemek szinergisták, azonban a Zádor szemescirok műtrágyakezelései között nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2016-os vizsgálati évben alacsonyabb volt a S koncentrációja, mint a 2017-es évben. 2016-ban a minták értékei $0,58 \pm 0,02\%$ és $0,61 \pm 0,03\%$ között mozogtak. Továbbra is a 80 kg/ha N adagú parcella mintái mutatták a legalacsonyabb S tartalmat, a legmagasabb értékkel a kontroll volt jellemezhető. A 2017-es év kontroll mintája $0,75 \pm 0,03\%$ -os S tartalmat mutatott. A kontroll

mintánál magasabb értéket egy esetben mértem, a 160 kg/ha N adaggal kezelt mintánál. A legalacsonyabb kén tartalmat szintén a 80 kg/ha nitrogén kezelés mutatta (37. táblázat).

A **Na** tartalmat vizsgálva megállapítottam, hogy a minták Na koncentrációja alacsonyabb volt a 2016-os évben a 2017-es év eredményeivel szemben, mely a nagyon eltérő évjáráttal magyarázható. A kontroll minta $1,39 \pm 1,29$ mg/kg Na tartalommal volt jellemezhető, mely a legalacsonyabb érték volt, a legmagasabb értéket, $3,35 \pm 0,50$ mg/kg-ot a legmagasabb N adagnál kaptam. Ezzel ellentétben 2017-ben már a kontroll mutatta a legmagasabb értéket, $14,01 \pm 16,56$ mg/kg-ot, a 120 kg/ha N adaggal kezelt mintánál a legalacsonyabb Na tartalmat vizsgáltam, $5,52 \pm 1,95$ mg/kg-ot (37. táblázat).

37. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid liszt makroelem (%) és Na (mg/kg) tartalma

N, kg/ha		0	40	80	120	160	200	As ₂ D5%
N	2016	1,30±0,03	1,32±0,02	1,43±0,01	1,45±0,01	1,47±0,02	1,54±0,02	0,03***
	2017	1,43±0,06	-	1,46±0,00	1,46±0,02	1,47±0,03	1,50±0,03	0,05
P	2016	1,86±0,18	1,54±0,10	1,40±0,04	1,54±0,10	1,50±0,17	1,47±0,09	0,20**
	2017	0,94±0,01	-	0,85±0,09	0,87±0,06	0,87±0,03	0,88±0,05	0,08
K	2016	1,53±0,11	1,30±0,05	1,27±0,03	1,35±0,08	1,34±0,07	1,30±0,08	0,11**
	2017	1,33±0,05	-	1,25±0,07	1,25±0,06	1,28±0,03	1,25±0,04	0,08
Ca	2016	0,05±0,01	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,01	0,01
	2017	0,08±0,06	-	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,04
Mg	2016	0,53±0,05	0,43±0,05	0,40±0,02	0,45±0,04	0,44±0,03	0,43±0,03	0,06**
	2017	0,31±0,01	-	0,28±0,04	0,28±0,03	0,29±0,02	0,29±0,02	0,03
S	2016	0,61±0,03	0,60±0,03	0,58±0,02	0,61±0,01	0,60±0,02	0,60±0,02	0,03
	2017	0,75±0,03	-	0,72±0,01	0,73±0,02	0,76±0,01	0,73±0,02	0,03
Na	2016	1,39±1,29	2,82±1,28	2,64±1,08	2,79±0,45	2,58±0,88	3,35±0,50	1,54
	2017	14,01±16,56	-	9,85±3,14	5,52±1,95	8,63±3,64	12,95±8,47	11,75

A – műtrágyaadagok közötti hatás

A Zádor szemescirok minták statisztikai értékelése alapján három esetben szignifikáns különbség volt kimutatható a műtrágyaadagok között a 2016-os évben a P, K és Mg tápelemeknél.

A Zádor szemescirok hibrid mikroelem tartalmának változása a kezelések hatására

A kutatás során a Zádor szemescirok minták mikroelemei közül a **Cu**, **Zn**, **Fe** és **Mn** (mg/kg) tápelemeket vizsgáltam (38. táblázat).

A N és **Cu** elemeket szinergizmus jellemzi, mely kapcsolat a vizsgált mintáknál a 2016-os kísérleti évben mutatkozott meg, ugyanis a kezelések hatására kismértékű növekedés volt megállapítható, bár statisztikailag igazolt különbség nem volt kimutatható. A minták Cu tartalma a 2016-os évben alacsonyabb értékű volt. A kontroll minta $1,25 \pm 0,17$ mg/kg Cu koncentrációt tartalmazott. Egy kezelésnél mértem alacsonyabb értéket ($1,13 \pm 0,24$ mg/kg - 80 kg/ha N), míg a többi kezelésnél magasabb értékeket kaptam. A legnagyobb értéket a 120 kg/ha N műtrágyával kezelt mintánál tapasztaltam ($1,48 \pm 0,04$ mg/kg). A 2017-es vizsgálati évben már ismét a kontroll minta tartalmazta a legnagyobb értéket, mely $1,88 \pm 0,13$ mg/kg volt. A legalacsonyabb Cu koncentrációt a legnagyobb adaggal kezelt mintánál állapítottam meg, $1,69 \pm 0,13$ mg/kg-ot (38. táblázat). A vizsgált minták átlagosan alacsonyabb Cu tartalommal jellemezhetőek, mint a szakirodalomban megtalálható adatok alapján, melyek 5-15 mg/kg értékek között mozognak (Jones, 2003).

A 2016-os vizsgálati év kontroll mintájának **Zn** koncentrációja $7,87 \pm 0,76$ mg/kg volt. Ez az érték a magasabb volt, mint a kezelt minták Zn tartalma. A kezelések $6,54 \pm 0,24$ mg/kg (40 kg/ha N) és $7,23 \pm 0,70$ mg/kg (120 kg/ha N) közötti értékeket mutattak. 2017-ben a kontroll minta magasabb Zn tartalmat mutatott az előző évihez képest, $8,78 \pm 0,63$ mg/kg-ot. Ez az érték ebben az esetben is magasabbnak bizonyult a kezelt mintákhoz viszonyítva. A kezelt minták Zn tartalma $7,21 \pm 0,47$ mg/kg (120 kg/ha N) és $8,07 \pm 0,36$ mg/kg (160 kg/ha N) közötti értéket mutatott, mely magasabb volt az előző év kezelt mintáinak Zn tartalmainál (38. táblázat).

A N és **Fe** elemek antagonisták, mely kapcsolat a vizsgált minták eredményei alapján megállapítható, ugyanis a növekvő N kezelés hatására kismértékű Fe tartalom csökkenés volt megfigyelhető. Statisztikailag mindössze a 2017-es évben volt kimutatható szignifikáns különbség a kezelések hatására. A Fe koncentrációja a kontroll mintánál 2016-ban $13,70 \pm 1,86$ mg/kg értéket mutatott, mely egyben a legmagasabb érték volt a műtrágyával kezelt mintákhoz képest. A legalacsonyabb eredmény ismét a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt mintánál volt tapasztalható, $10,90 \pm 1,15$ mg/kg. A 2017-es év kontroll mintájának Fe tartalma $15,06 \pm 1,96$ mg/kg volt, mely ebben az évben a legmagasabb értéknek bizonyult. A legkisebb értéket a 120 kg/ha N kezelés eredményezte, $11,62 \pm 0,84$ mg/kg-ot (38. táblázat). A Fe koncentráció értékei átlagosan alacsonyabbak voltak a szakirodalomban szereplő adatoknál, mely 40-60 mg/kg közötti értéket jelent (Jones, 2003). Azonban az alacsonyabb értékek a héj eltávolításával hozhatóak összefüggésbe.

A N és a **Mn** elemek egymás antagonistái. A vizsgált minták a növekvő N kezelés hatására kismértékű Mn tartalom csökkenést mutattak, azonban statisztikailag igazoltan

nem volt kimutatható szignifikáns különbség a kezelések hatására. A 2016-os évben magasabbnak bizonyultak az értékek a 2017-es év eredményeihez képest. A 2016-os év kontroll mintája $5,92 \pm 1,22$ mg/kg Mn tartalmat eredményezett, mely a legmagasabb érték volt a kezelt mintákkal szemben. A kezelt minták értékei $4,38 \pm 0,28$ mg/kg (80 kg/ha N) és $5,03 \pm 0,83$ mg/kg (160 kg/ha N) közötti értékeket tartalmaztak. A 2017-es kísérleti év szemescirok mintája $3,87 \pm 0,27$ mg/kg Mn tartalommal volt jellemezhető, mely ebben az esetben is a legmagasabb értéknek mondható a kezelt mintákkal szemben. A legalacsonyabb koncentrációt a 80 kg/ha nitrogénnel kezelt minta mutatta, $3,46 \pm 0,37$ mg/kg-ot (38. táblázat).

38. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid mikroelem tartalma (mg/kg)

N, kg/ha		0	40	80	120	160	200	AszD5%
Cu	2016	1,25±0,17	1,26±0,21	1,13±0,24	1,48±0,04	1,37±0,26	1,44±0,09	0,3
	2017	1,88±0,13	-	1,73±0,12	1,71±0,09	1,76±0,09	1,69±0,13	0,2
Zn	2016	7,87±0,76	6,54±0,24	6,70±0,62	7,23±0,70	7,08±0,67	7,15±0,71	1,1
	2017	8,78±0,63	-	7,31±0,35	7,21±0,47	8,07±0,36	7,60±0,45	0,8**
Fe	2016	13,70±1,86	11,93±1,34	10,90±1,15	12,52±0,88	11,82±1,53	11,98±0,90	2,1
	2017	15,06±1,96	-	11,97±0,57	11,62±0,84	12,65±0,53	12,35±0,91	1,8**
Mn	2016	5,92±1,22	4,69±0,65	4,38±0,28	4,95±0,51	5,03±0,83	4,80±0,31	1,2
	2017	3,87±0,27	-	3,46±0,37	3,55±0,28	3,66±0,14	3,66±0,19	0,4

A – műtrágyaadagok közötti hatás

A Zádor szemescirok minták mikroelem tartalmát elemezve két esetben szignifikáns eltérés volt kimutatható a kezelések függvényében, a 2017-es minták Fe és Zn tartalmánál.

A Zádor szemescirok hibrid makro-és mikroelem tartalmának Parciális Eta Négyzetre vonatkozó statisztikai értékelése az 1. számú mellékletben található.

5.3 A kísérleti minták minőségi paraméterei közötti összefüggés-vizsgálat

Kutatásom során az eredmények birtokában lehetőség volt a tápanyagok és a tápelemek között összefüggés vizsgálat elvégzésére (39., 40., 41. táblázatok). Az elemzés során számos szinergista és antagonistá kapcsolat jelenléte megléte igazolódott.

A Maxi köles mintáknál negatív korreláció volt kimutatható a N és P elemek között, azok egymás antagonistái. Negatív korreláció volt kimutatható a P és Cu elemek között, ugyancsak egymás antagonistái. Pozitív korreláció volt kimutatható a N és S, a N és Cu, a S és Cu, a S és Zn, a P és Cu, valamint a Fe és Cu elemek között, szinergista kapcsolatukat alátámasztva. A továbbiakban negatív korreláció volt kimutatható a N és Mg elemek között, annak ellenére, hogy szinergista elemek. A várttal ellentétben nem volt kimutatható pozitív korreláció a K és a keményítő kapcsolata között annak ellenére, hogy a K szerepet játszik a keményítő alakulásában (39. táblázat).

A Lovászpatai pirosmagvú köles minták összefüggés-vizsgálatát elemezve megállapítottam, hogy a N és P elemek között negatív korreláció volt kimutatható, ezen elemek antagonisták. Az eredmények alátámasztották a P és a S elemek szinergista kapcsolatát. Számos pozitív korreláció volt kimutatható a tápelemek között, így a K-S, K-Mn, K-Cu, Ca-Na, Ca-Fe, S-Mn, S-Cu, Na-Fe és Mn-Cu elemek között. Pozitív korreláció volt kimutatható a zsírtartalom és S elem, illetve a zsírtartalom és Cu elem között. A keményítő és K elem között ennél a köles fajtánál sem volt kimutatható pozitív kapcsolat (40. táblázat).

A Zádor szemescirok minták tápanyagok és tápelemek közötti összefüggés-vizsgálatát elemezve pozitív korreláció volt kimutatható a P és S, valamint a P és Mn elemek között, az adott elemek egymás szinergistái. A K-Mg, K-Mn és S-Cu elemek között pozitív korreláció volt kimutatható. Pozitív korreláció volt kimutatható a Ca-Na, Mg-Mn elemek között, míg a S és Mg között negatív korreláció volt megállapítható. Antagonista kapcsolatuk ellenére pozitív korrelációt állapítottam meg a Fe és Zn elemek között. A zsírtartalom számos kapcsolatot mutatott az elemekkel, pozitív korreláció volt kimutatható a zsírtartalom – S, Cu elemeknél, míg negatív korreláció volt megállapítható a zsírtartalom – P, Mg, Mn elemeknél. A K és a keményítő között a szemescirok mintáknál sem volt kimutatható pozitív kapcsolat (41. táblázat).

39. táblázat: A Maxi köles vizsgált paramétereinek és elemeinek elemzése a 2016-os és a 2017-es kísérleti évek átlagában

	Fehérje	Hamu	Keményítő	Zsír	Élelmi rost	Összes fe- nolos v.	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Mn	Fe	Cu	Zn
Fehérje	1																
Hamu	-0,079	1															
Keményítő	-0,197	0,263	1														
Zsír	-0,409**	-0,036	-0,1	1													
Élelmi rost	0,438**	-0,125	0,068	-0,135	1												
Összes fe- nolos v.	-0,252	-0,052	-0,048	0,490**	-0,092	1											
N	1,000**	-0,079	-0,197	-0,409**	0,438**	-0,252	1										
P	-0,853**	0,039	0,183	0,538**	-0,348*	0,457**	-0,853**	1									
K	-0,201	0,202	0,07	-0,121	-0,196	0,116	-0,201	0,378**	1								
Ca	-0,003	-0,008	-0,188	-0,058	-0,104	-0,108	-0,003	0,019	0,403**	1							
Mg	-0,766**	0,041	0,173	0,532**	-0,320*	0,509**	-0,766**	0,977**	0,500**	0,071	1						
S	0,856**	0,008	-0,212	-0,391**	0,304*	-0,268	0,856**	-0,725**	0,132	0,263	-0,592**	1					
Na	0,257	-0,029	-0,351*	-0,204	-0,015	-0,179	0,257	-0,252	0,296*	0,819**	-0,197	0,388**	1				
Mn	0,339*	0,17	-0,041	-0,426**	-0,044	-0,302*	0,339*	-0,392**	0,369**	0,524**	-0,320*	0,530**	0,494**	1			
Fe	0,359*	0,037	-0,193	-0,392**	-0,028	-0,426**	0,359*	-0,461**	0,198	0,638**	-0,425**	0,520**	0,561**	0,882**	1		
Cu	0,737**	0,13	-0,094	-0,552**	0,211	-0,435**	0,737**	-0,771**	0,157	0,377**	-0,680**	0,829**	0,491**	0,797**	0,773**	1	
Zn	0,756**	-0,024	-0,154	-0,339*	0,257	-0,22	0,756**	-0,659**	0,174	0,302*	-0,535**	0,847**	0,435**	0,320*	0,363*	0,756**	1

 pozitív korreláció
 negatív korreláció

40. táblázat: A Lovászpatonai pirosmagvú köles vizsgált paramétereinek és elemeinek elemzése a 2016-os és a 2017-es kísérleti évek
átlagában

	Fehérje	Hamu	Keményítő	Zsír	Élelmi rost	Összes fenolos v.	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Mn	Fe	Cu	Zn
Fehérje	1																
Hamu	-0,049	1															
Keményítő	-0,104	-0,014	1														
Zsír	0,666**	0,052	0,054	1													
Élelmi rost	0,538**	-0,243	-0,158	0,560**	1												
Összes fenolos v.	-0,201	-0,068	0,085	-0,177	-0,208	1											
N	1,000**	-0,049	-0,104	0,666**	0,538**	-0,201	1										
P	-0,768**	0,071	0,034	-0,670**	-0,620**	0,257	-0,768**	1									
K	0,332*	-0,091	0,262	0,689**	0,185	-0,021	0,332*	-0,286*	1								
Ca	0,159	-0,104	0,207	0,420**	0,195	-0,013	0,159	-0,267	0,527**	1							
Mg	-0,641**	0,026	0,116	-0,398**	-0,524**	0,222	-0,641**	0,892**	0,12	0,027	1						
S	0,628**	-0,123	0,17	0,769**	0,400**	-0,143	0,628**	-0,548**	0,877**	0,458**	-0,185	1					
Na	0,21	-0,115	0,222	0,538**	0,22	-0,043	0,21	-0,335*	0,683**	0,939**	0,000	0,583**	1				
Mn	0,246	-0,132	0,188	0,654**	0,207	0,009	0,246	-0,184	0,933**	0,490**	0,186	0,803**	0,635**	1			
Fe	0,185	-0,053	0,014	0,507**	0,191	-0,163	0,185	-0,203	0,674**	0,751**	0,132	0,626**	0,758**	0,723**	1		
Cu	0,267	-0,032	0,219	0,709**	0,194	-0,066	0,267	-0,277	0,941**	0,538**	0,102	0,817**	0,673**	0,951**	0,736**	1	
Zn	0,258	-0,063	0,154	0,325*	0,179	-0,214	0,258	-0,182	0,401**	0,212	-0,044	0,460**	0,145	0,396**	0,367*	0,440**	1

 pozitív korreláció
 negatív korreláció

41. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid vizsgált paramétereinek és elemeinek elemzése a 2016-os és a 2017-es kísérleti évek átlagában

	Fehérje	Hamu	Keményítő	Zsír	Élelmi rost	Összes fenolos v.	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Mn	Fe	Cu	Zn
Fehérje	1																
Hamu	-0,193	1															
Keményítő	-0,204	0,085	1														
Zsír	0,439**	-0,036	-0,420**	1													
Élelmi rost	-0,298*	0,176	0,034	-0,252	1												
Összes fenolos v.	0,287	-0,005	-0,115	0,474**	-0,003	1											
N	1,000**	-0,193	-0,204	0,439**	-0,298*	0,287	1										
P	-0,457**	-0,033	0,490**	-0,885**	0,191	-0,458**	-0,457**	1									
K	-0,468**	-0,183	0,293	-0,397**	0,166	-0,182	-0,468**	0,686**	1								
Ca	0,081	0,22	0,012	0,19	-0,016	0,107	0,081	-0,047	0,091	1							
Mg	-0,423**	-0,063	0,489**	-0,836**	0,187	-0,423**	-0,423**	0,984**	0,747**	-0,009	1						
S	0,268	-0,083	-0,415**	0,903**	-0,149	0,479**	0,268	-0,824**	-0,213	0,115	-0,752**	1					
Na	0,305*	0,174	-0,355*	0,577**	-0,047	0,237	0,305*	-0,526**	-0,223	0,728**	-0,484**	0,509**	1				
Mn	-0,390**	-0,15	0,385**	-0,712**	0,134	-0,370*	-0,390**	0,908**	0,817**	-0,023	0,918**	-0,583**	-0,433**	1			
Fe	-0,127	0,12	0,121	0,202	0,024	0,078	-0,127	0,078	0,533**	0,641**	0,16	0,346*	0,460**	0,282	1		
Cu	0,398**	-0,023	-0,295	0,778**	-0,221	0,444**	0,398**	-0,661**	-0,126	0,296	-0,575**	0,853**	0,570**	-0,399**	0,507**	1	
Zn	0,073	-0,12	-0,076	0,446**	0,000	0,25	0,073	-0,191	0,469**	0,404**	-0,104	0,598**	0,422**	0,074	0,816**	0,647**	1

 pozitív korreláció
 negatív korreláció

5.4 A kísérleti minták tápelem-arányainak elemzése

A kísérleti minták elemtartalmát ismerve meghatároztam a minták kezelésenkénti elemarányait (42, 43, 44. táblázatok). A 45. táblázatban a szakirodalomban megtalálható, a növény tápláltsági állapotát tükröző optimális tartományait tüntettem fel, összehasonlítva a vizsgált minták összesített elemarányaival. Mivel a szakirodalmi adatok a szemre vonatkoznak, a saját adataim a lisztre, ezért az eredmények mindössze egy közelítő összevetés alapjait adhatják, ennek ellenére azonban számos esetben közel a szemre érvényes optimális elemarányokkal jellemezhetőek a vizsgált minták.

A Maxi köles fajta kedvező P/Zn elemaránnal jellemezhető a 2016-os évben. A P/Fe aránya kedvezőnek bizonyult a 2017-es kísérleti évben. A P/Cu elemek aránya pedig mindkét kísérleti évben az optimális tartományon belüli értékeket mutatott (42. táblázat).

42. táblázat: A Maxi köles lisztminták tápelem-arányainak értékei

	N kg/ha	N/P	N/K	K/P	N/S	K/Ca	K/Mg	P/Zn	P/Fe	P/Mn	P/Cu	Mn/Zn
2016	0	1,3	2,3	0,6	1,7	11,5	2,3	100	144	501	810	0,2
	40	1,3	2,4	0,5	1,7	10,7	2,3	98	136	529	785	0,2
	80	1,5	2,7	0,6	1,8	10,2	2,3	92	138	509	1104	0,2
	120	1,7	3,0	0,5	1,8	11,2	2,3	85	132	558	711	0,2
	160	1,6	2,8	0,6	1,8	10,3	2,3	89	115	489	718	0,2
	200	1,8	3,3	0,5	2,0	9,3	2,2	80	120	504	640	0,2
2017	0	2,2	3,0	0,8	1,8	10,3	3,1	59	47	233	340	0,3
	40	2,3	3,0	0,8	1,8	7,9	3,1	49	37	246	312	0,2
	80	2,6	3,3	0,8	1,9	8,7	3,2	54	38	227	305	0,2
	120	2,6	3,4	0,8	1,9	10,3	3,2	59	39	219	305	0,3
	160	3,2	3,7	0,9	2,0	11,6	3,6	42	74	319	296	0,2
	200	3,1	3,6	0,9	1,9	12,6	3,3	42	72	306	307	0,1

A Lovászpatonai pirosmagvú köles fajta P/Zn aránya kedvezőnek bizonyult mindkét kísérleti évben. A P/Fe elemek aránya a 2017-es kísérleti évben mutatkozott az optimális tartományon belüli értéknek. A P/Cu aránya pedig ugyancsak mindkét kísérleti évben kedvező volt (43. táblázat).

43. táblázat: A Lovászpatonai pirosmagvú köles lisztminták tápelem-arányainak értékei

	N kg/ha	N/P	N/K	K/P	N/S	K/Ca	K/Mg	P/Zn	P/Fe	P/Mn	P/Cu	Mn/Zn
2016	0	1,4	2,8	0,5	1,8	13,4	2,1	82	107	654	635	0,1
	40	1,5	3,1	0,5	1,8	12,4	2,1	74	145	667	667	0,1
	80	1,6	3,1	0,5	1,9	12,4	2,1	76	136	565	656	0,1
	120	1,7	3,2	0,5	1,9	15,0	2,2	70	128	608	638	0,1
	160	1,7	3,2	0,5	1,9	12,4	2,2	72	131	629	623	0,1
	200	1,7	3,3	0,5	1,9	12,0	2,2	70	126	608	576	0,1
2017	0	1,8	2,2	0,8	1,6	7,1	3,0	60	55	339	314	0,2
	40	1,8	2,4	0,7	1,6	7,8	2,8	65	61	340	353	0,2
	80	1,9	2,6	0,8	1,8	16,2	3,0	65	71	335	349	0,2
	120	2,0	2,6	0,8	1,7	7,5	3,0	59	51	318	312	0,2
	160	2,5	3,1	0,8	1,9	5,7	3,4	49	52	384	355	0,1
	200	2,6	3,1	0,8	1,9	18,3	3,7	49	70	387	373	0,1

44. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid lisztminták tápelem-arányainak értékei

	N kg/ha	N/P	N/K	K/P	N/S	K/Ca	K/Mg	P/Zn	P/Fe	P/Mn	P/Cu	Mn/Zn
2016	0	0,7	0,8	0,8	2,1	30,6	2,9	236	135	313	1484	0,8
	40	0,9	1,0	0,8	2,2	26,0	3,0	235	129	328	1221	0,7
	80	1,0	1,1	0,9	2,5	25,4	3,1	209	129	320	1240	0,7
	120	0,9	1,2	0,9	2,4	27,0	3,0	213	123	310	1038	0,7
	160	1,0	1,1	0,9	2,5	26,8	3,0	212	127	299	1098	0,7
	200	1,0	1,2	0,9	2,6	26,0	3,0	206	123	307	1024	0,7
2017	0	1,5	1,1	1,4	1,9	16,6	4,3	107	62	242	498	0,4
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	1,7	1,2	1,5	2,0	25,0	4,5	117	71	247	494	0,5
	120	1,7	1,2	1,4	2,0	25,0	4,5	121	75	245	509	0,5
	160	1,7	1,1	1,5	1,9	25,6	4,4	108	69	239	497	0,5
	200	1,7	1,2	1,4	2,1	25,0	4,3	116	71	240	251	0,5

A Zádor szemescirok minták elemarányai a következő elemeknél volt az optimálisnak tartott tartományon belül, a N/K elemek aránya mindkét évben, a P/Zn és P/Fe a 2017-es kísérleti évben, míg a P/Cu mindkét kísérleti évben kedvezőnek bizonyult (44. táblázat).

A 45. táblázatban a szakirodalomban megtalálható, a termés szempontjából optimális elemarány tartományok és a minták vizsgálati eredményeiből számított elemarányok láthatóak.

45. táblázat: A termés szempontjából optimális és a vizsgált mintákban meghatározott elem-arányok

Elem-arány	Optimális érték	Maxi köles		Lovászpatonai pirosmagvú köles		Zádor szemescirok hibrid	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017
N/P	8-12	1,3-1,8	2,2-3,2	1,4-1,7	1,8-2,6	0,7-1,0	1,5-1,7
N/K	0,8-1,2	2,3-3,3	3,0-3,7	2,8-3,3	2,2-3,1	0,8-1,2	1,1-1,2
K/P	8-12	0,5-0,6	0,8-0,9	0,5-0,5	0,7-0,8	0,8-0,9	1,4-1,5
N/S	10-20	1,7-2,0	1,8-2,0	1,8-1,9	1,6-1,9	2,1-2,6	1,9-2,1
K/Ca	3-6	9,3-11,5	8,7-12,6	12-15	5,7-18,3	25,4-30,6	16,6-25,6
K/Mg	10-20	2,2-2,3	3,1-3,6	2,1-2,2	2,8-3,7	2,9-3,0	4,3-4,5
P/Zn	50-150	80-100	42-59	70-82	49-65	206-236	107-121
P/Fe	20-100	115-144	38-74	107-145	51-71	123-135	62-75
P/Mn	20-120	489-558	219-319	565-667	318-387	299-328	239-247
P/Cu	150-1500	640-1104	296-340	576-667	312-373	1024-1484	251-509
Mn/Zn	1-8	0,2-0,2	0,1-0,3	0,1-0,1	0,1-0,2	0,7-0,8	0,4-0,5

Forrás: Kádár és Ragályi, 2011; Kádár, 2013; Kádár és Ragályi, 2013; Kádár és Csathó, 2017.

Elemarányok a humán táplálkozás szempontjából

A kísérleti minták elemtartalmát ismerve meghatároztam a minták kezelésenkénti elemarányait, összehasonlítva a humán táplálkozás szempontjából kedvezőnek mondható elemarányokkal (46. 47, 48. táblázatok).

A Maxi köles fajta elemarányait elemezve megállapítható, hogy közel optimálisnak mondható a P:Mg aránya, az eredményekből azonban látható, hogy a P nagyobb koncentrációban van jelen a mintákban (mely az elemtartalom meghatározásánál is megállapítható volt), mint a szakirodalomban javasolt arány esetén. Az eredmények is alátámasztják, hogy a Ca koncentrációja alacsonynak tekinthető a vizsgált növényekben. Nagymértékű eltolódást a K:Na elemeknél állapítottam meg: a Na igen alacsony mennyiségben van jelen a mintákban. Ez az arány azonban előnyösnek bizonyul, hiszen Na-ból a legtöbb esetben nagyobb mennyiséget viszünk be szervezetünkbe a mindennapok során, mint a javasolt napi beviteli érték.

46. táblázat: A Maxi köles lisztminták egyes elemarányai

	N kg/ha	Ca:P	K:Na	Fe:Cu	P:Mg	Fe:Zn	Fe:Mn
2016	0	1:20	122:1	6:1	4:1	1:1	3:1
	40	1:20	154:1	6:1	4:1	1:1	4:1
	80	1:18	164:1	5:1	4:1	1:1	4:1
	120	1:20	174:1	5:1	4:1	1:2	4:1
	160	1:18	130:1	6:1	4:1	1:1	4:1
	200	1:17	150:1	5:1	4:1	1:2	4:1
2017	0	1:14	53:1	7:1	4:1	1:1	5:1
	40	1:10	26:1	8:1	4:1	1:1	7:1
	80	1:11	29:1	8:1	4:1	1:1	6:1
	120	1:13	102:1	8:1	4:1	2:1	6:1
	160	1:13	85:1	4:1	4:1	1:2	4:1
	200	1:15	67:1	4:1	4:1	1:2	4:1

A Lovászipatonai pirosmagvú köles minták elemarányait vizsgálva megállapítottam, hogy az optimálishoz leginkább közeli arányok a P:Mg és a Fe:Mn elemeknél figyelhető meg mindkét kísérleti évben. Az adott köles fajtánál meghatározott elemarányok is alátámasztják a Ca és Na alacsony, és a P magas koncentrációjának jelenlétét (47. táblázat).

47. táblázat: A Lovászipatonai pirosmagvú köles lisztminták egyes elemarányai

	N kg/ha	Ca:P	K:Na	Fe:Cu	P:Mg	Fe:Zn	Fe:Mn
2016	0	1:26	163:1	6:1	4:1	1:1	6:1
	40	1:22	132:1	5:1	4:1	1:2	5:1
	80	1:25	143:1	5:1	4:1	1:2	5:1
	120	1:29	214:1	5:1	4:1	1:2	5:1
	160	1:24	491:1	5:1	4:1	1:2	5:1
	200	1:23	459:1	5:1	4:1	1:2	5:1
2017	0	1:9	29:1	6:1	4:1	1:1	6:1
	40	1:10	40:1	6:1	4:1	1:1	6:1
	80	1:22	52:1	5:1	4:1	1:1	5:1
	120	1:10	40:1	6:1	4:1	1:1	6:1
	160	1:7	30:1	7:1	4:1	1:1	7:1
	200	1:22	121:1	5:1	4:1	1:1	6:1

A Zádor szemescirok elemarányait vizsgálva megállapítható, hogy a Fe:Cu és a P:Mg elemek aránya mindkét kísérleti évben jelentősen megközelíti az optimálisnak mondható értékeket. A K:Na arányokat vizsgálva jelentősebb eltolódás figyelhető meg, mint a köles minták esetében. A Ca:P arány is alátámasztja a cirok mintákban lévő alacsony Ca tartalmat (48. táblázat).

48. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid lisztminták egyes elemarányai

	N kg/ha	Ca:P	K:Na	Fe:Cu	P:Mg	Fe:Zn	Fe:Mn
2016	0	1:37	1098:1	11:1	4:1	2:1	2:1
	40	1:31	461:1	9:1	4:1	2:1	3:1
	80	1:28	480:1	10:1	4:1	2:1	2:1
	120	1:31	484:1	8:1	3:1	2:1	3:1
	160	1:30	519:1	9:1	3:1	2:1	2:1
	200	1:29	389:1	8:1	3:1	2:1	2:1
2017	0	1:12	95:1	8:1	3:1	2:1	4:1
	40	-	-	-	-	-	-
	80	1:17	126:1	7:1	3:1	2:1	3:1
	120	1:17	113:1	7:1	3:1	2:1	3:1
	160	1:17	149:1	7:1	3:1	2:1	3:1
	200	1:18	97:1	7:1	3:1	2:1	3:1

A 49. táblázatban a szakirodalmakban található, vagy szakirodalmi adatok alapján számított optimális elemarányok és a minták vizsgálati eredményeiből számított elemarányok láthatóak.

49. táblázat: A humán táplálkozás szempontjából optimális elemarány-értékek és a vizsgált minták elemarány-értékei

Elemarány	Optimális érték	Maxi köles		Lovászpatonai pirosmagvú köles		Zádor szemescirok hibrid	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017
Ca:P^a	1:1 (2:1)	1:17 – 1:20	1:10 – 1:15	1:22 – 1:29	1:7 – 1:22	1:29 – 1:37	1:12 – 1:18
K:Na^b	5:1	122:1 – 174:1	26:1 – 102:1	132:1 – 491:1	29:1 – 121:1	389:1 – 1098:1	95:1 – 149:1
Fe:Cu^c	12:1	5:1 – 6:1	4:1 – 8:1	5:1 – 6:1	5:1 – 7:1	8:1 – 11:1	7:1 – 8:1
P:Mg^d	2:1	4:1	4:1	4:1	4:1	3:1 – 4:1	3:1
Fe:Zn^d	5:1	1:1 – 1:2	1:1 – 1:2 – 2:1	1:1 – 1:2	1:1	2:1	2:1
Fe:Mn^d	7:1	3:1 – 4:1	4:1 – 7:1	5:1 – 6:1	5:1 – 7:1	2:1 – 3:1	3:1 – 4:1

Forrás: ^a- McDowell, 2003, ^b- Szentmihályi et al., 1998; Amon et al., 2014, ^c - Takács, 2001, ^d – számított értékek: Pais, 1999; Takács, 2001; McGuire és Beerman, 2013

6 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A két kísérleti év időjárása jelentősen eltérő volt, mely a fajták egyes minőségi és mennyiségi paramétereit egyaránt befolyásolta. Az elmúlt 50 év átlagos csapadékmennyiségével szemben a 2017-es kísérleti évben mind a cirok hibrid, mind pedig a 2 köles fajta tenyészidőszakát tekintve alacsonyabb csapadékmennyiség volt megfigyelhető, amit a DE AKIT KKI által átadott terméseredményei is jól tükrözik számunkra, hiszen a vizsgált növények terméshozamai a 2016-os kísérleti évben magasabb eredményt mutattak a 2017-es vizsgálati évvel szemben.

Az ezerszemtömeg számításának eredményei alapján szintén visszajelzést kapunk az időjárási tényezőkről. Mindkét köles fajtánál azt tapasztaltam, hogy az értékek az első kísérleti évben magasabbak voltak, mint a következő vizsgálati év értékei. A köles fajtáknál mindkét évben fajtathatás érvényesült. A cirok hibridnél ugyancsak azt figyelhettem meg, hogy az első év magasabb ezerszemtömeg-értéket mutatott a második évhez képest. Az első vizsgálati évben szignifikáns különbség volt kimutatható a műtrágya kezelések között. A kontroll mintához képest az ezerszemtömeg értékeiben emelkedést figyeltem meg a 160 kg/ha nitrogén kezelésig.

A hamutartalomnál a 2016-os évben tapasztaltam szignifikáns különbséget a köles lisztmintáknál, mind a N műtrágya hatás, mind pedig a fajta és műtrágya hatás kombináció között. Ayub et al. (1999) vizsgálata során 0-0 kg/ha, 50-0 kg/ha, 100-0 kg/ha, 50-50 kg/ha, 100-50 kg/ha és 100-100 kg/ha NP kezeléseket alkalmaztak, melyek növekedést eredményeztek a minták hamutartalmának értékeiben. A legmagasabb kezelés eredményezte a legmagasabb hamutartalmat, a kontroll mintánál pedig a legalacsonyabb érték volt mérhető. Ezzel ellentétben a hamutartalom vizsgálata során ilyen változás nem volt tapasztalható. A legmagasabb kezelés egy esetben eredményezte a legmagasabb hamutartalmat (2016-os év Lovászpatonai köles minta), míg egy mintánál a kontroll jelentette a legnagyobb értéket (2016-os év Maxi köles minta). A következő év mintáinál a 80 kg/ha nitrogén kezelésig többnyire növekedés volt megfigyelhető, majd csökkenést mutattak a minták hamutartalom-értékei. A Zádor cirokmintáknál szintén nem tapasztaltam növekvő tendenciát a kezelések hatására.

Seres és Sárvári (2013, 2014), valamint Seres (2014b) mérései alapján az NPK kezelés a nitrogén 40 kg, 80 kg és 120 kg hektáronkénti mennyiségének alkalmazása növelte a fehérjetartalmat a kezeletlen mintához képest, azonban a 40 kg/ha-os és a 120 kg/ha-os nitrogén adag már csak azonos értékre emelkedést eredményezett. Vizsgálatom

során azt tapasztaltam, hogy a növekvő nitrogén műtrágyázás pozitívan befolyásolták a köles fajták fehérjetartalmát. Egy esetben (2017-es év Lovászpatai köles minta) azt figyeltem meg, hogy a 160 kg/ha és a 200 kg/ha nitrogén kezelés között nem volt nagymértékű változás, a legnagyobb adagú kezelés már nem emelte meg számottevően a minták fehérjetartalmát. A 2017-es kísérleti évben mindkét fajtánál átlagosan magasabb fehérjetartalom értékeit mértem. Szignifikáns különbség volt kimutatható a fajthatás, a műtrágya kezelések hatása között, valamint az első évben a fajta és műtrágya együttes hatása között is. A cirok vonatkozásában Tang et al. (2018) végeztek kísérletet két fajtát vizsgálva, miszerint a növekvő nitrogén adag függvényében - 0 kg/ha, 60 kg/ha, 120 kg/ha és 240 kg/ha nitrogén alkalmazásánál - a legmagasabb adag eredményezte a legnagyobb fehérjetartalmat, míg a kontroll minta volt a legalacsonyabb fehérjetartalommal rendelkező minta. Vizsgálatom során hasonlóan azt tapasztaltam, hogy a kontroll minta rendelkezett a legalacsonyabb fehérjetartalommal és a növekvő nitrogén kezelés növelte a cirok minták fehérje-értékét. A második kísérleti év eredményeit tekintve a 80 kg/ha és a 120 kg/ha nitrogén kezelés között nem volt különbség, a magasabb adag nem növelte ezt az értéket. Az első vizsgálati évben szignifikáns különbség volt kimutatható a dózishatás függvényében.

Egyes szakirodalmak szerint a nitrogén kezelés növeli a keményítőtartalmat (Siklósiné Rajki és Harmati, 2001), a vizsgálataim során azonban nem tapasztaltam szignifikáns különbséget a minták keményítőtartalmát illetően. A 2017-es kísérleti évben fajthatás érvényesült, azonban egyértelmű trend nem követhető a keményítőtartalom értékének változásában.

A keményítő-összetételt vizsgálva megállapítható, hogy a kapott értékek fajtára jellemzőek. A két köles fajta amilóz tartalma a legtöbb esetben 25% és 32% közötti érték volt, mely a szakirodalomban megtalálható 20%-tól 32%-ig terjedő határérték között mozog (Annor et al. 2017). A szemesciroknál átlagosan 22-25% közötti értékeket mértem, mely a ciroklisztnben mért 24-33%-os szakirodalmi adatokhoz viszonyítva (Yousif et al., 2012) kissé alacsonyabb érték. További szakirodalmat a waxy cirok vonatkozásában találtam, mely szerint a növekvő nitrogén adag kezdetben növelte, majd csökkentette az amilopektin arányát (Wang et al., 2017). Kísérletemben nem tapasztaltam hasonló változást, esetemben megfigyeltem, hogy a második évben betakarított minták kissé alacsonyabb amilóz tartalmat mutattak az első kísérleti év eredményeihez képest.

A sérült keményítő tartalom a jó vízfelvevő-képességének köszönhetően fontos paraméter a liszt minősége szempontjából (Allister et al., 2008). A sérült keményítőtartalom eredményeit vizsgálva a köles és a cirok mintáknál is azt tapasztaltam, hogy az első kísérleti évben minimális mértékben magasabb értékeket kaptam, mint a második évben.

A rezisztens keményítő tartalom egyre nagyobb figyelmet kap fiziológiás funkciójának köszönhetően. Ez a paraméter a keményítő szemcseméretének függvényében fajtára jellemző tulajdonság, valamint ugyancsak függ az őrlés folyamatától. Mindkét köles fajtánál magasabb rezisztens keményítő tartalmat mértem, mint ami a szakirodalomban található (Ragae et al., 2006; Arendt és Zannini, 2013). A szemesciroknál a szakirodalomban található mennyiségnek megfelelő rezisztens keményítő tartalmat mértem (Khan et al., 2013). A második évben magasabb volt ez az érték, mint az első kísérleti évben. Összességében megállapítható, hogy ezek az értékek stabilnak tekinthetők a változó tápanyag-ellátás mellett is.

A 2016-os év köles mintáinak zsírtartalmát vizsgálva azt tapasztaltam, hogy a fajták között, illetve a műtrágya kezelések között is szignifikáns különbség volt kimutatható. A 2017-es évben mindemellett a fajta és műtrágya hatás kombináció között is statisztikailag igazolható eltérés volt megfigyelhető. A Zádor szemescirok hibridnél a 2016-os kísérleti év során szignifikáns különbség volt kimutatható a műtrágya hatást illetően. Ayub et al. (2002) kísérletükben szintén különböző adagokkal kezelt cirok minták zsírtartalmát vizsgálták, miszerint a kezelések (0 kg/ha, 50 kg/ha, 100 kg/ha és 150 kg/ha nitrogén) pozitívan befolyásolták a zsírtartalom mennyiségét, mely folyamatos növekedést mutatott, kísérletükben a kezelések között szignifikáns különbség volt kimutatható a 2016-os évben. A minták zsírsavösszetételét vizsgálva azt állapítottam meg, hogy a 2016-os évben mind a telített, mind pedig a telítetlen zsírsavak aránya szűk határérték-tartományban mozgott. A zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya a kezelések hatására számottevően nem változott, így ezek fajtára jellemző tulajdonságok. A leginkább meghatározóbb zsírsavak mind a három növénynél a linolsav, az olajsav és a palmitinsav volt. Az esszenciális zsírsavak mennyisége átlagosan 47% és 67% közötti értéket mutatott az általam vizsgált mintáknál.

A köles fajták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmát vizsgálva a fajtahatás érvényesült mindkét vizsgálati évben. A Maxi köles fajta magasabb fenolos vegyület tartalommal rendelkezik a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajtával szemben. Mindemellett a 2017-es év alacsonyabb értékeket mutatott, melynek oka lehet az aszályosabb időjárás, de a hőmérséklet is befolyásolhatta ezt a paramétert. A szemescirok

mintáknál ez nem mondható el, ugyanis a második kísérleti év nem jelentett alacsonyabb fenolos vegyület tartalmat. A szemescirok hibrid jelentősen magasabb összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalommal rendelkezett, mint a vizsgált köles fajták.

Ayub et al. (1999) a rost tartalomra vizsgálták a 0-0 kg/ha, az 50-0 kg/ha, a 100-0 kg/ha, az 50-50 kg/ha, a 100-50 kg/ha és a 100-100 kg/ha NP kezelések hatását. Azt tapasztalták, hogy a kezelések statisztikailag igazoltan pozitívan befolyásolták a minták rost tartalmát. Kutatásomban a legtöbb esetben növekedést figyelhettem meg az élelmi rost tartalomnál a 160 kg/ha nitrogén kezelés alkalmazásáig. A köles fajtáknál műtrágya-hatás érvényesült, mely a cirok mintáknál már nem volt igazolható.

A szakirodalmi adatok alapján a nitrogén műtrágyázás hatására növekedik a köles szemben a N, S és Cu tartalom (Kádár, 2005). A makroelemeket vizsgálva a N koncentrációja a növekvő kezelések hatására, az elvárásoknak megfelelően növekvő tendenciát mutatott. A P tartalom a legtöbb esetben csökkenést mutatott a kezelések hatására, azaz érvényesült a N:P antagonizmus. A 2016-os évben a Maxi köles P tartalma a kezelések hatására folyamatos csökkenést eredményezett, kivételt képezett a 120 kg/ha nitrogén adag, ahol a legalacsonyabb érték volt mérhető. Ugyanezen év Lovászpatonai köles mintáinál a 120 kg/ha N kezelésig folyamatos csökkenés volt megfigyelhető. A fajták között és a műtrágyaadagok között szignifikáns különbség volt kimutatható. A 2017-es év mintáinál a Maxi köles csökkenést mutatott, ahol kivételt képezett a 120 és 200 kg/ha N kezelés, ahol kismértékű emelkedés volt megfigyelhető. A Lovászpatonai köles kontroll mintánál nagyobb értéket kaptam a 40 kg/ha nitrogén kezelés során, majd ismét folyamatos csökkenés volt megfigyelhető a P tartalmat illetően.

A N és K elemeket szinergizmus jellemzi, ennek ellenére a köles minták többségénél a K koncentráció kismértékű csökkenését tapasztaltam. Ismeretes, hogy a köles alacsony Ca tartalommal rendelkezik. Ezt az általam vizsgált minták eredményei is alátámasztották. A Maxi köles mintánál a Ca tartalom a 2016-os évben csökkenést mutatott a kezelések hatására a 120 kg/ha N adagú kezelésig. A 160 kg/ha N adag magasabb értéket eredményezett, mint a kontroll minta. A Lovászpatonai kölesnél a 40 kg/ha nitrogén kezelés magasabb Ca tartalmat eredményezett a kontroll mintánál, azonban a többi kezelés már csökkentette az adott elem koncentrációját. A fajták között, a műtrágyaadagok között és a fajta és műtrágyaadag kombinációk között szignifikáns különbség volt kimutatható. A 2017-es évben a Maxi köles kontroll mintájától három esetben mértem magasabb Ca koncentrációt, mely a 40, 80 és 120 kg/ha N kezelések voltak. A Lovászpatonai köles kontroll mintájától egy kezelésnél volt mérhető magasabb eredmény, a 160 kg/ha nitrogén

adagnál, a többi kezelés alacsonyabb Ca tartalmat eredményezett. A fajták között, a műtrágyaadagok között és a fajta és műtrágya kombináció között is szignifikáns különbség volt kimutatható.

A N és a Mg elemeket szinergizmus jellemzi, azonban a vizsgált mintáknál inkább koncentráció csökkenés mutatkozott a kezelések hatására. Szignifikáns különbség volt kimutatható a fajták között, valamint a műtrágyaadagok között. A 2017-es évben egy mintánál tapasztaltam magasabb értéket a kontroll mintákhoz képest, mely a 40 kg/ha nitrogén kezelés volt. A többi kezelésnél alacsonyabb értéket mértem. Mind a fajták között, mind a műtrágyaadagok között, mind pedig a fajta és műtrágyaadag kombinációk között szignifikáns különbséget állapítottam meg.

A S tápelemnél a legtöbb kezelésnél koncentráció növekedés volt megállapítható a növekvő N adagok hatására, mely a N-S elemek szinergista kapcsolatát támasztja alá. A 2016-os kísérleti évben mindkét fajtánál a 160 kg/ha nitrogén kezelés eredményezte a legmagasabb értéket. Szignifikáns különbség volt kimutatható mind a fajták között, mind pedig a műtrágyaadagok között. A 2017-es évben a Maxi köles kontroll mintája rendelkezett a legalacsonyabb S tartalommal, a kezelések minden esetben növelték a minták S koncentrációját, a 200 kg/ha N eredményezte a legmagasabb értéket. A Lovászpatonai köles estében három kezelés (40, 120 és 160 kg/ha N) eredményezett magasabb S tartalmat a kontroll mintával szemben. Szignifikáns különbség volt kimutatható a fajták között és a műtrágya adagok, valamint a fajta és műtrágya kombináció között.

A Na elem koncentrációja a leginkább csökkenő tendenciát mutatott. A Na tartalom vizsgálat során csupán a 2016-os vizsgálati évben figyelhettem meg szignifikáns különbségeket a fajták, a kezelések, a fajta és kezelés kombináció között. A Maxi köles Na tartalma csökkenést mutatott a 120 kg/ha nitrogén adagú kezelésig, ezzel szemben a Lovászpatonai köles minták Na tartalma a 120 kg/ha N adagtól a 200 kg/ha N adagú kezelésig csökkenést mutattak, a 40 és 80 kg/ha nitrogén kezelés pedig magasabb értéket eredményezett a kezeletlen mintához képest.

Kádár (2005) kísérlete alapján a nitrogén kezelés emeli a Cu tartalmat. Kísérletben a Maxi kölesnél mértem növekvő Cu tartalmat nitrogén kezelés hatására. Ez a 2016-os évben a következőképpen alakult: a 40 kg/ha N kezelésnél azonos Cu tartalom volt mérhető, mint a kezeletlen mintánál, a 160 és 200 kg/ha nitrogén azonban már emelkedést jelentett. A 2017-es év Maxi minták Cu tartalmát a 160 kg/ha N adag alkalmazásáig növelték a kezelések, a legnagyobb kezelésnél a kontroll mintával egyező Cu tartal-

mat mértem. A Lovászpatonai köles mintákat vizsgálva, mindkét évben a kontroll mintánál mértem a legnagyobb Cu tartalmat, a kezelések ennél a köles fajtánál nem növelték ezen elem koncentrációját.

A Fe tartalom vizsgálatai szerint a 2016-os évben fajtahatás érvényesült, valamint a Lovászpatonai köles mintáknál magasabb volt a Fe koncentrációja. Ezzel ellentétben a 2017-es évben a műtrágya adagok között, a fajta és műtrágya kombináció között volt kimutatható szignifikáns különbség. A Maxi kölesnél három kezelés növelte a Fe tartalmat (40, 80 és 120 kg/ha N), a Lovászpatonai kölesnél mindössze a 120 kg/ha nitrogén kezelés jelentett emelkedést. A Zn tápelemnél a 2016-os évben szintén fajtahatás érvényesült. A Lovászpatonai köles mintánál ismét magasabb eredményeket mértem. A 2017-es kísérleti évben minden vizsgált esetben szignifikáns különbség volt kimutatható. A kezelés a legtöbb mintánál növelte a Zn tartalmat. A 2016-os évben a Mn tartalom a kezelés hatására mindkét fajtánál alacsonyabb értéket mutatott. Ezzel szemben a 2017-es év mintái már több esetben is magasabb Mn tartalmat jelentett a kezelések hatására. A műtrágya adagok között mindkét évben szignifikáns különbség volt kimutatható.

A Zádor szemescirok makroelem tartalmát vizsgálva megállapítottam, hogy a N koncentráció a kezelések hatására az elvárásoknak megfelelően növekvő tendenciát mutatott. A minták P koncentrációja a N:P antagonizmus révén csökkenő koncentrációt mutatott. A 2016-os évben magasabb P tartalmat mértem a mintáknál, mint a 2017-es évben, azonban mindkét évet tekintve a kezelések csökkentették a P koncentrációját. Az első kísérleti évben szignifikáns különbség volt kimutatható a műtrágya kezelések között.

A N és K elemeket szinergizmus jellemzi, azonban a Zádor szemesciroknál, ahogy a köles mintáknál is, kismértékben a K koncentráció csökkenését állapítottam meg. A 2016-os vizsgálati év átlagosan magasabb K tartalmat eredményezett, azonban itt is elmondható, hogy a kezelések hatására csökkentek az értékek, valamint szintén az első évben volt kimutatható szignifikáns különbség a műtrágya adagok között. A N és a Mg elemek szinergizmussal jellemezhetőek, azonban a vizsgált mintáknál nem volt egyértelmű növekedés a N kezelés hatására. A 2016-os évben mért Mg koncentráció magasabb volt, mint a 2017-es évben mért eredmények. A kontroll minta tartalmazta a legmagasabb Mg koncentrációt mindkét évben. Kimutatható szignifikáns különbség ugyancsak a 2016-os kísérleti évben volt megállapítható. A N és S elemek szinergisták, azonban a Zádor szemescirok műtrágyakezelései között nem volt kimutatható szignifikáns különbség.

A N és Cu elemeket szinergizmus jellemzi, mely kapcsolat a vizsgált minták 2016-os kísérleti évében mutatkozott meg. A N és Fe elemek antagonisták, mely kapcsolat a vizsgált minták eredményei alapján megállapítható, ugyanis a növekvő N kezelés hatására kismértékű Fe tartalom csökkenés volt megfigyelhető. Statisztikailag igazoltan mindössze a 2017-es évben volt kimutatható szignifikáns különbség a kezelések hatására. A N és a Mn elemek egymás antagonistái, a vizsgált minták a növekvő N kezelés hatására kismértékű Mn tartalom csökkenést mutattak, azonban statisztikailag igazoltan nem volt kimutatható szignifikáns különbség a kezelések hatására.

Az összefüggés-vizsgálatok számos esetben alátámasztották a tápanyagok és a tápelemek közötti szinergista és antagonista kapcsolatának jelenlétét. Így például a keményítő-K, N-K, N-S pozitív korrelációt mutattak, míg a N-P, P-Fe, P-Cu, Mg-Na negatív korrelációt mutattak.

Több esetben a növényi termés tápláltsági állapotát tükröző optimális elemarányok mutatkoztak a vizsgált növényeknél. A N:K (szemescirok), a P:Zn, a P:Fe és a P:Cu (termesztett köles és szemescirok) aránya is megfelelőnek tekinthető.

Számos kísérleti minta a humán táplálkozási célnak megfelelő optimális elemaránnyal jellemezhető. A szemesciroknál a Fe:Cu és a P:Mg, míg a köleseknél a Fe:Mn elemek arányai bizonyultak kedvezőnek. Nagymértékű eltolódást a K:Na elemeknél állapítottam meg, miszerint a Na igen alacsony mennyiségben van jelen a mintákban. Ez az érték azonban előnyösnek bizonyul, hiszen Na-ból a legtöbb esetben nagyobb mennyiséget viszünk be szervezetünkbe a mindennapok során a javasolt napi beviteli értékhez képest.

7 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált termesztett köles fajták és szemescirok hibrid értékét fehérjetartalmuk nagymértékben meghatározza és ez a tápanyag-utánpótlással növelhető. A 40-160 kg/ha N kezelések a vizsgált növények fehérje koncentrációjának emelkedését produkálták, a 200 kg/ha N adag azonban nem eredményezett nagymértékű fehérje-növekedést a vizsgált mintáknál. Az általunk vizsgált termesztési feltételek mellett a 6273:2017 Magyar Szabvány követelményeinek csak akkor tudunk eleget tenni a szemescirok hibrid esetében, ha 80 kg/ha N kezelésnél magasabb adagot alkalmazunk.
2. A keményítő-összetétel az általam vizsgált paraméterek hatására nem változott, így az eltérő termesztési körülmények között 22-31% amilóz tartalomra, 1,43-3,00% sérült keményítő mennyiségre, valamint 2,2-3,1 g/100 g rezisztens keményítő mennyiségre számíthatunk.
3. Megállapítottam, hogy a kezelések nem változtatták meg a zsírsavak egymáshoz viszonyított arányát, így ezek fajtára jellemző tulajdonságok. A zsírsavak legnagyobb hányadát a vizsgált cirok hibrid és köles fajtáknál a linolsav (45% - 67%), az olajsav (18% - 33%) és a palmitinsav (10% - 18%) alkotja.
4. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált termesztett köles lisztminták élelmi rost tartalma a 160 kg/ha nitrogén adag alkalmazásáig növekedést mutatott. A szemescirok lisztmintáknál egyértelmű változást nem tudtunk kimutatni.
5. A N műtrágya kezelések statisztikailag igazoltan nem befolyásolták a vizsgált lisztminták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalmát. A Lovászpatonai pirosmagvú köles tartalmazta a legalacsonyabb értéket, 16-18 mg GAE/100 g-ot, azt követte a Maxi köles, 18-23 mg GAE/100 g értékkel, míg a legmagasabb koncentrációban a Zádor szemescirok lisztminták tartalmazták az antioxidáns hatású vegyületet, 97-98 mg GAE/100 g-ot.
6. Megállapítottam, hogy az elemek koncentrációja az adott elemtől függően is változik nitrogén kezelés hatására, valamint, hogy a termesztett köles fajták elemtartalma intenzívebben változik nitrogén kezelés hatására, mint a vizsgált szemescirok hibridnél.

7. Vizsgálataim alapján a növényi termés szempontjából optimális elemarányok mutatkoztak a vizsgált növények N:K (szemescirok), P:Zn, P:Fe és P:Cu (termesztett köles és szemescirok) tápelem-arányainak tekintetében. A humán táplálkozási célnak megfelelő optimális elemarányt a szemesciroknál a Fe:Cu és a P:Mg, a köleseknél pedig a Fe:Mn arányainál állapítottam meg.

8 GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. Eredményeim alapján javaslom, hogy az egyre gyakoribb időjárási szélsőségek miatt nagyobb hangsúlyt kapjanak az alternatív gabonafélék mind a kutatás, mind pedig a termesztés szempontjából, ugyanis az általam vizsgált növények számos kedvező minőségi paraméterrel rendelkeznek, melyek bővebb megismerésére van szükség. Kevés olyan információ áll rendelkezésünkre, mely ezen paraméterek alakulását vizsgálja az agrotechnikai tényezők hatására.
2. A növénytermesztés szempontjából fontos a nitrogén gazdaságos és optimális kijuttatása, hiszen a fontos tápanyagok mennyiségét befolyásolja. A nitrogén trágyázás üzemi megvalósításával gazdaságossági és környezetvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni, hiszen eredményeimből látható, hogy a 200 kg/ha N adag a mintáknál nagymértékű fehérje-növekedést már nem eredményezett a vizsgált réti csernozjom típusú talajon. Az étkezési cirokra vonatkozó minőségi követelményeknek való megfeleléshez, a vizsgált termesztési körülmények mellett legalább 80 kg/ha N adag alkalmazása szükséges.
3. Az élelmi rost tartalom mennyisége igen fontos fiziológias funkcióját tekintve, a minták többségében ugyancsak a 160 kg/ha nitrogén kezelésig mutatott emelkedést. Ezt a paramétert tekintve szintén megállapítható, hogy a 200 kg/ha nitrogén adag alkalmazása már nem eredményez jelentős változást az élelmi rost tartalom értékeiben a vizsgált növényeknél, így célszerű, ha ezt a nagy adagot már nem alkalmazzuk, amennyiben célunk az élelmi rost tartalom növelése a nem teljes kiőrlésű liszt esetén is.
4. A gabonaőrlemények feldolgozástechnológiai értékelésénél kardinális szerepet kapnak a keményítő tulajdonságai. Megállapítottam, hogy a nitrogén műtrágyázás ezekre a tulajdonságokra nincs hatással, nem befolyásolja sem az amilóz mennyiségét, sem a sérült keményítő tartalmat és a rezisztens keményítő tartalomra sincs hatással. Hasonlóan a zsírsavösszetétel sem változik az agrotechnikai tényezők hatására.

ÖSSZEFOGLALÁS

A világon – és beleértve Magyarországot is – a szélsőséges időjárási viszonyok miatt egyre nagyobb figyelmet kapnak azok az alternatív gabonafélék, melyek kiváló szárazságtűrővel és igénytelenséggel jellemezhetők. Ilyen tulajdonsággal rendelkeznek többek között a termesztett köles vagy a szemescirok. Ezen gabonanövények minőségi és mennyiségi paramétereire vonatkozó adatok többnyire a termésátlagra és az elemfelvételre vonatkoznak, ezért tudományos munkám céljából több fontos minőségi paraméter meghatározását tűztem ki, valamint azok különböző mértékű tápanyag-ellátottság hatására bekövetkező változásainak vizsgálatát. Fontos volt, hogy a vizsgált növények a Debreceni Egyetem kutatóintézetében kerüljenek termesztésre. Így pontosan követhető a termesztéstechnológia, az éghajlati- és talajadottságok, a termésmennyiségek, valamint a betakarításkori jellemzők.

A vizsgált minták a Maxi és a Lovászpatonai pirosmagvú köles fajták, illetve a Zádor szemescirok hibrid lisztmintái voltak. A kísérlet a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (DE AKIT) Karcagi Kutatóintézetének tábláin került beállításra a 2016-os és a 2017-es évben. A két vizsgálati évben eltérő időjárási viszonyok voltak jellemzőek, így szerencsésen kihasználva ezt a tényt, végeztem el a tápanyag-összetételre vonatkozó méréseket, különböző nitrogén kezelés hatására. Az alkalmazott kezelések a 0 kg/ha (kontroll), 40 kg/ha, 80 kg/ha, 120 kg/ha, 160 kg/ha és 200 kg/ha nitrogén adagok voltak. Meghatároztam a minták ezerszemtömegét, nedvességtartalmát, hamutartalmát, fehérjetartalmát, keményítő tartalmát, nagy hangsúlyt fektetve a keményítő összetételre, melyhez az amilóz/amilopektin tartalom, a sérült keményítő, valamint a rezisztens keményítő mennyisége tartozik. További fontos tényező volt a zsírtartalom és zsírsavösszetétel, az élelmi rost tartalom, az összes fenolos antioxidáns hatású vegyületek mennyisége, valamint a makro- és mikroelem változásának meghatározása. Ezt követően kiértékeltem a műtrágya adagok hatását, a köles mintáknál a fajták közötti hatást, valamint a fajta és kezelés kombináció hatását, meghatároztam a hatásnagyságot. Elvégeztem a tápanyagok és tápelemek közötti összefüggés-vizsgálatokat. Megállapítottam a termés és a humán szempontból optimálisnak tartandó elemarányokat a vizsgált növényeknél.

A minták ezerszemtömegét tekintve magasabb értékeket kaptam a csapadékos, 2016-os kísérleti évben, az aszályos 2017-es évvel szemben, ahol ezek az értékek alacsonyabb eredményeket mutattak. A vizsgált növények termésátlagára - a szárazságtűrő-ké-

pességük ellenére - a legnagyobb befolyással az időjárási körülmények voltak, mely nyilvánul a Karcagi Kutatóintézet munkatársai által mért termésátlagokban. Megállapítható, hogy a 2016-os csapadékos év nagyobb terméshozamot eredményezett, mint a 2017-es aszályos év.

A 2016-os vizsgálati év során a növekvő nitrogén műtrágyázás pozitívan befolyásolta a köles fajták fehérjetartalmát. A Maxi köles fajta fehérjetartalma $9,72 \pm 0,15\%$ és $11,71 \pm 0,22\%$ között, szignifikáns növekedést mutatott, kivétel a 40 kg/ha nitrogén kezeléssel mintánál, ahol a kezeletlen mintánál alacsonyabb, $9,72 \pm 0,15\%$ -os fehérjetartalmat mértem. A Lovászpatonai pirosmagvú köles fajta fehérjetartalma szintén növekedést mutatott, a kontroll mintánál $11,69 \pm 0,78\%$ -ot mértem, míg a legmagasabb kezeléssel folyamatos növekedés volt megfigyelhető, $12,43 \pm 0,46\%$ -os értékig. Szignifikáns különbség volt kimutatható a fajtahatás, a műtrágya kezelések hatása között, valamint a fajta és műtrágya hatás kombináció között. A 2017-es kísérleti évben mindkét fajtánál átlagosan magasabb fehérjetartalom értékeket mértem. A köles mintáknál megállapítható, hogy nem minden kezelés eredményezett nagymértékű növekedést a fehérjetartalom értékeiben. A 2016-os év Zádor hibrid kontroll mintájának fehérjetartalma $8,09 \pm 0,16\%$, mely a nitrogén adagok hatására növekedést mutatott, a legnagyobb, $9,61 \pm 0,15\%$ -os értékig, mely során szignifikáns különbség volt kimutatható a dózishatás függvényében. A 2017-es évben a Zádor hibrid kontroll mintájához (átlagosan $8,91\%$) viszonyított kezelt minták szintén magasabb értékeket mutattak ($9,10\%$ és $9,34\%$ közötti határértékkel). A műtrágya adagok között azonban már nem volt kimutatható szignifikáns különbség.

A keményítő tartalom vizsgálatánál nem volt kimutatható különbség a kezelések hatására, valamint a keményítő-összetétel értékeinél sem volt megfigyelhető számottevő változás a kezelések hatására. Az amilóz/amilopektin arány, a rezisztens keményítő mennyisége, valamint a sérült keményítő mennyisége stabilnak tekinthető a változó termesztési körülmények ellenére is.

A 2016-os év köles mintáinak zsírtartalmát vizsgálva megállapítottam, hogy a fajták között, illetve a műtrágya kezelések között is szignifikáns különbség volt kimutatható. A 2017-es évben mindemellett a fajta és műtrágya hatás kombináció között is statisztikailag igazolható különbség volt kimutatható. A Zádor szemescirok hibridnél a 2016-os kísérleti év során kaptam szignifikáns különbséget a műtrágya hatást illetően.

A minták zsírsavösszetételét vizsgálva azt állapítottam meg, hogy a 2016-os évben mind a telített, mind pedig a telítetlen zsírsavak aránya szűk határérték-tartományban mozgott. A zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya a kezelések hatására számottevően

nem változott, így ezek fajtára jellemző tulajdonságok. A legnagyobb koncentrációban mind a három növénynél a linolsav, az olajsav és a palmitinsav volt jelen. Az esszenciális zsírsavak aránya átlagosan 47% és 67% közötti értéket mutatott a vizsgált mintáknál.

A minták élelmi rost tartalmát vizsgálva megállapítottam, hogy az adott paraméter a köles minták többségénél növekedést mutatott a 160 kg/ha nitrogén kezelésig. A 200 kg/ha nitrogén adag alkalmazása már nem jelentett különösebb változást.

Makroelemek közül meghatároztam a lisztminták nitrogén, foszfor, kálium, kalcium, magnézium, kén és nátrium tartalmát. Az elemtartalom változása fajtól és fajtától is függ, így például a köles mintáknál több elem növekedést mutatott a kezelések hatására, szemben a szemescirok mintákkal, valamint a vizsgált köles fajták között is több esetben tapasztaltam eltérő elemtartalom-változást. A legtöbb esetben a foszfor koncentrációja csökkenést mutatott a növekvő N kezelés hatására. A kén tartalom a legtöbb mintánál növekvő tendenciát mutatott a kezelések hatására.

Kutatásom során az eredmények birtokában lehetőség volt a tápanyagok és a tápelemek között összefüggés vizsgálatok elvégzésére. Az elemzés során számos szinergista és antagonista kapcsolat megléte igazolódott. A kísérleti minták elemtartalmát ismerve meghatározásra kerültek a minták kezelésenkénti elemarányai, mely alapján a vizsgált minták számos esetben közel a szemre érvényes optimális elemarányokkal voltak jellemezhetőek.

Napjainkban nagyobb hangsúlyt kapnak az alternatív gabonafélék, melyeknek mind a termesztők, mind a feldolgozók, mind pedig a fogyasztók számára más és más mennyiségi vagy minőségi paramétereknek kell megfelelniük. A termesztő szempontjából fontos a gazdaságos tápanyagutánpótlás és megfelelő agrotechnika megválasztása, a feldolgozó számára fontos azon paraméterek ismerete, amelyekre nagy hatással vannak a termesztéstechnológiai és időjárási tényezők, míg a fogyasztó számára kulcsfontosságú a táplálkozás-élettani szempontból kedvező vegyületek mennyisége. Ennek meghatározásához átfogó szemlélet és számos vizsgálat szükséges. Kutatásomat erre építve végeztem el és értékeltem ki, hogy eredményeimmel hozzájáruljak e komplex kérdés megválaszolásához.

SUMMARY

Nowadays, there is an increase in the interest for alternative grains worldwide and as well in Hungary because of the extreme weather conditions. The advantage of these crops are their excellent drought tolerance and resistance against unfavourable environment conditions. Sorghum and millet are characterized by these beneficial properties. The previous researches focused on the yield and mineral intake information of these cereals mostly, so the main aim of this scientific work was pointed to the evaluation of changes of different quality and parameters under different nutrient supply. For our research it was very important to know conditions of plant production, therefore the analysed samples were from an experiment was set up at the Karcag Research Institute of the University of Debrecen, Institute for Agricultural Research and Educational Farm in 2016 and 2017.

In the research two proso millet varieties, „Maxi” and „Lovászpataonai pirosmagvú” and sorghum hybrid „Zádor” were examined. Weather conditions were different in this two examined years, which was advantage for us because we could compare the changes of nutrient composition in two disparate years. The fertilizer used in the experiment was CAN and rates were the following: 0 (non-fertilized control), 40, 80, 120, 160 and 200 kg/ha. Thousand kernel weight, moisture content, ash content, protein content, starch content were determined and we laid a special emphasis on the evaluation of starch composition: the amylose/amylopectin ratio, starch damage and resistant starch content of samples. Moreover, fat content, fatty acid composition, total dietary fibre content, polyphenol content and mineral content of flour samples were also analysed. The effect of increasing N rates and the connection between the different varieties and the fertilizer doses were evaluated.

The thousands kernel weight of samples were higher in 2016, when the amount of precipitation was also higher than in 2017. The increasing N fertilizer rates increased the protein content of samples. The protein content of „Maxi” millet ranged between $9,72 \pm 0,15\%$ and $11,71 \pm 0,22\%$. In „Lovászpataonai pirosmagvú” millet the protein content increased from $11,69 \pm 0,78\%$ to $12,43 \pm 0,46\%$ in 2016. The protein content was generally higher for both variety in 2017. The protein content in control flour samples were the lowest in hybrid „Zádor”, which value was $8,09 \pm 0,16\%$. The highest value was in samples fertilized with N of 200 kg/ha in the first examined year. Protein content of samples treated with nitrogen fertilizer was higher (9,10% - 9,34%) compared to the control sample (8,91%).

The differences between the starch content, starch composition, starch damage and resistant starch content of flour samples did not reach a significant level. These parameters

could not be changed considerably due to fertilization in this case, therefore these properties will be stable under different conditions.

Significant differences were found in fat content of both millet varieties due to the influence of various nitrogen levels in both years. Also significant differences were found in fat content under the effect of fertilizer doses and fertilization-variety interaction in 2017. In the case of sorghum flour samples, differences were found in fat content in the first examined year only. It was found that increasing nitrogen doses did not result remarkable changes in the composition of fatty acids, their ratios did not change significantly. The linoleic acid (45% - 67%), oleic acid (18% - 33%) and palmitic acid (10% - 18%) were present in the highest amounts in all the samples. The values for the ratio of essential fatty acids were between 47% and 67%.

In the case of the evaluation of total dietary fibre content it was found that in most cases the nitrogen fertilizer up to 160 kg/ha dose increased this value and, in contrast, the highest dose did not increase further this parameter.

The nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium sulphur and sodium content of flour samples were determined from the macronutrients. The values of mineral components and their changes are highly depends on species and varieties. In more cases, millet flour samples showed increase in mineral content in comparison with sorghum flour samples. Moreover, different results were measured in the examined macronutrients in the case of different millet varieties as well. In most cases the phosphorus content decreased by the increase of N fertilizers. The sulphur content in flour samples were increased with the nitrogen doses in most cases.

My experiments gave opportunity to perform correlation analysis between nutrients and mineral elements too. Several synergist and antagonist connections were proved by this analysis. The knowledge of the element content of samples let me determine the element ratios by treatments. The analysed samples were characterized by the optimal element ratios typical to the whole grains in several cases.

Nowadays the alternative grains get more and more attention, they are important in cultivation, in processing and for consumption as well. First of all, it is very important to find the optimal nutrient supply doses, furthermore, it is also important to know their effects on the different quality parameters, at last very important for us to know the health beneficial effects and their concentrations in grains. For that further examinations are required to expand our knowledge in this field. My research was aimed to evaluate these parameters and dependencies and to give new data and results to answer the questions of farmers and consumers.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Abugri D. A. - Tiimob B. J. - Apalangya V. A. - Pritchett G. - Mcelhenney W. H.: 2013. Bioactive and nutritive compounds in *Sorghum bicolor* (Guinea corn) red leaves and their health implication. *Food Chemistry*. 138: 718-723.
2. Afify A. E.-M. Mr. - S. E.-Beltagi H. - A. E.-Salam S. M. - Omran A. A.: 2012. Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E, β -carotene and antioxidant activity during soaking of three white sorghum varieties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2 (3): 203-209.
3. Alka S. - Neelam Y. - Shruti S.: 2013. Evaluation of *in vitro* antioxidant profile of selected cereals. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 4 (3): 659 – 667.
4. Allister J. T. M. – Black C. K. – Brun O. L. – Algeldeh J. – Dubat A. – Panozzo J. F.: 2008. Starch damage content determination: Amperometric method vs enzymatic method. Proceedings of the 58th Australian Cereal Chemistry Conference, At Surfers Paradise, Queensland. 260-263.
5. Amon A. S. – Soro R. Y. – Assemam E. F. – Dué E. A. – Kouamé L. P.: 2014. Effect of boiling time on chemical composition and physico-functional properties of flours from taro (*Colocasia esculenta* cv *foué*) corm grown in Côte d'Ivoire. *Journal of Food Science and Technology*. 51 (5): 855-864.
6. Annor G. A. - Marccone M. - Correding M. - Bertoft E. - Seetharaman K.: 2015. Effects of the amount and type of fatty acids present in millets on their *in vitro* starch digestibility and expected glycemic index (eGI). *Journal of Cereal Science*. 64: 76-81.
7. Annor G. A. - Tyl C. - Marccone M. - Ragaei S. - Marti A.: 2017. Why do millets have slower starch and protein digestibility than other cereals? *Trend sin Food Sience & Technology*. 66: 73-83.
8. Antal J.: 1999. A szántóföldi növények trágyázása. [In: Fülek Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás. J. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 295-366.
9. Arendt E. K. - Zannini E.: 2013. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. Woodhead Publishing Limited. 283-350.
10. Awika J. M. – Rooney L. W.: 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*. 65: 1199-1221.
11. Awika J. M.: 2017. Sorghum: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. [In: Taylor J. R. N. - Awika J. M. (eds.) *Gluten-free Ancient Grains*.

- Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health-Promoting Foods for the 21st Century.]. WOODHEAD PUBLISHING, United Kingdom. 21-54.
12. Awika J. M. - Yang L. - Browning J. D. - Faraj A.: 2009. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potencial of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *Food Science and Technology*. 42 (6): 1041-1046.
 13. Ayub M. - Nadeem M. A. - Tanveer A. - Husnain A.: 2002. Effect of Different Levels of Nitrogen and Harvesting Times on the Growth, Yield and Quality of Sorghum Fodder. *Asian Journal of Plant Sciences*. 1. (4): 304-307.
 14. Ayub M. - Tanveer K. - Ali A. - Azam M.: 1999. Effect of Nitrogen and Phosphorus on the Fodder Yield and Yuality of Two Sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2 (1): 247-250.
 15. Ábrahám É. B.: 2010. CIROK (*SORGHUM* SPP.) [In: Gondola I. (szerk.) Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban.]. Nyíregyháza. 263-275.
 16. Ábrahám É. B.: 2019. Szemes cirok. Köles. [In: Pepó P. (szerk.) Integrált növénytermesztés 3. Alternatív növények.]. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 52-66.
 17. Ábrahám É. B. – Kuroli G. – Németh L. – Reisinger P. – Csathó P. – Árendás T. – Németh T. – fodor N.: 2012a. Egyéb takarmánynövények. Cirokfélék. (In: Radics L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan 3.). Agroinform Kiadó. Budapest, 151-166.
 18. Ábrahám É. B. - Őri N. - Szabó S. - Romhány L. - Blaskó L. - Zsigrai Gy.: 2012b. Quality of Grain of Different Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) Varieties. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*. 6. (2): 132-134.
 19. Ábrahám É. B. - Virágné Pintér G.: 2016. Takarmánycirkok, az alkalmazkodás bajnokai. *GK Híradó kutatás + marketing*. 30. (1): 9-11.
 20. Bagdi A.: 2008. Hántolt és hántolatlan köles táplálkozástan jellemzése és köles hozzáadásával készült tészta funkcionális tulajdonságainak vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest. 1-78.
 21. Bagdi A. - Balázs G. - Schmidt J. - Szatmári M. - Schoenlechner R. - Berghofer E. - Tömösközi S.: 2011. Protein characterization and nutrient composition of hungarian proso millet varieties and the effect of decortication. *Acta Alimentaria*. 40 (1): 128-141.

22. Badi S. - Pedersen B. - Monowar L. - Eggum B. O.: 1990. The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan. *Plant Foods for Human Nutrition*. 40: 5-19.
23. Balláné Kovács A.: 2019. A szántóföldi növények tápanyagellátása. [In: Pepó P. (szerk.) Integrált növénytermesztés 1. Általános növénytermesztési ismeretek.]. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 64-83.
24. Barabás Z. - Bánya L.: 1985. A CIROK ÉS A SZUDÁNIFŰ. *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH, *S. sudanense* (PIPER) STAPF. Akadémia Kiadó, Budapest. IX: 106-111.
25. Baricmo I. – Ouattara F. – Oshaug A.: 2004. Protein, carbohydrate and fibre in cereals from Mali – how to fit the results in a food composition table and database. *Journal of Food Composition and Analysis*. 17 (3-4): 291-300.
26. Bell J. M. - Schwartz R. - McInnes K. J. - Howell T. – Morgan C.L.S.: 2018. Deficit irrigation effects on yield and yield components of grain sorghum. *Agricultural Water Management*. 203: 289-296.
27. Berényi J.: 2013. Növénytermesztés a fenntartható tanyai gazdálkodási modell szolgálatában. Mezőgazdasági Kutatóintézet, Újvidék. 263.
28. Berényi B. – Szabó L.: 2001. Növénytermesztés trópusokon-szubtrópusokon. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest, 38-44., 49-53.
29. Berghofer E. - Schoenlechner R.: 2009. Overview of Gluten-Free (Cereals and Other) Raw Materials and their Properties. [In: Arendt E. K. - Bello F. D. (eds.) The Science of Gluten-Free foods and Beverages. Proceedings of the First International Conference of Gluten-Free Cereal Products and Beverages.]. AACC INTERNATIONAL. 61-68.
30. Berzsenyi Z.: 2009. Tudományos Műhelyek. Növénytermesztési kutatások az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében. *Növénytermelés*. 58. (4): 111-117.
31. Berzsenyi, Z.: 2015. Növénytermesztési kísérletek tervezése és értékelése. Agroinform Kiadó. Budapest, 587.
32. Berzsenyi Z.: 2016. Növénytermesztési kísérletek tervezése és értékelése. Agroinform Kiadó. Budapest. 29-45., 442-467.
33. Blaskó L.: 2012. Alternatív növények fajtakínálata. Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutató Intézet. Kutató Intézet a Közép-Tisza mentén. 10. (https://portal.agr.unideb.hu/media/KKI_egyeb_fajtak_2012_16769.pdf 2019.01.13.)

34. Buxton D. R. – Anderson I. C. – Hallam A.: 1999. Performance of sweet and forage sorghum grown continuously, double-cropped with winter rye or rotation with soybean and maize. *Agronomy Journal*. 91: 93–101.
35. Cardoso L. M. - Monzini T. A. - Pinheiro S. S. - Pinheiro-Sant'ana H. M. - Martino H. S. D. - Moreira A. V. B.: 2014. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. *Food Chemistry*. 152: 210-217.
36. Chandi G. K. - Annor G. A.: 2016. Millet Minor: Overview. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*. 199-208.
37. Chandra D. - Chandra S. – Pallavi - Sharma A. K.: 2016. Review of Finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn): A power house of health benefiting nutrients. *Food Science and Human Wellness*. 5: 149-155.
38. Chandrashekar A. - Satyanarayana K. V.: 2006. Disease and pest resistance in grains of sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*. 44 (3): 287-304.
39. Chappán Gy. - Fazekas M.: 2004. *Cirokfajták és hibridek nemesítése szélsőséges éghajlati és talajadottságok mellett, minőségjavítás*. [In: Pepó P. - Sárvári M. (szerk.) *Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában*. Növénytermesztés.]. Mezőgazdaságtudomány. Agrárgazdasági modellek, Debrecen. 101-108.
40. Gharibzahedi S. M. T. – Jafari S. M: 2017. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effect and nanoencapsulation. *Trend sin Food Science & Technology*. 30-33.
41. Clendenning K. A. – Wright D. E.: 1945. Polarimetric determination of starch in cereal products: III. composition and specific rotatory power of starches in relation of source and type. *Canadian Journal of Research*. 23b (4): 131-138.
42. Cohen J. W: 1988. Statistical power analysis for the behavioural sciences (2nd edition). Academic Press, New York. 280-287.
43. Cruickshank A.: 2016. Sorghum Grain, Its Production and Uses: Overview. *Reference Module in Food Science*. 1: 153-158.
44. Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: 2003. Élelmiszer-kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 19-20., 67-68., 125-130.
45. Dalton T. J.: 2017. Global Supply of Ancient Grains in the 21 Century: Keya to Unlocking Their Full Potential. [In: Taylor J. R. N. - Awika J. M. (eds.) *Gluten-free Ancient Grains. Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health-Promoting Foods for the 21st Century*.]. WOODHEAD PUBLISHING, United Kingdom. 13-20.

46. Debreczeni B.: 1979. Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 243-352.
47. Dendy D. A. V.: 1995. Sorghum and Millets: Chemistry and Technology. AACCC, St. Paul, Minesota. 406.
48. Devisetti R. - Yadahally S. N. - Bhattacharya S.: 2014. Nutrients and antinutrients in foxtail and proso millet milled fractions: Evaluation of their flour functionality. *LWT – Food Science and Technology*. 59: 889-895.
49. Dias-Martins A. M. – Pessanha K. L. F. – Pacheco S. – Rodrigues J. A. S. – Carvalho C. W. P. C.: 2018. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. *Food Research International*. 109: 175-186.
50. Duda K. – Majerczak J. – Nieckarz Z. – Heymsfield S. B. – Zoladz J. A.: 2019. Human Body Composition and Muscle Mass. *Muscle and Exercise Physiology*. Elsevier. 3-26.
51. Dudchenko V. V. - Diachenko K. S.: 2012. Ekspertno-importni vidnosyny na rynku krupianykh kultur. *Ekonomika APK. Mizhnarodnyi naukovy- vyrobnychy zhurnal*. Kyiv. 10: 120-126. (Дудченко В. В. - Дяченко К. С.: 2012. Експертно-імпорتنі відносини на ринку круп'яних культур. *Економіка АПК. Міжнародний науково-виробничий журнал*. Київ. 10: 120-126.)
52. Duodu K. G. – Taylor J. R. N.: 2012. The quality of breads made with non-wheat flours. Woodhead Publishing Limited. 754-782.
53. Dykes L. – Rooney L. W.: 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*. 236-251.
54. Earp C. F. - McDonough C. M. - Awika J. - Rooney L. W.: 2004. Testa development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Cereal Science*. 39. (2): 303-311.
55. Epstein E.: 1965. Mineral metabolism. [In: Bonner J. - Varner J. E. (ed.) Plant Biochemistry.]. Academic Press, London and Orlando. 438-466.
56. Fan Z.: 2014. Structure, physicochemical properties, and uses of millet starch. *Food Research International*. 64: 200-211.
57. FAO.: 1995. Sorghum and Millets in Human Nutrition. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome. 184.

58. Fazekas M. - Kuroli G. - Németh L. - Reisinger P. - Árendás T. - Csathó P. - Németh T.: 2010. Köles. [In: Radics L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan 1.]. Agroinform Kiadó, Budapest. 653-658.
59. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO): 2018. FAOSTAT. (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>) (2018.03.24.)
60. Futó Z. – Sárvári M.: 2019. Az öntözés szerepe a kukorica agrotechnikájában. *Értéktálczó Aranykorona*. Országos Mezőgazdasági Szaklap, Nyíregyháza. XIX. (4.): 14-17.
61. Füleky Gy. – Sárdi K.: 2014. Tápanyag-gazdálkodás mezőgazdasági mérnököknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 79-92.
62. Gannon M. C. – Nuttall F. Q. – Saeed A. – Jordan K. – Hoover H.: 2003. An increase in dietary protein improves the blood glucose response in persons with type 2 diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 78 (4): 734-741.
63. Gibney M. J. – Lanham-New S. A. – Cassidy A. – Vorster H. H.: 2009. Introduction to Human Nutrition. Second Edition. Wiley-Blackwell. 188-237.
64. Gibson T. S. – Solah V. A. – McCleary.: 1997. A procedure to Measure Amylose in Cereal Starches and Flours with Concanavalin A. *Journal of Cereal Science*. 25: 111-119.
65. GK Tavaszi Fajtaajánlat: 2018. 29.
66. Gomashe S. S.: 2017. Proso Millet, *Panicum miliaceum* (L.): Genetic Improvement and Research Needs. [In: Patil J. V (ed.) Millet and Sorghum. Biology and Genetic Improvement.]. Wiley Blackwell/ John Wiley & Sons Ltd. 150-169.
67. Gondola I.: 2010. Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban. Debreceni Egyetem. Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza. 5-7. ISBN 978-963-473-386-7
68. Habiyaemye C. - Matanguihan J. B. - Guedes J. D'A. - Ganjyal G. M. - Whiteman M.R. - Kidwell K. K. - Murphy K. M.: 2017. Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. *Frontiers in Plant Science*. 7: 1-17.
69. Havlin J. L.: 2013. Fertility. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. Elsevier. 1-12.
70. Havlin J. L. – Tisdale S. L. – Nelson W. L. – Beaton J. D.: 2014. Soil Fertility and Fertilizers: an introduction to nutrient management. Eighth Edition. Pearson Inc., New Jersey, USA. 1-48., 117-450.

71. Henzsel I.: 2010. Az alternatív növények élelmezési jelentősége. [In: Gondola I. (szerk.) Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban.]. Debreceni Egyetem. Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza. 315-319.
72. Hoffmann B.: 2011. Növénygenetika. Az Agrármérnök MSc szak tananyagfejlesztése. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. 25-29.
73. Hulse J. H. - Laing E. M. - Pearson O. E.: 1980. Sorghum and the Millets: their Composition and Nutritive Value. ACADEMIC PRESS. 1-997.
74. Huzsvai L.: 2004. Biometriai módszerek az SPSS-ben. SPSS alkalmazások. Debreceni Egyetem. Debrecen. 87., 122.
75. Huzsvai L. – Vincze Sz.: 2012. SPSS-könyv. Seneca Books. Debrecen. 83., 155-157.
76. Hwang K. T. – Weller C. L. – Cuppett S. L. – Hanna M. A.: 2004. Changes in composition and thermal transition temperatures of grain sorghum wax during storage. Industrial Crops and Products. 19 (2): 125-132.
77. Isakov Ya. I.: 1982. *Sorgo*. 2-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe. "Rossel'hozizdat". Moskva. 3-31. (Исаков Я. И.: 1982. *Сорго*. 2-е издание, дополненное и переработанное. "Россельхозиздат". Москва. 3-31.)
78. Izsáki Z. - Németh T.: 2016. A silócirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) szárazanyagfelhalmozása és tápelem-felvétele. *Agrokémia és Talajtan*. 65 (1): 47-62.
79. Jaramillo Á. - Briones L. - Andrews M. - Arredondo M. - Olivares M. - Brito A. - Pizarro F.: 2015. Effect of phytic acid, tannic acid and pectin on fasting iron bioavailability both in the presence and absence of calcium. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 30: 112-117.
80. Jolánkai M.: 2005. Gabonafélék. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztés 1.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 284-297., 335-342., 343-348.
81. Jones J. B., Jr: 2003. Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils, and Their Fertility. Grain Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. CRC Press. 61-77.
82. Jones J. B., Jr: 2012. Plant Nutrition and Soil Fertility Manual. Second Edition. Plant Nutrition Principles. CRC Press. London. 15-31., 99-107.
83. Jóvér J., Seres E., Budai J., Czibalmos Á.: 2015. [In: Kozma G., Seregi J., Dávidházy G., Paszternák F., Barancsi Á., Gázsó T. (szerk.) Helyi termék-hagyomány, hálózat avagy fiatal kutatók vidéken.]. Különböző kölesfajták keményítőtartalmának értékelése. Gál Ferenc Főiskola, Mezőtúr, 30-34.
84. Józsa L: 1976. A takarmánycirok termesztése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 127.

85. Kajuna S. T. A. R.: 2001. MILLET: Post-harvest Operations. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1-49.
86. Kalinová J.: 2007. Nutritionally Important Components of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.). *Global Science Books*. 1 (1): 91-100.
87. Kalinová J. - Moundry J.: 2006. Content and quality of protein in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*. 61: 45-49.
88. Kaminska A. I.: 2011. Problemy formuvannia ta rozvytku rynku krupianykh kultur v Ukrainy. *Ekonomika APK. Mizhnarodnyi nauково-vyrobnychiy zhurnal*. Kyiv. 8: 42-47. (Камінська А. І.: 2011. Проблеми формування та розвитку ринку круп'яних культур. *Економіка АПК. Міжнародний науково-виробничий журнал*. Київ. 8: 42-47.)
89. Karasyuk I. M. - Zdorovczov A. I. - Gordienko V. P. - Eshhenko V. E. - Zinchenko A. I. - Ol'hovskaya A. K. - Belous V. I. - Burik A. F. - Belan I. A. - Gerkiyal A. M. - Gospodarenko G. N. - Gavrilyuk L. A. - Griczaenko Z. M. - Dmitruk B. P. - Dzyugan N. T. - Erin N. I. - Kaban P. I. - Kirilyuk V. P. - Koval's'kij E. P. - Kolar'kov Yu. V. - Koroteev A. V. - Luk'yanova E. N. - Merkushina A. S. - Mihtyuk V. D. - Marty'nyuk V. D. - Marchenko V. I. - Majdanyuk A. V. - Nedviga N. V. - Novak V. G. - Opalko V. I. - Opry'shko V. P. - Perebityuk A. S. - Ruban P. A. - Singur L. F. - Sigida V. P. - Tereshhenko Yu. F. - Shevchenko Zh. P. - Shemyakin M. V. - Homchak M. E.: 1991. Spravochnik po zernovy'm kul'turam. „Urozhaj” Kiev. 218-227.
90. Kayitesi E. - Kock H. L. - Minnaar A. - Duodu K. G.: 2012. Nutritional quality and antioxidant activity of marama-sorghum composite flours and porridges. *Food Chemistry*. 131 (3): 837-842.
91. Kádár I.: 1993. Környezet- és Természetvédelmi Kutatások. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. 7-38.
92. Kádár I.: 2005. A műtrágyázás hatása a kölesre (*Panicum miliaceum* L.) csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 54 (1-2): 77-92.
93. Kádár I.: 2006. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Ásványi elemfelvétel. 7. Gyepgazdálkodási Közlemények. 4: 107-118.
94. Kádár I.: 2008. Kölcsönhatások vizsgálata a növénytaplálási kutatásokban. [In: *Talajvédelem különszám*. Simon L. (szerk.)]. Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza. 265-274.

95. Kádár I.: 2009. Műtrágyázás hatása a kölesre (*Panicum miliaceum* L.) karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 58 (3): 27-38.
96. Kádár I.: 2013. A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984-2000. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest. 30., 45., 59., 177-192.
97. Kádár I.: 2016. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. 2. kiadás. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest, 1992. 11-22.
98. Kádár I. – Csathó P.: 2017. A főbb makro- és mikroelemek közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálata. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont. Martonvásár. 90-96.
99. Kádár I. – Ragályi P.: 2011. Műtrágyahatások vizsgálata 7. éves telepytett gyepon. *Növénytermelés*. 60 (4): 69-93.
100. Kádár I. – Ragályi P.: 2013. Műtrágyahatások vizsgálata nyolcéves telepített gyepon. *Agrokémia és Talajtan*. 62 (1): 115-132.
101. Khan I. - Yousif A. - Johnson S. K. - Gamlath S.: 2013. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International*. 54: 578-586.
102. Kim D. O. - Jeong S. W. - Lee C. Y.: 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*. 81 (3): 321-326.
103. Kirkby E.: 2012. Introduction, Definition and Classification of Nutrients. In: Marschner's Mineral Nutrients of Higher Plants. Third Edition. Elsevier Ltd. 3-5.
104. Kovács G. P. - Mikó P. - Nagy L. - Gyuricza Cs.: 2011. Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) beltartalmi paramétereire. *Növénytermelés*. 60 (1): 61-81.
105. Kvashchuk O. V.: 2008. Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannia krupianikh kultur. "Abetka" Kamianets-Podilskyi. 95-155. (Квашук О. В.: 2008. Сучасні інтенсивні технології вирощування круп'яних культур. "Абетка" Кам'янець-Подільський. 95-155.)
106. Koukoulakis P. – Chatzissavvidis C. – Papadopoulos A. – Pontikis D.: 2013. Interactions between leaf macronutrients, micronutrients and soil properties in pistachio (*Pistacia vera* L.) orchards. *Acta Botanica Croatica*. 72 (2): 295-310.
107. Kovács B. – Győri Z. – Prokisch J. – Loch J. – Daniel P.: 1996. A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry

- parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 27 (5-8): 1177-1198.
108. Lazányi J.: 2010. *Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében nemesített alternatív növények helyzete és jelentősége*. [In: Gondola I. (szerk.) *Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban*.], Debreceni Egyetem. Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza. 27-72.
 109. Láng I. - Csete L. - Jolánkai M.: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Szaktudás Kiadó, Budapest. 23-31., 76-81.
 110. Lásztity B.: 1995. A szemes cirok fejlődése és a makro elemtartalmak változása a tenyészidő folyamán N, P, K kísérletben. *Növénytermelés*. 44: 293-298.
 111. Lásztity B.: 2006. Az ásványi tápelemek felhalmozása gabonafélékben. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Műegyetem Kiadó. Budapest. 218-254.
 112. Lásztity R.: 1999. *Cereal Chemistry*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 260-261.
 113. Lengyel B.: 2014. *Cirok és köles fajták α -amiláz aktivitásának vizsgálata, gluténmentes sör készítése*. Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen. 1-43.
 114. Levine T. R. – Hullett C. R.: 2002. Eta Squared, Partial Eta Squared, and Misreporting of Effect Size in Communication Research. *Human Communication Research*. 28: 612-625.
 115. Léder I.: 2004. SORGHUM AND MILLETS, [In: Fülek Gy. (ed.) *Cultivated Plants, Primarily as Food Sources*.], *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, [<http://www.eolss.net>]
(<http://www.eolss.net/ebooks/sample%20chapters/c10/e5-02-01-04.pdf>)
 116. Léder F.-né: 2010. *Az alternatív növények élelmezési jelentősége*. [In: Gondola I.(szerk.) *Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban*.], Debreceni Egyetem. Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza. 107-130.
 117. Léder F.-né - Monda S.: 1987. A köles és a cirok élelmi célú felhasználási lehetősége. *Élelmezési Ipar*. 41: 98-102.
 118. Loch J. – Nosticzius Á.: 1983. *Alkalmazott kémia. Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazd Kiadó, Budapest. 192-193.
 119. Loch J. – Nosticzius Á.: 2004. *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 35-38., 63-67., 100-106., 175-186.

120. Lorenz K. – Dilsaver W.: 1980. Rheological properties and food applications of proso millet flours. *Cereal Chemistry*. 57: 21-24.
121. Magyar Élelmiszerkönyv 3-2-2008/1 sz. irányelv, 1. sz. melléklet. Élelmiszerek összes élelmi rosttartalmának a meghatározása enzimes-gravimetriás módszerrel II.
122. Malvi U. R.: 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 24 (1): 106-109.
123. Mann J. – Truswell A. S.: 2002. Essentials of Human Nutrition, Second Edition. Oxford University Press. 113-188.
124. Marschner H.: 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Nutritional Physiology. Academic Press, London. 3-5., 341-367.
125. Marta A. D. – Mancini M. – Orlando F. – Natali F. – Capecchi L. – Orlandini S.: 2014. Sweet sorghum for bioethanol production: Crop responses to different water stress levels. *Biomass and Bioenergy*. 64: 211-219.
126. Mayer Á.: 2004. Bifidobaktériumok izolálása, azonosítása, fiziológiai, biokémiai és funkcionális jellemzésük. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem. Doktori értekezés, Budapest. 1-138.
127. Mándi L. - Gocs L.: 2004. Homoki alternatív növények termesztéstechnológiájának fejlesztése. A köles. [In: Pepó P. - Sárvári M. (szerk.) Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában. Növénytermesztés]. Mezőgazdaságtudomány. Agrárgazdasági modellek, Debrecen. 109-119.
128. McCuiston K. C. – Selle P. H. – Liu S. Y. – Goodband R. D.: 2019. Sorghum as a Feed Grain for Animal Production. Sorghum and Millet. *Chemistry, Technology and Nutritional Attributes*. 355-391.
129. McDowell L. R.: 2003. Minerals in Animal and Human Nutrition. Second Edition. Elsevier. Gainesville, Florida. 1-32.
130. McGuire M. – Beerman K. A.: 2013. Nutritional Sciences: From Fundamentals to Food. Third Edition. WADSWORTH Cengage Learning.
131. Megazyme Resistant Starch: 2015. AOAC Method 2002.02. AACC Method 32-40.01. Codex Type II Method.
132. Megazyme Starch Damage: 2015. AACC Method 76-31.01. ICC Method No. 164.
133. Mehmood S. - Orhan I. - Ahsan Z. - Aslan S. - Gulfraz M.: 2008. Fatty acid composition of seed oil of different *Sorghum bicolor* varieties. *Food Chemistry*. 109: 855-859.

134. Mendlerné Drienyovszki N. – Lajtos Á. – Véghné Tóth B.: 2017. A Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság alternatív növényei. Karcagi Kutatóintézet. Nyíregyházi Kutatóintézet. Debrecen, 1-38.
135. Mengel K. - Kirkby E. A. - Kosegarten H. - Appel T.: 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers, India. 1-13.
136. MÉM NAK: 1987. Új Műtrágyázási Irányelvek, Budapest. 26-27.
137. Michielsen H. J. – Van der Steeg A. F. W. – Roukema J. A. – De Vries L.: 2007. Personality and fatigue in patients with benign or malignant breast disease. *Support Care Cancer*. 15: 1067-1073.
138. Mokrane H. - Amouria H. – Bensemra N. B. – Courtin C. M. – Delcour J. A. – Nadjemi B.: 2010. Assessment of Algerian sorghum protein quality [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using amino acid analysis and in vitro pepsin digestibility. *Food Chemistry*. 121: 719-723.
139. Morgan L.: 2000. Benefical elements for hydroponics: A new look at plant nutrition. *The Growing Edge*. 11 (3): 40-51.
140. Morrison, W. R. – Smith, L. M.: 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride – methanol. *Journal of Lipid Research*. 5. p. 600-608.
141. MSZ 19928:1986.: 1986. Zsírsvametilészterek előállítása gázkromatográfiás vizsgálatok céljára.
142. MSZ 6273:2017.: 2017. Cirok élelmezési célra.
143. MSZ 6340:1985.: 1985. Köles.
144. MSZ 6367-3:1983.: 1983. Magyar Szabványügyi Testület: Élelmezési, takarmányozási, ipari magvak és hántolt termények vizsgálata. Nedvességtartalom meghatározása.
145. MSZ 6369-15:1982.: 1982. Nyerszsír és avasság meghatározása.
146. MSZ 6830-18:1988.: 1988. Takarmányok táplálóértékének megállapítása. Keményítőtartalom meghatározása.
147. MSZ EN 1135:1995.: 1995. Gyümölcs- és zöldséglevék. Hamumeghatározás.
148. MSZ EN 12135:1999.: 1999. Gyümölcs- és zöldséglevék. A nitrogéntartalom meghatározása. Kjeldahl-módszer.
149. MSZ EN ISO 520:2011.: 2011. Gabonafélék és hüvelyesek. Az ezerszemtömeg meghatározása.

150. MSZ EN ISO 661:2006.: 2006. Állati és növényi zsírok és olajok. A vizsgálati minták előkészítése (ISO 661:2003).
151. MSZ ISO 5508:1992.:1992. A zsírsavösszetétel meghatározása gázkromatográfiás módszerrel.
152. Nagy L. - Ábrahám É. B.: 2010. Az alternatív növények élelmezési jelentősége. [In: Gondola I. (szerk.) Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban.]. Debreceni Egyetem. Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza. 247-252.
153. Nambiar V. S. - Sareen N. - Daniel M. - Gallego E. B.: 2012. Flavonoids and phenolic acids from pearl millet (*Pennisetum glaucum*) based foods and their functional implications. *Functional foods in Health and Disease*. 2 (7): 251-264.
154. Németh T.: 2009. A tápanyagellátás hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* L./Moench) tápelem-felvételére, szárazanyag-felhalmozására és termés hozamára. Debreceni Egyetem. Növénytudományi Intézet, Debrecen. 1-134.
155. Noha A. M. - Isam A. M. A. - Elfadil E. B.: 2011. Nutritional Evaluation of Sorghum Flour (*Sorghum bicolor* L. Moench) During Processing of Injera. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 51: 58-62.
156. O’Kennedy M. M. - Grootboom A. - Shewry P. R.: 2006. Harnessing sorghum and millet biotechnology for food and health. *Journal of Cereal Science*. 44 (3): 224-235.
157. Oliveira K. G. - Queiroz V. A. V. - Carlos L.A. - Cardoso L.M. - Pinheiro-Sant’ana H. M. - Anunciação P. C. - Menezes C. B. - Silva E. C. - Barros F.: 2017. Effect of the storage time and temperature on phenolic compounds of sorghum grain and flour. *Food Chemistry*. 216: 390-398.
158. Osuntogun B. A. – Adewusi S. A. – Ogundiwin J. O. – Nwasike C. C.: 1989. Effect of Cultivar, Steeping, and Malting on Tannin, Total Polyphenol, and Cyanide Content of Nigerian Sorghum. *American Association of Cereal Chemists*. 66 (2): 87-89.
159. Pais I.: 1999. A mikroelemek jelentősége az életben. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 9-38.
160. Paiva C. L. - Evangelista W. P. - Queiroz V. A. V. - Glória M. B. A.: 2015. Bioactive amines in sorghum: Method optimisation and influence of line, tannin and hydric stress. *Food Chemistry*. 173: 224-230.

161. Paiva C. L. - Queiroz V. A. V. - Simeon M. L. F. - Schaffert R. E. - Oliveira A. C. - Silva C. S.: 2017. Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. *Food Chemistry*. 214: 400-405.
162. Pepó P.: 2010. Növénynevelés. Kertészettudományi Intézet, Debrecen. 136-141.
163. Pepó P.: 2014. Az intenzív búzatermesztés agronómiai tényezői. *Agrofórum*. Fókuszban a kalászosok. 9: 12-18.
164. Pepó P.: 2019. A minőség szerepe a növénytermesztésben. [In: Pepó P. (szerk.) Integrált növénytermesztés 1. Általános növénytermesztési ismeretek.]. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 314-316.
165. Pepó P. - Tóth Sz. - Bódi Z. - Kovácsné Oskolás H. - Kovács A. - Erdei É. - Szabó E.: 2013. Növényi agrogenetika, nemesítés és biotechnológia. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. 78-83.
166. Pontieri P. – Giudice L. D.: 2016. Sorghum: A Novel and Healthy Food. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier Ltd. 33-42.
167. Pradeep P. M. - Sreerama Y. N.: 2015. Impact of processing on the phenolic profiles of small millets: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia. *Food Chemistry*. 169: 455-463.
168. Prjanisnyikov D. N.: 1945. Azot v zemledelii Sz.Sz.Sz.R. [In: Popularnaja Agrohimiya.] Izd. Nauka. Moszkva. 1965.
169. Radics L.: 2002. Alternatív növények termesztése II. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 15-26.
170. Radics L. - Pusztai P.: 2011. Alternatív növények korszerű termesztése. Köles (*Panicum miliaceum* L.) Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 176-185.
171. Ragasits I.: 1994. Gabonafélék. [In: Iványi K. - Kismányoky T. - Ragasits I. (szerk.) Növénytermesztés.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 97-193.
172. Ragaee S. - Abdel-Aal E.-S. M. - Noaman M.: 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*. 98: 32-38.
173. Ragasits I.: 1994. Gabonafélék. [In: Iványi K. - Kismányoky T. - Ragasits I. (szerk.) Növénytermesztés.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 97-193.
174. Rajki E. – Palágyi A.: 2018. Szemescirok tőszám kísérletek. *Agrofórum*. Gyomirtás, gabonatermesztés. 134-136.
175. Ravindran G.: 1992. Seed protein of millets: amino acid composition, proteinase inhibitors and *in-vitro* protein digestibility. *Food Chemistry*. 44: 13-17.

176. Ravindran G.: 1991. Studies on Millets: Proximate Composition, Mineral Compositon, and Phytate and Oxalate Contents. *Food Chemistry*. 39: 99-107.
177. Reddy C. A.: 2017. *Millets - The Miracle Grains*. [In: Patil J. V (ed.) *Millet and Sorghum. Biology and Genetic Improvement*.]. Wiley Blackwell. xxi-xxxvi.
178. Richardson J. T. E.: 2011. Eta squared and partial eta asuared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*. 6: 135-147.
179. Rietra R. P. J. J. – Heinen M. H. – Dimkpa C. O. – Bindraban P. S.: 2017. Effects of Nutrient Antagonism and Synergism on Yield and Fertilizer Use Efficiency. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 48 (16): 1895-1920.
180. Ronda V. – Aruna C. – Visarada K. B. R. S. – Bhat B. V.: 2019. Sorghum for Animal Feed. *Breedings Sorghum for Diverse End Uses. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 229-238.
181. Ruthrof K. X. – Steel E. – Misra S. – McComb J. – O’Hara G. – Hardy G. E.St.J. – Howieson J.: 2018. Transitioning from phosphate mining to agriculture: Responses to urea and slow release fertilizers for *Sorghum bicolor*. *Science of the Total Environment*. 625: 1-7.
182. Sajilata M. G. - Singhal R. S. - Kulkarni P. R.: 2006. Resistant Starch - A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5: 1-17.
183. Saleh A. S. M. - Zhang Q. - Chen J. - Shen Q.: 2013. Millet Grains: Nutritional Quality, Processing, and Potential Health Benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 12: 281-295.
184. Sántha A.: 1996. *Környezetgazdálkodás*. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 368.
185. Sárdi K.: 2011. Tápanyag-gazdálkodás. Az Agrármérnök MSc szak tananyagfejlesztése. 46-68.
186. Sárvári M.: 2011. Egyéb, alternatív gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. 52-67., 82-87.
187. Sárvári M.: 2019. Tápanyag-gazdálkodás. [In: Pepó P. (szerk.) *Integrált növénytermesztéstan 1. Általános növénytermesztési ismeretek*.]. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 249-262.
188. Schober T. J. – Bean S. R.: 2008. Sorghum and maize [In: Arendt E. K. – Bello F. D. (eds.) *Gluten-free cereal production and beverages*.]. *Food Science and Technology*. 101-118.

189. Shepel' N. A.: 1989. *Sorgo* - intensivnaya kul'tura. "Tavriya". Simferopol. 5-24., 36-39., 115-119. (Шепель Н. А. 1989. Сорго - интенсивная культура. "Таврия". Симферополь. 5-24., 36-39., 115-119.)
190. Shherbakov V. Ya.: 1983. *Zernovoe Sorgo*. "Vyshha Shkola". Kiev-Odesa. 3-23. (Щербakov В. Я. 1983. Зерновое Сорго. "Вища Школа". Киев-Одеса. 3-23.)
191. Seres E.: 2014a. A vetésidő, a tenyésztőterület és a tápanyag hatása a köles termésére és minőségi paramétereire. *Agrártudományi Közlemények*. 56: 105-109.
192. Seres E.: 2014b. Effect of agrotechnical factors on the yield and quality of millet. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*. 22: 41-46.
193. Seres E. – Sárvári M.: 2013. The importance of millet in alternative crop production. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*. 21: 183-190.
194. Seres E. - Sárvári M.: 2014. Some agrotechnical factors of millet (*Panicum miliaceum* L.) on yield quality. *Növénytermelés*. 63: 127-130.
195. Seres E. - Sárvári M.: 2015. A köles termesztéstechnológiájának fejlesztése eltérő ökológiai feltételek között. *Agrártudományi Közlemények*. 64: 63-67.
196. Shahidi F. – Ambigaipalan P.: 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*. 18: 820-897.
197. Shahidi F. – Chandrasekara A.: 2013. Millet grain phenolics and their role in disease risk reduction and health promotion: A review. *Journal of Functional Foods*. 5: 570-581.
198. Sharma S. - Saxena D.C. - Riar C. S.: 2016. Analysing the effect of germination on phenolics, dietary fibres, minerals and γ -amino butyric acid contents of barnyard millet (*Echinochloa frumentaceae*). *Food Bioscience*. 13: 60-68.
199. Siklósiné Rajki E. - Harmati I.: 2001. Szemescirok. [In: Radics L. (szerk.) *Alternatív növények termesztése I.*]. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 283-300.
200. Silvester K. R. – Englyst H. N. – Cummings J. H.: 1995. Ileal recovery of starch from whole diets containing resistant starch measures in vitro and fermentation of ileal effluent. *American Journal of Clinical Nutrition*. 62: 403-411.
201. Singh M. - Adedeji A. A.: 2017. Characterization of hydrothermal and acid modified proso millet starch. *LWT - Food Science and Technology*. 79: 21-26.

202. Srichuwong S. - Curti D. - Austin S. - King R. - Lamothe L.: 2017. Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chemistry*. 233: 1-10.
203. Stratil P. - Klejdus B. - Kubán V.: 2007. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta*. 71: 1741-1751.
204. Sváb J.: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1-557.
205. Szetmihályi K. – Kéry Á. – Then M. – Lakatos B. – Sándor Z. – Vinkler P.: 1998. Potassium-Sodium Ratio for the Characterization of Medicinal Plant Extracts with Diuretic Activity. *Phytotherapy Research*. 12: 163-166.
206. Takács S.: 2001. A nyomelemek nyomában. Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest. 17-50.
207. Tang C. - Yang X. - Chen X. - Ameen A. - Xie G.: 2018. sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. *Field crops Research*. 215: 12-22.
208. Taylor J. R. N.: 2016. Millet Pearl: Overview. [In: Wrigley C. – Corke H. – Seetharaman K. – Faubion J. (eds.) *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*.]. Elsevier. 1: 190-198.
209. Taylor J. R. N.: 2017. Millets: Their Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. [In: Taylor J. R. N. - Awika J. M. (eds.) *Gluten-free Ancient Grains. Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health-Promoting Foods for the 21st Century*.]. WOODHEAD PUBLISHING, United Kingdom. 55-103.
210. Taylor J. R. N. - Anyango J. O.: 2011. Sorghum Flour and Flour Products: Production, Nutritional Quality, and Fortification. [In: Watson R. R. – Preedy V. – Patel V. (eds.) *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*.]. Academic Press. 127-139.
211. Taylor J. R. N. - Belton P. S. - Beta T. - Duodu K. G.: 2014. Increasing the utilisation of sorghum, millets and pseudocereals: Developments in the science of their phenolic phytochemicals, biofortification and protein functionality. *Journal of Cereal Science*. 59 (3): 257-275.
212. Taylor J. R. N. - Duodu K. G.: 2010. Sorghum and millets: characteristics and quality requirements. [In: Wrigley C. W. - Batey I. L. (eds.) *Cereal Grains. Assessing*

- and managing quality.]. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 90: 237-263.
213. Taylor J. R. N. - Duodu K. G.: 2015. Effects of processing sorghum and millets on their phenolic phytochemicals and the implications of this to the health-enhancing properties of sorghum and millet food and beverage products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95: 225-237.
 214. Taylor J. R. N. - Duodu, K. G.: 2017. Sorghum and Millets: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. [In: Wrigley C. W. - Batey I. - Miskelly D. (eds.) *Cereal grains. Assessing and Managing Quality*]. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 317-351.
 215. Taylor J. R. N. - Kruger J.: 2016. Millets. [In: Caballero B. – Finglas P. M. – Toldrá F. (eds.) *Encyclopedia of Food and Health*.]. *Elsevier*. 748-757.
 216. Taylor J. R. N. - Schober T. J. - Bean S. R.: 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*. 44 (3): 252-271.
 217. Teixeira N. C. - Quiroz V. A. V. - Rocha M. C. - Amorim A. C. P. - Soares T. O. - Monteiro M. A. M. - Menezes C. B. - Schaffert R. E. - Garcia M. A. V. T. - Junqueria R. G.: 2016. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. *Food Chemistry*. 197 (A): 291-296.
 218. Topping D. L. - Clifton P. M.: 2001. Short-Chain Fatty Acids and Human Colonic Function: Roles of Resistant Starch and Nonstarch Polysaccharides. *Physiological Reviews*. 8 (3): 1031-1064.
 219. Udvardy L.: 2005. A Kertészeti Növénytan Növényismereti kompendiuma. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Növénytani Tanszék és Soroksári Botanikus Kert. Második, javított kiadás. Budapest. 88-91.
 220. Udvardy L.: 2008. A Kertészeti Növénytan növényismereti kompendiuma. A Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kara és Mezőgazda Kiadó közös kiadása. Harmadik, átdolgozott kiadás. Budapest. 45-49.
 221. Upadhyay R. - Jha A. - Singh S. P. - Kumar A. - Singh M.: 2015. Appropriate solvents for extracting total phenolics, flavonoids and ascorbic acid from different kinds of millets. *Association of Food Scientists & Technologists*. 52 (1): 472-478.
 222. UPOV International Union for the Protection of New Varieties of Plants: 2015. SORGHUM. Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. 23-24.

223. Varga T. – Kerezsi J. – Némethné Sóvágó J. – Vigh E.: 2013. Vegyipari benzin sűrűségének hőmérsékletfüggése a komponens-összetétel figyelembevételével. *Anyagmérnöki Tudományok*. 38 (1): 346.
224. Wall J. S. - Blessin C. W.: 1969. Composition & Structure of Sorghum Grains. *Cereal Science Today*. 14 (8): 264-271.
225. Wall J. S. - Blessin C. W.: 1970. Composition of Sorghum Plant and Grain. [In: Wall J. S. – Ross W. M. (eds.) *Sorghum production and utilization*.], 118-166.
226. Wang C. – Zhou L. – Zhang G. – Xu Y. – Zhang L. – Gao X. – Gao J. – Jiang N. – Shao M.: 2017. Optimal fertilization for high yield and good quality of waxy sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Field Crops Research*. 203: 1-7.
227. Watts D. L.: 1990. Nutrient Interrelationships: Mineral – Vitamins – Endocrines. *Journal of Orthomolecular Medicine*. 5 (1): 11-19.
228. Wong J. H. - Lau T. - Cai N. - Singh J. - Pedersen J. F. - Vensel W. H. - Hurkman W. J. - Wilson J. D. - Lemaux P. G. - Bauchana B. B.: 2009. Digestibility of protein and starch from sorghum (*Sorghum bicolor*) is linked to biochemical and structural features of grain endosperm. *Journal of Cereal Science*. 49 (1): 73–82.
229. Yousif A. - Nhepera D. - Johnson S.: 2012. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. *Food Chemistry*. 134: 880-887.
230. Zandonadi C. H. S. – Albuquerque C. J. B. – Freitas R. S. – Paula A. D. M. – Clemente M. A.: 2017. Agronomic characteristics and macronutrient export of grain sorghum hybrids from different sowing dates. *Ciência e Agrotechnologia*. 41 (1): 7-14.
231. Zhang W. – Liu X. – Wang Q. – Zhang H. – Li M. – Song B. – Zhao Z.: 2018. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 117: 467-472.
232. Zhang Y. – Han H. – Zhang D. – Li J. – Gong X. – Feng B. – Xue Z. – Yang P.: 2017. Effects of ridging and mulching combined practices on proso millet growth and yield in semi-arid regions of China. *Field Crops Research*. 213: 65-74.

MELLÉKLETEK

1. melléklet: A kísérleti minták elemtartalmának statisztikai kiértékelése, Parciális

Eta Négyzet értékek, η_p^2

			N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
2016	M	A ^a	0,84	0,63	0,04	0,76	0,27	0,86	0,47	0,86	0,89	0,63	0,37
		B ^b	0,65	0,64	0,69	0,44	0,54	0,28	0,67	0,35	0,10	0,04	0,39
	L	AxB ^c	0,33	0,02	0,24	0,27	0,06	0,19	0,61	0,12	0,11	0,14	0,24
2017	M	A ^a	0,38	0,85	0,90	0,25	0,73	0,75	0,09	0,69	0,45	0,01	0,06
		B ^b	0,88	0,68	0,47	0,27	0,54	0,30	0,19	0,70	0,33	0,61	0,80
	L	AxB ^c	0,24	0,28	0,32	0,30	0,37	0,35	0,21	0,52	0,33	0,36	0,14
2016	Z	A ^a	0,96	0,65	0,67	0,20	0,63	0,32	0,35	0,38	0,37	0,37	0,37
2017	Z	A ^a	0,41	0,34	0,40	0,27	0,25	0,38	0,21	0,35	0,68	0,66	0,29

^a – fajtahatás a kezelések függvényében

^b – műtrágyaadagok közötti hatás

^c – fajta x műtrágya hatás



**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/269/2019.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Jevcsák Szintia
Neptun kód: UD26AD
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10055122

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

1. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Termesztett köles és szemes cirok felhasználása, a termékek fizikai, kémiai és reológiai tulajdonságainak vizsgálata.
In: "Termőföldtől az asztalig" A Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak tudományos eredményei. Szerk.: Illés Árpád, Bodnár Karina Bianka, Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 17-22, 2018. ISBN: 9789634900092
2. **Jevcsák, S.**: Cirok és köles fajták beltartalmi paramétereinek vizsgálata.
In: Fiatal tudomány, tudományunk fiataljai a Kárpát-medencében. Szerk.: Bodó Barna, Szoták Szilvia, Balassi Int. Márton Á. Szakkollégium : Külgazdasági és Külügyminisztérium, Budapest, 487-510, 2017, (Határhelyzetek, ISSN 2064-3918 ; 9.) ISBN: 9786155389610

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

3. **Jevcsák, S.**: Alternatív gabonák alkalmazásának előnyei a termesztésben, a táplálkozásban és a betegségek kialakulásának megelőzésében.
Táplálkozástudományi Morzsák Hírlevél. 1 (4), 8-11, 2018. ISSN: 2630-8975.
4. **Jevcsák, S.**, Bíró, A., Gálné Remenyik, J., Lehoczki, G., Murányi, E., Jóvér, J., Diósi, G., Sipos, P.: Műtrágyakezelés hatása a szemes cirok lisztmintáinak zsírtartalmára és zsírsavösszetételére = Effect of fertilization on the fat content and fatty acid profile of sorghum flour samples.
Élelmvizsg. Közl. 64 (4), 2278-2335, 2018. ISSN: 0422-9576.
5. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Az agrotechnikai kezelések hatása a közönséges köles beltartalmi paramétereire.
Agrártud. Közl. 72, 65-69, 2017. ISSN: 1587-1282.
6. **Jevcsák, S.**, Murányi, E., Sipos, P.: Termesztett köles fajták tápanyagtartalmának vizsgálata.
Élelm. Tud. Technol. 71 (3), 13-17, 2017. ISSN: 2061-3954.
7. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: A cirok és a köles - mint alternatív gabonafélék - táplálkozás-élettani hatásai.
Agrártud. Közl. 69, 91-95, 2016. ISSN: 1587-1282.





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

8. **Jevcsák, S.**, Murányi, E., Stündl, L., Jóvér, J., Sipos, P.: Effect of different levels of nitrogen on the total polyphenol and total flavonoid content of sorghum and millet flours.
Acta Univ. Sapientiae. Alimentaria. 10, 107-115, 2017. EISSN: 2066-7744.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausal-2017-0007>
9. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Alternative grains in nutrition.
Acta Univ. Sapientiae. Alimentaria. 9 (1), 69-76, 2016. EISSN: 2066-7744.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausal-2016-0007>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

10. Murányi, E., Czibalmos, Á., Fazekas, M., **Jevcsák, S.**: A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) tápanyag-tartalmára.
In: Minőségi élelmiszerek : Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században. Szerk.: Tóth Csilla, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza, 387-392, 2018. ISBN: 9786155545900

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (4)

11. Murányi, E., Cseke, P., Fazekas, M., **Jevcsák, S.**: A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) tápanyagtartalmára.
In: Öshonos- és Tájfajták - Ökotermékek : Egészséges táplálkozás : Vidékfejlesztés Minőségi élelmiszerek : Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században. Szerk.: Irinyiné Oláh Katalin, Tóth Csilla, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza, 102, 2018. ISBN: 9786155545818
12. **Jevcsák, S.**, Pesti-Asbóth, G., Bíróné Molnár, P., Gálné Remenyik, J., Murányi, E., Sipos, P.: Egyes gabonafélék rezisztens keményítő tartalmának vizsgálata.
In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIII. Vándorgyűlése Program Füzet és az Előadások Összefoglalói. Szerk.: Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság elnöke, Budapest, 30, 2018. ISBN: 9786155606009
13. **Jevcsák, S.**, Diósi, G., Sipos, P.: Köles és cirok lisztből készült keksz receptúrák kidolgozása, alkalmazása és az elkészült termékek vizsgálata.
In: Táplálkozástudományi kutatások VIII. PhD konferencia program és előadás összefoglalók. Szerk.: Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 14, 2018. ISBN: 9786155606052
14. **Jevcsák, S.**: A cirok mint egyik lehetőségünk a gluténmentes táplálkozásban.
In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLII. Vándorgyűlés programkönyve. Szerk.: Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 34, 2017. ISBN: 9786155606045





Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

15. Diósi, G., Surányi, B., **Jevcsák, S.**, Máthé, E.: Rheological parameters of alternative cereal cookies.
In: 9th Central European Congress on Food (CEFood). Food Science for Well-being : Abstract book. Ed.: L. Gaceu, M. Mironescu, G. Mohan, Lucian Blaga University of Sibiu Press, Sibiu, 15, 2018. ISBN: 9786061215461
16. **Jevcsák, S.**, Pesti-Asbóth, G., Bíró Molnár, P., Gálné Remenyik, J., Murányi, E., Diósi, G., Sipos, P.: Total starch content and properties of two proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties.
In: 9th Central European Congress on Food (CEFood). Food Science for Well-being. Ed.: L. Gaceu, M. Mironescu, G. Mohan, Lucian Blaga University of Sibiu Press, Sibiu, 139, 2018. ISBN: 9786061215461
17. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Sorghum and millet as alternative grains and their utilization in gluten free product development.
In: 21. World Congress of Clinical Nutrition. Motto: Joining medicine, food and agriculture for healthier nutrition. Program and Abstract book. Ed.: I. Télessy, Convention Budapest Kft., Budapest, 114, 2017.
18. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Alternative grains in nutrition.
In: International Conference on Science and Technique Based on Applied and Fundamental Research (ICoSTAF'16): Book of Abstracts, Faculty of Engineering University of Szeged, Szeged, 27, 2016. ISBN: 9789633064825

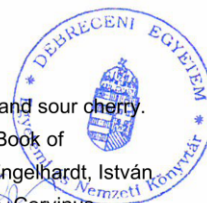
További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

19. **Jevcsák, S.**: A pohánka tápanyagtartalma és felhasználása.
In: Ifjúság, tudománypolitika, jövőkép: kilátások és kihívások a Kárpát-medencében. Szerk.: Bodó Barna, Szoták Szilvia, Külgazdasági és Külügyminisztérium, Budapest, 351-361, 2018, (Határhelyzetek, ISSN 2064-3918 ; 10.) ISBN: 9786155389696

Idegen nyelvű, hazai könyvrészletek (1)

20. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Research of chemical parameters of red currant, josta and sour cherry.
In: Food Science Conference 2015 - Integration of science in food chain : Book of proceedings : 18-19th November, 2015. Budapest, Hungary. Eds.: Tekla Engelhardt, István Dalmadi, László Baranyai, Csilla Mohácsi-Farkas, Faculty of Food Science, Corvinus University of Budapest, Budapest, 108-111, 2015. ISBN: 9789635036035





Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

21. **Jevcsák, S.**, Jevcsák, M.: A *Ribes rubrum* L., *Ribes nigrolaria* L. és *Prunus cerasus* L. egyes beltartalmi értékeinek változása különböző feldolgozási módszerek hatására.
Limes. 2, 223-227, 2015. ISSN: 2411-4081.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

22. Sipos, P., Diósi, G., **Jevcsák, S.**: Rheological Parameters of Cereals.
J. Food Physics. 28-29, 21-25, 2016. ISSN: 1416-3365.

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

23. Jevcsák, M., Höhn, M., Jámborné Benczúr, E., **Jevcsák, S.**, Komendár, V.: *Narcissus poeticus* ssp. *radiiflorus* area scientifically based protection and restitution in the Ukrainian Carpathians.
In: Bicentenary of vegetation cover studies of the Carpathians: Proceedings of International Scientific Conference devoted to the 130th anniversary since Antal Margiittai's birthday. Ed.: Komendár V., Orosz I., Andrik E, Karpáty, Uzhhorod, 72-75, 2010. ISBN: 9789666712618

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

24. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Pszeudocereáliák alkalmazása különleges minőségű dúsított sütemény termékcsoporthoz előállítására.
In: Táplálkozástudományi kutatások IX. PhD Konferencia programja és előadás összefoglalói. Szerk.: Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 14, 2019. ISBN: 9786155606083
25. Diósi, G., Nagy, V., **Jevcsák, S.**, Máthé, E.: Amerikai és európai zabkásák tejes és vizes alapú elkészítésének reológiai tulajdonságai.
In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIII. Vándorgyűlése Program Füzet és az Előadások Összefoglalói. Szerk.: Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Mezőkövesd, 24, 2018. ISBN: 97861556060609
26. **Jevcsák, S.**: A *Ribes rubrum* L., *Ribes nigrolaria* L. és *Prunus cerasus* L. egyes beltartalmi értékeinek vizsgálata.
In: XVI. Eötvös Konferencia. Program- és absztraktfüzet. Szerk.: Hermann Gábor, Pipicz Andrea, Szebek Huba, Szőke Máté, Tóth Károly, Eötvös József Collegium, Budapest, 58, 2015.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

27. **Jevcsák, S.**, Diósi, G., Sipos, P.: Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* (Moench)), amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* (Wild)) in bakery products.
In: 10th International Congress Flour-Bread '19. 12th Croatian Congress of Cereal Technologists Brašno-Kruh '19. Book of Abstracts. Ed.: Antun Jozinović, Sandra Budžaki, Ivica Strelec, Ante Lončarić, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Osijek, Croatia, 98, 2019, (ISSN 1848-2554)





28. **Jevcsák, S.**, Sipos, P.: Pseudocereals and their utilization in bakery product development.
In: 19th ICC Conference 2019 Science Meets Technology : Book of Abstracts. Ed.: Brennan
Charles, Schönlechner Regine, ICC - International Association for Cereal Science and
Technology, Vienna, 161-162, 2019.
29. Diósi, G., **Jevcsák, S.**, Kiss Gabriella,, Nagy, V., Máthé, E.: Research of rheological parameters
of marinated tofu.
In: FSD 2018 3rd Food Structure & Design Conference. Ed.: Z. Győri, University of
Debrecen, Debrecen, 42-43, 2018. ISBN: 9789634900245

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

Debrecen, 2019.06.19.



ÁBRAJEGYZÉK, TÁBLÁZATJEGYZÉK, MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

Ábrajegyzék:

1. ábra: A köles habitusának ábrázolása (Jolánkai, 2005)	15
2. ábra: A köles fejlődése (Kvashchuk, 2008; Marta et al, 2014; Upov, 2015).....	16
3. ábra: Az I és II típusú rezisztens keményítő szerkezete (Sajilata et al., 2006)	20
4. ábra: A szemescirok habitusának ábrázolása (Jolánkai, 2005)	25
5. ábra: A cirok fejlődése (Shepel', 1989; Jones, 2003; Marta et al., 2014; Upov, 2015)	27
6. ábra: Maxi köles fajta, Karcag (fotó: Jevcsák, 2017. Július 10.)	47
7. ábra: Lovászpatonai pirosmagvú köles, Karcag (fotó: Jevcsák, 2017. Július 10.)	48
8. ábra: Zádor szemescirokhibrid, Karcag (fotó: Jevcsák, 2017. Július 10.)	48
9. ábra: A vizsgált növények termésátlagai, a Karcagi Kutatóintézet adatai.....	50
10. ábra: A kísérleti parcellák	50
11. ábra: Maxi köles fajta kísérlet 2017. július 10-én és augusztus 02-án (fotó: Murányi és Jevcsák, 2017)	51
12. ábra: Lovászpatonai pirosmagvú köles 2017. Július 10-én és augusztus 02-án (fotó: Murányi és Jevcsák, 2017).....	51
13. ábra: Zádor szemescirok hibrid kísérlet 2017. Július 10-én és szeptember 14-én (fotó: Murányi és Jevcsák, 2017).....	51
14. ábra: Az amilózt és a teljes keményítőt tartalmazó mintacsövek 40 °C-os inkubálás után (fotó: Jevcsák, 2017).....	55
15. ábra: Jégfürdős mágneses kevertetés (fotó: Jevcsák, 2018)	56
16. ábra: Nem rezisztens keményítőt tartalmazó mintacsövek 50 °C-os inkubálás után (fotó: Jevcsák, 2018).....	56
17. ábra: A visszamaradt apoláris frakció (fotó: Jevcsák, 2017)	57
18. ábra: Csapadékképződés a cirok lisztmintánál (fotó: Jevcsák, 2018).....	58
19. ábra: A 2016-os év Maxi köles fajta kontroll lisztmintájának kromatogramja	70
20. ábra: A 2016-os év Lovászpatonai pirosmagvú köles kontroll lisztmintájának kromatogramja	72

Táblázatjegyzék:

1. táblázat: A köles termőterülete, összesen megtermelt mennyisége és termésátlaga világviszonylatban és Magyarországon 2010-2016 között.....	14
2. táblázat: A cirok termőterülete, összesen megtermelt mennyisége és termésátlaga világviszonylatban és Magyarországon 2010-2016 között.....	24
3. táblázat: Az esszenciális tápelemek átlagos koncentrációja a növényekben és az emberi testben, szárazanyag tartalomra vonatkoztatott értékek.....	38
4. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálatai adatai (tenyészkert, H2, B1).....	45
5. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálatai adatai (tartamkísérlet, G3).....	45
6. táblázat: A 2016. tenyészidőszak időjárási jellemzői	46
7. táblázat: A 2017. tenyészidőszak időjárási jellemzői	46
8. táblázat: A vizsgált növények vetési és betakarítási időpontjai, betakarításkori szemnedvességük és termésátlaguk	49
9. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták ezerszemtömeg átlagai a vizsgált években (g)	61
10. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták hamutartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%).....	63
11. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták fehérjetartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%).....	64
12. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%).....	65
13. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták amid tartalmának átlagai, az összes keményítő tartalomhoz viszonyított érték (%)	66
14. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták sérült keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)	67
15. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták rezisztens keményítő tartalmának átlagai, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (g/100 g).....	68
16. táblázat: A Maxi és a Lovászpontonai pirosmagvú köles fajták zsírtartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%).....	69
17. táblázat: A Maxi köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában a 2016-os kísérleti évben (%)	70
18. táblázat: A Maxi köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában a 2017-es kísérleti évben (%)	71

19. táblázat: A Lovászipatonai pirosmagvú köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2016-os kísérleti évben (%).....	71
20. táblázat: A Lovászipatonai pirosmagvú köles fajta zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2017-es kísérleti évben (%).....	72
21. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalma (mg GAE/100 g).....	73
22. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles fajták élelmi rost tartalma, szárazanyagra vonatkoztatott érték (%).....	74
23. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles liszt makroelem (%) és Na (mg/kg) tartalma	78
24. táblázat: A Maxi és a Lovászipatonai pirosmagvú köles mikroelem tartalma (mg/kg)	81
25. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid ezerszemtömeg átlagai a vizsgált években (g)	83
26. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid hamutartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)	84
27. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid fehérjetartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)	85
28. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%).....	85
29. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid amilóz tartalmának átlagai, az összes keményítő tartalomhoz viszonyított érték (%)	86
30. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid sérült keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%).....	87
31. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid rezisztens keményítő tartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (g/100 g).....	87
32. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid zsírtartalmának átlagai a vizsgált években, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (%)	88
33. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2016-os kísérleti évben (%)	89
34. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában a 2017-es kísérleti évben (%)	89
35. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid összes fenolos antioxidáns hatású vegyület tartalma (mg GAE/100 g)	90

36. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid ételmi rost tartalma, szárazanyagra vonatkoztatott érték (%).....	91
37. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid liszt makroelem (%) és Na (mg/kg) tartalma	93
38. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid mikroelem tartalma (mg/kg).....	95
39. táblázat: A Maxi köles vizsgált paramétereinek és elemeinek elemzése a 2016-os és a 2017-es kísérleti évek átlagában	97
40. táblázat: A Lovászpatonai pirosmagvú köles vizsgált paramétereinek és elemeinek elemzése a 2016-os és a 2017-es kísérleti évek átlagában.....	98
41. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid vizsgált paramétereinek és elemeinek elemzése a 2016-os és a 2017-es kísérleti évek átlagában	99
42. táblázat: A Maxi köles lisztminták tápelem-arányainak értékei.....	100
43. táblázat: A Lovászpatonai pirosmagvú köles lisztminták tápelem-arányainak értékei	101
44. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid lisztminták tápelem-arányainak értékei.....	101
45. táblázat: A termés szempontjából optimális és a vizsgált mintákban meghatározott elem-arányok	102
46. táblázat: A Maxi köles lisztminták egyes elemarányai.....	103
47. táblázat: A Lovászpatonai pirosmagvú köles lisztminták egyes elemarányai	104
48. táblázat: A Zádor szemescirok hibrid lisztminták egyes elemarányai.....	105
49. táblázat: A humán táplálkozás szempontjából optimális elemarány-értékek és a vizsgált minták elemarány-értékei	105

Mellékletek jegyzéke:

1. melléklet: A kísérleti minták elemtartalmának statisztikai kiértékelése, Parciális Eta Négyzet értékek, η_p^2	140
---	-----

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani témavezetőmnek, **Dr. Sipos Péter** egyetemi docensnek, hogy szakmai tudásával kitartóan segítette munkámat és a dolgozat elkészítését.

Köszönettel tartozom a **Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Karcagi Kutatóintézet** tudományos tanácsadójának, **Dr. Zsembeli József**nek, hogy biztosította a feltételeket a dolgozatom alapjául szolgáló kísérleti munka beállításához. Köszönet a Karcagi Kutatóintézet munkatársainak, **Dr. Murányi Eszter**nek és **Dr. Jóvér János**nak, hogy segítséget nyújtottak a kísérleti minták beállításában és a közös publikációk megírásában. Köszönet a Karcagi Kutatóintézet további munkatársainak **Dr. Kovács György**nek és **Tuba Géza**nak, hogy rendelkezésre bocsátották a csapadékmennyiségre, hőmérsékletre, talajvizsgálati és termésátlagra vonatkozó mérési eredményeket.

Köszönöm a **DE MÉK Élelmiszertechológiai Intézet** intézetvezetőjének, **Dr. Stündl László** egyetemi docensnek, **Dr. Gálné Dr. Remenyik Judit** tudományos főmunkatársának és az intézet további munkatársainak a lehetőséget a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez. Köszönöm a **DE MÉK Élelmiszertudományi Intézet** intézetvezetőjének, **Prof. Dr. Kovács Béla Róbert** egyetemi tanárnak és az intézet munkatársainak a szintén laboratóriumi vizsgálatok elvégzésében való segítségnyújtást.

Köszönöm opponenseimnek, **Prof. Dr. Sárdi Katalin** egyetemi tanárnak és **Prof. Dr. Sárvári Mihály** egyetemi tanárnak kitartó, alapos és segítő munkájukat.

Köszönet a **családomnak** és a **barátaimnak**, hogy szakmai tanácsokkal segítették munkámat.

NYILATKOZAT

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

Debrecen, 20.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Jevcsák Szintia** doktorjelölt 2015-2018 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 20.....

.....
a témavezető aláírása