

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

ESZTERGÁLYOS ÁDÁM

KESZTHELY

2022



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**ANYANÖVÉNYEKET ÉRŐ EGYES KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK
HATÁSVIZSGÁLATA BURGONYA GENOTÍPUSOK
GUMÓINAK MÉLYNYUGALMI IDEJÉRE ÉS ANNAK
FELTÖRÉSI LEHETŐSÉGEIRE**

DOI: 10.54598/003300

ESZTERGÁLYOS ÁDÁM

KESZTHELY

2022

Festetics Doktori Iskola

Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok tudományága

Vezetője: Dr. Anda Angéla
egyetemi tanár, DSc.
MATE, Növénytermesztési-tudományok Intézet
Agronómia Tanszék

Témavezető: Dr. Polgár Zsolt
egyetemi tanár, CSc.
MATE, Növénytermesztési-tudományok Intézet
Növénytermesztési Kutató Központ

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	4
1. BEVEZETÉS.....	6
2. CÉLKITŰZÉSEK	8
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	10
3.1 A nyugalmi idő fogalma.....	10
3.2 A nyugalmi időt meghatározó tényezők.....	12
3.3 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei	16
3.4 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatása a nyugalmi időre	18
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	20
4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata	20
4.2 Burgonyafajták alap nyugalmi idejének meghatározása	23
4.3 A nitrogénellátás hatásának vizsgálata a nyugalmi időre.....	24
4.4 Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre	25
4.5 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei	26
4.6 A nyugalmi idő feltörését célzó kezelések hatásának vizsgálata a hajtásszámra és a gumókötésre	27
4.7 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre	28
5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE	29
5.1 Burgonyafajták alap nyugalmi idejének meghatározása	29
5.2 Környezeti tényezők hatásvizsgálata	33
5.2.1 A környezeti tényezők és a nyugalmi idő korreláció analízise	35
5.2.2 A környezeti tényezők nyugalmi időt módosító hatásának rangsor-tesztje	43
5.2.2.1 Tavaszi tenyészidőszakok eredményei.....	44
5.2.2.2 Nyári tenyészidőszakok eredményei.....	51
5.3 A nitrogénellátás hatásának vizsgálata a nyugalmi időre.....	57
5.4 Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre	64
5.5 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei	70

5.5.1 Kémiai kezelések hatása a nyugalmi időre	70
5.5.2 A nyugalmi idő feltörését célzó kezelések hatásának vizsgálata a hajtásszámra és a gumókötésre.....	77
5.5.2.1 A kezelések hatása a hajtásszámra	78
5.5.2.2 A kezelések hatása a gumószámra	80
5.6 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre	83
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	90
6.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata	90
6.2 A nitrogénellátás hatásának vizsgálata a nyugalmi időre.....	93
6.3 Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre	94
6.4 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei	95
6.5 A nyugalmi idő feltörését célzó kezelések hatásának vizsgálata a hajtásszámra és a gumókötésre	96
6.6 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre	98
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	100
8. ÖSSZEFOGLALÁS	102
8.1 Magyar nyelvű összefoglalás	102
8.2 Summary	105
9. MELLÉKLETEK	109
M1 Irodalomjegyzék	109
M2	114
M3	117
M4	120
Köszönetnyilvánítás	121

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ABA: abszcizinsav

BA: benzil-adenin

BA20: benzil-adenin 20ppm koncentrációban

BA30: benzil-adenin 30ppm koncentrációban

BA100: benzil-adenin 100ppm koncentrációban

CK: citokinin

DAH: days after harvest – a betakarítástól az első hajtás megjelenéséig eltelt napok száma

DAI: days after initiation – a gumóiniciációtól eltelt napok száma az első hajtás megjelenéséig

DAP: diammónium-foszfát

F0: az üzemi betakarítás időpontja

F1: gumókötés időpontja

F2: gumó térfogat-növekedésének korai időpontja

F3: gumó térfogat-növekedésének kései időpontja

F4: gumóérés időpontja

F5: biológiai érés időpontja

GS: gibberellinsav

GS10: gibberellinsav 10ppm koncentrációban

GS50: gibberellinsav 50ppm koncentrációban

GS100: gibberellinsav 100ppm koncentrációban

H1: Hidegsokk, majd hősokk kezelés (2 hétig 5°C, majd 2 hétig 35°C)

H2: Folyamatos, magas hőmérsékletű tárolás (30°C, amíg a nyugalmi idő lejárt)

H3: Rövid ideig tartó magas hőmérsékletű tárolás (4 hét 30°C)

H4: Hosszú ideig tartó magas hőmérsékletű tárolás (8 hét 30°C)

H5: Hősokk kezelés (4 hét 35°C)

H6: Hősokk, majd hidegsokk kezelés (2 hét 35°C, majd 2 hét 5°C)

IES: indolecetsav

K: Sielianinov-féle hidrotermális együttható

Kombinált: Rindite+GS100ppm kezelés

MAS: mészammon-salétrom

N0: nitrogénhiányos kezelés (0kg/ha)

N0,5: féladagú nitrogénkezelés (50kg/ha)

N1: teljes szántóföldi nitrogénadag (100kg/ha)

NY: nyári tenyészidőszak; nyári ültetés, őszi betakarítás

PB: Pre-basic – prebázis szaporítási fok

PBTC: Pre-basic Tissue Culture – *in vitro* burgonyanövény által kötött gumók

Q-Q plot: a normalitásvizsgálathoz használt kvantilis-kvartilis ábra

QTL: mennyiségi jelleg lokusz

RCBD: randomized complete block design - randomizált blokk-elrendezés

Rindite: etilén-klórhidrin, etilén-diklorid és szén-tetraklorid 7-3-1 arányú keveréke

RP: relatív páratartalom

T.25: a 25°C feletti napi maximummal rendelkező (aszályos) napok száma

T.átl: a teljes tenyészidőszak napi középhőmérséklet összege

T.éjszaka: az éjszakai hőmérsékletek összege a vegetációs időszak elején

T.eleje: a hőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején

T.max: a teljes tenyészidőszak napi maximális hőmérsékletösszege

T.vége: a hőmérséklet összeg a tenyészidőszak végén

T: tavaszi tenyészidőszak; tavaszi ültetés, nyári betakarítás

1. BEVEZETÉS

A vetőburgonya előállításának széles körben elterjedt módja üvegházban nevelt PBTC (Pre-Basic Tissue Culture) minigumók termesztése, melyeket *in vitro* növények letermesztésével állítanak elő. A minigumó termesztése kapcsolatot teremt a nóduszok feldarabolásán alapuló, gyors *in vitro* szaporítás és a szántóföldi termesztés között (STRUIK és LOMMEN, 1999). A mikroszaporítással előállított burgonya palánták rövid időn belül gumót kötnek, azonban ezek továbbszaporításra a betakarítást követően közvetlenül még nem alkalmasak. Ilyenkor a gumók nyugalomban vannak, és nem hajtanak ki még akkor sem, ha ehhez kedvezőek a feltételek (van ITTERSUM, 1992). Ezt nevezzük nyugalmi állapotnak, amelynek kialakításában és fenntartásában főképp belső hormonok játszanak szerepet (SUTTLE, 2004).

A burgonya genotípusok nyugalmi ideje fontos fajtulajdonság, amelynek ismerete elengedhetetlen a tervszerű tároláshoz. A tárolási költséget nagymértékben befolyásolja. Meghatározza, hogy egy adott fajtát milyen hőmérsékleten, mennyi ideig lehet tárolni úgy, hogy a hajtások fejlődése ne induljon meg (WIERSEMA, 1985). A megfelelő élettani korban lévő egészséges burgonya vetőgumó használata alapfeltétele a jó minőségű, és magas hozamú termés elérésének. Éppen ezért a gumók tárolhatóságát és a tárolás alatti minőségváltozást legalább annyira fontosnak kell tekinteni, mint a termőképességet (CARLI et al., 2016).

A gumónyugalmi idő hosszában az egyes genotípusok között jelentős különbségek vannak. A gumónyugalmi idő hossza örökletesen meghatározott tulajdonság és bizonyos mértékig összefügg a fajták tenyésztésével. Ugyanakkor léteznek késői érésű fajták rövid, illetve korai fajták hosszú nyugalmi idővel is (BEUKEMA és van der ZAAG, 1979).

Gyakorlati tapasztalatok alapján a gumónyugalmi idő hosszát az öröklött tulajdonságon és a tárolási körülményeken kívül más környezeti tényezők is befolyásolják, például az anyanövényt érő tenésztidőszak alatti hőösszeg nagysága (napi középhőmérsékletek összege), abiotikus stresszek, hősokk és időszakos vízhiány (EZEKIEL és SINGH, 2003). A fenti tényezők módosíthatják a gumóképződés idejét, hatással lehetnek az utódgumók élettani korára, ezáltal a nyugalmi idejük hosszát befolyásolhatják (MUTHONI et al., 2014). Az erre vonatkozó szakirodalmi adatok azonban meglehetősen hiányosak, sok esetben ellentmondásosak, illetve megállapításaik érvényessége a vizsgált fajtákra, genotípusokra korlátozódik.

Nemcsak az abiotikus környezeti tényezők befolyásolhatják a gumókötés idejét. Az agronómiai tényezőknek is kiemelt szerepe van a gumók fejlődésének kezdetére, a gumóiniciációra. A tápelemek közül a nitrogén gyakorolja a legnagyobb hatást az endogén hormonok szintjére, ezáltal a gumóiniciáció idejére is (AKSENOVA et al., 2012). A nitrogénellátás hozamra gyakorolt hatásáról már széles körben beszámoltak, azonban a nyugalmi időt befolyásoló hatására vonatkozó szakirodalmi adatok meglehetősen hiányosak, a hazai burgonyafajtákra nézve pedig egyáltalán nem ismertek.

A gumók nyugalmi idejének feltörése, a gumók csírázásra való serkentése szintén nagy gyakorlati jelentőséggel bír. A hazai klímán a burgonya termesztése egy naptári évben egyszer történik. Lehetőség van az egy éven belüli többszöri ültetésre is, azonban a vetőgumó mindkét vegetációs periódusban az előző évből származik, amely a hosszú ideig tartó tárolás miatt jelentősen növeli a termesztési költséget. Egyes kezelésekkel azonban lerövidíthető a nyugalmi idő, így az egyazon naptári évben betakarított gumók még egyszer letermeszthetők. Ezzel csökkenthető a termelés költsége és növelhető a gazdaságossága. A téma széles szakirodalmi háttérrel rendelkezik. A gumónyugalmi idő feltörésére számos lehetőség kínálkozik, például hideg- és hőstressz, különböző kémiai vegyületek, növényi hormonok és ezek kombinációinak alkalmazása (STRUIK és WIERSEMA, 1999). A módszerek hatékonysága azonban erősen genotípus függő, gyakorlatban való felhasználásuk előzetes optimalizálást igényel. A modern hazai burgonyafajták esetében sem a nyugalmi idők hosszára, sem a nyugalmi idők feltörésére specifikusan alkalmas módszerekre vonatkozóan nincsenek szakirodalmi adatok. Arról is kevés a publikált adat, hogy a kezelések milyen hatással vannak az utódnövények hajtásfejlődésére, illetve a gumóhozamára (WRÓBEL et al., 2017), továbbá ezek az eredmények csupán néhány fajtára korlátozódnak.

2. CÉLKITŰZÉSEK

1. Anyanövényt érő környezeti tényezők hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A legújabb keszthelyi nemesítésű burgonyafajták esetében a nyugalmi idejük hosszára vonatkozó publikált szakirodalmi adatok nem állnak rendelkezésre. Kísérleteinkben célul tűztük ki egyrészt 12 keszthelyi nemesítésű fajta alap nyugalmi idejének meghatározását. Másrészt annak vizsgálatát, hogy az anyanövényeket érő egyes környezeti-meteorológiai tényezők egyenként és egymással összefüggésben milyen hatással vannak e fajták gumónyugalmi idejére. Ezzel olyan alapkutatási és a gyakorlatban is hasznosítható ismeretekhez kívántunk jutni, melyek gazdaságosabbá tehetik a fajták termesztését és tárolását.

2. Az anyanövény nitrogénellátása hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A burgonya nitrogénellátásának hozamra gyakorolt hatásáról bőséges szakirodalmi adat áll rendelkezésre, azonban a nyugalmi időt befolyásoló hatására vonatkozó szakirodalom meglehetősen hiányos. A keszthelyi burgonyafajtákra nézve pedig egyáltalán nem ismert. Kísérleteinkben ezért meg kívántuk vizsgálni, hogy az anyanövények nitrogénellátása milyen hatással van az egyes eltérő tenyészedejű és genetikai háttérű keszthelyi burgonyafajták gumónyugalmi idejére.

3. Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A burgonyagumó élettani érése a gumóiniciációval kezdődik és a nyugalmi idő lejártát követően az első hajtás megjelenéséig tart. Kísérletünkben célul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy a gumóiniciációtól a biológiai érésen keresztül a betakarítás gazdaságilag indokolt időpontjáig miképp változik a gumók nyugalmi ideje. Ezzel egyrészt tesztelni kívántuk WRÓBEL et al. (2017) eredményeit saját körülményeink között, másrészt meg kívántuk határozni a végső felhasználási célnak megfelelő optimális betakarítás időpontját.

4. A nyugalmi idő feltörési lehetőségeinek és utóhatásának vizsgálata

A nyugalmi idő feltörésére számos lehetőség kínálkozik, ezek hatékonysága azonban erősen genotípus függő. A keszthelyi fajtákra vonatkozóan eddig nem készültek ilyen típusú vizsgálatok. Kísérleteink célja ezért a három legújabb nemesítésű keszthelyi burgonyafajta gumónyugalmi idejének feltörésére alkalmas kémiai kezelések összehasonlító vizsgálata volt, összefüggésben a kezelések hatásának vizsgálatával az utódnövények hajtásfejlődésére és gumóhozamára.

5. Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A tárolás során a gumók által felvett hőösszegre adott reakció fajtánként jelentősen eltérő lehet. A keszthelyi burgonyafajták hőösszeg reakciójára vonatkozóan eddig nem álltak rendelkezésre kísérleti adatok. Vizsgálataink célja volt ezért három új nemesítésű keszthelyi burgonyafajta gumónyugalmi idő változásának elemzése, az alkalmazott hőkezelések és a tárolási hőmérséklet vonatkozásában.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A nyugalmi idő fogalma

A növényekben a nyugalmi idő a szemmel látható növekedés szünetelése minden olyan növényi részben, amely osztódó szövetet tartalmaz (LANG et al., 1987). A nyugalmi idő három típusát különböztethetjük meg (gyakran átfedéssel): mélynyugalom, para-nyugalom és kényszernyugalom. A mélynyugalom állapotában az osztódó szövet aktivitása belső élettani tényezők által blokkolt; a para-nyugalomban az osztódó szövet aktivitása külső élettani (például egy másik növényi rész), míg a kényszernyugalomban külső környezeti tényezők által blokkolt (SUTTLE, 2007). A burgonyanövények leérésekor frissen betakarított gumók alap, vagy mélynyugalmi állapotban vannak, és még a csírázásra kedvező feltételek mellett sem hajtanak ki (van ITTERSUM, 1992). A burgonya természetes élőhelyén a mélynyugalom arra szolgál, hogy megóvja a gumót, mint vegetatív szaporító képletet a kedvezőtlen környezeti feltételektől (AKSENOVA et al., 2013; SUTTLE, 2007). A nyugalom alatt a biokémiai és élettani folyamatok jelen vannak, de nem váltanak ki azonnali morfológiai változásokat, ugyanakkor ezek a folyamatok jelentősek a hajtásszám kialakításában (van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992a). A nyugalmi állapot biokémiai úton szabályozott folyamat, kialakításában és fenntartásában az abszcizinsav és az etilén játszik szerepet, míg a hajtásfejlődés (csírázás) kezdeti szakaszában az indolecetsav és a citokininek vesznek részt, a gibberellinsav (GS) pedig segíti a hajtásnövekedést (UWE, 2001; SUTTLE, 2004; BENKEBLIA et al., 2008).

A nyugalmi állapot a gumók kezdeti fejlődésétől (iniciáció) az első hajtások megjelenéséig tart. Ez alatt a nyugalom mélysége változik, az intenzitása a lombozat leszáradása után a legmagasabb, majd a tárolással fokozatosan csökken (WRÓBEL et al., 2017). Az éretlenül betakarított gumók hosszabb nyugalmi idővel rendelkeznek, mint az éretten betakarítottak, amely az élettani korról hozható összefüggésbe (MUTHONI et al., 2014). Ez a különbség akár több hét is lehet. A gumók belső csírázási potenciállal rendelkeznek, amely az érésel együtt növekszik egy maximális értékig (KRIJTHER, 1958), hosszabb idejű tárolás esetén ez csökken (KRIJTHER, 1962). Az élettani érés szintén a gumóiniciációval kezdődik. Az élettani kor szabályozható, a gumók élettani öregedése 5°C alatt lassú, magasabb hőmérsékleten gyorsabb, egészen 25°C-ig (TOOSEY, 1964). A gumóméretnek is hatása van a nyugalmi idő hosszára, amely szintén az élettani korról függ össze (van ITTERSUM, 1992). A kisebb méretű gumóknak hosszabb a nyugalmi idejük, mivel ezek később fejlődtek ki, később léptek

a gumó térfogat növekedés időszakába, élettanilag fiatalabbak (SUTTLE, 2007; HASSANI et al., 2014; MUTHONI et al., 2014). Ezért a gumók élettani korának és nyugalmi idejük hosszának ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy a betakarított terményt a kívánt időtartamra, a kívánt minőségben eltárolhassuk, illetve ez alapján beállíthassuk a végső felhasználási célnak megfelelő (friss fogyasztás, feldolgozás, avagy vetőgumó) tárolási rendszert (CARLI et al., 2016).

A nyugalmi időt egyes szerzők napokban szemléltetik (DAH: days after harvest – a betakarítástól az első hajtás megjelenéséig eltelt napok száma), de ebben az esetben a tárolási hőmérsékletet feltétlenül fel kell tüntetni, mivel ennek a tényezőnek hatása van a gumók élettani korára. A gyakorlatban a nyugalmi idő hosszának meghatározására a gumók által a tárolóban felvett napi középhőmérsékletek összegét használják (Σt , hőösszeg), amely egy matematikai értékben egyesíti a tárolási idő hosszát (napok) és a tárolási hőmérsékletet ($^{\circ}\text{C}$) (STRUIK és WIERSEMA, 1999). Azt a hőmérséklet összeget, amely elegendő a nyugalmi állapot megszűnéséhez, effektív (a kihajtáshoz szükséges) hőösszegnek nevezzük. Ha a gumók megkapják ezt a hőmérséklet összeget a tárolás során, akkor azok a hajtásfejlődés élettani szakaszába lépnek, a belső-, illetve mélynyugalom megszűnik. A nemzetközi nomenklatúrában különbségek vannak, O'BRIEN et al. (1983) szerint ez az összeg az úgynevezett halmozott napi hőmérséklet (Accumulated day-degrees) vagy összesített napi átlaghőmérséklet (Cumulative daily average temperatures). STRUIK és WIERSEMA (1999) halmozott hőmérsékletek összegének nevezik (Sum of accumulated temperatures).

Mivel a gumók kezdeti fejlődésének időpontját nehéz pontosan meghatározni, a gyakorlatban a betakarítástól a hajtások megjelenéséig tartó időszakot tekintjük nyugalmi állapotnak. Ez a megközelítés nem teljesen pontos, mivel nem tudjuk a betakarítás pillanatában a gumó élettani korát, hogy a nyugalom milyen fázisában van éppen (BURTON, 1989). Ezt ugyanis számos tényező befolyásolhatja.

3.2 A nyugalmi időt meghatározó tényezők

A nyugalmi időben a fajták közt jelentős különbségek vannak, amely a tenyészidővel részben összefügg. Rendszerint a rövidebb tenyészidejű, korai érésű fajták rövidebb nyugalmi idejűek, míg a hosszabb tenyészidejűek hosszabbak. Ugyanakkor léteznek késői érésű fajták viszonylag rövid, illetve korai fajták viszonylag hosszú nyugalmi idővel (BEUKEMA és van der ZAAG, 1979). MUTHONI et al. (2014), ZARZYŃSKA (2004), WRÓBEL et al. (2017) és HASSANI et al. (2014) eredményei alapján a nyugalmi idő és a tenyészidő nem függ szorosan össze.

MUTHONI et al. (2014) szerint a termesztett burgonya és a vadon élő rokon fajok nyugalmi periódusának hossza rendkívül széles határok között mozog. A hosszú gumónyugalom általában a vad burgonyafajokra, míg a modern burgonyafajtákra inkább a rövidebb jellemző. Kivétel ez alól a *Solanum phureja* csoport, amelyet nagyon rövid (pár nap) botanikai mag- és gumónyugalom jellemez. Ezzel szemben a *Solanum jamesii* gumói akár nyolc évig is mélynyugalomban lehetnek. A következőkben néhány termesztett fajta nyugalmi idejére vonatkozóan mutatunk be adatokat a szakirodalomból.

ZARZYŃSKA (2004) huszonkét fajtát tesztelt, köztük 8 nagyon korai-korai; 9 középérésű; 5 kései. Megállapította, hogy a vizsgált fajták közül 6-nak hosszú volt a nyugalmi ideje, 8-nak közepes, 8-nak pedig rövid. Nem figyelt meg szoros kapcsolatot a fajták éréscsoportja és a gumók nyugalmi ideje között. Eredményeit a betakarítástól a csírázás kezdetéig eltelt napokban tette közzé, a tárolási hőmérséklet 20°C volt (**1. táblázat**).

WRÓBEL et al. (2017) egy középérésű és egy korai fajtát vizsgáltak. Eredményeik alapján a nyugalmi időt (DAH, 21°C tárolási hőmérsékleten) bizonyos mértékig befolyásolják a betakarítás előtti termesztési, illetve a betakarítás utáni tárolási körülmények, azonban az elsősorban a burgonya genotípusától függ:

'Pasant', középérésű, rövid nyugalmi idő (35 nap),

'Dorota', korai, hosszú gumónyugalom (70 nap).

Hasonló eredményre jutottak HASSANI et al. (2014):

'Agria', középérésű, hosszú gumónyugalom (57 nap),

'Burren', középérésű, közepes nyugalmi idő (52 nap, DAH, 18°C tárolási hőmérsékleten).

1. táblázat: A tenyésztési és nyugalmi idő kapcsolata (ZARZYŃSKA, 2004)

Fajta	Tenyésztési	Nyugalmi idő (napok)
‘Accent’	nagyon korai	rövid (34)
‘Bard’	nagyon korai	rövid (8)
‘Denar’	nagyon korai	rövid (21)
‘Fresco’	nagyon korai	rövid (18)
‘Lord’	nagyon korai	rövid (21)
‘Molli’	nagyon korai	közepes (42)
‘Vineta’	korai	rövid (27)
‘Gabi’	korai	közepes (43)
‘Alicja’	középerésű	hosszú (70)
‘Kuba’	középerésű	közepes (42)
‘Sante’	középerésű	közepes (30)
‘Satina’	középerésű	hosszú (60)
‘Tara’	középerésű	hosszú (75)
‘Tokaj’	középerésű	közepes (47)
‘Wigry’	középerésű	hosszú (58)
‘Wiking’	középerésű	közepes (45)
‘Zebra’	középerésű	hosszú (62)
‘Danusia’	kései	hosszú (85)
‘Jasia’	kései	közepes (50)
‘Rywal’	kései	rövid (20)
‘Wawrzyn’	kései	közepes (44)
‘Wolfram’	kései	közepes (45)

A nyugalmi idő betakarítástól az első hajtásig eltelt napok száma (DAH), 20°C-on történő tárolás esetében. A világosabb színű cellák a korábbi éréscsoportot, illetve a rövidebb nyugalmi időt szemléltetik.

Mind a botanikai magok, mind a gumók nyugalmi idejének öröklődése a burgonyában poligén, legalább három gén érintett benne (SIMMONDS, 1964). QTL (mennyiségi jelleg lokusz) elemzések szerint a nyugalmi idő mennyiségi jellegként öröklődik (KOTCH et al., 1992), és hat (FREYRE et al., 1994), illetve kilenc olyan gént találtak (EWING, 1995; van den BERG et al., 1996), amelyek önmagukban vagy episztatikus kölcsönhatások révén befolyásolják a gumók nyugalmi idejét. Ennek eredményeként a nyugalmi idő öröklődésében a genetikai variáció lehetősége meglehetősen nagy. Az abszcizinsav (ABA) potenciális szerepét a nyugalmi állapot szabályzásában alátámasztja, hogy a szintjét három ilyen QTL határozza meg (SIMKO et al., 1997; CLASSENS és VREUGDENHIL, 2000). Mivel a

nyugalmi idő nem függ szorosan a fajták tenyészidejétől, lehetőség van későn érő, viszonylag rövid nyugalmi idejű, illetve korai és hosszú nyugalmi idejű fajták nemesítésére (BEUKEMA és van der ZAAG, 1979).

Fontos megjegyezni azonban, hogy az öröklött tulajdonságon (mélynyugalom) és a tárolási körülményeken (kényszernyugalom) felül a gumónövekedés alatti környezeti tényezők is befolyásolják a nyugalmi idő hosszát, például az anyanövényt érő tenyészidőszak alatti hőösszeg nagysága (TIEMENS et al., 2013), abiotikus stresszek, hősokk és időszakos vízhiány (EZEKIEL és SINGH, 2003). Ezek a tényezők módosíthatják a gumófejlődés kezdetének időpontját, ezáltal a gumók élettani korát a betakarításkor, közvetett módon a gumók nyugalmi idejét. Így egyazon fajtán belül, különböző tenyészidőszakban a különbség a nyugalmi időben akár több hét is lehet, amely a tárolás és felhasználás szempontjából is jelentős (BURTON, 1989). Általános érvényű, hogy a magasabb léghőmérsékletű, csapadéokban szegényebb és alacsonyabb páratartalmú évjáratokban rövidebb a nyugalmi idő (ZARZYŃSKA, 2004; LEVY és VEILLEUX, 2007; GRUDZIŃSKA és MAŃKOWSKI, 2018). Azonban a tenyészidőszak egészére vonatkozóan nem célszerű ilyen általános megállapításokat tenni, nem mindegy ugyanis, hogy mely fenológiai fázisban érik a különböző környezeti tényezők az anyanövényt (ALLEN et al., 1992; van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992a).

A vegetációs időszak környezeti viszonyai jelentősen befolyásolják a gumóképződést. A sztóló növekedéséhez kedvező körülmények nem kedveznek a gumófejlődésnek. Ez a belső növényi hormonok arányával van kapcsolatban. A lombozat kialakításában a citokininek (CK), GS és az indolecetsav (IES) szerepe jelentős. Sztólóképződéskor a GS és IES, gumóképződéskor pedig a CK és IES a meghatározó (SZIRTES, 1984). A magas GS tartalom a sztóló növekedésének kedvez, ha azonban a GS koncentráció lecsökken, a CK koncentráció arányaiban nő, a sztóló megnyúlása és elágazása leáll, megkezdődik a gumóindukció. Ezért minden olyan tényező, amely a növény belső GS koncentrációját csökkenti, illetve a CK koncentrációt növeli, kedvez a gumókötésnek. Ilyenek például a rövid nappal, alacsony hőmérséklet, alacsony nitrogénellátás. Összességében tehát a környezeti tényezők a belső hormonok koncentrációjára és arányaira hatnak, amely közvetve hat a gumók kezdeti fejlődésének időpontjára, ezzel élettani korára betakarításkor, így a nyugalmi idejének hosszára (AKSENOVA et al., 2012). Különösen a gumóképződést befolyásoló tényezőknek van kiemelkedő hatása a gumók nyugalmi idejére (EWING és STRUIK, 1992). Az élettanilag öreg vetőgumó használata, illetve a tenyészidőszak elején az alacsony hőmérséklet, különösen

az alacsony éjszakai hőmérséklet (AKSENOVA et al., 2013; FERNIE és WILLMITZER, 2001), a nagy napi hőingás (van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992b; SUTTLE, 2007), a rövid nappalok és az alacsony nitrogénellátás kedveznek a gumófejlődés megindulásának, siettetik a gumókötést (SZIRTES, 1984; BURTON, 1989; JACKSON, 1999; FERNIE és WILLMITZER, 2001; AKSENOVA et al., 2012). Azonban TOR (2011) megfigyelései alapján, aki az 'Asterix' fajta nyugalmi idejét vizsgálta, mesterséges fényviszonyok közt nevelt gumók esetén, a nappalhossz (12, 18, 24h) nem befolyásolta jelentősen a nyugalmi időt. A korai éréscsoport szintén kedvez a korai gumókötésnek. Amennyiben az ökológiai körülmények a tenyészidőszak első felében a hajtásnövekedésnek kedveznek, késik a gumóképződés. Ilyen hatású a csapadékos időjárás, korai öntözés, a nitrogéntúlsúlyos trágyázás, a magas éjszakai hőmérséklet és a hosszúnappalos megvilágítás. Ha pedig az ökológiai körülmények a hajtásfejlődést visszavetik (például hűvös időjárás), idő előtt megindul a gumóképződés. Ha ez a kedvező lombfelület elérése előtt következik be, a sztólócsúcsokban felhalmozódik a CK és a keményítő, az asszimiláták a gumókba áramlanak. Ebben az esetben már nem növekszik tovább a lombozat, nincs mód az optimális lombszerkezet kialakítására (SZIRTES, 1984). A burgonya számára optimális körülmények között fejlődő növények viszont később lépnek a gumó-térfogatnövekedés időszakába, illetve a gumónövekedés üteme is lassabb, mivel a tápanyagok a fejlődés korai időszakában főképp a lombozatba áramlanak. Ezek a növények nagyobb lombtömeget hoznak létre, ugyanakkor nagyobb gumóhozamot érhetnek el, ha a tenyészidőszak megfelelően hosszú és ökológiai feltételei végig kedvezőek. A nagyobb lombfelülettel ugyanis több szerves anyagot tudnak előállítani, és a gumókba építeni. Mivel az öröklött tulajdonságok, az agronómiai és ökológiai körülmények erős kölcsönhatásban együttesen befolyásolják a gumók élettani korát, és módosíthatják azok nyugalmi idejét (van ITTERSUM, 1992), ezért nehéz kimutatni és igazolni a hatásukat (STRUIK és WIERSEMA, 1999). A korábbi gumóérés ugyanakkor nem változtatja meg az anyanövény biológiai érésének idejét, a tenyészidő hossza megmarad. A betakarítás időpontja sem változik évjáratok között jelentősen, ez gazdasági és munkaszervezési okokból is adott. Így a betakarítás idején, a tenyészidőszak függvényében, az utódgumók más-más fiziológiai korban lehetnek. Ha a gumó élettanilag idősebb, akkor nyugalmi ideje hamarabb lejár, a tárolás során kevesebb hőmérséklet összeg elegendő, hogy a mélynyugalma megszűnjön. Az ökológiai tényezők az élettani koron keresztül befolyásolják tehát a nyugalmi időt (MUTHONI et al., 2014).

3.3 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei

A gumók nyugalmi idejének feltörése szintén nagy gyakorlati jelentőséggel bír. Alkalmazása indokolt lehet hatósági vizsgálatok céljából, illetve, ha az ültetésre a gumók természetes csírázása előtt van szükség, például egy tenyészidőszakon belüli többszöri termesztés esetén.

Problémát jelenthet, ha csak olyan vetőgumó áll rendelkezésre, amelyet túl rövid ideig tároltak, pl. tavaszi betakarítású vetőgumó nyári ültetésre. Ebben az esetben nem járt még le a nyugalmi idő, ezért nem a megfelelő időben fog kihajtani, amely főképp a vetőgumó szaporítási programban okozhat problémát. A túl hosszú tárolás is gondot okozhat, pl. tavaszi betakarítású gumók következő év tavaszi/nyári ültetésre. Ez esetben élettanilag előregedettek, esetleg kimerültek a gumók (STRUIK és WIERSEMA, 1999), amely mind a termés mennyiségét, mind a minőségét negatívan befolyásolja.

Mérsékeltövi klíma alatt a hosszú nyugalmi idő előnyös tulajdonság, míg mediterrán, vagy szubtrópusi körülmények között, ahol egy éven belül többszöri, vagy akár a folyamatos ültetés is lehetséges, a rövidebb nyugalmi idő az előnyösebb (STRUIK és LOMMEN, 1999). A vetőgumó szaporítási programokban is egy naptári évben legalább kétszer történik a burgonya ültetése és betakarítása. Ilyen esetekben, illetve ha kórtani, hatósági minőségi vizsgálatok igénylik a frissen betakarított gumókból való növények felnevelését és jellemzését, szükség lehet a gumók nyugalmi idejének mesterséges feltörésére (COLEMAN, 1983; STRUIK és WIERSEMA, 1999; WRÓBEL, 2008).

A nyugalmi idő feltörésére számos lehetőség kínálkozik, például GS (STRUIK és WIERSEMA, 1999; HARTMANN et al., 2011; WRÓBEL et al., 2017; NASIRUDDIN et al., 2016; HASSANI et al., 2014), Rindite-nek, illetve ezek kombinációjának (BRYAN, 1989), benzil-adeninnek (BA) (MAJEED és BANO, 2006), brómetánnak (COLEMAN, 1983; ALEXOPOULOS et al., 2009), vagy tiokarbamidnak (HASSANI et al., 2014; HOSSEINI et al., 2011) alkalmazásával. Ezek mellett a nyugalmi idő nemcsak kémiai kezelésekkel, de hő és hideg sokk kezelésekkel (WURR és ALLEN, 1976; HARKETT, 1981; van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992b), mechanikai kezelésekkel (NASIRUDDIN et al., 2016) és fénykezeléssel (TOR és JØRGEN, 2017) is lerövidíthető. A sérülések felgyorsítják az élettani érés ütemét és csökkentik a nyugalmi időt (EZEKIEL és SINGH, 2003). A módszerek hatékonysága azonban ebben az esetben is erősen genotípus függő (WRÓBEL et al., 2017; NASIRUDDIN et al., 2016; HASSANI et al., 2014; HOSSEINI et al., 2011; TOR, 2011; SUTTLE, 2008; MAJEED és BANO, 2006; ZARZYŃSKA, 2004).

Arról is kevés a publikált adat, hogy a kezelések milyen hatással vannak az utódnövények hajtásfejlődésére, illetve a gumóhozamára (WRÓBEL et al., 2017; HASSANI et al., 2014; AKSENOVA et al., 2012; MAJEED és BANO, 2006), továbbá ezek az eredmények csupán néhány fajtára korlátozódnak.

A külső kémiai kezelések hatásmechanizmusa részben ismert. A nyugalmi idő és csírázás a fő növekedés szabályzó anyagok közti kölcsönhatással szabályozott, elsősorban a GS és az ABA arányával (CARLI et al., 2016). A kezelések hatására változik a belső növényi serkentő hormonok és inhibitorok aránya, amely megindítja a hajtásképződést (HEMBERG, 1985). Egyes kezelések szabályozhatják a gumó élettani korát, míg mások gátolhatják az apikális dominanciát és ezzel segítik a laterális rügyek kihajtását (CARLI et al., 2016; AKSENOVA et al., 2013). Ez hatással lehet a további hajtásfejlődésre, közvetett módon a gumókötésszámra (SUTTLE, 2004; BENKEBLIA et al., 2008). A GS egyértelmű szerepét a nyugalmi idő feltörésében meghatározták (FERNIE és WILLMITZER, 2001). Az eddigi vizsgálatok arról számoltak be, hogy a külső GS kezelés segíti a csírázást, és növeli a gumónkénti hajtásszámot. Azonban magasabb koncentrációban megnyúlt hajtásokat, morfológiailag abnormális növényeket és deformált gumókat eredményez (CHOUDHURI és GHOSE, 1963; BRYAN, 1989; STRUIK és WIERSEMA, 1999; SUTTLE, 2004). Másrésről az IES-nak is jelentős szerepe van a csírázásban. Feltételezték, hogy az IES a csúcsdominanciát az oldalrügyek kihajtásának gátlásával érvényesíti (PAVLISTA, 2004). Kezeletlen gumók esetében az esetek többségében elsőként a csúcsi rügy hajt ki. Csúcsdominanciával rendelkező vetőgumókat elültetve egyetlen szárú növényeket kapunk, amely a terméshozam csökkenését eredményezi. A kémiai kezelések tehát nemcsak a nyugalmi időt befolyásolhatják nagymértékben, de hatással lehetnek a csúcsdominanciára, ezáltal a terméshozamra (MUTHONI et al., 2014).

3.4 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatása a nyugalmi időre

A nyugalmi állapot befolyásolása elengedhetetlen a burgonyaágazatban. A csírázás késleltetésére a hosszú idejű tárolási igény miatt van szükség. Ezt alacsony hőmérsékleten való tárolással érhetjük el (2-4°C). A hideg tárolás meghosszabbítja a nyugalmi időt (BRANDT et al., 2003), de általában a redukáló cukor tartalmát is növeli, ami minőségromtó tényező étkezési burgonyában (GRUDZIŃSKA, 2012). Az alacsony tárolási hőmérséklet viszont előnyös a vetőgumóként történő felhasználás esetén (STRUIK és WIERSEMA, 1999; WRÓBEL et al., 2017). Ha a gumók tárolása alatt megemeljük a hőmérsékletet, az kedvez a nyugalmi idő feltörésének és a korábbi kihajtásnak. A magas tárolási hőmérséklet ugyanis felgyorsítja az élettani érés folyamatát, ezzel csökkentve a nyugalmi idő hosszát (AKSENOVA et al., 2013). Az eddigi eredmények alapján azonban a tárolási hőmérséklet és a nyugalmi idő kapcsolata csak egy adott hőmérsékleti tartományban alakul így.

A 3°C alatt tárolt gumók nem hajtanak ki, mert kényszernyugalomban vannak (SUTTLE, 2007). Három és 25°C között a nyugalmi idő hossza fordítottan arányos a tárolási hőmérséklettel (BURTON, 1989). A 3°C alatti, vagy 30°C feletti tartós hőhatás feltöri a nyugalmi időt. Ha ilyen kezelés után a gumókat visszahelyezzük mérséklet, a csírázásnak megfelelő hőmérsékletre a hajtásfejlődés megindul (WURR és ALLEN, 1976; HARKETT, 1981; van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992b). A tárolás során a váltakozó hőmérséklet jobban lerövidíti a nyugalmi időt, mint az állandó hőmérséklet. Ezért a tárolási hőmérsékletnek állandónak kell lennie, ha késleltetni szeretnénk a hajtásfejlődést (BURTON, 1963). A nyugalmi idő a legjobban akkor csökken, ha a hőmérséklet közvetlenül a betakarítás után magas. Burgonyafajtától függően a magas hőmérséklet (35°C felett) a nyugalmi idő azonnali feltöréséhez, illetve egy élettani rendellenességhez, az úgynevezett hőcsírázáshoz vezethet (SUTTLE, 2007). A melegebb hőmérséklet tehát a tárolás korai szakaszában jelentősen csökkentheti a nyugalmi időt, ez a hatás azonban a tárolás későbbi szakaszában nem érhető el. Ez azt jelenti, hogy nemcsak a tárolási hőmérséklet, de a tárolás meleg szakaszának időzítése is használható a nyugalmi idő szabályozására. Ebben a tekintetben azonban a különböző fajták eltérő viselkedését is figyelembe kell venni (STRUIK és WIERSEMA, 1999).

A hideg tárolás számos fajta esetén hátrányos lehet, ugyanis csökkenhet a csírázóképesség, ha tartósan 2°C-on tároljuk őket. 4°C-on a csíranövekedés szünetel, de az élettani érés folytatódik (BEUKEMA és van der ZAAG, 1990). Hogy az élettani kor milyen arányban növekszik az idővel, az erősen függ a tárolás alatti hőmérséklettől. Mivel a hőmérsékletnek

erőteljes hatása van az élettani érés ütemére, a tárolás hosszát gyakran napi halmozott átlaghőmérsékletben (hőösszegben) fejezik ki (O'BRIEN et al., 1983). A hőösszegre adott reakció azonban fajtánként eltérő (van der ZAAG és van LOON, 1987).

Számos további szerző foglalkozott a hőkezelések nyugalmi időre gyakorolt hatásának vizsgálatával. GRUDZIŃSKA és MAŃKOWSKI (2018) a hosszú ideig tartó alacsony hőmérsékletű tárolást vizsgálták. Eredményeik alapján az 5°C-on történő tárolás átlagosan 50 nappal növelte a vizsgált fajták nyugalmi idejét a 8°C-on történő tároláshoz képest. A 3°C-on tárolt gumóknak még ennél is hosszabb volt a nyugalmi ideje. Hasonló eredményre jutottak BRANDT et al. (2003), akik 5, 7 és 9°C-on tárolták a 'Russet Burbank' és 'Umatilla Russet' fajtákat. NASIRUDDIN et al. (2016) hatékonyan alkalmazták a hidegsokk kezelést. Vizsgálataikban a kezelés hatására közel 50%-kal csökkent a nyugalmi idő a kontrollhoz képest.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata

A kísérleteket a Burgonyakutatási Központ tárolásfiziológiai laboratóriumában végeztük. Az előzetes, éréscsoportok és nyugalmi idő kapcsolatát célzó vizsgálatot 12 keszthelyi nemesítésű fajtaival végeztük. Ebből két korai (Balatoni rózsa, Botond), nyolc középérésű (Arany chipke, Démon, Góliát, Hópehely, Katica, Loretta, Rioja, Somogyi kifli) és két kései érésű volt (Vénusz gold, White lady). A részletes vizsgálatokat két korai (Balatoni rózsa, Botond) és egy középérésű fajtaival végeztük (Démon), amelyek az előzetes vizsgálatok alapján eltérő nyugalmi idővel rendelkeztek. Minden évben két ültetési időszak (tenyészidőszak) adatait vételeztük fel. A vizsgálatokat tavaszi ültetésű és nyári betakarítású (T), valamint nyári ültetésű és őszi betakarítású (NY) gumókkal végeztük, 2009 és 2019 között.

A kísérletekhez használt vetőgumó szuperelit, PB2 (Pre-basic 2) szaporítási fokú volt, amely az *in vitro* eredetű PBTC gumók második letermesztéséből származott. A növényeket vektorhálós növénynevelő sátrokban neveltük fel, a termesztő közeg baltikumai tőzeg volt. Tenyészidőszak függvényében az ültetési idő március vége, április eleje (T), vagy július vége, augusztus eleje (NY) volt. Illetve a betakarítás időpontja július vége, augusztus eleje (T), vagy október vége, november eleje volt (NY). A kísérleteket az összes fajtára beállítottuk minden naptári évben. Néhány évjáratban azonban előfordult, hogy csak tavaszi, vagy csak nyári tenyészidőszakban mértük a nyugalmi időt egy-egy fajta esetében. A tenyészidőszakok alatt a vizsgált anyanövények a vetőgumó-termesztési programban szokásos növényvédelemben és tápanyag utánpótlásban részesültek.

Betakarítást követően a nyugalmi idő meghatározását nemzetközileg elfogadott módszertan szerint végeztük. A vizsgálandó gumókat a csírázásnak megfelelő körülmények közé helyeztük, +20°C-ra, 80% relatív páratartalom (RP) mellett, teljes sötétben. A hajtásnövekedést naponta felveteleztük. A nyugalmi időt azon a napon tekintettük lejárnak, amikor a vizsgált gumón megjelent legalább 1db 2mm hosszú hajtás (CARLI et al., 2016).

A nyugalmi idő hosszát a tárolóban felvett effektív hőösszegben adtuk meg, amely a tárolási hőmérséklet és a tárolóban eltöltött napok számának szorzata (°C) (O'BRIEN et al., 1983;

STRUIK és WIERSEMA, 1999). A vizsgálatokat négy ismétlésben, ismétlésenként 15-15 db gumóval állítottuk be.

A tenyészidőszak alatti környezeti tényezőket a Burgonyakutatási Központ tenyészterületjében elhelyezett iMETOS by Pessl Instruments meteorológiai állomás segítségével vételeztük fel napi, illetve óránkénti bontásban. Mértük a napi minimum, maximum és átlagos levegő-, illetve talajhőmérsékletet (°C), napi csapadékmennyiséget (mm), relatív páratartalmat (%) és levélnedvesség-borítást (perc). A napi átlaghőmérsékletekből a tenyészidőszakok napi középhőmérséklet összegét, a napi maximum hőmérséklet adatokból a 25°C feletti napi maximummal rendelkező (aszályos) napok számát és a tenyészidőszakok napi maximális hőmérsékletösszegét határoztuk meg. Tenyészidőszak alatti csapadékmennyiséget számítottunk a napi csapadékmennyiség adatokból, illetve összegeztük a relatív páratartalmat és a levélnedvesség-borítást is a tenyészidőszakokban. A talajhőmérséklet adatokból kiszámítottuk a talaj középhőmérséklet összegét, a talaj minimális és maximális hőmérsékletösszegét. Az adatelemzés során alkalmaztuk a Sielianinov-féle hidrotermális együtthatót is, amely egy konstans (K), a tenyészidőszak csapadékösszegének és hőösszegének korrigált hányadosa, a növények hidratációs igényeinek együtthatója (SKOWERA et al., 2014), egy értékben egyesíti az adott tenyészidőszak hőmérséklet- és csapadékmennyiségét (GRUDZIŃSKA, 2012). A K-érték az alábbi képlet segítségével határozható meg:

$K = P * 10 / \Sigma T$	$K \leq 0,4$ aszályos,
	$0,4 < K \leq 0,7$ nagyon száraz,
	$0,7 < K \leq 1,0$ száraz,
$P = \text{tenyészidőszak alatti csapadékösszeg (mm)}$	$1,0 < K \leq 1,3$ mérsékelten száraz,
	$1,3 < K \leq 1,6$ optimális,
$\Sigma T = \text{tenyészidőszak alatti hőmérséklet összeg (°C)}$	$1,6 < K \leq 2,0$ mérsékelten csapadékos,
	$2,0 < K \leq 2,5$ csapadékos,
	$2,5 < K \leq 3,0$ nagyon csapadékos,
	$K > 3,0$ extrém csapadékos (RADZKA és RYMUZA, 2015).

A tenyészedőszak első 50 napjára vonatkozóan meghatároztuk a fotoperiódus, avagy nappalhossz összeget (SZIRTES, 1984; JACKSON, 1999). A napi maximum és minimum léghőmérséklet adatokból a tenyészedőszak első 50 napjára meghatároztuk az összesített hőingást (SZIRTES, 1984; van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992b; SUTTLE, 2007). A napi átlaghőmérsékletekből további értékeket számoltunk. Meghatároztuk a tenyészedőszak első és utolsó 50 napjára vonatkozó hőmérséklet összegeket (SZIRTES, 1984; JACKSON, 1999). Az óránkénti hőmérséklet adatokból a 18-6 óráig tartó időszakokra átlagos éjszakai hőmérsékleteket számítottuk naponta, majd összegeztük a tenyészedőszak első 50 napjára, ezzel megkaptuk az éjszakai hőmérséklet összeget (SZIRTES, 1984; JACKSON, 1999; AKSENOVA et al., 2013). A függő változó a nyugalmi idő, ez minden egyes gumó esetében egyedi (minden tenyészedőszakban 60db/fajta). A független változók (a számított környezeti változók) viszont tenyészedőszakonként megegyeztek egyazon fajtán belül, hiszen azok a tenyészedőszak egészére vonatkoznak. Fajtán belül ugyanis minden egyes anyanövény összes gumója azonos meteorológiai körülmények között fejlődött tenyészedőszakonként.

Az adatok előkészítését és rendszerezését Microsoft Office 2007, míg a statisztikai elemzését IBM SPSS 22 programmal végeztük. Az adatok rendszerezését követően először többszemponos varianciaanalízist végeztünk, a fajták, évjáratok, tenyészedőszakok és a vizsgált környezeti tényezők nyugalmi időre gyakorolt, statisztikailag igazolható hatásának kimutatására. A teszt elvégzése előtt ellenőriztük, hogy az ehhez szükséges feltételek teljesülnek-e. A varianciaanalízis előfeltétele, hogy a változók értékei a normális eloszlást kövessék. Ezért a függő változó (nyugalmi idő) eloszlását grafikusan, hisztogram és Q-Q (quantile-quantile) plot segítségével elemeztük. Ugyan a Kolmogorov-Smirnov-teszt szignifikáns volt, mégis paraméteres eljárást alkalmaztunk. A minta ugyanis olyan nagy elemszámú (a megfigyelésszám jóval 1000 feletti volt), hogy csupán egy kis eltérés ellenére lett szignifikáns a Kolmogorov-Smirnov-teszt. Ezért a ferdeség és csúcsosság értékeit számszerűsítettük, és ezt elemezve igazoltuk a változó normális eloszlását. A varianciaanalízist követően korreláció analízist végeztünk. A Pearson-féle korrelációs együtthatók értelmezéséhez GUILFORD (1950) módszerét alkalmaztuk:

$k=0$	korrelálatlan, nincs kapcsolat,
$0 < k < 0,2$	nagyon gyenge kapcsolat,
$0,2 \leq k < 0,4$	gyenge, de biztos kapcsolat,
$0,4 \leq k < 0,7$	közepes korreláció, jelentős kapcsolat,
$0,7 \leq k $	magas korreláció, erős kapcsolat.

Ezt követően Duncan többszörös rang post-hoc tesztet végeztünk 95%-os megbízhatósággal. A Duncan-teszt az egyik legjobb többszörös összehasonlítást teszi lehetővé. Segítségével nemcsak a statisztikailag igazolható különbségeket érzékeltethetjük, de különböző rangsorokat állíthatunk fel a változók között.

4.2 Burgonyafajták alap nyugalmi idejének meghatározása

A vizsgálatokat Keszthelyen, a Burgonyakutatói Központ tárolásfiziológiai laboratóriumában és növénynevelő kamráiban végeztük, két korai érésű (Balatoni rózsza és Botond), és egy középérésű fajtával (Démon). A kísérleteket három egymást követő évjáratban állítottuk be, 2018, 2019 és 2020 tavaszán. A kísérletekhez használt vetőgumókat növénynevelő kamrában nevelt, szuperelit szaporítási fokú gumók letermesztéséből kaptuk, tehát a környezeti tényezők már az anyagumók élettani korát sem módosíthatták. A nyugalmi időt közvetve befolyásolhatja a gumóméret is. A kisebb gumók később kötődtek, élettanilag fiatalabbak a nagyobbaknál, ezért várhatóan hosszabb a nyugalmi idejük (SUTTLE, 2007; HASSANI et al., 2014; MUTHONI et al., 2014). Emiatt a kísérlet beállításakor ügyeltünk arra, hogy a vizsgálandó gumók egységes méretűek legyenek (keresztátmérő 40-50mm).

A vizsgálandó gumókat egyesével 3 literes edényekbe ültettük, a nevelő közeg baltikumi tőzeg volt. A növényeket kontrollált körülmények között, állandó 22°C léghőmérsékleten, 85% RP-on neveltük fénypolcokon a biológiai érés állapotáig. Az öntözővíz mennyisége 30mm/hét volt, amellyel a tápelemeket is pótoltuk a termesztési gyakorlatnak megfelelően. 16 órás fényperiódust alkalmaztunk (5-21h), a megvilágításhoz az *in vitro* növénynevelésben használt Osram oHO54W/840 lumilux cool white fénycsövet használtunk, amely 82lm/W, 4450lm (luminous flux) fényintenzitású, 4000K színhőmérsékletű. A lombozat leszáradása után (biológiai érés) az edényekből a tőzeget kirostáltuk, a kötött gumókat a kihajtáshoz optimális körülmények közé helyeztük (20°C, 80% RP, teljes sötétség). A nyugalmi idő meghatározását a **4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata** pontban leírtak szerint, CARLI et al. (2016) módszere alapján végeztük. Az adatok statisztikai elemzését szintén a **4.1** pontban részletezett programcsomagokkal, Duncan-teszt segítségével végeztük 95%-os megbízhatósággal. A fajták nyugalmi ideje közti szignifikáns különbségekről táblázatot készítettünk, valamint az adatokat boxplot diagramon ábráztuk.

4.3 A nitrogénellátás hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A kísérletünkben vizsgált gumók a Burgonyakutatói Központ agrotechnikai tenyészkertjében, a burgonya genotípusok nitrogénhasznosító képességének vizsgálata céljából beállított kísérletből származtak. A szántóföldi vizsgálatot három N-ellátási szinten végezték Ferenczi Gábor és munkatársai, három ismétléssel, 9 államilag elismert fajtaival és 2 keszthelyi nemesítési vonallal. A tenyészidőszak 2016. április közepétől október végéig tartott.

A 2016-ban szántóföldi vizsgálatokra használt terület tengerszint feletti magassága 115m, koordinátái: 46°45'0.4"N, 17°13'59.7"E. A tenyészidőszak meteorológiai adatait a Burgonyakutatói Központ iMETOS by Pessl Instruments meteorológiai állomása biztosította.

A termőterület talajvizsgálati adatok alapján II. termőhelyi kategóriába sorolható, közepkötött barna erdőtalaj. A talaj nitrogén ellátottsága gyenge, foszfor ellátottsága igen jó, kálium ellátottsága jó. Az elővetemény őszi búza volt, amelyet zöldtrágyanövény követett, olajretek és fehér mustár keveréke. Az őszi tápanyag-visszapótlás 170kg/ha Diammónium-foszfát (DAP) + 300kg/ha 60% Kálisó formájában történt. A DAP 18% nitrogént tartalmaz, amely 170kg/ha dózisban 30kg/ha nitrogén hatóanyag. Ez a mennyiség a zöldtrágyanövény utáni szárbontás beindításához szükséges. A pentozánhatás, illetve a téli és tavaszi csapadékok bemosó hatása miatt a burgonyaültetés időpontjára elhanyagolható mennyiségű hatóanyag marad a talajban ebből, ezért a 30kg/ha hatóanyagot nem számítottuk be a nitrogénkezelésekbe.

A nitrogénkezeléseket a tavaszi nitrogén-visszapótláskor állították be. Kontrollként a burgonyatermesztési gyakorlatban szokásos, teljes nitrogénadag (N1) szerepelt, amely 100kg nitrogén hatóanyag hektáronként, tehát 370,4kg/ha 27%-os MészAmmon-salétrom (MAS). A féladagú nitrogénkezelésben (N0,5) 50kg/ha nitrogén hatóanyagot jutattunk ki (185,2kg/ha MAS), míg a nitrogénhiányos (N0) kezelésben a vizsgált genotípusok nem kaptak nitrogén műtrágyát (0kg/ha), csak a talaj természetes nitrogénszolgáltató képességéből származó nitrogén állt rendelkezésükre.

A vizsgált fajták: Desiree, Arany chipke, Katica, White lady, Basa, Hópehely, Cleopatra, Botond, Balatoni rózsa, valamint a 09.200, és a 09.688 nemesítési vonal. A kísérletben szereplő 11 genotípus kiválasztása azok tenyészideje és alap nyugalmi idejének hossza alapján történt (korai, illetve középérésűek, közepes, illetve hosszú nyugalmi idővel). A kilenc államilag elismert fajta esetében szakirodalmi adatokra támaszkodtunk (EUROPOTATO, BURGONYAKUTATAS). A két nemesítési vonal esetében a nemesítés során végzett tárolásfiziológiai vizsgálatok nyújtottak előzetes információt azok nyugalmi idejének hosszáról, gyakorlati ismeretek pedig tenyészidejük hosszáról.

A szántóföldi kísérlet tervezése három ismétlésben, randomizált blokk-elrendezés (RCBD) alapján történt. Az ültetést 2016. április 19-én, a betakarítást 2016. november 3-án végeztük. Genotípusonként és kezelésként 60 db gumót válogattunk ki a vizsgálatokhoz, amelyek sérüléstől mentesek, és egységes méretűek voltak (50-70mm). Ezután a gumókat két héten keresztül sötétben, 80% RP-on, 20°C-on tároltuk, a parásodás végéig.

A nyugalmi idő mérését a **4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata** pontban leírtak szerint, nemzetközileg elfogadott módszertan alapján végeztük (CARLI et al., 2016). A nyugalmi idő hosszát a tárolóban felvett halmozott hőmérséklet összegben fejeztük ki.

Az adatok statisztikai elemzését Duncan-teszt segítségével végeztük, 95%-os megbízhatósággal. A tesztet együttesen végeztük, nem pedig fajtánként és kezelésként lebontva, így nemcsak a kezelések közti, hanem a fajták közti különbségek is megfigyelhetőek. A szignifikáns különbségek szemléltetésére táblázatot készítettünk, valamint az adatokat boxplot diagramon ábráztuk.

4.4 Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A kísérletünkben vizsgált növényi anyag a Burgonyakutatási Központ vektorhálóval fedett növénynevelő sátraiból származott, szuperelit PB2 szaporítási fokú volt. Két korai (Balatoni rózsza és Botond) és egy középérésű fajtaival (Démon) végeztük a vizsgálatokat. A kísérletet három egymást követő tenyészidőszakban állítottuk be, 2018 tavaszán és nyarán, illetve 2019 tavaszán.

A gumóiniciáció idejének pontos meghatározásához a virágzást megelőző időszakban kétnaponta felszedtünk egy-egy anyatövet fajtánként. A kísérletet akkor indítottuk el, amikor a sztólo megvastagodása elérte a 2cm átmérőt. Ezt követően hetente felszedtünk 15-15 gumót három ismétlésben minden fajta esetén, egészen a lombozat leszáradásáig, a biológiai érésig. Az elemzés során az anyanövény különböző fenológiai fázisaiban felszedett gumókat a következőképpen jelöltük: F1 – gumókötés; F2 és F3 – gumó térfogat-növekedése; F4 – gumóérés; F5 – biológiai érés. Az üzemi betakarítás (F0) általában a biológiai érést követő második héten történt a vizsgált évjáratokban, amelyből származó gumókat kontrollként használtunk. Felszedést követően a gumók nyugalmi idejének meghatározásához a **4.1 fejezetben** leírt, CARLI et al. (2016) módszerét alkalmaztuk.

A nyugalmi idő hosszát 20°C-on tárolva, napokban fejeztük ki (DAH). Az adatok rendszerezését és statisztikai elemzését a **4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata** pontban leírtak alapján végeztük. A többszemponos varianciaanalízist ebben az esetben a fajták, tenyészidőszakok és a

betakarítás időpontjának a nyugalmi időre gyakorolt (statisztikailag igazolható) hatásának kimutatására végeztük. Mivel a minta ebben a vizsgálatban is nagy elemszámú volt (a megfigyelésszám 500 feletti), ezért a ferdeség és csúcosság értékeinek számszerűsítésével és grafikusán igazoltuk a változó normális eloszlását. A további értékeléseket Duncan-teszt segítségével végeztük, 95%-os megbízhatósággal. A különböző élettani korban lévő gumók nyugalmi ideje, valamint tárolhatósága közti szignifikáns különbségekről táblázatot készítettünk, illetve az adatokat boxplot és oszlopdiaagramon ábráztuk.

4.5 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei

A vizsgálatokat két korai érésű (Balatoni rózsza és Botond), és egy középérésű fajtaival (Démon) végeztük, amelyek előzetes eredményeink alapján eltérő alap nyugalmi idővel rendelkeztek. A kísérleteket három egymást követő évjáratban állítottuk be, 2016, 2017 és 2018 őszi tenyészidőszakokban. A kísérletekhez használt vetőgumó szuperelit PB2 szaporítási fokú volt, amely az *in vitro* eredetű PBTC gumók második, vektorhálóval fedett termesztőberendezés alatti letermesztéséből származott. A gumóméret egységes volt (40-50mm keresztátmérő között), mindhárom fajta összes gumójának eredete azonos volt. A betakarítást követően a gumókat 2 hétig 20°C-on, 80% relatív páratartalom mellett, teljes sötétségben tároltuk a parásodás végéig.

Az alkalmazott kezelések a következők voltak: áztatás GS vizes oldatában, 10, 50 és 100ppm koncentrációban, 1 órán keresztül (BRYAN, 1989). Áztatás BA vizes oldatában, 20, 30 és 100ppm koncentrációban, 1 napon keresztül (MAJEED és BANO, 2006), Rindite kezelés (etilén-klórhidrin, etilén-diklorid és szén-tetraklorid 7-3-1 arányú keveréke) 2 napon keresztül. Ezek mellett alkalmaztunk egy kombinált, Rindite+GS100ppm kezelést is (BRYAN, 1989). A Rindite rendkívül illékony, korrozív és karcinogén, ezért használatakor megfelelő körültekintéssel jártunk el, védőfelszerelést és zárt kezelő berendezést használtunk. A Rindite-levegő arány 210cm³/m³ volt. A kísérletet 4 ismétlésben, ismétlésenként 15db gumóval állítottuk be.

A nyugalmi idő meghatározását CARLI et al. (2016) módszere szerint végeztük (**4.1 fejezet**). Mivel a hőmérsékletnek erőteljes hatása van az élettani érés ütemére, a tárolás hosszát halmozott napi átlaghőmérsékletben fejeztük ki ($\Sigma^{\circ}\text{C}$). A tenyészidőszakok jellemzésére a meteorológiai adatokat a Burgonyakutatási Központ tenyészkertjében elhelyezett iMETOS by Pessl Instruments meteorológiai állomás biztosította. A mért adatok rendszerezését és statisztikai elemzését a **4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata** pontban leírtak alapján végeztük. A többszemponos varianciaanalízist ebben a vizsgálatban a fajták, évjáratok és a kémiai kezelések

nyugalmi időre gyakorolt hatásának kimutatására végeztük. Ebben az esetben is a nagy mintaelemszám miatt (a megfigyelésszám 1000 feletti volt), a ferdeség és csúcsosság értékeinek számszerűsítésével igazoltuk a változó normális eloszlását. Ezt követően Duncan-tesztet végeztünk 95%-os megbízhatósággal. A kémiai kezelések közti szignifikáns különbségekről táblázatot készítettünk, valamint az adatokat boxplot és oszlopdiagramon is ábrázoltuk.

4.6 A nyugalmi idő feltörését célzó kezelések hatásának vizsgálata a hajtásszámra és a gumókötésre

A vizsgálatokat Keszthelyen, a Burgonyakutatói Központ tárolásfiziológiai laboratóriumában és növénynevelő kamráiban végeztük, két korai érésű (Balatoni rózsza és Botond), és egy középérésű fajtaival (Démon). A kísérleteket három egymást követő évjáratban állítottuk be, 2016, 2017 és 2018 őszén.

A nyugalmi idő meghatározását követően a csírázó gumókból véletlenszerűen kiválasztottunk 45-45 darabot kezelésként. A vizsgálat 3 ismétlésből állt, ismétlésként 15 gumóval. A vizsgálandó gumókat egyesével 3 literes edényekbe ültettük, a nevelő közeg baltikumi tőzeg volt. A növények felnevelését a **4.2 Alap nyugalmi idő meghatározása** vizsgálatban leírtak szerinti kontrollált körülmények között végeztük. Az anyagumóból fejlődő növényeknél az ültetést követő 20. napon felvételeztük a fejlődő hajtások számát. A lombozat leszáradása után az edényekből a tőzeget kirostáltuk, és megszámláltuk a kötött gumók darabszámát. Az adatok statisztikai elemzését a **4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata** pontban részletezett programcsomagokkal végeztük. Először korreláció analízist (GUILFORD, 1950), majd Duncan-tesztet végeztünk 95%-os megbízhatósággal. A kémiai kezelések hajtás és gumószámra gyakorolt hatásának szemléltetésére táblázatot készítettünk, valamint az adatokat oszlopdiagramon is ábrázoltuk.

4.7 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

Vizsgálatainkat Keszthelyen, a Burgonyakutatói Központ tárolásfiziológiai laboratóriumában végeztük, két korai érésű (Balatoni rózsza és Botond), és egy középérésű fajtaival (Démon). A kísérleteket három egymást követő évjáratban állítottuk be, 2017, 2018 és 2019 nyarán. A kísérletekhez használt vetőgumó szuperelit PB2 szaporítási fokú volt, amely az *in vitro* eredetű PBTC gumók második, vektorhálóval fedett termesztőberendezés alatti letermesztéséből származott. A gumókat betakarítás után két hétig, a parásodás végéig fűtetlen, jól szellőző tárolóba helyeztük. Ezután különböző hőmérsékleteken, klímaszekrényekben tároltuk azokat. Az alkalmazott kezelések a következők voltak:

- H1 Hidegsokk, majd hősokk kezelés: 2 hétig 5°C, majd 2 hétig 35°C
- H2 Folyamatos, magas hőmérsékletű tárolás: 30°C, amíg a nyugalmi idő lejárt
- H3 Rövid ideig tartó magas hőmérsékletű tárolás: 4 hét 30°C
- H4 Hosszú ideig tartó magas hőmérsékletű tárolás: 8 hét 30°C
- H5 Hősokk kezelés: 4 hét 35°C
- H6 Hősokk, majd hidegsokk kezelés: 2 hét 35°C, majd 2 hét 5°C

A kísérletet 4 ismétlésben, ismétlésenként 15 db gumóval állítottuk be. A kontrollt állandó 20°C-on tároltuk addig, amíg a nyugalmi ideje lejárt. A hőkezeléseket követően minden kezelés (kivéve H2) gumóit kontroll, a csírázáshoz megfelelő körülmények közé helyeztük, amíg azok nyugalmi ideje lejárt. A nyugalmi idő meghatározását CARLI et al. (2016) módszere szerint végeztük (**4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata**).

A betakarítástól a nyugalmi idő lejártáig eltelt időt napokban (DAH) és effektív hőösszegben (°C) is megadtuk és értékeltük. Az adatok statisztikai elemzését a **4.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata** pontban részletezett programcsomagokkal végeztük, a Duncan-teszteket 95%-os megbízhatósággal végeztük.

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

5.1 Burgonyafajták alap nyugalmi idejének meghatározása

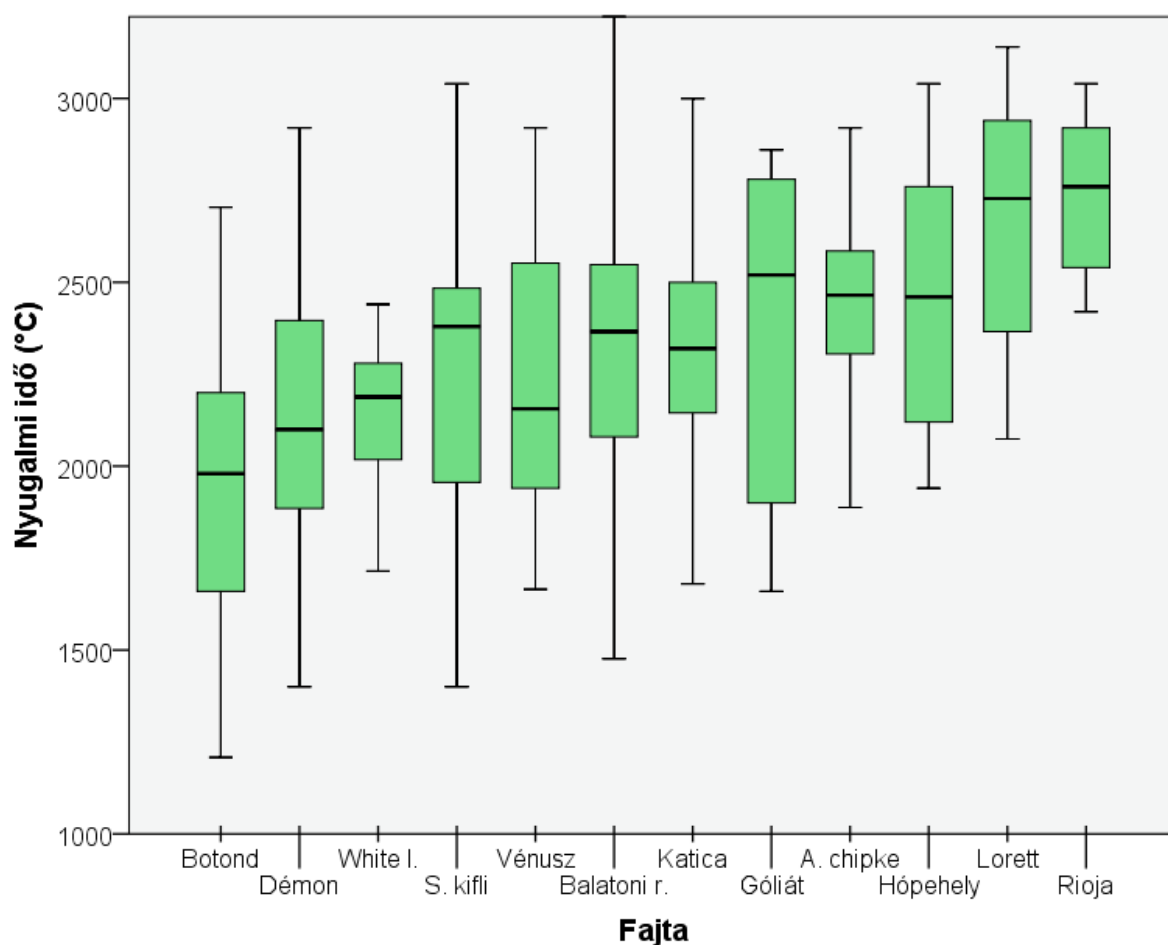
Annak érdekében, hogy megismerjük az éréscsoport (tenyésztési idő hossza) és a nyugalmi idő közti kapcsolatot, tízéves idősor (2009-2019) alapján összehasonlítottuk 12 államilag elismert keszthelyi burgonyafajta tulajdonságait. A tízéves adatok alapján meghatároztuk a fajtákra jellemző átlagos alap nyugalmi idő hosszát. Eredményeink alapján a vizsgált fajták nyugalmi ideje jelentősen eltér egymástól, a különbség a fajták között akár több hét is lehet. A **2. táblázat** szemlélteti az alap nyugalmi idő hosszát fajtánként, valamint mutatja, hogy az éréscsoport és a tárolhatóság nem minden esetben függ össze. Ezzel alá tudtuk támasztani MUTHONI et al. (2014), ZARZYŃSKA (2004), WRÓBEL et al. (2017) és HASSANI et al. (2014) eredményeit. A több év átlagában a leghosszabb nyugalmi ideje a Rioja (effektív hőösszeg: 2743°C, 137 nap), a legrövidebb pedig a Botond fajtának volt (1952°C, 98 nap).

2. táblázat: A kísérletben szereplő fajták éréscsoportja és nyugalmi ideje

Genotípus	Nyugalmi idő (°C)	Éréscsoport (napok)	Tárolhatóság (napok)
Botond	1952 a	korai (85)	közepes (98)
Démon	2114 b	középérésű (110)	hosszú (106)
White lady	2137 b	kései (120)	hosszú (107)
Somogyi kifli	2251 c	középérésű (110)	hosszú (113)
Vénusz	2264 cd	kései (125)	hosszú (113)
Balatoni rózsa	2323 cde	korai (95)	hosszú (116)
Katica	2338 de	középérésű (105)	hosszú (117)
Góliát	2374 ef	középérésű (105)	hosszú (119)
Arany chipke	2442 fg	középérésű (110)	hosszú (122)
Hópehely	2457 g	középérésű (110)	hosszú (123)
Lorett	2653 h	középérésű (115)	hosszú (133)
Rioja	2743 i	középérésű (105)	hosszú (137)

A nyugalmi időt a tárolóban felvett hőösszegben adtuk meg (°C), a betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják a fajták közti szignifikáns különbségek szemléltetésére, $p=0,05$ szinten. Az éréscsoportot az ültetéstől teljes érésig eltelt napok száma határozza meg. A világos színű cellák a korai érésű fajtákat mutatják, míg a sötét a késeiket. A tárolhatóság a betakarítástól az első hajtásig eltelt napok száma (DAH), 20°C-on történő tárolás esetében. A világos cellák a közepes, a sötét a hosszú nyugalmi időt mutatják.

Azt is megfigyeltük, hogy egyazon fajtán belül jelentős különbségek vannak a nyugalmi idő hosszában a különböző tenyészidőszakok/évjáratok között, amely a környezeti tényezők nyugalmi időt módosító jelentős hatását igazolja. A különböző évjáratok környezeti tényezőinek hatása átlagosan 1228°C-al módosította a fajták nyugalmi idejét, amely 61 nap 20°C-on történő tárolás esetén (**1. ábra**). A legnagyobb mértékben a Balatoni rózsa (1764°C, 88 nap) és Somogyi kifli (1640°C, 82 nap), a legkisebb mértékben pedig a White lady (725°C, 36 nap) és Rioja (620°C, 31 nap) nyugalmi idejét befolyásolták az évjáratok környezeti tényezői.



1. ábra: 12 készthelyi fajta nyugalmi ideje, terjedelme, a fajták nyugalmi idejének érzékenysége az évjárathatásra, tízéves adatok alapján.

Az interkvartilis terjedelmet a dobozok szemléltetik, az ebben lévő vonal jelöli a mediánt. A minimum és maximum értékeket egy-egy talp ábrázolja, a teljes talp a terjedelmet mutatja.

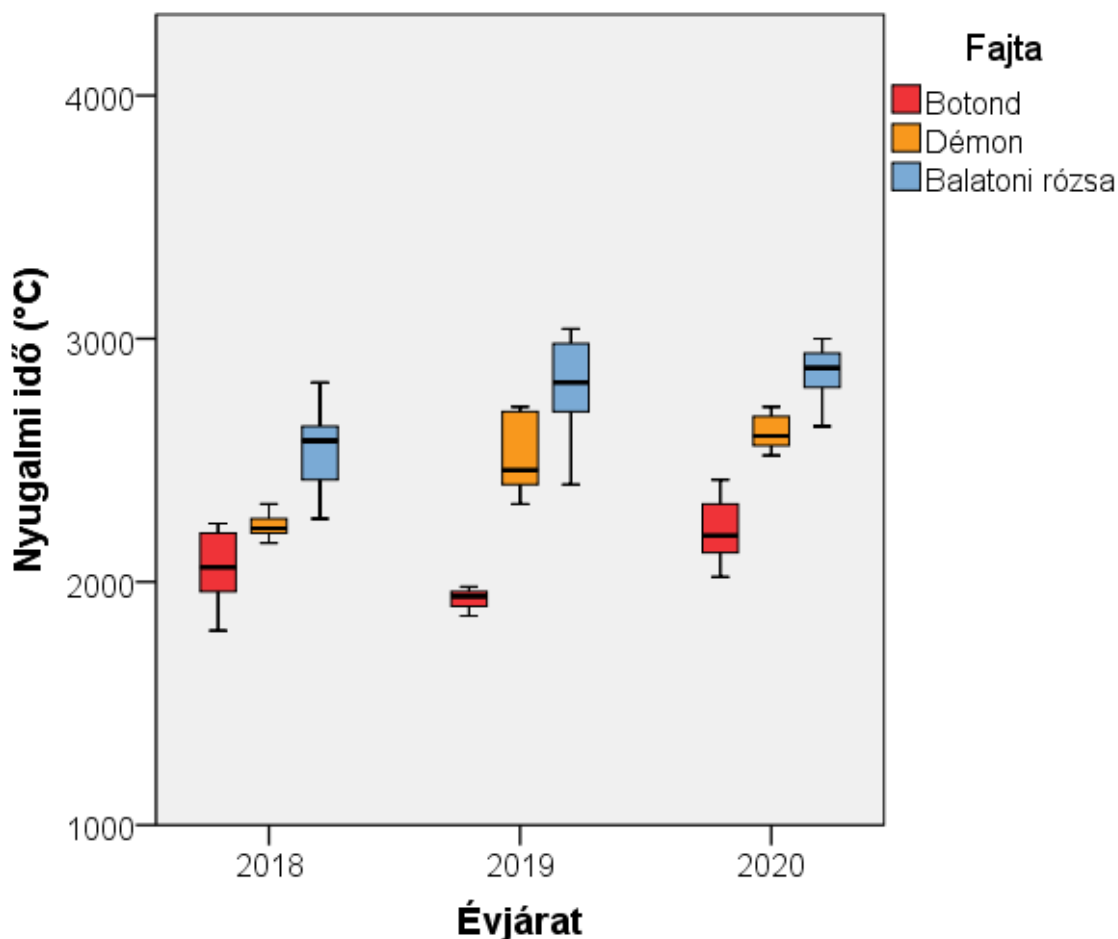
Az adatok alapján kiválasztottunk rövid és középhosszú tenyészidejű fajtákat, amelyek a vizsgálatok alapján közepes és hosszú nyugalmi idővel rendelkeznek. A további vizsgálatokat a Botond, Démon és Balatoni rózsával végeztük. A Balatoni rózsa korai érésű, rövid tenyészidejű,

a tíz év átlagában hosszú nyugalmi idővel (effektív hőösszeg: 2323°C, 116 nap), a Botond korai érésű, rövid tenyészidejű, közepes nyugalmi idővel (1952°C, 98 nap). A Démon középérésű, nyugalmi ideje hosszú, 2114°C, 106 nap.

A három fajtából standard körülmények között, klímakamrában letermesztett gumókból, szintén állandó körülmények között, növénynevelő kamrában burgonyanövényeket neveltünk, majd a teljes érést követően meghatároztuk a kötött gumók nyugalmi idejét. A vizsgálatokat három tenyészidőszakon keresztül végeztük. Így megkaphattuk azt a fajtára jellemző alap nyugalmi időt, amelyre nem voltak befolyással a külső környezeti tényezők. Azt tapasztaltuk, hogy a növénynevelő kamrába bevitt növényi anyagon is érezhető az évjárat módosító hatása (**2. ábra**).

Összehasonlítva az így kapott alap nyugalmi időt a sokéves átlagokkal mért nyugalmi idővel (2009-2019), azt tapasztaltuk, hogy a legrövidebb alap nyugalmi idővel rendelkező fajta, a Botond nyugalmi idejét csak kismértékben módosították a környezeti tényezők (átlagos nyugalmi ideje tízéves adatok alapján 98 nap, alap nyugalmi ideje standard körülmények között nevelve 104 nap). Míg a hosszabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajtákat nagyobb mértékben módosították. Tehát minél hosszabb egy fajta alap nyugalmi ideje, annál nagyobb mértékben tudják módosítani azt a környezeti tényezők, amely összességében a nyugalmi idő csökkenését jelenti (kísérletünkben, sorban a rövidebbtől a hosszabb nyugalmi idejű fajta felé 6-17-21 nappal rövidítették le azt, a 11 kísérleti év átlagában) (**3. táblázat**).

A különböző évjáratokban nem azonos hosszúságú nyugalmi időt mértünk a három fajta esetében, ezért feltételezzük, hogy valamely környezeti tényező, amelyet nem volt lehetőségünk kontrollálni, módosította azt. Mindamellet, hogy a fajták kihajtásának sorrendje megmaradt évről évre (Botond – Démon – Balatoni rózsa), a nyugalmi idejük hossza kis mértékben különbözött az évek között. Ugyanakkor nemcsak a nyugalmi idő hossza különbözött a három vizsgálati évben egyazon fajtán belül, de a csírázás időtartama is (vizsgálati tételként az első kihajtott gumótól az utolsóig eltelt idő). 2018-ban a Démon gumóinak kihajtása szinkronizáltan, szinte egy időben történt, addig a Botond csírázása elhúzódott, ez látszik az adatok terjedelmén (**2. ábra**). 2019-ben viszont a Botond kihajtása tartott rövid ideig, ellenben a Démon csírázása elhúzódott. 2020. év eredményei hasonlóak 2018. év eredményeihez. A Balatoni rózsa esetében mindhárom vizsgálati évben elhúzódó kihajtást tapasztaltunk. Az elhúzódó kihajtást az utódgumók eltérő élettani kora okozza, ezt pedig az anyanövény elhúzódó gumókötése. Kísérleteinkben az anyagumók azonos élettani korban voltak, a vizsgálatokat is minden évben ugyanazon napon indítottuk. Ezeket a különbségeket feltehetően egy általunk nem kontrollált környezeti tényező okozta. Illetve az általunk vizsgálatnál nagyobb mintaszám még pontosabb és megbízhatóbb eredményt adhatna, mindez további vizsgálatokat tehet szükségessé.



2. ábra: Állandó környezeti körülmények közt nevelt gumókból a környezeti tényezők hatásvizsgálatában szereplő 3 fajta alap nyugalmi idejének hossza.

Az interkvartilis terjedelmet a dobozok szemléltetik, az ebben lévő vonal jelöli a mediánt. A minimum és maximum értékeket egy-egy talp ábrázolja, a teljes talp a terjedelmet mutatja. Nyugalmi idő: a tárolóban felvett hősszeg (°C).

3. táblázat: Az alap és átlagos (2009-2019) nyugalmi idő kapcsolata

Genotípus	Nyugalmi idő (°C)	Alap nyugalmi idő °C (nap)	Éréscsoport (napok)	Tárolhatóság (napok)
Botond	1952 a	2071 a (104)	korai (85)	közepes (98)
Démon	2114 b	2458 b (123)	középérésű (110)	hosszú (106)
Balatoni rózsza	2323 c	2738 c (137)	korai (95)	hosszú (116)

A nyugalmi időt a tárolóban felvett hősszegben adtuk meg (°C), a betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják a fajták között, $p=0,05$ szinten. A Nyugalmi idő növénynevelő házban letermesztett gumókból 11 éves adatok alapján mért átlagos nyugalmi idő, az Alap nyugalmi idő növénynevelő kamrában, állandó körülmények közt nevelt növények nyugalmi ideje. Az éréscsoportot az ültetéstől teljes érésig eltelt napok száma határozza meg. A világos cellák a korai érésű fajtákat mutatják. A tárolhatóság a tárolóban eltöltött napok száma (DAH), 20°C-on történő tárolás esetében, tízéves adatok alapján. A világos cellák a közepes, a sötét a hosszú nyugalmi időt mutatják.

5.2 Környezeti tényezők hatásvizsgálata

A standard körülmények között nevelt növények alap nyugalmi idejének figyelembevételével, mint kontroll, sokéves adatokra támaszkodva vizsgálatuk a fajták és a környezeti tényezők egymásra hatását a nyugalmi idő vonatkozásában. Meteorológiai állomás segítségével mértünk környezeti tényezők adatait az egyes évjáratokban. Mértük: a léghőmérsékletet, talajhőmérsékletet, csapadékmennyiséget, páratartalmat, nappalhosszt, levélnedvességet. Meghatároztuk az aszályos napok számát, illetve képlet segítségével a növények hidratációs igényének együtthatóját (RADZKA és RYMUZA, 2015).

A tenyészidőszak első 50 napjára vonatkozóan meghatároztuk a nappalhossz összeget. Ennek az elméleti alapja, hogy a rövid nappal kedvez a gumóindukciónak, siettet a gumókötést (SZIRTES, 1984; JACKSON, 1999). A rövidnappal burgonya esetében a 12 óránál rövidebb megvilágítást jelenti (JACKSON, 1999; AKSENOVA et al., 2012). Azonban Magyarországon a 12 óránál rövidebb ideig tartó nappalok kívül esnek a természetesség időszakán, illetve a fajták eltérőképpen viselkedhetnek a nappalhossz függvényében. Ezért nem a 12 óra, vagy annál rövidebb ideig tartó nappalok számát határoztuk meg, helyette a napi nappalhosszok összegét alkalmaztuk a tenyészidőszak elejére vonatkozóan, napokban kifejezve. Ezzel még pontosabb eredményt kaphatunk arról, hogy a nappalhossz miképp módosítja a gumóindukció idejét fajtánként. Azt vártuk, hogy minél rövidebb a nappalhossz összege a tenyészidőszak elején, annál hamarabb köt gumót a növény, élettanilag öregebb lesz a gumó betakarításkor, ezáltal rövidebb lesz a nyugalmi ideje.

A napi maximum és minimum léghőmérséklet adatokból a tenyészidőszak első 50 napjára meghatároztuk az összesített hőingást. Ennek alapja, hogy a tenyészidőszak elején a markánsan váltakozó nappali és éjszakai hőmérséklet siettet a gumókötést (SZIRTES, 1984; van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992b; SUTTLE, 2007). Ezek alapján minél nagyobb értéket kaptunk az adott tenyészidőszakban az összesített hőingásra, várhatóan annál rövidebb az adott fajta nyugalmi ideje.

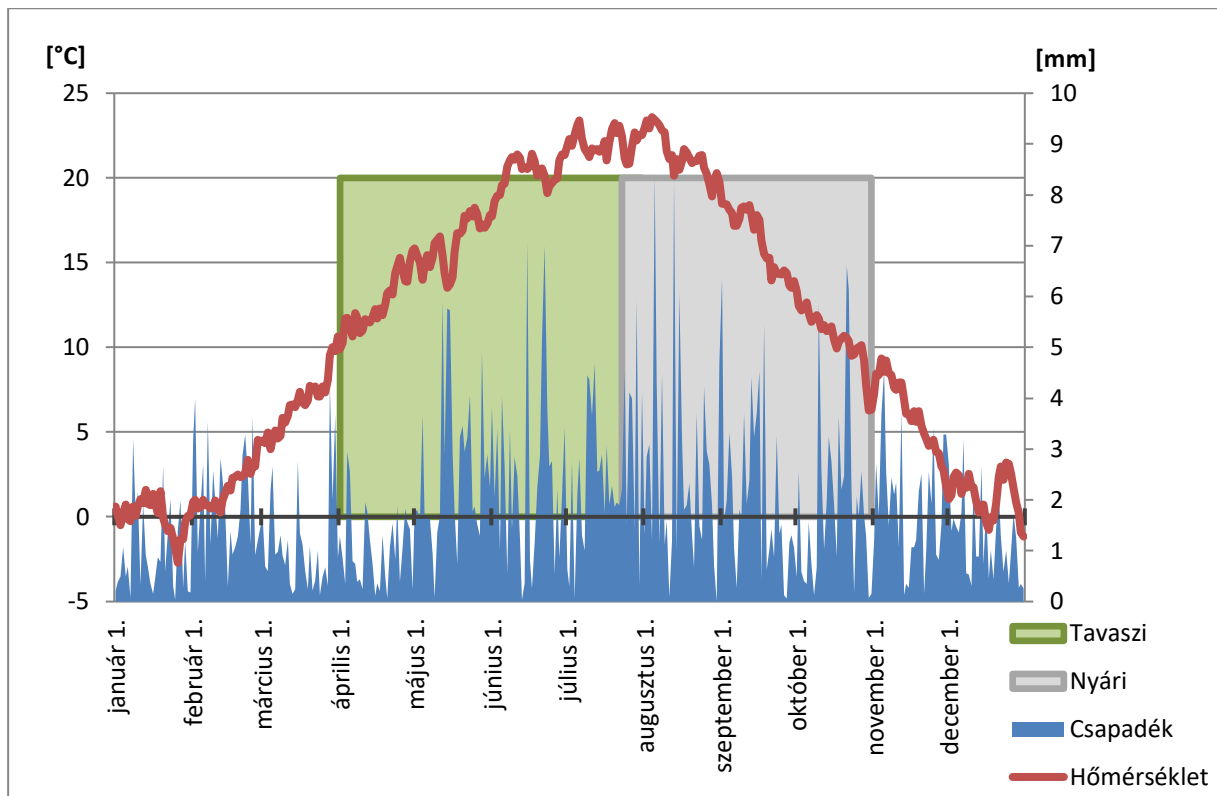
A napi átlaghőmérsékletekből további értékeket számoltunk. Meghatároztuk a tenyészidőszak elejére és végére vonatkozó hőmérséklet összegeket. SZIRTES (1984) és JACKSON (1999) eredményei alapján a tenyészidőszak elejének átlaghőmérséklete a gumókötés idejét befolyásolja nagymértékben. Az alacsonyabb hőmérséklet siettet a gumókötést. Ezért a tenyészidőszak első 50 napjára meghatároztuk a hőmérséklet összeget. Minél alacsonyabb értéket kapunk, annál hamarabb történhetett a gumókötés, élettanilag annál öregebb betakarításkor a gumó, tehát rövidebb nyugalmi időre számíthatunk. A tenyészidőszak végének magas hőmérséklete élettanilag öregíti a gumókat. Ezért a magas hőmérséklet a tenyészidőszak végén kedvez a

nyugalmi idő gyorsabb megszűnésének. Kiszámítottuk a gumókötést követő, a tenyészidőszak utolsó 50 napjára vonatkozó hőmérséklet összegeket. Minél magasabb értéket kaptunk, várhatóan annál rövidebb nyugalmi időre számíthatunk.

SZIRTES (1984), JACKSON (1999) és AKSENOVA et al. (2013) szerint az alacsony éjszakai hőmérséklet kedvez a legnagyobb mértékben a gumók kezdeti fejlődésének elindulásának (gumóiniciáció). Ezért az óránkénti hőmérséklet adatokból a 18-6 óráig tartó átlagos éjszakai hőmérsékleteket kiszámítottuk naponta, majd összegeztük a tenyészidőszak első 50 napjára. Azt feltételeztük, hogy minél alacsonyabb értéket kapunk, annál rövidebb lesz a nyugalmi idő, mivel az alacsony éjszakai hőmérséklet sietteti a gumókötést.

A tenyészidőszakok hőmérséklet és csapadék adatait 2009-2019 évig terjedő időszak átlagában a **3. ábra** szemlélteti. A tavaszi ültetés tenyészidőszaka április elejétől július közepéig tartott. A nyári ültetés tenyészidőszaka július közepétől október végéig. Nagyon fontos különbséget tennünk a két tenyészidőszak eredményei között, amelyet gyakorlati szempontból és a későbbiekben statisztikailag is igazoltunk. Az ábrán is látható, hogy a tavaszi ültetés esetében az anyanövények a magasabb hőmérsékletet a tenyészidőszak végén, a gumókötés után kapták. Ellenben a nyári ültetés esetében a tenyészidőszak elején, a gumókötést megelőző időszakban. Ez az anyanövényben olyan élettani különbségeket okoz, amely módosítja az utódgumók kötésének időpontját, ezáltal az élettani kort a betakarításkor, közvetve a nyugalmi idő hosszát a két tenyészidőszakban betakarított utódgumókon.

A burgonyanövény számára optimális hőmérséklet 20-22°C. A növekedés minimuma 5°C, maximuma vízellátástól függő, de akár 40-45°C is lehet megfelelő mennyiségű és eloszlású csapadék esetén. A fotoszintézis maximuma 26°C, a gumók 18°C felett növekednek. A tavaszi tenyészidőszak elejének hőmérséklete optimum alatti, amely a vegetatív növekedést késlelteti, viszont a gumókötést sietteti. A tenyészidőszak végének magas, optimum feletti hőmérséklete pedig a már megkötött gumók élettani korát növeli. Ezért a tavaszi tenyészidőszakokból származó gumók élettanilag öregebbek, várhatóan a nyugalmi idejük is rövidebb. A nyári tenyészidőszakban a magas, optimum feletti hőmérséklet a tenyészidőszak elején a gumókötésnek nem kedvez, azt késlelteti. A tenyészidőszak végének hőmérséklete optimum alatti, amely nem öregíti élettanilag az utódgumókat. Ugyanakkor előfordulhat a tenyészidőszak végén, hogy a hőmérséklet 5°C alatti, amely az utódgumóra stresszként hat, ez az élettani kort növeli. A burgonyanövény csapadékigénye hőmérsékletfüggő, 200-600mm. A legtöbb csapadékot a gumók térfogat növekedésének időszakában igényli, ez a tenyészidőszak közepe. Ha több csapadékot kap a tenyészidőszak elején, az a vegetatív fejlődésnek kedvez, ezáltal késik a gumókötés.



3. ábra: A tenyésztidőszakok átlagos hőmérséklet és csapadék adatai 2009-2019 évek átlagában.

Az adatok rendszerezését követően először varianciaanalízist végeztünk. A varianciaanalízis tábla és a feltételeit megerősítő tesztek megtalálhatóak a mellékletben (M2.). Mindegyik interakció külön-külön, illetve a hármas interakció is szignifikáns. Ez azt jelenti, hogy az évjáratnak, tavaszi és nyári ültetésnek és a fajtának is van hatása a nyugalmi időre a környezeti tényezőkön felül. Ezért ezeket együttesen nem célszerű értelmezni, csak külön-külön. Ezért a további statisztikai tesztekben évjáratonként, ültetési időszakonként (tavaszi és nyári) és fajtánként külön-külön értelmeztük a környezeti tényezők hatását.

5.2.1 A környezeti tényezők és a nyugalmi idő korreláció analízise

A varianciaanalízist követően korreláció analízist végeztünk annak meghatározására, hogy az egyes környezeti tényezők változása miképp befolyásolja a nyugalmi idő változását az évjáratok között. Az **4. táblázatban** az eredményeket Pearson-féle korrelációs együtthatóban adtuk meg, fajtánként, ültetési időszakonként és változónként (a vizsgált környezeti tényezők). A korrelációs mátrixnak csak az első oszlopát szemléltetjük, mivel ez elegendő információt ad a nyugalmi idő és a meteorológiai változók közti kapcsolat irányáról és erősségéről.

4. táblázat: Korreláció analízis eredménye a tenyészidőszakokban mért meteorológiai változók és a vizsgált fajták nyugalmi ideje közt

	Tavaszi ültetés			Nyári ültetés		
	Botond	Démon	Balatoni rózsza	Botond	Démon	Balatoni rózsza
T.átl (1)	-,306**	-,264**	-,424**	,334**	,507**	,671**
T.max (2)	-,359**	-,305**	-,527**	-,320**	,235**	,606**
T.25 (3)	-,250**	-,333**	-,367**	-,440**	,026	,488**
Csap (4)	,065	,032	,382**	-,038	,227**	,292**
T.T.átl (5)	-,154*	-,116	-,296**	,328**	,408**	,554**
T.T.min (6)	-,265**	-,254**	-,436**	,345**	,380**	,430**
T.T.max (7)	-,117	-,054	-,250**	,306**	,404**	,574**
Levéln. (8)	,360**	,453**	,245**	-,101	-,101	,156*
Pára (9)	-,341**	-,068	-,473**	-,558**	-,390**	-,192**
K (10)	,290**	,165*	,515**	-,102	,088	-,013
Fotop. (11)	,406**	-,004	,421**	,293**	,296**	,350**
Hőingás (12)	,327**	,354**	,115	,007	-,216**	-,223**
T.eleje (13)	,314**	,231**	,308**	,644**	,509**	,626**
T.vége (14)	-,434**	-,563**	-,516**	,687**	,782**	,745**
T.éjszaka (15)	,253**	,130	,238**	,665**	,686**	,650**

A csillagok jelzik, ha a korreláció szignifikáns $p=0,05$ szinten (*), illetve $p=0,01$ szinten (**). (1) tenyészidőszakok napi középhőmérséklet összege. (2) tenyészidőszakok napi maximális hőmérsékletösszege. (3) a 25°C feletti napi maximummal rendelkező napok száma. (4) tenyészidőszakok alatti csapadékmennyiség összege. (5) a talaj középhőmérséklet összege. (6) a talaj minimális hőmérsékletösszege. (7) a talaj maximális hőmérsékletösszege. (8) a levélnedvesség-időtartam összege. (9) a relatív páratartalom összege. (10) a tenyészidőszak Sielianinov-féle hidrotermális együtthatója. (11) fotoperiódus összege a vegetációs időszak elején. (12) a napi hőingás összege a vegetációs időszak elején. (13) hőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején. (14) hőmérséklet összeg a vegetációs időszak végén. (15) az éjszakai hőmérsékletek összege a vegetációs időszak elején. A különböző színű cellák a kapcsolat erősségét szemléltetik: zöld: erős, vagy közepes; piros: biztos kapcsolat, de gyenge.

A kapcsolatok erősségéből és irányából következtethetünk arra, hogy a mért meteorológiai változók milyen mértékben és irányba módosítják a fajták nyugalmi idejét. Látható, hogy az ültetési időszakok korrelációi ugyanazon változó esetében sok esetben ellentétes irányúak, ezért a tavaszi és nyári ültetés eredményeit külön-külön értelmeztük.

A tenyészidőszak napi középhőmérséklet összege (1) a fajták nyugalmi idejét negatív (ellentétes) irányba módosította tavaszi ültetés esetén, amely összefügg ZARZYŃSKA (2004), valamint LEVY és VEILLEUX (2007) megfigyeléseivel. Tehát minél magasabb volt a tenyészidőszak hőösszege, annál rövidebb volt a fajták nyugalmi ideje. A kapcsolat a Balatoni rózsza esetében közepes, Démon és Botond esetében gyenge. Ezzel szemben nyári ültetéskor a

kapcsolat iránya pozitív, és összességében erősebb volt minden fajta esetében. Tehát minél nagyobb volt a tenyészidőszak hőösszege, annál hosszabb volt a fajták nyugalmi ideje. Ez látszólag ellentmondásos megállapítás a két ültetési időszak eredményei között. Ugyanakkor belátható, hogy a tavaszi ültetés esetében a növények a hőösszeg jelentősebb részét a tenyészidőszak végén kapják. A gumókötés utáni magas hőmérséklet pedig csökkenti a nyugalmi időt, mivel élettanilag öregíti az utódgumókat a talajban. A nyári ültetés esetében ezzel szemben a hőösszeg jelentős részét a gumókötés előtti időszakban kapják az anyanövények. A magas hőmérséklet a tenyészidőszak elején pedig késlelteti a gumókötést, ezáltal a gumók élettanilag fiatalabbak betakarításkor, tehát nő a nyugalmi idejük. A gumókötés utáni hőmérséklet pedig ebben a tenyészidőszakban alacsonyabb, ebből kifolyólag nem öregíti élettanilag az utódgumókat a talajban nagymértékben. Kivétel ez alól a Botond, amely fajtajellegéből adódóan hamarabb köt gumót, ezért nyári ültetés esetén még megkaphatja a tenyészidőszakának végén a magas hőösszeget, amely öregíti az utódgumókat, ez teszi lehetővé, hogy a kapcsolat erőssége ennél a fajtánál csak közepes. Megállapítható ezek alapján, hogy önmagában a teljes tenyészidőszak alatti hőmérséklet összeg nem alkalmas a nyugalmi időt módosító hatás objektív megállapítására. Ha azonban külön értelmezzük a tenyészidőszak gumókötés előtti és utáni periódusára vonatkozó hőösszeg változókat, pontosabb eredményt és realisabb képet kapunk (13 és 14 változó).

A tenyészidőszakok napi maximális hőmérsékletösszege (2) szintén tenyészidőszakonként eltérő irányba és fajtánként eltérő mértékben befolyásolta a nyugalmi időt. A tendencia hasonló az előbbi, „tenyészidőszak alatti halmozott hőmérséklet” (1) hatásához. A Balatoni rózsa esetében a legerősebb a kapcsolat a vizsgált tenyészidőszakokban. Összességében tavaszi ültetés esetén erősebb kapcsolatokat találtunk az előző meteorológiai tényezőhöz (1) képest. A tavaszi tenyészidőszakban ugyanis a nagyobb hőösszeget a gumókötést követően kapják az utódgumók, amely az élettani kort növeli, a nyugalmi időt csökkenti. A maximális hőmérséklet összeggel ez a hatás még jobban érzékeltethető az eredmények alapján, de csak tavaszi ültetés esetében. A kapcsolatok iránya szintén az előbbi környezeti tényezőhöz (1) hasonlóan alakult, mivel a napi maximális hőmérséklet értékei követik a napi átlaghőmérséklet értékeket. Egyedül a Botond esetében tapasztaltunk ellentétes irányú korrelációt nyári ültetés esetében az előzőhöz képest. Ez a fajta gumókötésének idejével magyarázható. Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának előzetes vizsgálatait során felvételeztük a gumókötés időpontját az ültetéstől számítva, minden fajta esetén. Az eredmények alapján a Botond hamarabb kötött gumót, és ezek még nyár végén megkaphatták a magasabb hőösszeget a talajban, ezáltal a késő nyári magas hőmérséklet élettanilag öregítette a kötött gumókat, ami negatív irányba befolyásolta a nyugalmi időt.

A 25°C feletti napi maximummal rendelkező (aszályos) napok száma (3) hasonló hatással volt a nyugalmi időre, mint a „tenyészidőszakok napi maximális hőmérsékletösszege” (2). A kapcsolatok iránya megegyezik, a kapcsolatok erőssége összességében gyengébb. Tavaszi ültetés esetén minél több volt a 25°C feletti napok száma, annál rövidebb nyugalmi időt tapasztaltunk, ez szintén a gumókötés utáni hőösszeggel magyarázható, amely a nyugalmi időt csökkenti. Nyári tenyészidőszakokban a Balatoni rózsa esetében a kapcsolat pozitív irányú és közepes erősségű, az aszályos napok a tenyészidőszak elején késleltették a gumókötést, ami növelte a nyugalmi időt. A Botond esetében azonban negatív irányú és közepes erősségű. A Botond a vizsgált fajtákhoz képest hamarabb köt gumót, az aszályos (hősokk) napok főképp a gumóképződés után befolyásolták az utódgumói életkori korát, rövidítve azok nyugalmi idejét.

A tenyészidőszakok alatti csapadékmennyiség összege (4) eredményeink alapján nem befolyásolta nagymértékben a gumók nyugalmi idejét, mivel a kapcsolatok erőssége nagyon gyenge, vagy gyenge. A kapcsolatok iránya pozitív, tehát minél több volt a csapadék az adott évjáratban, annál hosszabb volt a nyugalmi idő. Ez a megfigyelés összhangban van ZARZYŃSKA (2004) eredményeivel, mely szerint a kevesebb csapadék a vegetációs időszakban csökkenti a nyugalmi időt. Ez belátható, hiszen a főképp tenyészidőszak elején hulló megfelelő mennyiségű csapadék a vegetatív fejlődésnek kedvez, ami késlelteti a gumókötést, életlenül fiatalabb gumókat takaríthatunk be, amelyeknek hosszabb a nyugalmi idejük. Egyedül a Botond fajtánál nyári ültetés esetén kaptunk negatív korrelációt, ugyanakkor a kapcsolat nagyon gyenge. Ennek közvetett magyarázata az lehet, hogy a tenyészidőszak elején a nyári csapadék magasabb páratartalmat eredményezett. Az „összesített relatív páratartalom” (9) pedig ennél a fajtánál a nyári tenyészidőszakban közepesen és negatív irányba módosította a nyugalmi időt. A Botond fajta valószínűleg érzékenyebb ez utóbbi környezeti tényezőre, amely siettette a gumókötését, ennek következtében az utódgumók még megkaphatták a nagyobb hőösszeget a nyár végi napokon. A hőmérsékletnek van a legnagyobb hatása a nyugalmi időre eddigi eredményeink szerint. Csapadék szempontjából a tavaszi ültetés esetében a kapcsolatok gyengébbek, mint a nyári ültetés esetén. Ha megvizsgáljuk a tenyészidőszakok átlagos csapadék adatait (**3. ábra**), láthatjuk, hogy a tavaszi tenyészidőszak gumókötést megelőző időszaka kevésbé volt csapadékos, mint a nyári tenyészidőszaké. Az alacsonyabb hőmérséklet tavasszal kevesebb párologtatással jár, azonban nyáron a csapadék korlátozó tényezője lehet a növekedésnek, hiánya nagyobb mértékben sietteti a gumókötést. Ezért gyakorolhatott a nyári ültetésű gumók nyugalmi idejére nagyobb hatást a csapadékösszeg a tavaszi tenyészidőszakhoz képest. A megfelelő méretű lombfelület kialakításának szintén korlátozó tényezője lehet a csapadék. Eredményeink alapján azonban a tenyészidőszak alatti csapadékmennyiség összege önmagában a nyugalmi időt módosító hatás előrejelzésére nem alkalmas.

A talaj közepes, minimális és maximális hőmérséklet összege (5, 6, 7) az „átlagos léghőmérséklet összeggel” (1) összhangban módosította a fajták nyugalmi idejét. A kapcsolatok iránya megegyezik, a kapcsolatok erőssége általánosságban gyengébb, de a tendencia megegyezik fajtánként. Ennek a magyarázata, hogy a talaj hőmérséklete követi a léghőmérsékletek értékeit, azonban a talaj hőkapacitása lényegesen nagyobb a levegőénél, ezáltal a változások kiegyenlítettebbek. Önmagában a talaj hőmérsékletösszeg változók sem alkalmasak a nyugalmi időt módosító hatás objektív megállapítására, ebben az esetben is külön kell értelmeznünk a gumókötés előtti és utáni hőmérséklet változókat.

A levélnedvesség-időtartam összege (8) tavaszi ültetés esetén pozitív irányba módosította a fajták nyugalmi idejét. Tehát minél nagyobb volt a levélnedvesség-időtartam összege a tenyészidőszakban, annál hosszabb volt a nyugalmi idő. Ez különösen a hosszú tenyészidejű Démon fajtánál volt megfigyelhető, itt közepesen erős kapcsolatot tapasztaltunk, míg a rövid tenyészidejű Balatoni rózsza és Botond fajtáknál gyenge kapcsolatot. Ha tanulmányozzuk a csapadék eloszlását a vizsgálati évek átlagában (**3. ábra**), azt tapasztaljuk, hogy a csapadék jelentősebb része a tavaszi ültetéskor a tenyészidőszak végén hullott. A levélborítás időtartama pedig korrelál a csapadékkal és a hőmérséklettel is. A Démon, mivel hosszabb tenyészidejű, érzékenyebb a levélborításra, amely tavaszi ültetés esetében a tenyészidőszak végén volt jelentős, a nagyobb levélborítás hűvösebb időt feltételez a gumókötést követően a nyári időszakban, amely élettanilag nem öregíti a gumókat, tehát hosszabb a nyugalmi idejük. Sajnos a nyári ültetés esetében ilyen jellegű kapcsolatot nem tudtunk megfigyelni, a kapcsolatok iránya nem egyértelmű, erősségük nagyon gyenge. Ezért a levélnedvesség-időtartam összege a nyugalmi időt módosító hatás előrejelzésére nem alkalmas eredményeink alapján.

A relatív páratartalom összege (9) mindkét tenyészidőszakban, minden fajta nyugalmi idejét negatív irányba módosította. Minél magasabb volt a relatív páratartalom a tenyészidőszakban, annál rövidebb volt a nyugalmi idő. Ez a megfigyelés részben ellent mond LEVY és VEILLEUX (2007) megfigyeléseinek, akik szerint a magas léghőmérséklet és az alacsony páratartalom a gumók növekedése során felgyorsítja a fiziológiai érés ütemét és csökkenti a nyugalmi időt. A **3. ábra** alapján, tavaszi ültetés esetén a tenyészidőszak végén volt magas a páratartalom, amely a csapadék mennyiségével és a hőmérséklettel is korrelál. A gumókötést követő magas hőmérséklet azonban erőteljesebb hatást gyakorolt az élettani öregedésre, mint ahogyan azt a csapadék kompenzálná, ezért a kapcsolatok iránya negatív. A rövidebb tenyészidejű fajták esetén a kapcsolat erősebb, amely a gumókötés fajtára jellemző, korábbi időpontjával magyarázható. Nyári ültetés esetében a hőmérséklet a tenyészidőszak elején volt magas, a csapadék eloszlása egyenletes volt a vizsgált évek átlagában. A kapcsolatok erőssége azonban gyenge, egyedül a

Botond fajta esetében közepes. Ez a fajta valószínűleg érzékenyebb a páratartalom növekedésére, amely sietteti a gumókötést. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a magasabb páratartalmú nyár több csapadékot, és ugyanakkor magasabb hőmérsékletet is feltételez. Valószínűleg ebben az esetben is a hőmérsékletnek van meghatározó szerepe a nyugalmi idő változásában. Mivel az eredmények nem minden esetben egyértelműek, a relatív páratartalom összege a nyugalmi időt módosító hatás előrejelzésére nem alkalmas eddigi eredményeink alapján.

A tenyészidőszakok Sielianinov-féle hidrotermális együtthatója (10) tavaszi ültetés esetén pozitív irányba módosította a fajták nyugalmi idejét. Minél nagyobb értéket vesz fel a K-tényező, annál csapadékosabb a tenyészidőszak. Tehát minél kevésbé volt aszályos az adott évjárat tavaszi ültetés esetén, annál hosszabb volt a nyugalmi idő. Ebben a tenyészidőszakban a szárazságra a vegetáció végén, gumókötést követően lehet számítani, amely a gumókat élettanilag öregíti, rövidebb lesz a nyugalmi idő. Az eredmények is ennek megfelelően alakultak, a két rövid tenyészidejű fajta esetében, amelyek hamarabb kötöttek gumót genetikailag meghatározott okokból, nagyobb mértékben hatással volt a K-tényező, mivel több időt töltöttek a gumók a talajban. A Démon fajtára a K-tényező nagyon kis mértékben volt hatással a tavaszi tenyészidőszakban. Ez a fajta ugyanis hosszabb érési ideje mellett később köt gumót, a magas hőmérsékletnek és szárazságnak így kevésbé voltak kitéve az utódgumók, mivel a betakarítás minden fajta esetében egy időben történt. Ezek az eredmények alátámasztják GRUDZIŃSKA és MAŃKOWSKI (2018) eredményeit, akik szintén pozitív korrelációt tapasztaltak a Sielianinov-együttható és a nyugalmi idő között. Meg kell jegyezni, hogy ezeket a vizsgálatokat Lengyelországban végezték, ahol az ökológiai tényezők a burgonyatermesztés számára kedvezőbbek, mint Magyarországon (hűvösebb, csapadékosabb klíma). Ezért is tapasztalható, hogy nyári ültetés esetén a kapcsolatok erőssége nagyon gyenge, irányuk nem egyértelmű. Így a K-tényező a nyugalmi időt módosító hatás előrejelzésére a teljes naptári évben nem alkalmas hazai körülmények között. Illetve ennek az állandónak a hazai körülményekre történő optimalizálása lenne indokolt. Ez azonban további részletes meteorológiai vizsgálatokat igényelne a K-tényező számlálójában lévő korrekciós érték pontos meghatározására.

A fotoperiódus összege a vegetációs időszak elején (11) korreláció analízis alapján pozitív irányba módosította a fajták nyugalmi idejét, tehát minél hosszabb volt a megvilágítás időtartama, annál hosszabb volt a nyugalmi idő. Ez alátámasztja SZIRTES (1984), BURTON (1989) és JACKSON (1999) megfigyeléseit, amely szerint a rövid nappalok kedveznek a gumófejlődés megindulásának, siettetik a gumókötést. Eredményeink alapján azonban ennek csak tavaszi ültetés esetében volt jelentősége, ahol a nappalhossz valóban korlátozó tényezője lehet a gumóindukciónak. Nyári ültetés esetében a hosszabb nappalok a tenyészidőszak első

felében a tavaszi ültetéshez képest késleltette a gumókötést, azonban az évjáratok között nem befolyásolta nagymértékben a nyugalmi időt, a kapcsolat erőssége minden fajta esetében gyenge. Valószínűleg a fotoperiódus módosító hatása fajtafüggő, ugyanis tavaszi ültetés esetében a két rövid tenyészidejű fajta nyugalmi idejét befolyásolta közepes mértékben, a hosszú tenyészidejű Démon esetében a kapcsolat erőssége nagyon gyenge és fordított. A rövid tenyészidejű fajták esetében a hosszabb nappal késleltette a gumókötést, viszont a hosszú tenyészidejű fajtánál a gumókötés ideje genetikailag meghatározott okokból későbbre tehető, ezért valószínűleg nem volt rá hatással. Tehát a fotoperiódus összeg használata a nyugalmi idő előrejelzésére csakis tavaszi tenyészidőszakban, illetve rövid tenyészidejű fajták esetében ajánlott. Ez alátámasztja TOR (2011) megfigyeléseit.

A napi hőingás összege a vegetációs időszak elején (12) nem befolyásolta nagymértékben a fajták nyugalmi idejét, a kapcsolatok erőssége gyenge, vagy nagyon gyenge. Szakirodalmi adatok (SZIRTES, 1984; van ITTERSUM és SCHOLTE, 1992b; SUTTLE, 2007) alapján a nagy napi hőingás a tenyészidőszak elején sietteti a gumókötést. Ezt nem tudtuk alátámasztani, sőt, tavaszi ültetés esetében éppen ellenkezőleg, minél nagyobb volt a napi hőingás összege a tenyészidőszak elején, annál hosszabb nyugalmi időt mértünk. Ezzel ellentétben, nyári ültetés esetében a kapcsolat iránya negatív a Balatoni rózsa és Démon fajta esetén. Nagyságrendi különbséget pedig nem tapasztaltunk a hőingás összegekben a tavaszi és nyári tenyészidőszak között a vizsgált évjáratokban, egyik fajta esetében sem. Mivel a kapcsolatok gyengék és a kapcsolat iránya sem egyértelmű, így eredményink alapján a napi hőingás összege a vegetációs időszak elején nem magyarázza a nyugalmi idő változását az évjáratok között.

A hőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején (13) mindkét tenyészidőszakban, minden fajta esetében pozitív irányba módosította a nyugalmi időt. Minél nagyobb volt a hőmérséklet, annál hosszabb nyugalmi időt mértünk. Ez összhangban van SZIRTES (1984) és JACKSON (1999) megfigyeléseivel, melyek szerint a magas hőmérséklet a tenyészidőszak elején a hajtásnövekedésnek kedvez, ami késlelteti a gumókötést. Ez a hatás főképp a nyári tenyészidőszakban érvényesült, a kapcsolat itt erősebb volt mindhárom fajta esetében. Valószínűleg ez a magasabb léghőmérséklettel magyarázható. Eredményeink alapján a hőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején alkalmas a nyugalmi idő évjáratok közti különbségeinek magyarázatára, különösképpen nyári tenyészidőszakban történő ültetés esetén. Azonban a tenyészidőszak hőmérséklet értékeinek dinamikája meghatározza a környezeti tényező módosító hatásának erősségét. Így ennek ismerete feltétlenül szükséges, amennyiben előre szeretnénk jelezni a módosító hatást. Amennyiben a léghőmérséklet a burgonya számára

optimális alatti a tenyészidőszak elején, akkor gyengén, amennyiben optimális, vagy afeletti, közepes mértékben módosítja a nyugalmi időt, pozitív irányba.

A hőmérséklet összeg a tenyészidőszak végén (14) a legnagyobb mértékben módosította a fajták nyugalmi idejét mindkét tenyészidőszakban, azonban tenyészidőszakonként eltérő irányba. Ennek magyarázata a „tenyészidőszak alatti halmozott hőmérséklet” (1) környezeti tényező esetében már tárgyalásra került. Tavaszi ültetés esetén a tenyészidőszak végének hőmérséklete élettanilag öregítette a kötött gumókat a talajban, ezért a kapcsolat negatív irányú. Nyári ültetés esetén pedig a tenyészidőszak végi magasabb hőmérséklet kedvező a talajban lévő gumók élettani öregedése szempontjából, mérsékli azt. A **3. ábrán** látható, hogy a nyári tenyészidőszak végének átlagos hőmérséklete jóval a biológiai optimum (18-20°C) alatt volt. Egyes évjáratokban a tenyészidőszak végére a hőmérséklet 5°C alatti is volt, amely a talajban lévő gumóra stresszként hat. A hidegsokk ugyanis élettanilag öregíti a gumókat, amely csökkenti a nyugalmi időt. Eredményeink alapján ez a környezeti tényező a leginkább alkalmas a tenyészidőszakok közti különbségek magyarázatára a nyugalmi időben. A kapcsolatok erőssége tavaszi ültetés esetén közepes, nyári ültetés esetén erős. A kapcsolatok erősségének tendenciája is fajtánként megegyezik a különböző tenyészidőszakokban, a legnagyobb hatással a Démon, majd a Balatoni rózsa, végül a Botond nyugalmi idejére volt. Eredményeink alapján ez a környezeti tényező akár előrejelzésre is használható, általánosítható a hatása minden tenyészidőszakra, de figyelembe kell venni a hőmérsékleti értékek lefutását: Amennyiben a tenyészidőszak végének hőmérséklete optimum feletti, úgy negatív (ellentétes) irányba, amennyiben optimum alatti, úgy pozitív (azonos) irányba módosítja a fajták nyugalmi idejét.

Az éjszakai hőmérsékletek összege a vegetációs időszak elején (15) szakirodalmi adatok alapján (JACKSON, 1999 és AKSENOVA et al., 2013) nagymértékben befolyásolja a nyugalmi időt. A várakozással ellentétben azonban eredményeink ezt nem bizonyították maradéktalanul. A kapcsolat iránya ugyan minden esetben pozitív, tehát a megfigyelést alá tudtuk támasztani, azonban a kapcsolatok erőssége a „hőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején” (13) környezeti tényező szerint alakult. Nyári ültetés esetében a nagymértékű módosító hatást alá tudtuk támasztani, mivel a kapcsolatok erősek. A tavaszi ültetés tenyészidőszakára is le tudunk vonni egyértelmű következtetést, azonban a kapcsolatok gyengék. Eredményeink szerint a tenyészidőszak elejének hőmérséklete, különösen az éjszakai hőmérséklet abban az esetben befolyásolja nagymértékben a nyugalmi időt, ha a tenyészidőszak elejének hőmérséklete alapvetően magas (nyári ültetés). Ez a megfigyelés hasonló, mint a „hőmérséklet összeg a vegetációs időszak elején” (13) környezeti tényező esetében. Amennyiben a léghőmérséklet a

burgonya számára optimális alatti a tenyészidőszak elején, akkor gyengén, amennyiben optimális, vagy afeletti, közepes mértékben módosítja a nyugalmi időt.

5.2.2 A környezeti tényezők nyugalmi időt módosító hatásának rangsor-tesztje

Megállapítható eredményeink alapján, hogy hazai körülmények között minden tenyészidőszakban kizárólag a hőmérséklet összegnek van statisztikailag igazolható, markáns hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére. A továbbiakban csak a nyugalmi idővel legszorosabb kapcsolatot mutató változókat értékeljük. A varianciaanalízis eredményeként külön vizsgáljuk a hőmérséklet összeg hatását fajtánként, illetve tavaszi és nyári tenyészidőszakonként.

A léghőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején korreláció analízis alapján megbízhatóan alkalmazható a nyugalmi idő előrejelzésére. Amennyiben a léghőmérséklet a burgonya számára optimális alatti a tenyészidőszak elején, akkor gyengén, amennyiben optimális, vagy afeletti, közepes mértékben módosítja a nyugalmi időt, pozitív irányba. Tehát tavaszi ültetés esetén gyenge, nyári ültetés esetén azonban erősebb kapcsolatot feltételezünk az évjáratok eredményei között, a rangsorban pedig az alacsonyabb léghőmérséklet összegű évjáratoknál várjuk a rövidebb nyugalmi időt.

A léghőmérséklet összeg a tenyészidőszak végén előzetes eredményeink alapján a legmegbízhatóbb előrejelzése a nyugalmi időnek. Általánosítható ennek a környezeti tényezőnek hatása: Amennyiben a tenyészidőszak végének hőmérséklete optimum feletti, úgy negatív (ellentétes), amennyiben optimum alatti, úgy pozitív (megegyező) irányba módosítja a fajták nyugalmi idejét. Tehát tavaszi ültetés esetén ellentétes irányú és közepes kapcsolatra számítunk, így az alacsonyabb hőmérséklet összegű évjáratoknál várjuk a hosszabb nyugalmi időt, míg nyári ültetés esetén éppen ellenkezőleg. Itt erős kapcsolatot feltételezünk, és rangsorban a magasabb hőmérsékletű évjáratok esetében várjuk a hosszabb nyugalmi időt.

A fotoperiódus összege a vegetációs időszak elején pozitív irányba módosította a fajták nyugalmi idejét, azonban kizárólag tavaszi tenyészidőszakban, illetve rövid tenyészidejű fajták esetében tapasztaltunk következetes összefüggést. Ezért ennek a környezeti tényezőnek az értékelését csak a Botond és Balatoni rózsa fajták esetében végeztük el a tavaszi tenyészidőszakokban, illetve logikailag ez indokolja, hogy a legrövidebb és leghosszabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajta eredményeit egymás után szemléltetjük.

5.2.2.1 Tavaszi tenyészidőszakok eredményei

Az eredményeket a nyugalmi idő függvényében csoportosítottuk növekvő sorrendben, így látható grafikusán és táblázatban is, hogy az emelkedő függő változóra a független változók miképpen módosulnak a különböző évjáratok között. A kísérleti évjáratok eredményei mellett feltüntettük még a kontroll, standard környezeti körülmények közt nevelt növényekből származó gumók eredményeit is (St). Kiugróan magas értékeket tapasztalhatunk kontroll körülmények között a független változóban, mivel ezek a burgonya számára optimális, állandó 22°C léghőmérséklet és 16h fotoperiódus volt. Ugyanakkor, főképp tavaszi tenyészidőszakokban, nem az állandó körülmények közt nevelt gumók esetén mértük a leghosszabb nyugalmi időt, tehát a gumó élettani kora és a hosszú nyugalmi idő szempontjából nem optimális az állandó hőmérséklet a teljes tenyészidőszakban. Ugyan kontroll körülmények között magas volt a tenyészidőszak elejének halmozott hőmérséklete, ami késlelteti a gumókötést, de a tenyészidőszak végének halmozott hőmérséklete is magas értékeket vett fel a vizsgált évjáratokhoz képest, ez feltehetően élettanilag öregítette a gumókat a talajban (termesztő közegben).

A Botond és Balatoni rózsa esetében tavaszi tenyészidőszakban nemcsak a léghőmérséklet, de a nappalhossz változót is feltüntettük. Azt tapasztaltuk, hogy a léghőmérséklet összeg a tenyészidőszak végén változóval szinte azonos a lefutása. A későbbi időpontban elültetett gumók kaptak hosszabb megvilágítást a tenyészidőszakuk elején. A későbbi ültetési időpont ugyanakkor magasabb léghőmérsékletet is feltételez a tavaszi tenyészidőszak első felében.

Botond esetében a többszörös rang post-hoc teszt eredményei az előzetes korreláció analízisnek megfelelőképpen alakultak. A nyugalmi idő szerint emelkedő sorrendbe rendezett évjáratok környezeti tényezőinek értékei követték a módosító hatás irányát és mértékét az esetek többségében. Emelkedő nyugalmi időre csökkenő értékeket tapasztaltunk a léghőmérséklet összeg a tenyészidőszak végén (T.vége) környezeti változó esetében. Ez látható grafikusán (**4. ábra**), illetve számszerűsítve, táblázatos formában is (**5. táblázat**). Rendre, a rövidebb nyugalmi időhöz a magasabb értékű léghőmérséklet összegeket mértük, ez látható a Duncan-teszt eredményén, abc-rendben a magasabb betűk tartoznak az utóbbi változókhöz. Míg a hosszabb nyugalmi idővel rendelkező évjáratokhoz az alacsonyabbak. Kivétel ez alól a 2012. évjárat, amely statisztikailag nem különbözött a leghosszabb nyugalmi idejű évjáratától, azonban itt a harmadik leghosszabb T.vége értéket mértük. Ebben az évjáratban várhatóan rövidebb nyugalmi időt indokolna a megfigyelt összefüggés, ugyanis a T.vége magas volt, a T.eleje és Nappalhossz csak közepes. Azonban feltehetően egy nem mért meteorológiai változó módosíthatta a

gumókötés idejét, vagy a gumókötés utáni élettani kort a talajban, ezért ebben az évjáratban a magas léghőmérséklet összeg ellenére a gumókötés utáni időszakban, hosszú nyugalmi időt mértünk.

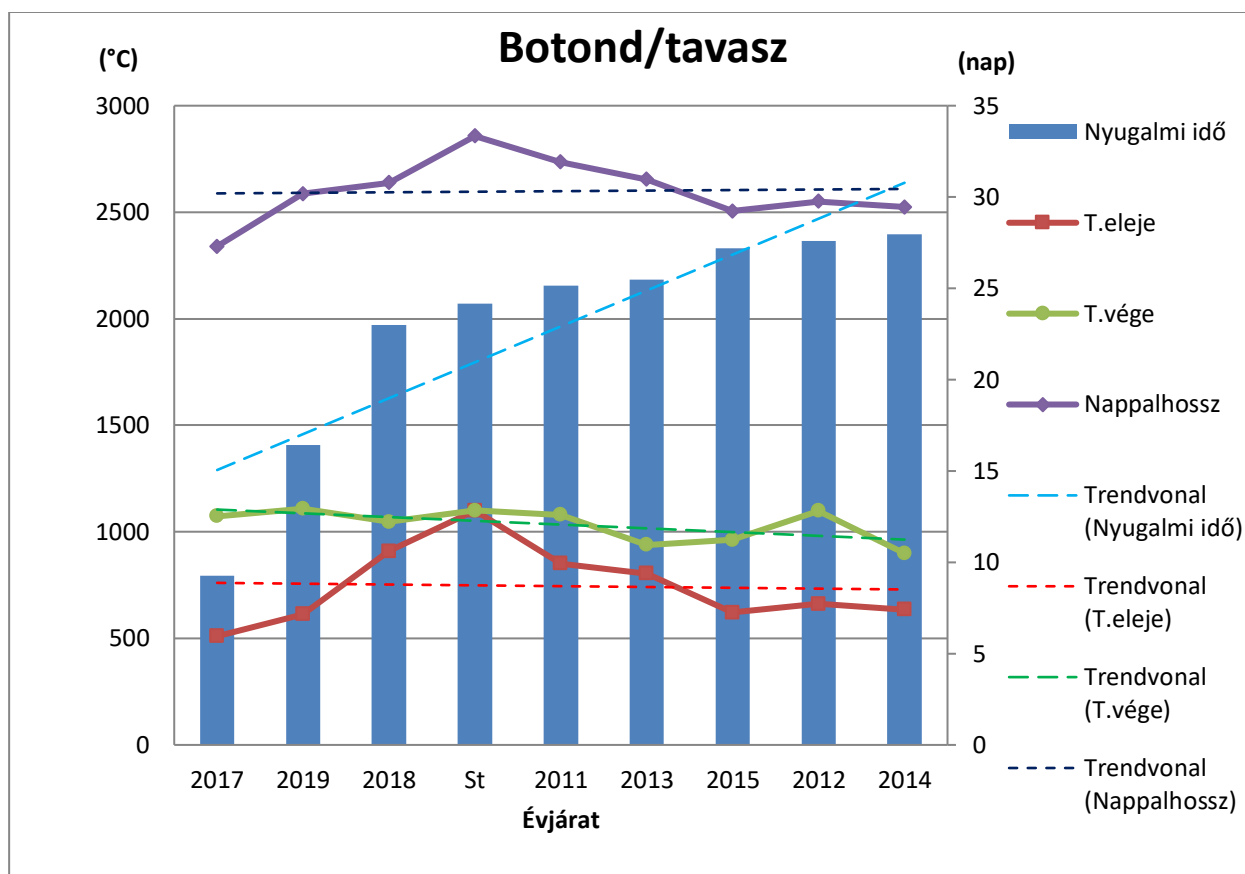
A fotoperiódus összege a vegetációs időszak elején (Nappalhossz) és léghőmérséklet összeg a tenyészidőszak elején (T.eleje) lefutása a vizsgált évjáratokban nagyon hasonló volt, ezért ezeket közösen értékeljük. A legrövidebb nyugalmi idejű évjáratban mértük a legalacsonyabb értékeket a változók esetében, míg a legmagasabbak esetén a nyugalmi idő közepes volt (2018., 2011. és 2013.). A leghosszabb nyugalmi idejű évjáratokban azonban a változók értéke volt közepes. Ugyanakkor, korreláció analízis alapján a kapcsolat erőssége gyenge, tehát a megfigyelés ennek megfelelőképpen alakult.

A nyugalmi idő terjedelme 1602°C , amely 20°C -on történő tárolás esetén 80 nap különbség a nyugalmi időben az évjáratok között. A nyugalmi időt legnagyobb mértékben befolyásoló, T.vége változó terjedelme 210°C , amely a tenyészidőszak utolsó 50 napjára vetítve $4,2^{\circ}\text{C}$ naponta. Összességében tehát átlagosan 1°C csökkenés a tenyészidőszak végén mintegy 19 nappal hosszabbítaná meg a tavaszi tenyészidőszakban termesztett Botond nyugalmi idejét, ha a nyugalmi idő kizárólag a T.vége változótól függene. Azonban a valóságban a környezeti tényezők hatása összeadódik, egy változó önmagában nem 100%-ban magyarázza a nyugalmi idő változását.

5. táblázat: A tavaszi tenyésztidőszakok környezeti tényezőinek hatása a Botond nyugalmi idejére

Botond/tavaszi	2017	2019	2018	St	2011	2013	2015	2012	2014
Ny. idő (°C)	a	b	c	d	de	e	f	f	f
	795	1407	1972	2071	2156	2185	2332	2364	2397
T.eleje (°C)	a	b	h	i	g	f	c	e	d
	510	614	909	1100	852	804	621	661	635
T.vége (°C)	e	i	d	h	f	b	c	g	a
	1073	1109	1046	1100	1080	939	963	1098	899
Nappalhossz (nap)	a	e	f	i	h	g	b	d	c
	27	30	31	33	32	31	29	30	29

A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten. Alatta a mért változók abszolút értékben.



4. ábra: Környezeti tényezők hatása a Botond nyugalmi idejére, tavaszi tenyésztidőszakokban.

A baloldali értéktengely a fajta nyugalmi idejét mutatja, valamint a léghőmérséklet összeget a tenyésztidőszak elején és végén (°C). A jobboldali értéktengelyen látható a fotoperiódus összege a tenyésztidőszak elején, napokban kifejezve. A kategóriatengelyen az évjáratok láthatóak a nyugalmi idő szerint növekvő sorrendben. St: standard körülmények közt nevelt növények.

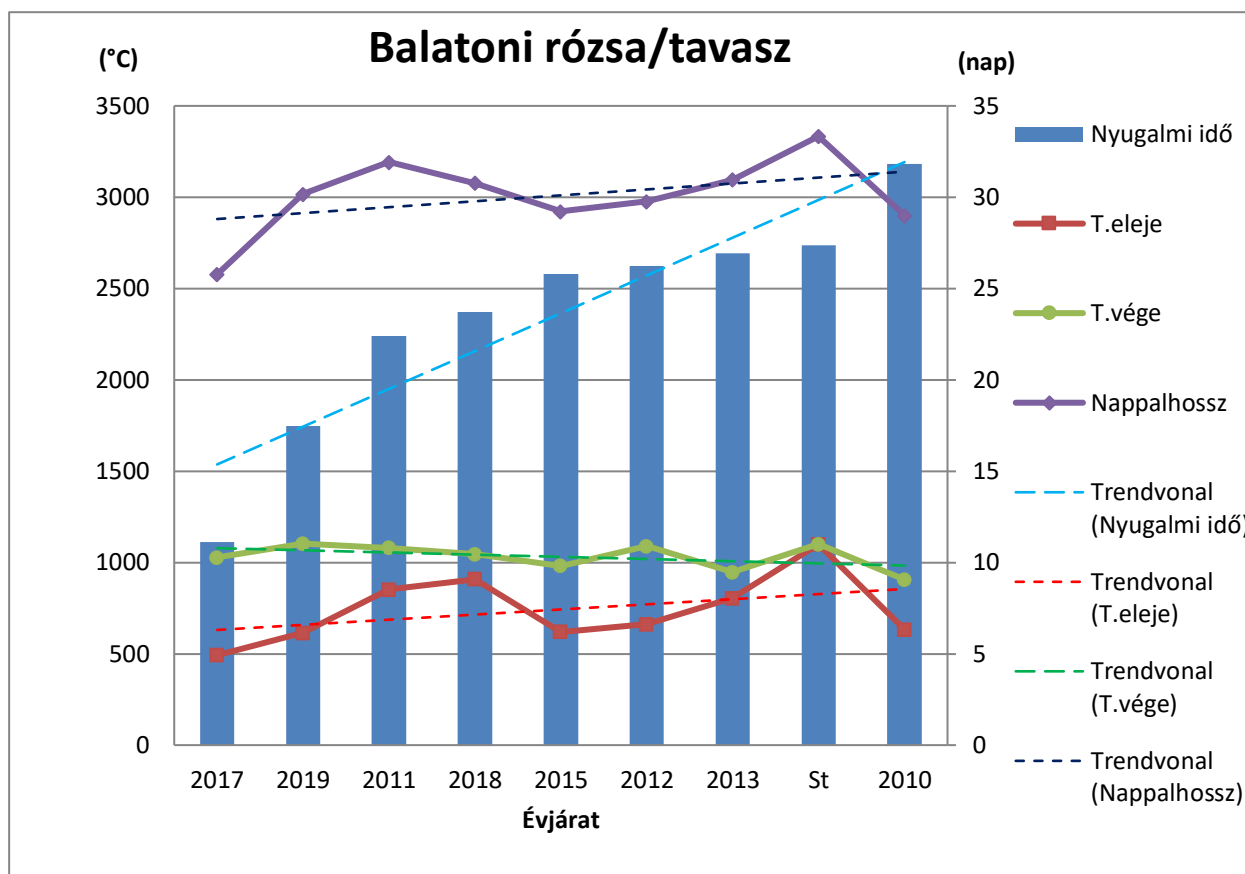
A **Balatoni rózsa** eredményei a Botondhoz hasonlóan alakultak a tavaszi tenyésztidőszakokban. A korreláció analízis alapján legerősebb, negatív irányú kapcsolatot mutató T.vége változó magasabb értékeit alacsonyabb nyugalmi idő esetén mértük, alacsonyabb értékekre hosszabb volt a nyugalmi idő (**6. táblázat**). Kivétel ez alól szintén a 2012. évjárat, hasonlóan a Botondhoz. A Nappalhossz és a T.eleje változók lefutása a Balatoni rózsa esetében is hasonlóan alakult, a legalacsonyabb értékekre mértük a legrövidebb nyugalmi időt, a magasabbakra közepes és hosszú nyugalmi időt (**5. ábra**). Kivétel ez alól a 2010. évjárat, ahol a második legrövidebb értéket mértük Nappalhosszra, közepes értéket T.eleje esetén, ezek rövidítik a nyugalmi időt. Azonban a T.vége ebben az évben vette fel a legkisebb értéket, amelynek a korrelációs együtthatója erősebb, és negatív irányú, így nagyobb mértékben, ellenkező irányba módosította a nyugalmi időt. Ebben az esetben is a kapcsolatok erőssége gyenge, azonban a korreláció biztos, ezt a megfigyeléseink is alátámasztották.

A nyugalmi idő terjedelme igen jelentős, 2071°C , amely 103,5 nap 20°C -on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 197°C , amely a tenyésztidőszak végére vetítve $3,9^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C csökkenés a tenyésztidőszak végén 26,5 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, tavaszi tenyésztidőszakban, ha kizárólag a T.vége lenne a meghatározója a nyugalmi idő változásának. A környezeti tényezők kisebb változása összességében nagyobb mértékben módosította a fajta nyugalmi idejét, tehát a Balatoni rózsa volt a legérzékenyebb a környezeti tényezők változására tavaszi ültetés esetén.

6. táblázat: A tavaszi tenyészidőszakok környezeti tényezőinek hatása a Balatoni rózsa nyugalmi idejére

Balatoni r./tavasz	2017	2019	2011	2018	2015	2012	2013	St	2010
Ny. idő (°C)	a	b	c	d	e	ef	fg	g	h
	1111	1747	2240	2371	2578	2622	2693	2738	3182
T.eleje (°C)	a	b	g	h	c	e	f	i	d
	492	614	852	909	621	661	804	1100	634
T.vége (°C)	d	i	f	e	c	g	b	h	a
	1027	1104	1080	1045	982	1089	946	1100	907
Nappalhossz (nap)	a	e	h	f	c	d	g	i	b
	26	30	32	31	29	30	31	33	29

A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten. Alatta a mért változók abszolút értékben.



5. ábra: Környezeti tényezők hatása a Balatoni rózsa nyugalmi idejére, tavaszi tenyészidőszakokban.

A baloldali értéktengely a fajta nyugalmi idejét mutatja, valamint a léghőmérséklet összeget a tenyészidőszak elején és végén (°C). A jobboldali értéktengelyen látható a fotoperiódus összege a tenyészidőszak elején, napokban kifejezve. A kategóriatengelyen az évjáratok láthatóak a nyugalmi idő szerint növekvő sorrendben. St: standard körülmények közt nevelt növények.

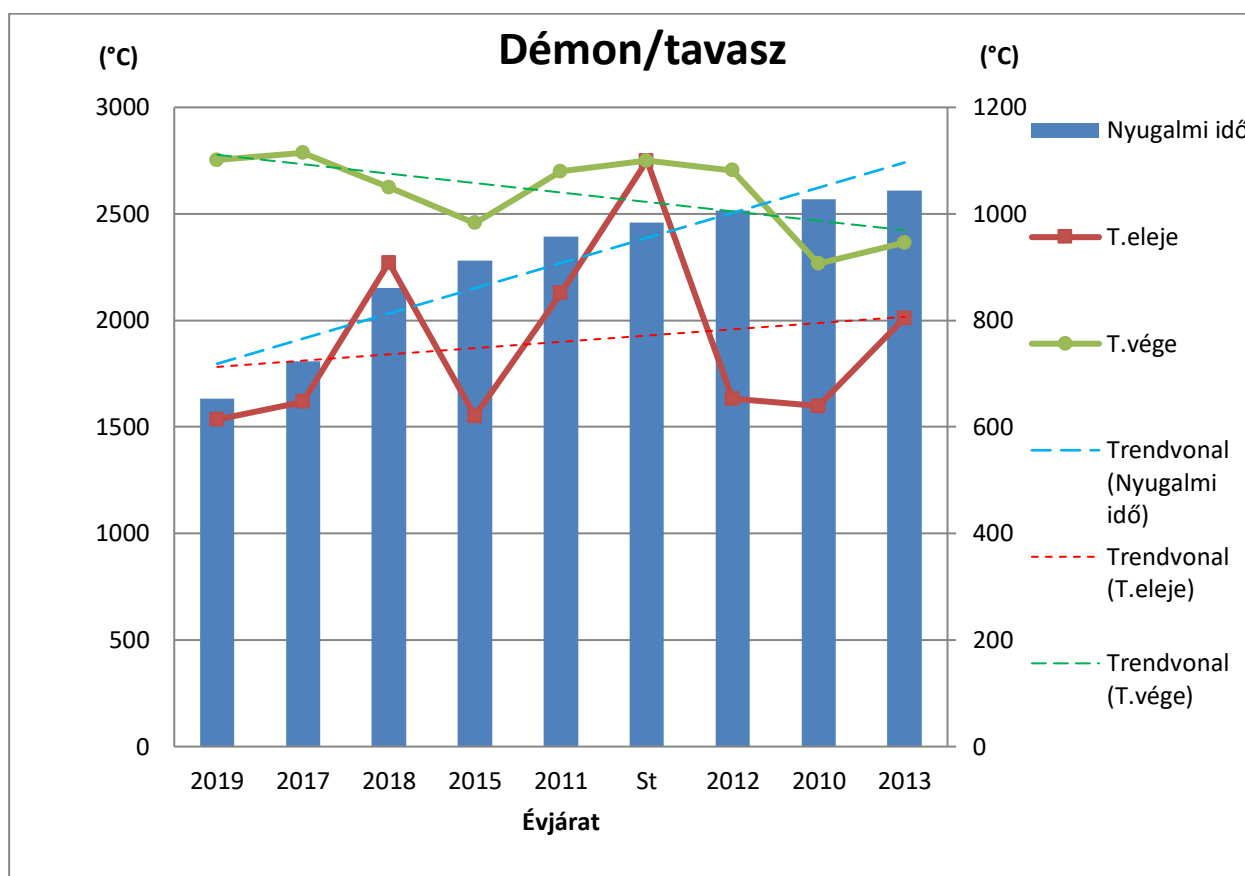
A **Démon** esetében nem találtunk megbízható kapcsolatot a Nappalhossz és nyugalmi idő közt, ezért ezt a környezeti változót nem értékeljük a továbbiakban. Az eredmények az előző fajtákhoz hasonlóan alakultak. A legerősebb kapcsolatot mutató, T.vége változó legmagasabb értékeire rövid, legalacsonyabb értékeire pedig hosszú nyugalmi időt mértünk (**7. táblázat**). 2015-ben ugyan a harmadik legalacsonyabb értéket mértünk, amely hosszú nyugalmi időt indokolna, azonban a nyugalmi idő csak közepes hosszúságú volt. Valószínűleg ebben az évben a T.vége hatását kompenzálta a T.eleje változó hatása, amely itt a második legalacsonyabb értékét vette fel. Ez ugyanis pozitív irányba módosítja a nyugalmi időt, tehát minél alacsonyabb értéket mérünk, annál rövidebb nyugalmi időt kapunk. A kapcsolat erőssége azonban gyenge, ez látszik az eredményeken is (**6. ábra**). 2018-ban és 2011-ben kiugróan magas értékeket mértünk, amely a gumókötést késleltetné, a nyugalmi időt növelné, azonban csak közepes nyugalmi időt mértünk. Ráadásul a T.vége változó ezekben az évjáratokban alacsony volt, amely szintén hosszabb nyugalmi időt indokolna. Ezekben az évjáratokban is feltételezhetően egy általunk nem mért környezeti tényező módosította a fajták nyugalmi idejét negatív irányba. Esetleg több környezeti változó komplex egymásra hatása lehetett korlátja a késői gumókötésnek, így élettanilag idősebb gumókat takarítottunk be ezekben az évjáratokban.

A Démon nyugalmi idejét módosították a legkisebb mértékben a környezeti tényezők a vizsgált évjáratokban, tavaszi tenyészidőszakban. Nyugalmi idejének terjedelme 975°C, amely 49 nap 20°C-on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 208°C, amely a tenyészidőszak végére vetítve 4,2°C különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C csökkenés a tenyészidőszak végén 11,7 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, tavaszi tenyészidőszakban.

7. táblázat: A tavaszi tenyésztidőszakok környezeti tényezőinek hatása a Démon nyugalmi idejére

Démon/tavaszi	2019	2017	2018	2015	2011	St	2012	2010	2013
Ny. idő (°C)	a	b	c	d	e	ef	fg	g	g
	1633	1809	2152	2282	2392	2458	2515	2570	2608
T.eleje (°C)	a	d	h	b	g	i	e	c	f
	614	647	909	621	852	1100	653	639	804
T.vége (°C)	h	i	d	c	e	g	f	a	b
	1101	1115	1050	983	1080	1100	1081	907	946

A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten. Alatta a mért változók abszolút értékben.



6. ábra: Környezeti tényezők hatása a Démon nyugalmi idejére, tavaszi tenyésztidőszakokban.

A baloldali értéktengely a fajta nyugalmi idejét mutatja (°C), a jobboldali értéktengely a léghőmérséklet összeget a tenyésztidőszak elején és végén (°C). A kategóriatengelyen az évjáratok láthatóak a nyugalmi idő szerint növekvő sorrendben. St: standard körülmények közt nevelt növények.

5.2.2.2 Nyári tenyésztidőszakok eredményei

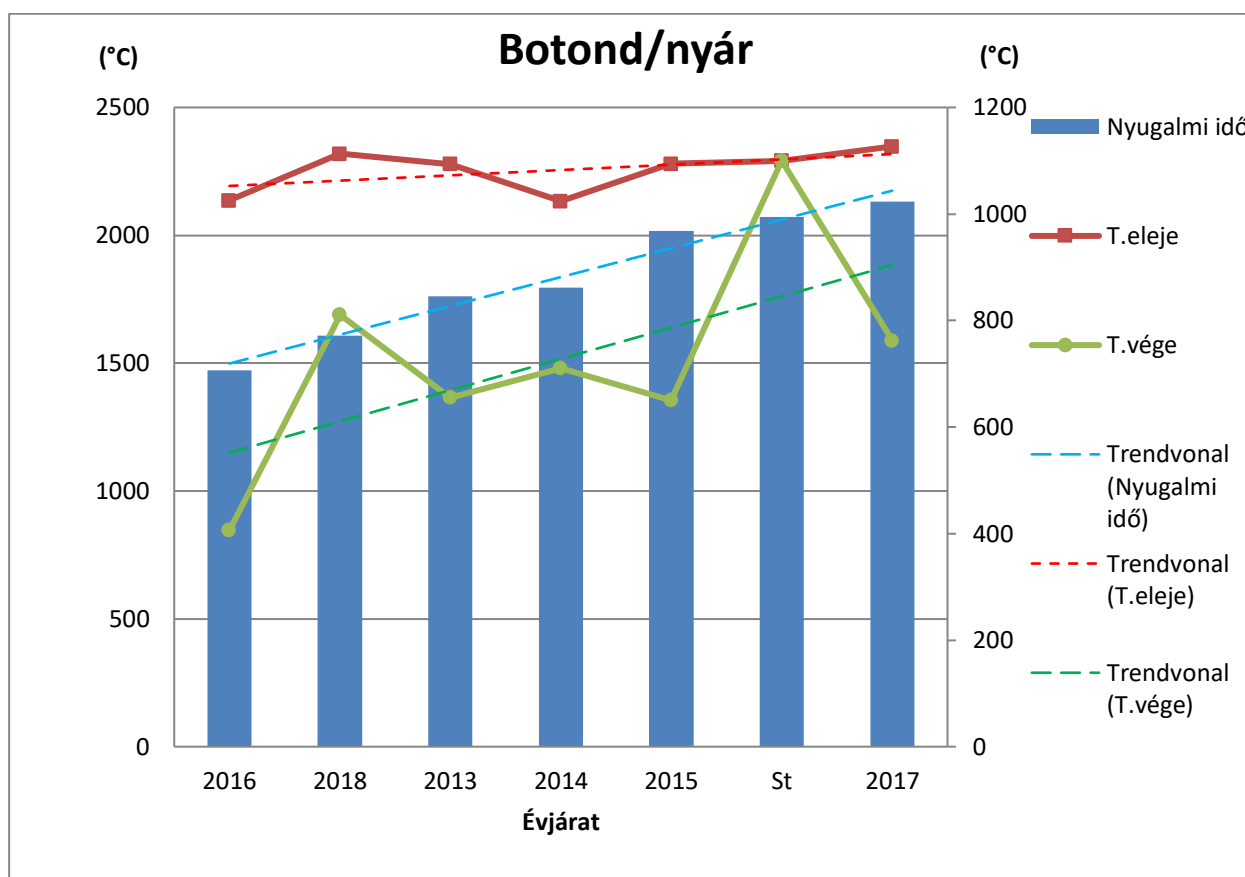
A nyári tenyésztidőszakokban a környezeti tényezők eltérő módon változtatták meg a **Botond** nyugalmi idejét a tavaszi ültetéshez képest. A különböző évjáratokban a hosszabb nyugalmi időre a T.vége változó esetén is magasabb értékeket mértünk, a kapcsolat iránya pozitív volt. 2016-ban volt a legrövidebb a nyugalmi idő, ekkor mértük a legalacsonyabb hőmérsékletet a tenyésztidőszak végén, illetve a tenyésztidőszak elejének hőmérséklete is alacsony volt (**8. táblázat**). 2018-ban azonban kiugróan magas értékeket mértünk mindkét környezeti tényező esetén, ami hosszú nyugalmi időt indokolna, azonban a nyugalmi idő a második legrövidebb volt (**7. ábra**). Ebben az évjáratban feltehetően egy általunk nem vizsgált környezeti tényező módosíthatta a gumókötés kezdetének idejét, vagy a kötött gumók élettani korát. Meg kell jegyezni továbbá, hogy 2018-ban kevés csapadék hullott, amely a tenyésztidőszak elején a gumókötést késlelteti, a tenyésztidőszak végén azonban a gumónövekedés korlátozó tényezője lehetett, amely stresszként hat, és az élettani kort növeli. A többi évjárat az előzetes eredményeknek megfelelően alakult. 2014-ben ugyan magasabb hőmérséklet összeget mértünk a tenyésztidőszak végén, ami indokolná a hosszabb nyugalmi időt, ezt azonban kompenzálta a vizsgálatainkban mért legalacsonyabb hőmérséklet összeg a tenyésztidőszak elején.

A Botond nyugalmi idejét módosították a legkisebb mértékben a környezeti tényezők a vizsgált évjáratokban, nyári tenyésztidőszakban. Nyugalmi idejének terjedelme 658°C , amely 33 nap 20°C -on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 694°C , amely a tenyésztidőszak végére vetítve $13,9^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C növekedés a tenyésztidőszak végén 2,4 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, nyári tenyésztidőszakban.

8. táblázat: A nyári tenyészidőszakok környezeti tényezőinek hatása a Botond nyugalmi idejére

Botond/nyár	2016	2018	2013	2014	2015	St	2017
Ny. idő (°C)	a	b	c	c	d	de	e
	1473	1608	1761	1796	2017	2071	2131
T.eleje (°C)	b	f	c	a	d	e	g
	1026	1113	1094	1024	1094	1100	1127
T.vége (°C)	a	f	c	d	b	g	e
	406	811	655	710	650	1100	763

A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten. Alatta a mért változók abszolút értékben.



7. ábra: Környezeti tényezők hatása a Botond nyugalmi idejére, nyári tenyészidőszakokban.

A baloldali értéktengely a fajta nyugalmi idejét mutatja (°C), a jobboldali értéktengely a léghőmérséklet összeget a tenyészidőszak elején és végén (°C). A kategóriatengelyen az évjáratok láthatóak a nyugalmi idő szerint növekvő sorrendben. St: standard körülmények közt nevelt növények.

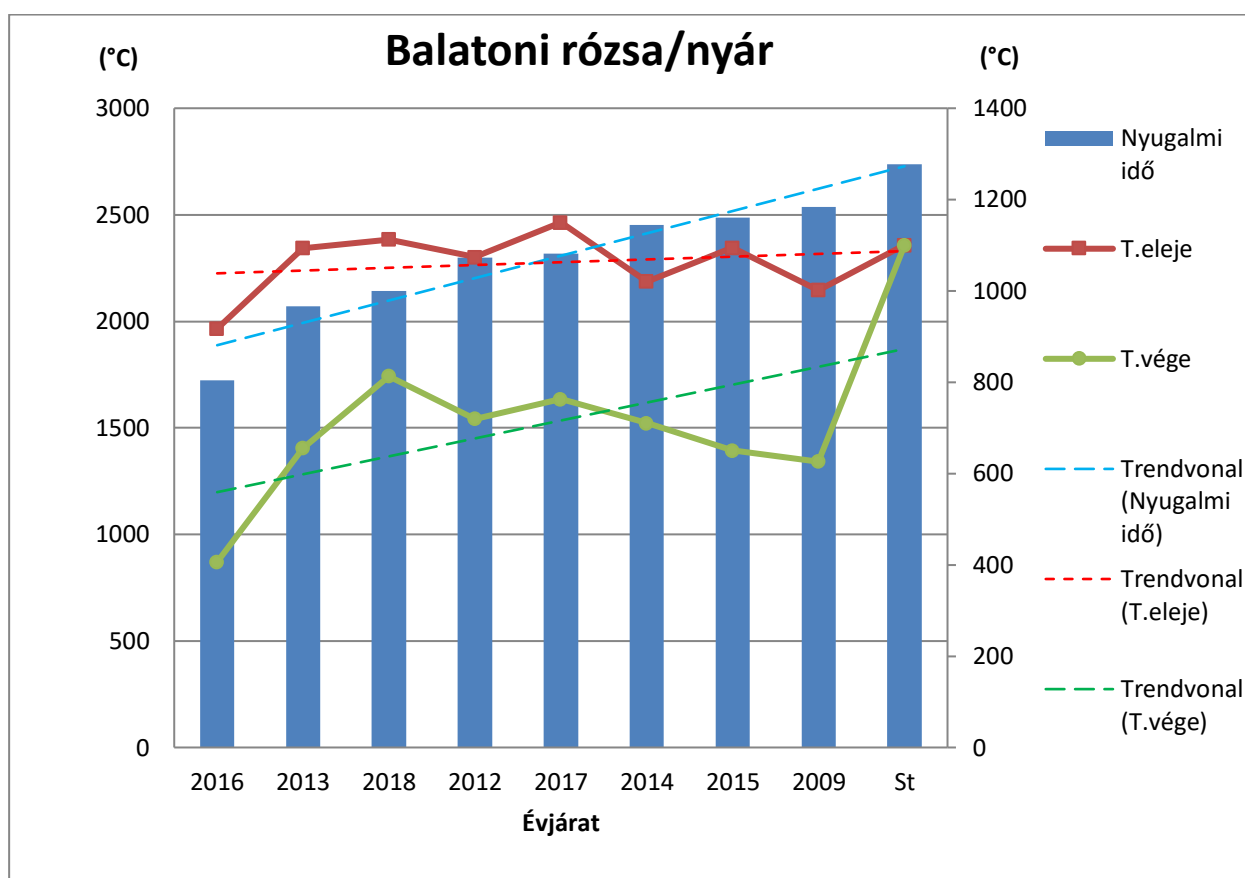
A **Balaton** **rózsa** eredményei is az előzetes megfigyeléseknek megfelelően alakultak, tehát alacsonyabb hőmérséklet értékekre a tenyésztidőszak elején és végén rövidebb nyugalmi időt mértünk (**9. táblázat**). Kivételt képeznek ez alól a 2018., 2017. és 2009. évjáratok. 2018-ban a második legmagasabb értéket mértük mind a T.eleje, mind a T.vége változók esetében, amely a második leghosszabb nyugalmi időt indokolná az évjáratok között, ez ellenben (statisztikailag) a második legrövidebb volt. 2017-ben a T.eleje a legnagyobb, a T.vége változó a harmadik legnagyobb volt, a nyugalmi idő ellenben csak közepesen hosszú (**8. ábra**). 2009-ben viszont mind a T.eleje, mind a T.vége változó a második legalacsonyabb értéket vette fel, amely a második legrövidebb nyugalmi időt indokolná, azonban a második leghosszabbat mértük ebben az évjáratban. Azonban már az **4. táblázatban** is szemléltettük, hogy a mért környezeti változók egyike sem 100%-ban magyarázza a nyugalmi időt változását. Feltehetően egyéb, és az általunk mért környezeti tényezők komplex egymásra hatásának eredménye az, ami a várttól eltérő eredményekre vezetett ezekben az évjáratokban.

A Balaton rózsa nyugalmi idejének terjedelme 1014°C volt, amely 51 nap 20°C -on történő tárolás esetén. Ez a fajta volt a legérzékenyebb a környezeti tényezők változására a nyári tenyésztidőszakban is. A T.vége változó terjedelme 694°C , amely a tenyésztidőszak végére vetítve $13,9^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C növekedés a tenyésztidőszak végén 3,7 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, nyári tenyésztidőszakban.

9. táblázat: A nyári tenyészidőszakok környezeti tényezőinek hatása a Balatoni rózsza nyugalmi idejére

Balatoni rózsza/nyár	2016	2013	2018	2012	2017	2014	2015	2009	St
Ny. idő (°C)	a	b	b	c	c	d	de	e	f
	1724	2071	2141	2298	2319	2454	2487	2537	2738
T.eleje (°C)	a	e	h	d	i	c	f	b	g
	917	1094	1113	1074	1150	1021	1094	1002	1100
T.vége (°C)	a	d	h	f	g	e	c	b	i
	406	655	813	720	763	710	650	627	1100

A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten. Alatta a mért változók abszolút értékben.



8. ábra: Környezeti tényezők hatása a Balatoni rózsza nyugalmi idejére, nyári tenyészidőszakokban.

A baloldali értéktengely a fajta nyugalmi idejét mutatja (°C), a jobboldali értéktengely a léghőmérséklet összeget a tenyészidőszak elején és végén (°C). A kategóriatengelyen az évjáratok láthatóak a nyugalmi idő szerint növekvő sorrendben. St: standard körülmények közt nevelt növények.

A **Démon** eredményei szintén az előzetes megfigyeléseknek megfelelően alakultak, itt is alacsonyabb hőmérséklet értékekre a tenyésztidőszak elején és végén rövidebb nyugalmi időt mértünk (**9. ábra**). Néhány évjáratban figyeltünk meg különbségeket ehhez képest. 2018-ban, a Balatoni rózsához hasonlóan a második legmagasabb értéket mértük mind a T.eleje, mind a T.vége változók esetében, amely a második leghosszabb nyugalmi időt indokolná az évjáratok között, ez azonban a harmadik legrövidebb volt (**10. táblázat**). 2014-ben alacsony értéket mértünk a T.eleje változóra, ezt azonban kompenzálta a magas T.vége változó, összességében a nyugalmi idő hosszú volt. 2015-ben éppen ellenkezőleg, a magas T.eleje változó értéke kompenzálta az alacsony hőmérséklet összeget a vegetációs idő végén.

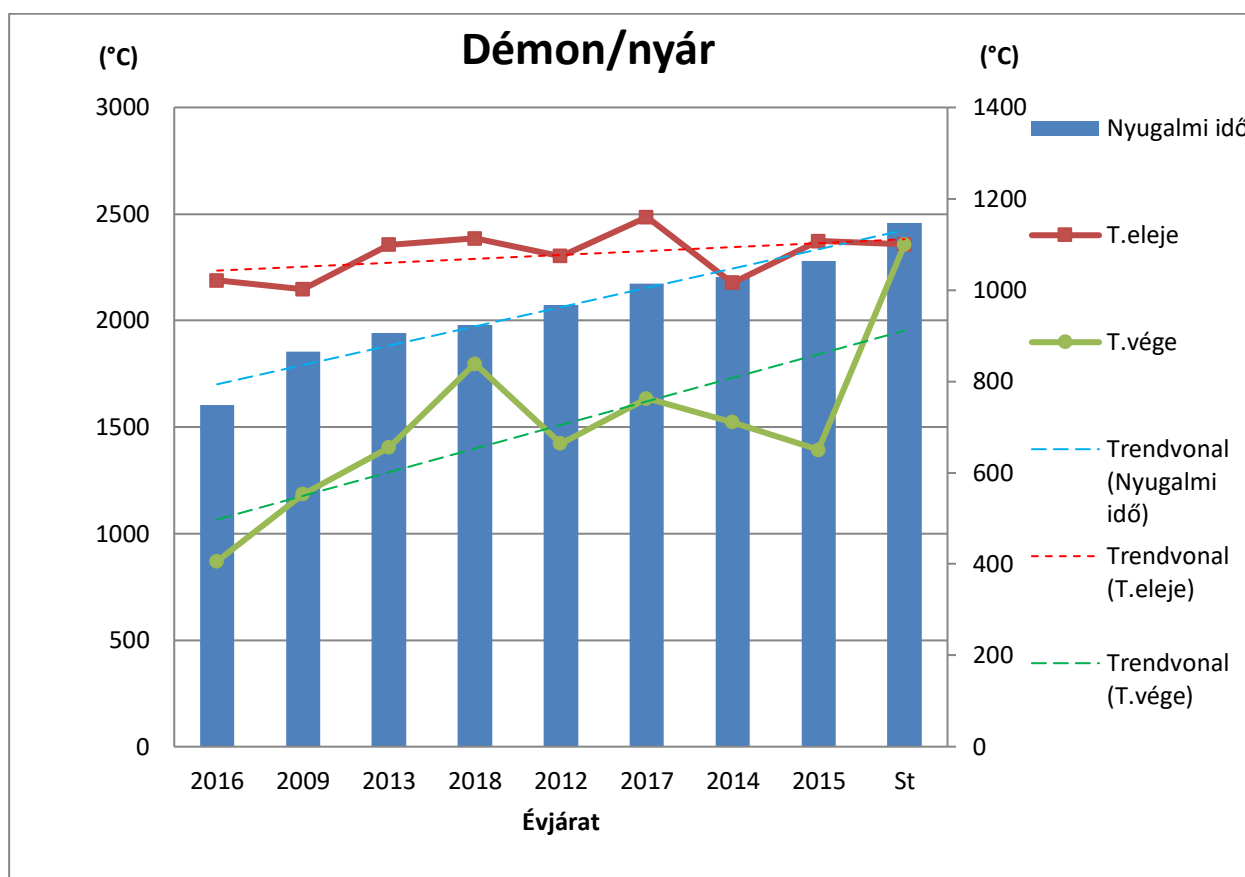
A Démon nyugalmi idejének terjedelme 856°C volt, amely 43 nap 20°C -on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 694°C , amely a tenyésztidőszak végére vetítve $13,9^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C növekedés a tenyésztidőszak végén 3,1 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, nyári tenyésztidőszakban.

Látható tehát, hogy a vizsgálatainkban mért meteorológiai változók együttesen, egymással összhangban módosítják a nyugalmi időt, illetve csak megközelítőleg nyújtanak információt a nyugalmi idő hosszára vonatkozóan. Teljesen megbízható előrejelzésre azonban eddigi eredményeink alapján nem alkalmasak, ehhez további vizsgálatokra és további meteorológiai változók bevonására lenne szükség.

10. táblázat: A nyári tenyésztidőszakok környezeti tényezőinek hatása a Démon nyugalmi idejére

Démon/nyár	2016	2009	2013	2018	2012	2017	2014	2015	St
Ny. idő (°C)	a	b	c	c	d	e	e	f	g
	1602	1854	1940	1979	2072	2173	2206	2281	2458
T.eleje (°C)	c	a	e	h	d	i	b	g	f
	1021	1002	1099	1113	1074	1160	1016	1108	1100
T.vége (°C)	a	b	d	h	e	g	f	c	i
	406	553	655	838	664	763	710	650	1100

A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten. Alatta a mért változók abszolút értékben.



9. ábra: Környezeti tényezők hatása a Démon nyugalmi idejére, nyári tenyésztidőszakokban.

A baloldali értéktengely a fajta nyugalmi idejét mutatja (°C), a jobboldali értéktengely a léghőmérséklet összeget a tenyésztidőszak elején és végén (°C). A kategóriatengelyen az évjáratok láthatóak a nyugalmi idő szerint növekvő sorrendben. St: standard körülmények közt nevelt növények.

5.3 A nitrogénellátás hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

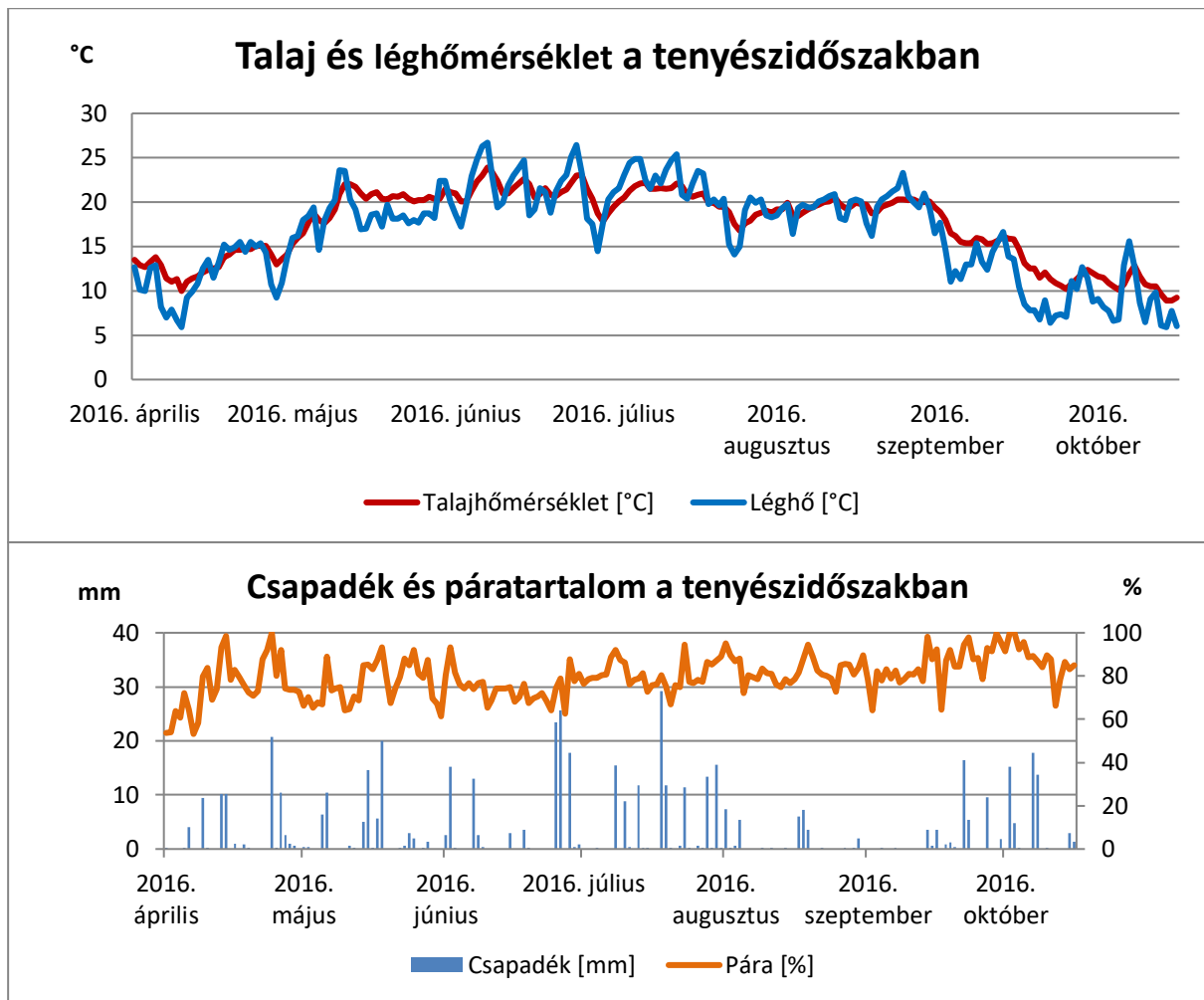
A nitrogénellátás hozamra gyakorolt hatásáról már széles körben beszámoltak, azonban a nyugalmi időt befolyásoló hatására vonatkozó szakirodalmi adatok meglehetősen hiányosak. Ezért megvizsgáltuk, hogy az anyanövény különféle nitrogéntáplálása mellett miképp változik a fajták gumónyugalmi ideje.

A szántóföldi kísérlet ismételhetősége miatt indokolt a tenyészidőszak meteorológiai adatainak szemléltetése, mivel ezek befolyásolhatják a nyugalmi időt. A 2016. év a burgonyatermesztés szempontjából igen kedvező évjárat volt, egész tenyészidőszakban közel optimális hőmérséklettel és egyenletes csapadékelátással. A tenyészidőszakban nem voltak aszályos napok, amely a fotoszintetikus aktivitást gátolná. A csapadék egyenletes és rendszeres volt, kismértékben, de folyamatosan az 50 éves átlag felett az egész vegetációs periódusban. A legnagyobb mennyiségben a gumónövekedés intenzív időszakában hullott, emellett áprilisban megfelelő mennyiségben volt bemosó csapadéka a gyomirtásnak, illetve a tenyészidőszak végére kellő szárazság adódott a betakarításhoz (**10. ábra**). A kísérletben szereplő 11 genotípus tenyészideje korai, illetve középérésű. Nyugalmi idejük közepes, illetve hosszú, szakirodalmi adatok és tárolásfiziológiai vizsgálatok alapján. Jelen szántóföldi vizsgálat eredményei is azt erősítik meg, hogy a nyugalmi idő nem függ össze az éréscsoporttal (**11. táblázat**).

11. táblázat: A kísérletben szereplő genotípusok éréscsoportja és nyugalmi ideje szakirodalmi adatok alapján

Genotípus	Nemesítő intézet	Éréscsoport (napok)	Nyugalmi idő
Desiree	ZPC, Leeuwarden	középérésű (110)	közepes
Arany chipke	BKK, Keszthely	középérésű (110)	közepes
Katica	BKK, Keszthely	középérésű (105)	közepes
White lady	BKK, Keszthely	középérésű (120)	hosszú
Basa	BKK, Keszthely	középérésű (110)	közepes
Hópehely	BKK, Keszthely	középérésű (110)	hosszú
09.200 (*)	BKK, Keszthely	középérésű (115)	hosszú
09.688 (*)	BKK, Keszthely	korai (95)	közepes
Cleopatra	ZPC, Leeuwarden	korai (95)	közepes
Botond	BKK, Keszthely	korai (85)	hosszú
Balatoni rózsza	BKK, Keszthely	korai (95)	hosszú

A csillaggal (*) jelölt nemesítési vonalak nem államilag elismert fajták, ezért tenyészidejük hosszáról gyakorlati nemesítői ismeretekre, nyugalmi idejük hosszáról előzetes tárolásfiziológiai vizsgálatokra hagytuk. A világos cellák a korábbi érésű fajtákat szemléltetik, illetve a rövidebb nyugalmi időt mutatják.



10. ábra: A 2016. évi tenyészidőszak főbb időjárási jellemzői.

Eredményeink alapján a vizsgált genotípusok nyugalmi ideje jelentős mértékben eltér egymástól a három különböző nitrogén ellátási szint függvényében. A legrövidebb nyugalmi idejű gumónak 51, a leghosszabbnak 137 nap alatt járt le a nyugalmi ideje. Az eredményeket a **11. ábra** mutatja be. Az adatokat boxplot diagramon szemléltetjük, az értéktengely a gumók általi tárolóban felvett halmozott hőmérséklet összeget mutatja, a kategória tengelyen a genotípusok láthatók. A nitrogénellátás három különböző szintjét genotípusonként a három eltérő színű doboz mutatja, a kék a kontroll (teljes szántóföldi adag), a zöld a féladagú, a sárga a teljes nitrogénhiányos kezelés gumóinak nyugalmi idejét szemlélteti.

Általánosan elmondható, hogy a nitrogén adagok csökkenésével nem lineárisan változott a fajták nyugalmi ideje. Az esetek döntő többségében a féladagú nitrogén befolyása kiemelkedő volt, hatására szignifikánsan csökkent a gumók nyugalmi ideje. A 09.200 esetén ezzel ellentétben nőtt, a White lady esetén nem volt szignifikáns különbség a kontroll és a féladagú kezelés között, de tendencia jelleggel megfigyeltük, hogy a féladagú nitrogén növelte a nyugalmi időt. Kontroll körülmények között (teljes szántóföldi adag) a leghosszabb nyugalmi ideje a Balatoni rózsának

volt, a legrövidebb a Desireenek és a Cleopatrának. A nitrogénkezelések legnagyobb hatással a 09.688 genotípusra voltak, a legkisebb mértékben a Balatoni rózsa és az Arany chipke nyugalmi idejét befolyásolták Duncan-teszt alapján, $p=0,05$ szinten (**12. táblázat**). A 09.688 esetében a leghosszabb nyugalmi idejű gumónak 2313°C , míg a legrövidebbnek 1479°C volt a halmozott hőmérséklet összege, a terjedelme a vizsgálatban 834°C , amely 41,7 nap 20°C -on történő tárolás esetén. Ez a felhasználás szempontjából igen jelentős különbség. Míg a Balatoni rózsa esetén a terjedelem csupán 276°C (min: 2454°C , max: 2730°C), amely 13,8 nap utóbbi tárolási rendszerben. Ez lényegesen kisebb a különbség az előbbi fajtához képest, de a tárolhatóság szempontjából szintén jelentős.

A Balatoni rózsa, Katica és White lady fajták esetében szignifikánsan csökkent a nyugalmi idő a teljes nitrogénhiány hatására. A White lady esetében ugyan a féladagú nitrogén enyhén emelte a gumók nyugalmi idejét, de ez statisztikailag nem volt igazolható. Az Arany chipke fajta esetében a teljes nitrogénhiány nem változtatta meg a nyugalmi időt a kontrollhoz képest, azonban a féladagú nitrogén igazolhatóan csökkentette a gumók nyugalmi idejét a kontrollhoz és a nitrogénhiányos kezeléshez képest is. A további hét fajta esetében a teljes nitrogénhiány hatására nőtt a gumók nyugalmi ideje, azonban a féladagú kezelés hatására minden esetben szignifikánsan csökkent. Egyedül a 09.200 genotípus esetében tapasztaltunk emelkedést a nyugalmi időben féladagú nitrogén hatására a kontrollhoz képest. A nitrogénhiányos kezeléshez képest azonban az emelkedés nem volt igazolható statisztikailag.

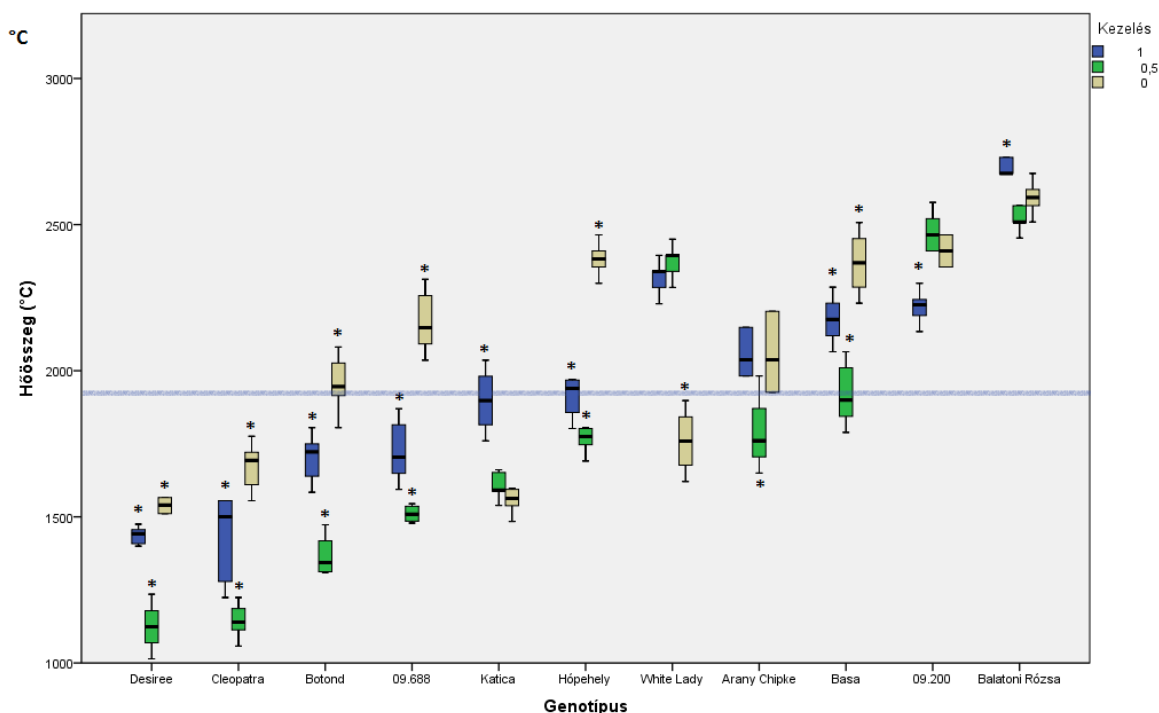
Ezek a megfigyelések alátámasztják SZIRTES (1984), BURTON (1989), JACKSON (1999), FERNIE és WILLMITZER (2001), illetve AKSENOVA et al. (2012) eredményeit, miszerint az alacsony nitrogénellátás kedvez a gumófejlődés megindulásának, siettet a gumókötést. Vizsgálatunkban a nitrogénnel harmonikusan táplált növények (teljes adag) később kötöttek gumót, mivel a növények fejlődése elején a tápanyagok főképp a lombzatba áramlottak. SZIRTES (1984) szerint a nagyobb lombfelület több hajtást, ami magasabb GS koncentrációt eredményez a növényekben, amely kedvez a sztólónövekedésnek, azonban gátolja a gumóiniciációt, ezért ezek a növények később kötnek gumót. Ezzel ellentétben a féladagú nitrogén elegendő volt a lombfelület kialakítására, azonban korlátja a nagyobb lombfelületnek. SZIRTES (1984) szerint amennyiben a hajtásfejlődés leáll, a GS szintézis csökken a hajtáscsúcsokban, a CK aránya megnő, ezért a sztólóképződés leáll és elkezdődik a gumóiniciáció. Ezek a növények hamarabb köthettek gumót, tehát a betakarításkor élettanilag idősebbek voltak a teljes adagú nitrogénnel kezelt növények gumóihoz képest. A teljes nitrogénhiány azonban az esetek többségében még hosszabb nyugalmi időt eredményezett, mint a teljes adagú. Ebben az esetben a nitrogén korlátozó tényezője lehetett a kedvező méretű

levélfelület kialakításához. Ha kicsi a lombfelület, a GS koncentrációja alacsony, amely a gumóiniciációnak kedvez. De ezt meg kell, hogy előzze a sztólóindukció, amelynek azonban feltétele a magas GS koncentráció, amelynek viszont előfeltétele a megfelelő mennyiségű hajtás, tehát a kellő méretű lombfelület. Így ebben az esetben később alakult ki a megfelelő méretű lombfelület, később indukálódtak a sztólók, ezért később történt meg a gumóiniciáció, tehát betakarításkor az utódgumók még fiatalabbak voltak élettanilag, mint a kontroll esetében. Látható, hogy a növények nitrogén utánpótlása a belső hormonok arányával szabályozza a gumókötési idejét, ezáltal az élettani kort betakarításkor, amely közvetve befolyásolja a nyugalmi időt. Ugyanakkor ki kell egészíteni a megfigyelést azzal, hogy a nitrogénre adott reakció fajtafüggő, az esetek többségében általánosítható, azonban vannak kivételek.

A genotípusok gumónyugalmi idejének egyedi jellemzése

A **09.200** genotípus esetén a nitrogén hiány hatására nőtt a gumók nyugalmi ideje. Ugyan statisztikailag nem igazolható különbség a nitrogénhiányos és féladagú kezelés hatása között, de tendencia jelleggel megfigyeltük, hogy a féladagú nitrogén erőteljesebben növelte a gumók nyugalmi idejét, mint a nitrogén hiánya a kontrollhoz képest. A vizsgálatok alapján hosszú nyugalmi idejű, jól tárolható genotípus, stabil, mivel a nitrogénkezelés nem változtatta nagymértékben a nyugalmi idejét.

A **09.688** genotípus a féladagú nitrogén hatására a nyugalmi idő csökkenésével reagált, azonban a teljes nitrogénhiány hatására a gumók nyugalmi ideje nagymértékben nőtt a kontrollhoz képest. Ennek a genotípusnak befolyásolta a legnagyobb mértékben a nitrogén a nyugalmi idejét. A **Basa, Botond, Cleopatra, Desiree** és **Hópehely** a 09.688 genotípushoz hasonlóan viselkedtek, tehát a féladagú nitrogén csökkentette, a nitrogénhiány növelte a gumók nyugalmi idejét. Ezen hasonló viselkedésű genotípusok között a Basa esetében tapasztaltuk a legkisebb különbséget a nyugalmi idő változásában a nitrogén hatására. A kísérlet alapján a Basa fajta stabil, közepes nyugalmi idejű. A Cleopatra és Desiree fajták esetében rövid nyugalmi időt mértünk, amelyet a nitrogénellátás nagymértékben befolyásolt. Tárolás szempontjából ez a tulajdonság nem előnyös, azonban megfelelő kezeléssel, arra alkalmas termőhelyen egy vegetációban akár többször is termesztethők.



11. ábra: A nitrogénellátás hatása a kísérletben szereplő 11 genotípus nyugalmi idejére.

Az interkvartilis terjedelmet a dobozok szemléltetik, az ebben lévő vonal jelöli a mediánt. A minimum és maximum értékeket egy-egy talp ábrázolja, a teljes talp a terjedelmet mutatja. A diagramon végighaladó kék vízszintes vonal az összes genotípus kontroll kezeléseinek átlagát mutatja. A dobozok feletti csillagok azt jelzik, hogy a kezelések közt van szignifikáns különbség genotípuson belül, Duncan-teszt alapján, $p=0,05$ szinten.

A **Balatoni rózsa** esetében tapasztaltuk a leghosszabb nyugalmi időt. A nitrogénkezelésre a legstabilabban reagáló (legkisebb szórás), gyakorlati szempontból a legjobban tárolható fajta. Ugyan a féladagú, és a nitrogénhiányos kezelés is szignifikánsan rövidebb nyugalmi időt eredményezett a kontrollhoz képest, a változás abszolút értékben nem jelentős, és a többi fajtát nyugalmi időben messze felülmúlja.

Az **Arany chipke** esetében nem tapasztaltunk a nyugalmi időben változást a nitrogénhiány hatására a kontrollhoz képest, ezt statisztikailag is igazoltuk. A féladagú nitrogén azonban szignifikánsan csökkentette a nyugalmi időt. Összességében a nitrogénkezelés nem befolyásolta nagymértékben a fajta nyugalmi idejét, a vizsgálat alapján stabil, közepes nyugalmi idejű fajta.

A **Katica** a csökkenő nitrogén dózisa a nyugalmi idő csökkenésével reagált. Ennek a fajtának igazolhatóan rövidebb volt a nyugalmi ideje a kontrollhoz képest a féladagú és a nitrogénhiányos kezelés esetében is. Az utóbbi két kezelés közt azonban nem volt szignifikáns különbség. A nitrogénhiány abszolút értékben azonban rövidebb nyugalmi időt eredményezett, mint a féladagú kezelés.

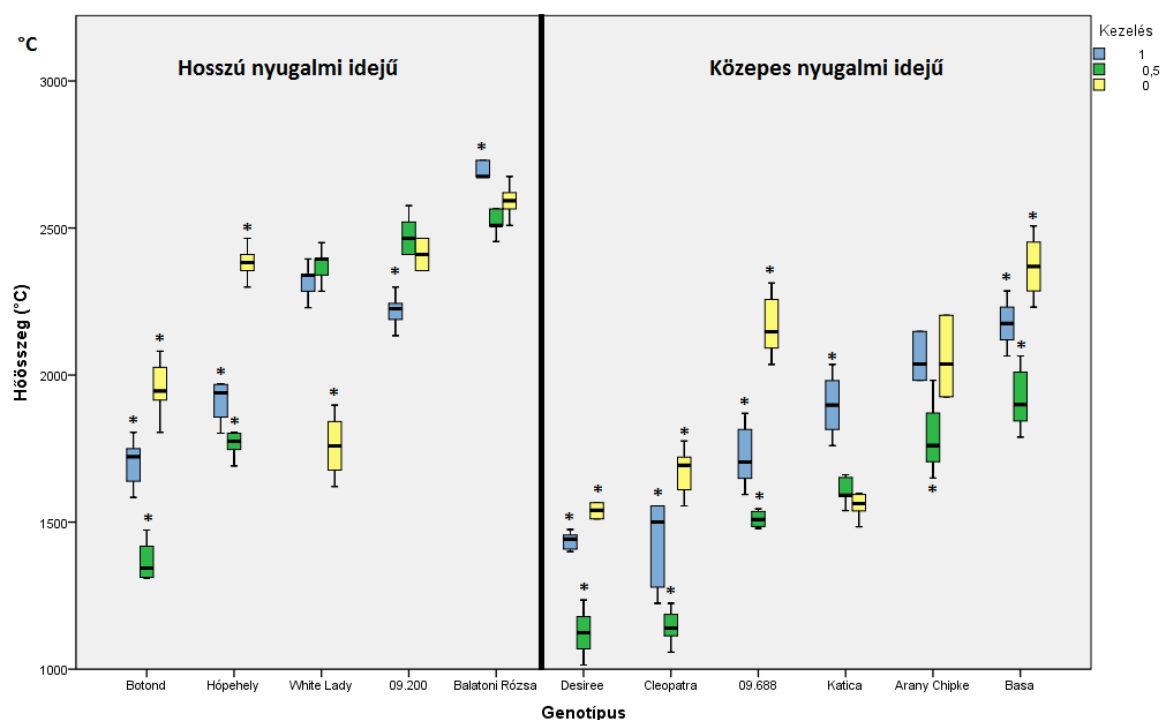
Eredményeink alapján a **White lady** hosszú nyugalmi idejű fajta, ezt azonban a nitrogénhiány jelentősen csökkentette. Megfigyeltük, hogy a féladagú nitrogén hatására a nyugalmi idő enyhén nőtt, de ezt statisztikailag nem tudtuk igazolni.

12. táblázat: A nitrogénellátás hatásvizsgálata 11 burgonya genotípus nyugalmi idejére

Genotípus	Kezelés	Nyugalmi idő (°C)	Duncan-teszt	Szignifikáns
09.200	1	2226	j	*
	0,5	2474	lm	
	0	2410	kl	
09.688	1	1723	fg	*
	0,5	1530	cd	*
	0	2165	j	*
Arany chipke	1	2055	i	
	0,5	1788	g	*
	0	2055	i	
Basa	1	2176	j	*
	0,5	1918	h	*
	0	2369	k	*
Botond	1	1704	fg	*
	0,5	1308	b	*
	0	1915	h	*
Balatoni rózsa	1	2693	o	*
	0,5	2518	mn	
	0	2592	n	
Cleopatra	1	1435	bc	*
	0,5	1187	a	*
	0	1675	ef	*
Desiree	1	1428	bc	*
	0,5	1124	a	*
	0	1511	d	*
Hópehely	1	1922	h	*
	0,5	1784	fg	*
	0	2382	kl	*
Katica	1	1898	h	*
	0,5	1613	de	
	0	1576	d	
White lady	1	2321	k	
	0,5	2377	kl	
	0	1760	fg	*

A bal szélső oszlopban a genotípusok (a sötétzöld cellával jelöltek az előzetes vizsgálatok alapján hosszú alap nyugalmi idővel rendelkeznek). Mellette a nitrogénellátás három különböző szintje, amelyet az eltérő színű sorok is mutatnak (kék a kontroll, zöld a féladagú, sárga a nitrogénhiányos kezelés). A Duncan-teszt eredményét betűk jelölik, p=0,05 szinten. A tesztet együttesen végeztük, nem fajtánként és kezelésként, ezért nemcsak a kezelések közti, de a fajták közti különbségek is megfigyelhetőek. A csillagok mutatják a kezelések közti szignifikáns különbséget genotípuson belül.

A szakirodalmi adatok alapján hosszú, illetve közepes nyugalmi idővel rendelkező genotípusok csoportonként azonosan, csoportok között eltérően reagáltak a változó nitrogénadagokra (12. ábra), amelyet statisztikailag is igazolni tudunk, Duncan-teszt alapján, $p=0,05$ szinten (12. táblázat). A hosszú nyugalmi idejűek egymástól eltérő módon reagáltak a csökkenő nitrogén adagokra. Ebből a szempontból kevésbé érzékenyek a kezelésre, mivel több az olyan genotípus, ahol valamely kezelés nem különbözött szignifikánsan egy másiktól. A rövid nyugalmi idejű genotípusok egymáshoz hasonlóképp reagáltak a csökkenő nitrogénadagokra. A féladagú nitrogén minden esetben csökkentette, a teljes nitrogénhiány a Katica és Arany chipke kivételével növelte a gumók nyugalmi idejét. Szakirodalmi adatok alapján a Botond hosszú nyugalmi idővel rendelkezik, kísérletünk alapján azonban közepes nyugalmi idejű. Ha az ábrát ez alapján értelmezzük, még jobban igazolhatjuk a rövid alap nyugalmi idővel rendelkező genotípusok nitrogénkezelésre adott hasonló viselkedését.



12. ábra: A nitrogénellátás hatása a kísérletben szereplő 11 genotípus nyugalmi idejére, szakirodalomban feltüntetett nyugalmi idejük szerint csoportosítva.

Az interkvartilis terjedelmet a dobozok szemléltetik, az ebben lévő vonal jelöli a mediánt. A minimum és maximum értékeket egy-egy talp ábrázolja, a teljes talp a terjedelmet mutatja. A dobozok feletti csillagok azt jelzik, hogy a kezelések közt van szignifikáns különbség genotípuson belül, Duncan-teszt alapján, $p=0,05$ szinten. Baloldalon a hosszú, jobb oldalon a közepes nyugalmi idejű genotípusok láthatók

5.4 Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A nyugalmi idő hossza az élettani korról hozható szoros összefüggésbe. Minél fiatalabb a gumó élettanilag, annál hosszabb a nyugalmi ideje, ezt a mérési eredményeink is alátámasztották. Mivel gyakorlati szempontból a betakarítás optimális idejének meghatározása is a kísérlet célja volt, ezért indokolt napokban kifejezni a nyugalmi időt, nem halmozott hőmérséklet összegben ($\Sigma^{\circ}\text{C}$). A vizsgálatok során ugyanis nemcsak azt határoztuk meg, hogy a különböző időpontokban betakarított, az élettani érés különböző fázisaiban lévő gumóknak miképp változik a nyugalmi ideje. Arra is kíváncsiak voltunk, hogy fajtánként az anyanövény mely fenológiai fázisában a legmegfelelőbb a betakarítás. Előzetes eredmények és szakirodalmi adatok alapján ugyanis a gumóiniciációtól biológiai éréstől nő a nyugalmi idő hossza. Arra azonban nincs szakirodalmi adat, hogy az milyen mértékben növekszik. Elképzelhető ugyanis, hogy nem haladja meg a növekedés a nyugalmi idő hosszában azon napok számát, amennyi idővel tovább a talajban maradnak az utódgumók. Ebben az esetben ugyanis gyakorlati szempontból nem érdemes betakarítani az élettanilag fiatalabb gumókat. Hiába hosszabb a nyugalmi idejük, korábbi naptári napon kihajtanak, mint azok a gumók, amelyek élettanilag idősebbek, tehát rövidebb a nyugalmuk, de később történik a betakarításuk.

A nyugalmi idő a gumók kezdeti fejlődésével indul. Közvetlenül a gumóiniciációt követően betakarított gumók esetében mértük a leghosszabb nyugalmi időt (**13. táblázat**). Az éretlenül betakarított gumóknak hosszabb a nyugalmi idejük, mint az éretten betakarított gumóknak (MUTHONI et al., 2014), ezzel szintén összhangban vannak a mérési eredményeink. Azonban WRÓBEL et al. (2017) megfigyeléseit nem tudtuk igazolni, amely szerint a nyugalom intenzitása a lombozat leszáradása után a legmagasabb. A gumók kezdeti fejlődésétől kezdődően ugyanis minden fajta esetében csökkenő nyugalmi időt mértünk. Ha azonban a tárolhatóság hosszát tekintjük alapul, akkor helytálló ez a megfigyelés (**13. ábra**).

Ebben az esetben a kezdeti fejlődést követően betakarított gumók nyugalmi idejét tekintettük kiindulópontnak. Ehhez képest hetente takarítottunk be gumókat, amelyeknek lemértük a nyugalmi idejét, ezt a **13. ábrán** a kék oszlopok jelezik. Látható, hogy a gumóéréssel lineárisan, fokozatosan csökkent a nyugalmi ideje mindhárom vizsgált fajta gumóinak, mindhárom vizsgált tenészedési időszakban. Ezt a mért nyugalmi időt korrigáltuk azzal az idővel, amennyivel később szedtük fel a gumókat az iniciációhoz képest, tehát az első héten 7, a második héten 14 nappal, és így tovább. Ebből megkaptuk a gumókötéstől számított tárolhatóság hosszát, amelyet a **13. ábrán** a zöld oszlopok jeleznek. Ez gyakorlatilag a gumóiniciációtól eltelt napok számát jelenti, tehát a gumókötéstől a legkésőbbi naptári napig történő tárolhatóság hosszát. A hagyományos DAH helyett egy a szakirodalomban még nem használt, DAI (days after initiation) fogalmát

vezettük be. Ez a mutató a gumókötéstől (és közvetett módon az ültetéstől) számított maximális tárolhatóságról ad információt egy vegetációs időszakon belül. Az eredmények azt mutatják, hogy egészen a biológiai érésig, minél később takarítjuk be a gumókat, azok annál tovább tárolhatók. A nyugalmi idő csökkenése napokban ugyanis nem éri el azt az időt, mint amennyivel tovább a talajban maradnak a gumók (**14. táblázat**). Eredményeink alapján tehát a betakarítás optimális időpontja a biológiai érés, tehát a lombozat leszáradásának időpontja. Ekkor ugyan nem a leghosszabb a nyugalmi idő (DAH). Az élettanilag fiatalabb, éretlenül betakarított gumóknak hosszabb a nyugalmi idejük, de az éretten betakarított gumók több napig maradnak a talajban, mint a fiatalabb gumók a tárolóban. A nyugalmi idő csökkenésének az üteme meghaladja tehát az érés ütemét. Az élettani kor és a hosszabb eltarthatóság szempontjából a talajban megfelelőbbek az adottságok, mint állandó 20°C-on történő tárolás esetében, tenyészidőszaktól függetlenül. Ebben a nézőpontban részben alá tudtuk támasztani WRÓBEL et al. (2017) eredményeit, azzal a pontosítással, hogy nem a nyugalom intenzitása a legmélyebb a biológiai éréskor, hanem a tárolhatóság ideje (DAI) a leghosszabb.

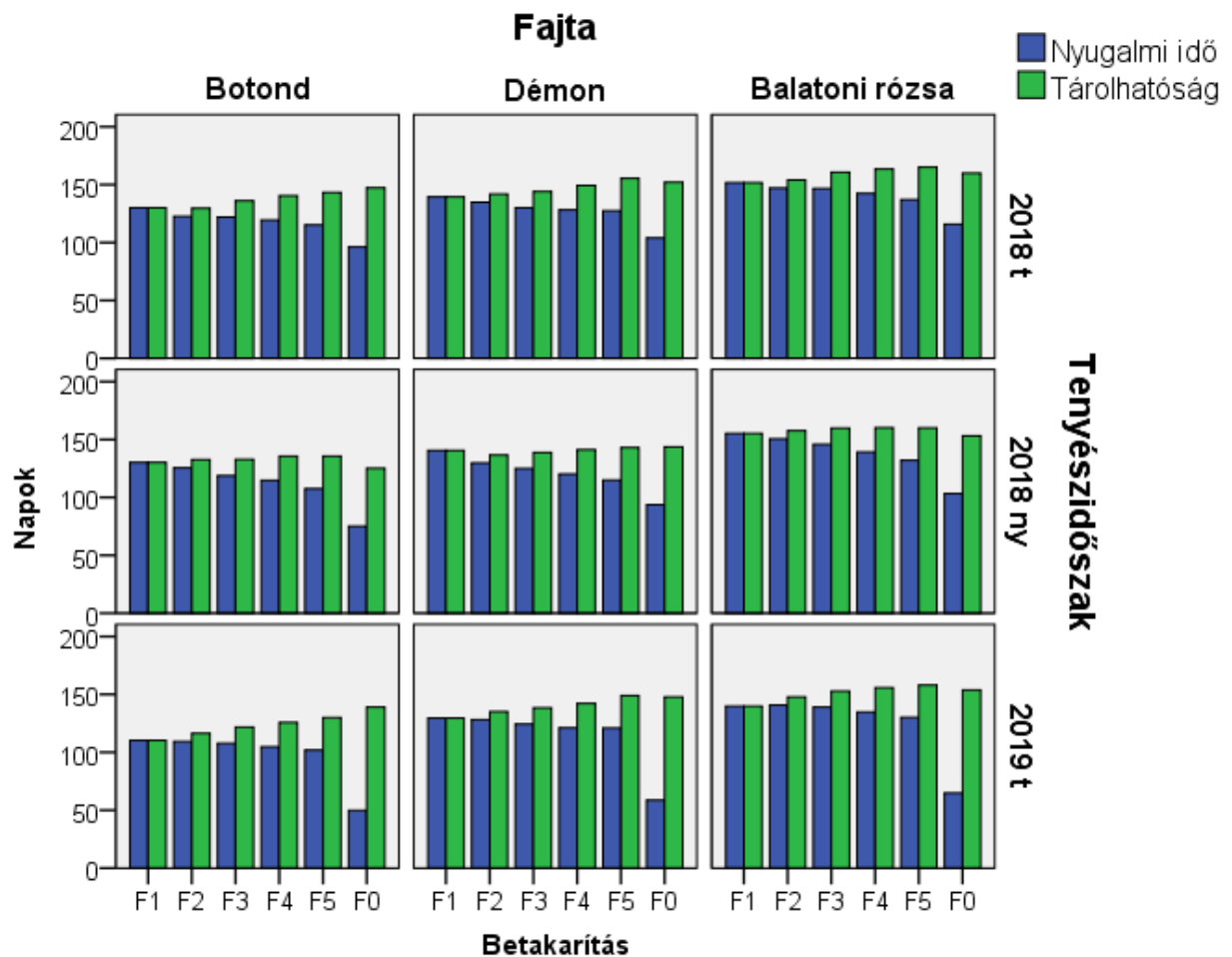
Mivel többszemponos varianciaanalízis alapján mind a tenyészidőszakok eredményei, mind a fajták nyugalmi ideje közt szignifikáns különbséget tapasztaltunk (**M3.**), ezért az eredményeket külön-külön, fajtánként és tenyészidőszakokra lebontva szemléltetjük és értelmezzük. A leghosszabb nyugalmi ideje a Balatoni rózsának, a legrövidebb pedig a Botondnak volt minden tenyészidőszakban, mindegyik betakarítási időpontban. Tehát a fajták közti különbség nem függ attól, hogy az érés mely stádiumában, milyen élettani korban vannak éppen. Ennek természetesen feltétele az, hogy az összehasonlítható gumókat egyazon fenológiai stádiumban lévő anyanövény alól takarítsuk be, hiszen ezáltal biztosítható, hogy azonos élettani korban legyenek (**14. ábra**). Minden tenyészidőszakban, mindhárom fajta esetében a leghosszabb nyugalmi időt a gumókötést követően betakarított gumók esetében mértük, a legrövidebbet pedig a biológiai érést követően, a csökkenés lineáris volt. Egyedül 2019 tavaszi tenyészidőszakban a Balatoni rózsa esetében tapasztaltuk, hogy F2, tehát a gumókötést követő 2. héten betakarított gumók nyugalmi ideje hosszabb volt egy nappal, mint az egy héttel korábban betakarított gumóké, de ez a különbség statisztikailag nem szignifikáns (**13. táblázat**). A betakarítás különböző időpontjai a nyugalmi időt átlagosan 14 nappal módosították a három vizsgált fajta esetében 2018 tavaszán, 24 nappal 2018 nyarán, és 9 nappal 2019 tavaszán, a legkorábban és legkésőbb betakarított gumók nyugalmi ideje alapján. Látható, hogy nemcsak az élettani kornak van jelentősége a nyugalmi idő változásában, sokkal nagyobb mértékben befolyásolja azt az évjáráthatás. Azt is megfigyeltük, hogy a második tenyészidőszakban (2018 nyár) markánsabbak voltak a különbségek a nyugalmi időben minden fajta esetében, amelyet a Duncan-teszt is mutat (minden mérési időpont eredménye különbözik egymástól szignifikánsan). Ez is alátámasztja az

évjárat módosító hatásának jelentőségét. A betakarítás időpontja, tehát a gumók élettani kora, érettsége átlagosan 16 nappal módosította a nyugalmi időt eredményeink alapján, amely a felhasználás szempontjából jelentős. Természetesen ezek a különbségek a gumók kihajtásához optimális, állandó 20°C-on történő tárolás során alakulnak így.

13. táblázat: A betakarítás időpontjának hatása a nyugalmi időre (DAH)

2018 tavasz						
	Botond		Démon		Balatoni rózsa	
F1	d	130	d	140	e	152
F2	c	123	c	135	d	147
F3	c	122	b	130	d	147
F4	bc	120	b	128	c	142
F5	b	115	b	127	b	137
F0	a	96	a	104	a	116
2018 nyár						
	Botond		Démon		Balatoni rózsa	
F1	f	130	f	141	f	155
F2	e	126	e	130	e	151
F3	d	119	d	125	d	146
F4	c	115	c	120	c	139
F5	b	108	b	115	b	132
F0	a	75	a	94	a	103
2019 tavasz						
	Botond		Démon		Balatoni rózsa	
F1	d	110	d	130	c	140
F2	d	109	cd	128	c	141
F3	cd	108	bc	124	c	139
F4	bc	105	b	121	bc	135
F5	b	102	b	121	b	130
F0	a	50	a	59	a	65

A bal szélső oszlopban a betakarítás időpontjai láthatók. F1: gumókötés, F5: teljes érés, F0: az üzemi betakarítás időpontja. A kisbetűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten, mellette a mért nyugalmi idő a betakarítástól az első hajtás megjelenéséig eltelt napokban kifejezve (DAH), 20°C-on történő tárolási rendszerben.



13. ábra: A betakarítás idejének, a gumók élettani korának hatása burgonyafajták gumónyugalmi idejére és tárolhatóságuk hosszára.

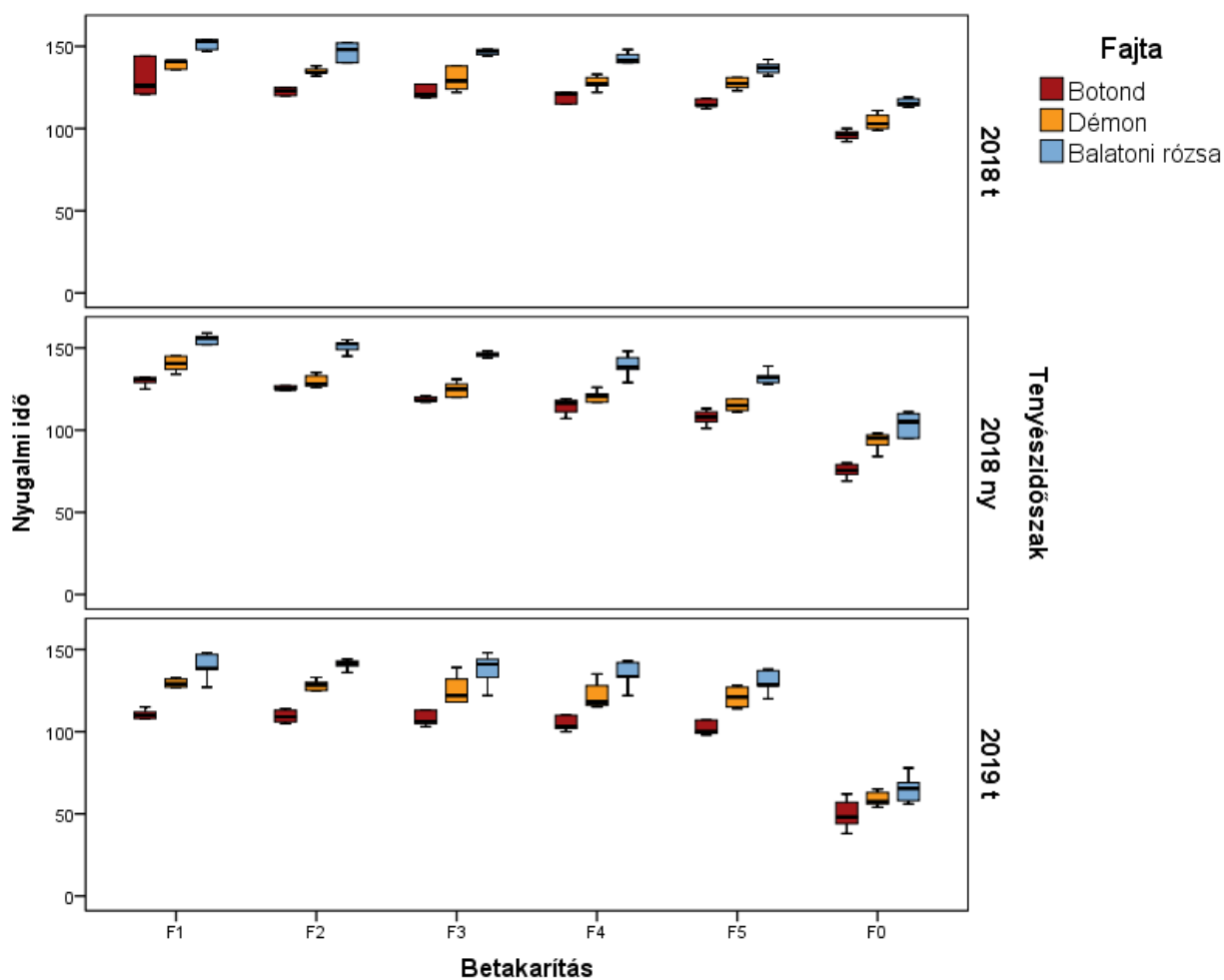
A nyugalmi időt napokban fejeztük ki (DAH), 20°C-on történő tárolási rendszerben. A tárolhatóság a nyugalmi idő korrigált értéke azzal az idővel, amennyivel később takarítottuk be a gumókötéshez képest. F1: gumókötés, F5: teljesérés, F0: az üzemi betakarítás időpontja.

Ha a tárolhatóság hosszát a legkorábban betakarított, legfiatalabb gumókhöz viszonyítjuk (F1, DAI), azt az eredményt kapjuk, hogy a legtovább a biológiai éréskor (F5) betakarított gumókat tárolhatjuk el. Ezt statisztikailag is igazolni tudtuk, a **14. táblázatban** a Duncan-teszt eredménye mutatja, illetve abszolút értékben is szemléltettük. Minél később történik a betakarítás, annál tovább tárolható a gumó F1 és F5 között. Az üzemi betakarítás (F0) általában a biológiai érést követő második héten történt, ekkor a gumók nyugalmi ideje lényegesen rövidebb volt, de nem olyan mértékben csökkent, mint amennyivel több időt töltöttek a gumók a talajban. Ebben az esetben azonban már a tárolhatóság elmarad a biológiai éréshez (F5) képest. A tárolhatóság szempontjából a betakarítás optimális időpontja a biológiai érés.

14. táblázat: A betakarítási időpont és az életteni kor hatása a tárolhatóság hosszára (DAI)

2018 tavasz						
	Botond		Démon		Balatoni rózsa	
F1	a	130	a	140	a	152
F2	a	130	ab	142	a	154
F3	b	136	b	144	bc	161
F4	c	141	c	149	cd	163
F5	cd	143	d	155	d	165
F0	d	147	cd	152	b	160
2018 nyár						
	Botond		Démon		Balatoni rózsa	
F1	b	130	bc	141	ab	155
F2	b	133	a	137	bc	158
F3	b	133	ab	139	c	160
F4	c	136	bc	141	c	160
F5	c	136	c	143	c	160
F0	a	125	c	144	a	153
2019 tavasz						
	Botond		Démon		Balatoni rózsa	
F1	a	110	a	130	a	140
F2	b	116	b	135	b	148
F3	c	122	bc	138	bc	153
F4	c	126	c	142	c	156
F5	d	130	d	149	c	158
F0	e	139	d	148	bc	154

A bal szélső oszlopban a betakarítás időpontjai láthatók. F1: gumókötés, F5: teljes érés, F0: az üzemi betakarítás időpontja. A kisbetűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, $p=0,05$ szinten, mellette a tárolhatóság hossza a gumókötéstől az első hajtás megjelenéséig eltelt napokban kifejezve. Minden esetben F1-hez képest értelmezzük a tárolhatóság hosszát (DAI).



14. ábra: A különböző élettani korban betakarított gumók nyugalmi ideje és a kihajtás dinamikája.

Az interkvartilis terjedelmet a dobozok szemléltetik, az ebben lévő vonal jelöli a mediánt. A minimum és maximum értékeket egy-egy talp ábrázolja, a teljes talp a terjedelmet mutatja. Minél nagyobb a terjedelem, annál jobban elhúzódik a kihajtás. A nyugalmi időt a betakarítástól az első hajtás megjelenéséig eltelt napokban (DAH) fejeztük ki, 20°C-on történő tárolási rendszerben.

5.5 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei

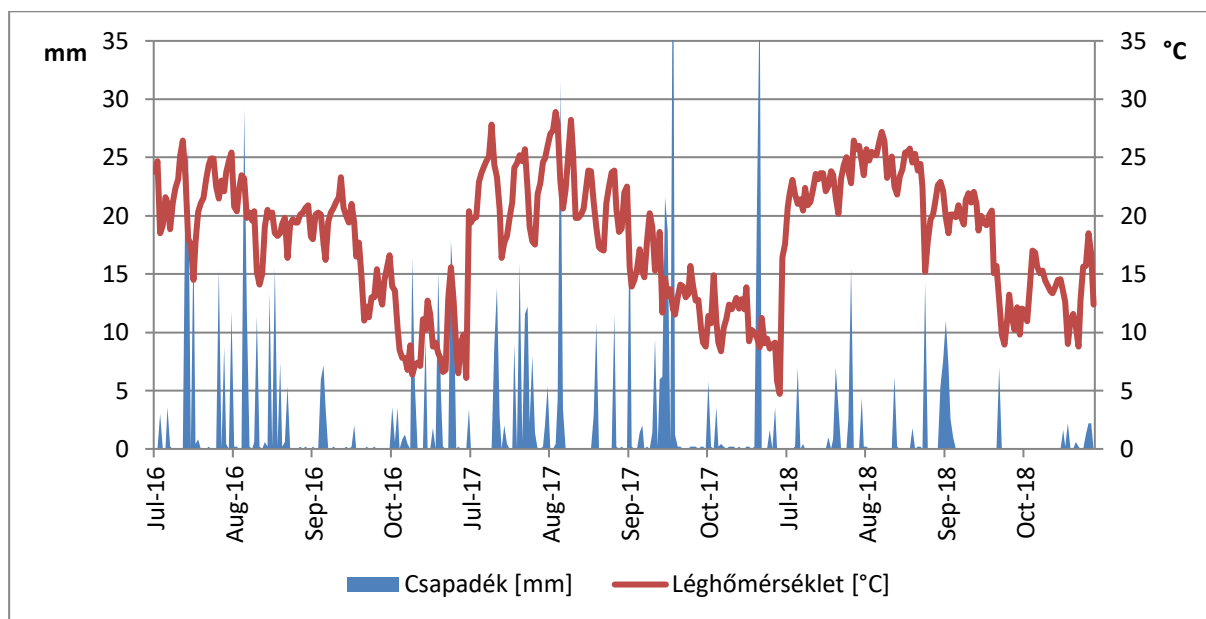
5.5.1 Kémiai kezelések hatása a nyugalmi időre

Eredményeink megerősítették, hogy kémiai kezelésekkel jelentősen csökkenthető a nyugalmi idő hossza. Vizsgálatainkban a Rindite és GS kezelések a nyugalmi időt jelentősen lerövidítették, így betakarítást követően 30 nappal újra ültethetővé váltak a gumók. A Rindite, a GS 50 és 100ppm koncentrációban és a Kombinált kezelés mindhárom fajta esetében, mindhárom tenyészidőszakban szignifikánsan ($p \leq 0,05$) csökkentette a gumók nyugalmi idejét (**15. táblázat**). Mivel előzetes eredményeink alapján az anyanövényt érő környezeti tényezők nagymértékben befolyásolják a nyugalmi időt, ezáltal módosíthatják a kezelések hatékonyságát is, ezért a három vizsgált tenyészidőszak meteorológiai adatait is elemezzük, illetve feltüntettük a **15. ábrán**.

Mindhárom vizsgálati évben a tenyészidőszak elejének hőmérséklete optimum feletti, végének hőmérséklete optimum alatti volt, mivel az anyagumók ültetése nyáron, a betakarítás pedig ősszel történt. A három tenyészidőszak közül 2016-ban volt a legkiegyenlítettebb és közel optimális hőmérséklet, amely kedvez a korábbi gumókötésnek, ez a nyugalmi időt csökkenti. 2016 a burgonyatermesztés szempontjából kedvező évjárat volt, még nyáron sem voltak aszályos napok, amely a kötött gumók élettani korát növelné. Havi bontásban egyenletesen és rendszeresen hullott csapadék, amely szintén kedvezett a korábbi gumókötésnek. A burgonya számára közel optimális időjárás az egész tenyészidőszakban a kötött gumók élettani korát nem növelte nagymértékben, viszont a tenyészidőszak végének hőmérséklete a többi évjáratához képest alacsonyabb volt, amely az élettani kort növelte. Ebben az évjáratban mértük a legrövidebb nyugalmi időt minden fajta kezeletlen gumóinak esetében.

2017 nyári tenyészidőszakának hőmérséklete volt a legmagasabb a három vizsgálati év közül, a hőmérséklet eloszlása is változatosabb képet mutatott, amely a gumókötést késlelteti, az élettani kort csökkenti, a nyugalmi időt növeli. Aszályos napok a tenyészidőszak elején voltak, amely szintén késlelteti a gumókötést. A tenyészidőszak végének hőmérséklete az előző évhez hasonlóan optimum alatti volt, de annál magasabb, amely kevésbé növelte a kötött gumók élettani korát, kevésbé csökkentette azok nyugalmi idejét. A csapadék eloszlása és mennyisége megfelelő volt az egész tenyészidőszakban, azonban a tenyészidőszak elején viszonylag kevesebb hullott, ami a gumókötést késlelteti, a nyugalmi időt növeli. 2017-ben mértük a leghosszabb nyugalmi időt minden fajta kezeletlen gumóinak esetében a három vizsgálati évek közül.

2018-ban a hőmérséklet állandóan magas volt, a tenyészidőszak elején néhány aszályos nappal, ezek késleltetik a gumókötést. A vizsgált tenyészidőszakok közül 2018-ban hullott a legkevesebb csapadék, amely a tenyészidőszak elején a gumókötést késlelteti, a tenyészidőszak végén azonban a gumónövekedés korlátozó tényezője lehetett, stresszként hatott, amely az élettani kort növeli. A tenyészidőszak végének hőmérséklete ebben az évjáratban volt a legmagasabb, amely nyári tenyészidőszakokban az utódgumók élettani korát a legkisebb mértékben növeli. Ebben az évjáratban közepes nyugalmi időt mértünk mindhárom fajta kontroll esetében.



15. ábra: A nyári tenyészidőszak hőmérséklet és csapadékviszonyai 2016, 2017 és 2018-ban.

Az adatok rendszerezését követően varianciaanalízist végeztünk, amelynek eredménye alapján (**M4.**) a kezelés- fajta- tenyészidőszak kölcsönhatás szignifikanciája közel 0, tehát ez a hármas kölcsönhatás statisztikailag igazolható hatással van a nyugalmi időre. A kettős interakciók szintén szignifikánsak. Ez azt jelenti, hogy nemcsak a kezelések, hanem a fajták és a vegetációs időszakok is jelentősen befolyásolják az eredményeket. Ezért a további statisztikai tesztekben tenyészidőszakonként és fajtánként külön-külön értelmezzük a kémiai kezelések hatását.

2016-ban mindegyik fajta esetében hasonló gumónyugalmi idő csökkenési tendenciát figyeltünk meg a kezelések hatására. A nyugalmi időt a Rindite, a GS100 és a Kombinált kezelés csökkentette a legnagyobb mértékben. Mindegyik fajtánál, mindhárom kezelés több mint 40% csökkenést eredményezett a kontrollhoz képest (**16. ábra**). A Duncan-teszt alapján a Rindite és a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb a Botond és a Démon fajta esetében. A GS100 kezelés szintén hatékonyan csökkentette e két fajta nyugalmi idejét. A GS100 eredménye szignifikánsan

különbözött a leghatékonyabb kezelések eredményétől, de a gyakorlatban ez a különbség nem volt számottevő (**15. táblázat**). A Balatoni rózsza esetében a GS100 és a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb, ezt követte a GS50, majd a Rindite. A különbség statisztikailag igazolható, de gyakorlati szempontból ebben az esetben sem számottevő, csupán néhány százalék a kontrollhoz képest.

A GS alacsonyabb, 50 és 10ppm koncentrációban is hatékonyan csökkentette a fajták nyugalmi idejét, azonban a csökkenő koncentrációnak megfelelően egyre kisebb mértékben. A Botond és Démon fajta esetében a csökkenés hasonló mértékű volt (40, 35 és 30%). A Balatoni rózsza esetében a GS50 kezelés a Rindite-nél nagyobb mértékben, ugyanakkor a GS10 ennél kisebb mértékben csökkentette a nyugalmi időt. A csökkenés ezekben az esetekben is több mint 40% a kontrollhoz képest.

15. táblázat: Kémiai kezelések hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére (°C)

Kezelés	2016			2017			2018			Átlag
	Botond	Balatoni rózsza	Démon	Botond	Balatoni rózsza	Démon	Botond	Balatoni rózsza	Démon	
Kontroll	1473 g	1724 f	1602 e	2131 h	2319 f	2173 g	1608 e	2141 e	1979 d	1906 g
GS10 ppm	985 d	1032 d	1163 d	1613 e	1337 c	1976 e	1388 c	2059 e	1937 d	1499 e
GS50 ppm	952 c	957 b	1005 c	1340 d	992 b	1528 d	1209 b	1448 d	1841 c	1253 d
GS100 ppm	913 b	918 a	966 b	1256 c	952 b	1140 c	1163 b	1319 c	1692 b	1146 c
BA20 ppm	1355 e	1689 e	1592 e	1955 g	2107 de	2048 ef	1473 d	2123 e	1831 c	1797 f
BA30 ppm	1363 e	1688 e	1593 e	1809 f	2205 e	2091 f	1484 d	2092 e	1944 d	1808 f
BA100 ppm	1403 f	1732 f	1604 e	1843 f	2064 d	2023 ef	1521 d	2092 e	1959 d	1805 f
Rindite	883 a	993 c	893 a	456 b	452 a	487 b	503 a	608 b	751 a	669 b
Kombinált	869 a	931 a	881 a	376 a	363 a	387 a	507 a	476 a	753 a	616 a

Az egyes oszlopokban lévő azonos betűk azt jelzik, hogy nincs szignifikáns különbség az adott kezelések között,

Duncan-teszt alapján, $p=0,05$ szinten. A sötétzöld cellák a leghatékonyabb, a világoszöldek a második leghatékonyabb kezeléseket mutatják a nyugalmi idő csökkentése szempontjából. Az eredményeket a kihajtáshoz szükséges, a tárolás során halmozott hőmérséklet összegben adtuk meg (°C).

A BA bármely koncentrációban, egyik fajta esetében sem befolyásolta nagymértékben a nyugalmi időt. Megfigyeltük, hogy a növekvő koncentrációval egyre kisebb mértékben csökkentette azt, ugyanakkor a csökkenő tendenciát statisztikailag nem minden esetben tudtuk igazolni. A Démon esetében nem volt szignifikáns különbség a kontrollhoz képest a BA kezeléseknél, a Balatoni rózsza és Botond fajták esetében találtunk igazolható különbséget.

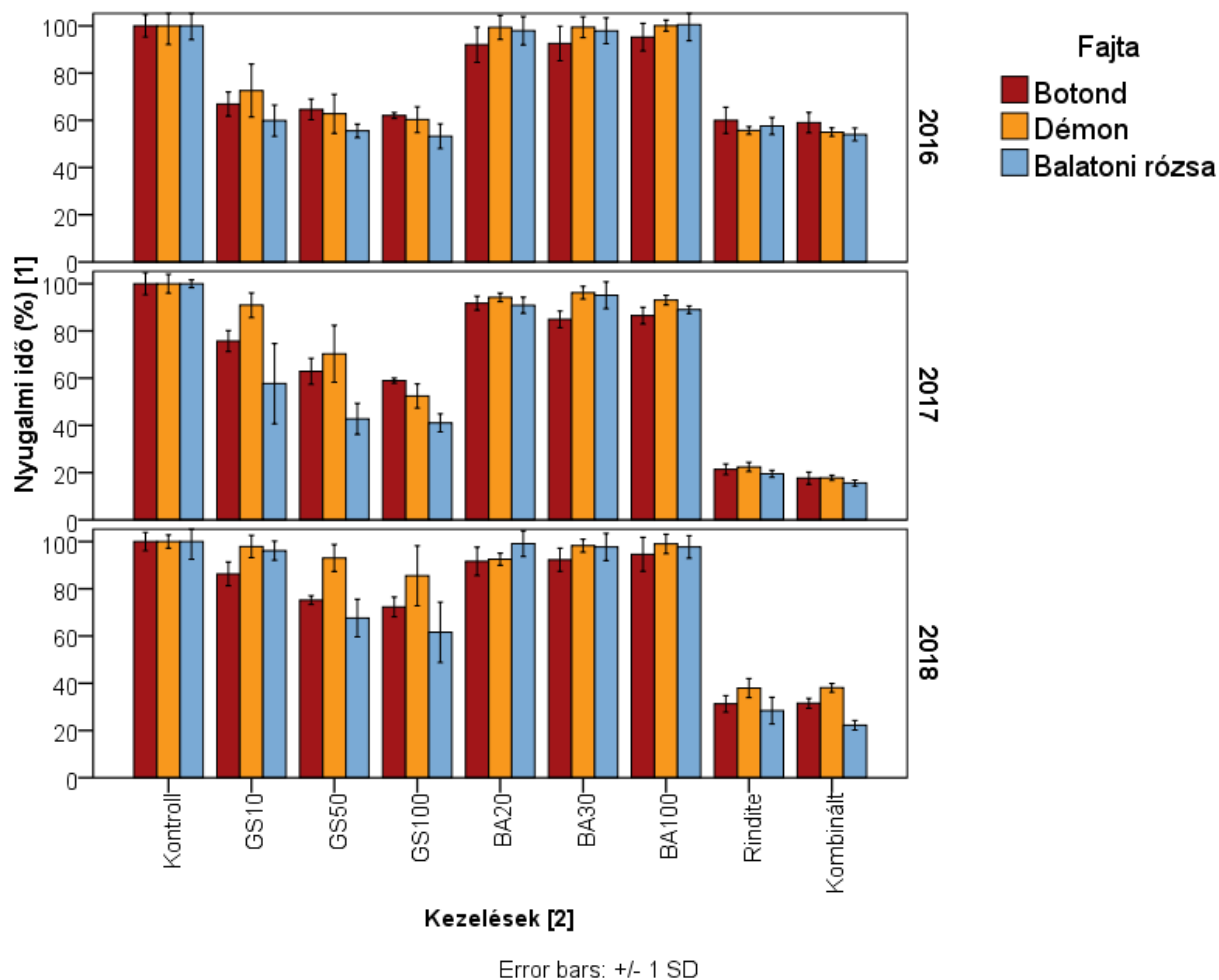
A Rindite és Kombinált kezelések nemcsak a nyugalmi időt rövidítették le nagymértékben, de hatásukra a gumók kihajtása is szinte azonos időben, szinkronizált módon történt. A BA, és egyes esetekben a GS kezelések ezzel ellentétben elhúzódó csírázást eredményeztek (**17. ábra**).

2017-ben hasonló tendenciát figyeltünk meg a kezelések hatására a vizsgált fajták nyugalmi idejében. Minden fajta nyugalmi ideje kontroll körülmények közt hosszabb volt az előző tenyészidőszakéhoz képest, és a kezelések hatékonyságában is különbségeket fedeztünk fel (**15. táblázat**). Szembetűnő a Rindite és Kombinált kezelés hatékonysága. Mindkét kezelés az előző évihez képest sokkal nagyobb mértékben csökkentette a fajták nyugalmi idejét, mintegy 80%-kal a kontrollhoz képest. Ebben az évben is a Rindite, GS100 és Kombinált kezelések csökkentették a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt minden vizsgált fajtánál (**16. ábra**). A GS100 hatékonysága összességében jobb volt az előző évhez képest, de a Rindite és Kombinált kezelésekhez képest az eredménye csekélyebb.

A Balatoni rózsa esetében a Rindite és Kombinált kezelések a leghatékonyabban, statisztikailag egymással azonos mértékben csökkentették a nyugalmi időt (80%-kal a kontrollhoz képest). Ezt követte a GS100 és GS50 kezelés, amelyek 60%-kal csökkentették a nyugalmi időt, egymással szintén azonos mértékben (**15. táblázat**). A Botond és Démon esetében a Rindite és a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb (mintegy 80% a csökkenés). A GS100 kezelés szintén hatékonyan csökkentette e fajták nyugalmi idejét (a Botond esetén 40%-kal, a Démon esetén 50%-kal), ugyanakkor ebben az évben a különbség már számottevő volt a kezelések között. A GS kezelések a növekvő koncentrációval egyenes arányban csökkentették a nyugalmi időt.

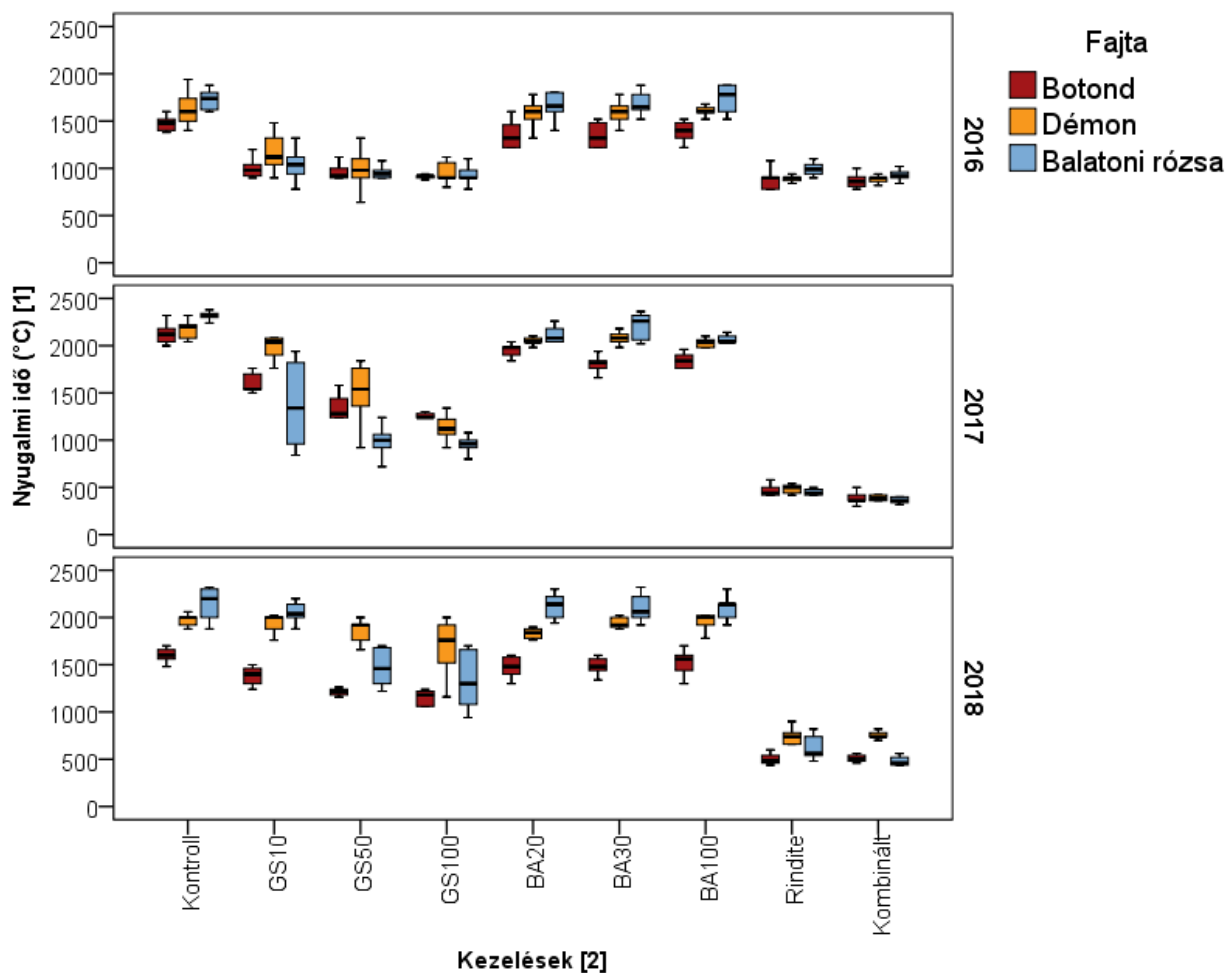
A BA kezelések ebben az évben sem befolyásolták jelentősen a nyugalmi időt, de az előző évhez képest nagyobb mértékben, amelyet statisztikailag is igazolni tudtunk. A különbség minden koncentrációban, mindhárom fajta esetében szignifikáns volt a kontrollhoz képest. A Démon esetében a kezelések nem különböztek egymástól igazolhatóan, de megfigyeltük, hogy a BA30 kezelés csökkentette a legkisebb (4%), a BA100 pedig a legnagyobb mértékben (7%) a nyugalmi időt. A Balatoni rózsa esetében hasonló tendenciát figyeltünk meg, ellenben a Botond nyugalmi idejét éppen a BA30 csökkentette a leginkább (**16. ábra**).

Ebben az évben is a Rindite és Kombinált kezelések eredményeztek kisebb szórást az adatelemzés során, ugyanakkor ezek a kezelések rövidítették le a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt. A GS kezelések esetében nagyobb szórást tapasztaltunk az előző év eredményeihez képest. A BA kezelések nem eredményeztek elhúzódó kihajtást ebben az évben, a mért adatok terjedelme a kontrollhoz hasonló mértékű volt (**17. ábra**).



16. ábra: Kémiai kezelések hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére, a kontroll százalékában.

[1] Az eredményeket a kontroll %-ában tüntettük fel (minden fajta esetében a kontroll a 100%), az adatok az ismétlések átlagértékei. [2] Az alkalmazott kémiai kezelések: Kontroll, GS10 ppm, GS50 ppm, GS100 ppm, BA20 ppm, BA30 ppm, BA100 ppm, Rindite, Kombinált (Rindite+GS100 ppm).



17. ábra: A kémiai kezelések hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére és kihajtásának dinamikájára.

Az interkvartilis terjedelmet a dobozok szemléltetik, az ebben lévő vonal jelöli a mediánt. A minimum és maximum értékeket egy-egy talp ábrázolja, a teljes talp a terjedelmet mutatja. Minél nagyobb a terjedelem, annál jobban elhúzódik a kihajtás. [1] A nyugalmi időt a tárolóban felvett halmozott hőmérséklet összegben adtuk meg (°C). [2] Az alkalmazott kémiai kezelések: Kontroll, GS10 ppm, GS50 ppm, GS100 ppm, BA20 ppm, BA30 ppm, BA100 ppm, Rindite, Kombinált (Rindite+GS100 ppm).

2018-ban az előző évhez hasonlóan a Rindite és a Kombinált kezelések eredményezték a legrövidebb nyugalmi időt minden vizsgált fajta esetében, átlagosan 70%-kal csökkentették azt a kontrollhoz képest (**16. ábra**). Ebben az évben a fajták alap nyugalmi ideje rövidebb volt, mint az előző tenyészidőszakban, viszont hosszabb, mint 2016-ban. A kezelések hatékonyságában is igazolható változásokat tapasztaltunk. A GS kezelések lényegesen kisebb mértékben csökkentették a nyugalmi időt minden fajta esetében, mint az előző tenyészidőszakokban. A GS legnagyobb, 100ppm koncentrációban is átlagosan csak 30%-kal csökkentette le a nyugalmi időt. A Balatoni rózsza esetében a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb, a csökkenés 80% a kontrollhoz képest. Statisztikailag ettől különbözött a Rindite kezelés eredménye, amely 70%-kal

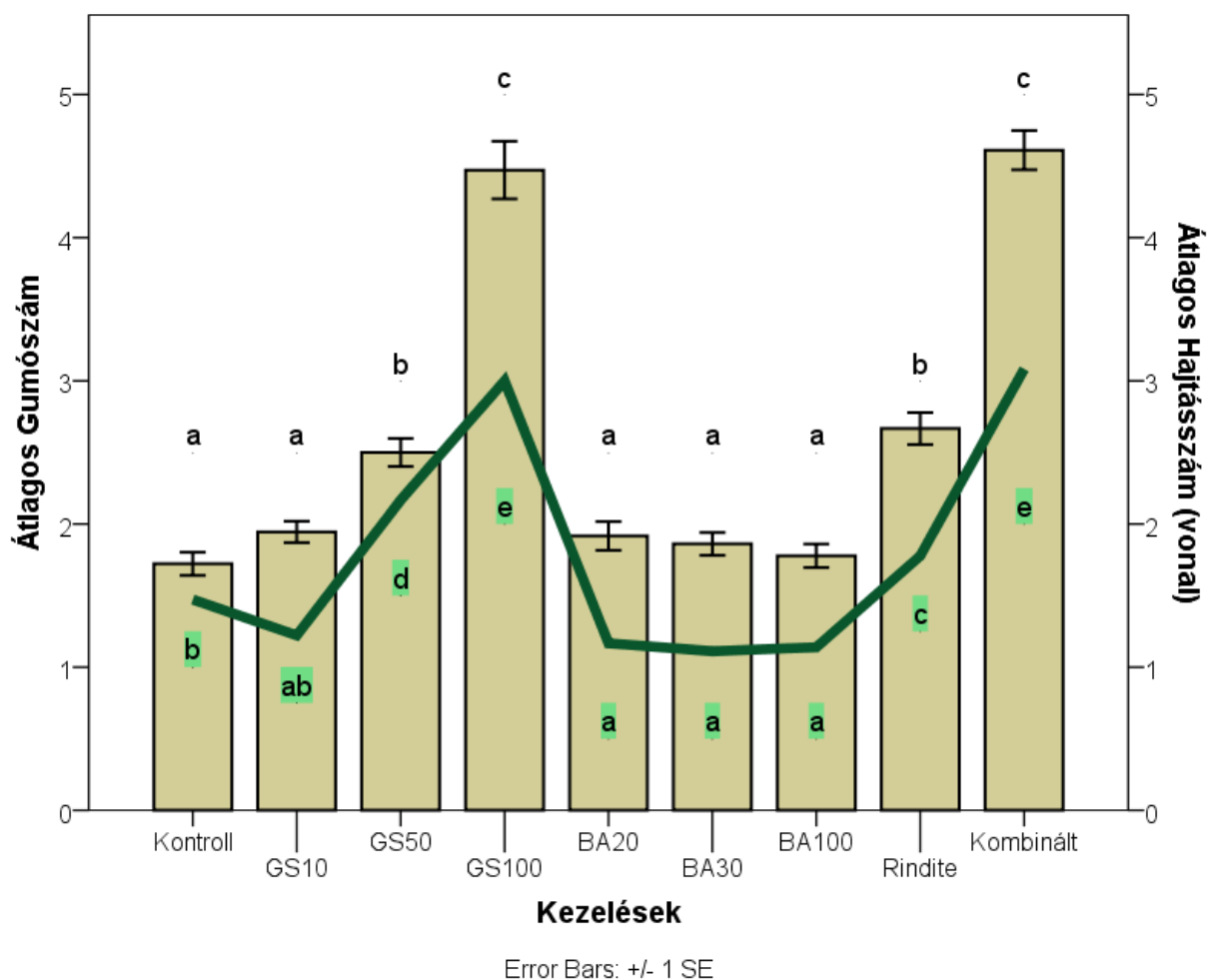
csökkentette a nyugalmi időt. Ebben a tenyészedőszakban a GS100 40%-kal, a GS50 30%-kal csökkentette a fajta nyugalmi idejét, a GS10 kezelés eredménye statisztikailag nem különbözött a kontrolltól (**15. táblázat**). A Botond és Démon ebben az évben is hasonlóképp reagáltak a kezelésekre, a Rindite és Kombinált kezelések egymással azonos mértékben csökkentették a nyugalmi idejüket. A Botond esetében 70%, a Démon esetében 60%-kal a kontrollhoz képest (**16. ábra**). Ez a 2016-os eredményekhez képest jelentősebb csökkenést eredményezett, viszont a 2017-es év eredményeihez képest csekélyebbet. A GS100 mindkét fajta esetében mintegy 30%-kal csökkentette a nyugalmi időt. A Botond esetében a GS50 kezelés is 25% csökkenést eredményezett a kontrollhoz képest, azonban a Démonnál a csökkenés elhanyagolható az 50ppm koncentráció hatására, csupán 7%. A GS10 kezelés egyik fajtánál sem eredményezett jelentős csökkenést, a Démon esetében statisztikailag azonos volt a kontroll eredményével. Ebben az évben is a GS kezelések a növekvő koncentrációval egyenes arányban csökkentették a nyugalmi időt, de a csökkenés összességében nem volt jelentős.

A BA kezelések hatására ebben az évben hasonló tendenciát tapasztaltunk, mint 2016-ban. Egyik fajta esetében sem befolyásolta nagymértékben a nyugalmi időt, ezt statisztikailag is igazolni tudtuk, mivel az esetek döntő többségében nem találtunk igazolható különbséget a kontrollhoz képest (**15. táblázat**). A Botond és Démon esetében ebben a tenyészedőszakban is megfigyeltük, hogy a növekvő koncentrációval egyre kisebb mértékben csökkent a nyugalmi idő, a kezelések átlagosan csupán 3%-kal csökkentették azt.

Hasonlóan az előző tenyészedőszakhoz, a Rindite és Kombinált kezelések eredményezték a legkisebb szórást az adatelemzés során, ugyanakkor ezek a kezelések rövidítették le a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt. A BA kezelések nem eredményeztek elhúzódó kihajtást ebben az évben sem, a mért adatok terjedelme a kontrollhoz hasonló mértékű volt. A GS kezelések esetében azonban nagyobb szórást tapasztaltunk az előző évek eredményeihez képest is (**17. ábra**).

5.5.2 A nyugalmi idő feltörését célzó kezelések hatásának vizsgálata a hajtásszámra és a gumókötésre

Annak érdekében, hogy meghatározzuk az alkalmazott kezelések utóhatását a növények további fejlődésre, felvételeztük a kikelt növények hajtásszámát az ültetést követő 20. napon, illetve a növények leérése után megszámoltuk a kötött gumók darabszámát. Az eredményeket oszlopdiagramon szemléltetjük (18. ábra).



18. ábra: Kémiai kezelések hatása a vizsgált fajták átlagos hajtásszámára és gumószámára.

Az eredmények az összes év és fajta átlagértékei. Az oszlopok mutatják a gumószámot (db), a vonal a hajtásszámot (db). A betűk a Duncan-teszt eredményét mutatják, az azonos betűk jelzik, ha a kezelések nem különböznek szignifikánsan $p \leq 0,05$ szinten. A zöld háttérű betűk a hajtások, a fehér háttérűek a gumók eredményeit mutatják.

Duncan-teszt alapján ($p \leq 0,05$) a GS50, GS100, Rindite és Kombinált kezelések szignifikánsan növelték a hajtásszámot és a gumószámot egyaránt. A hajtásszám és gumószám emelésében is a leghatékonyabb kezelés a GS100 és a Kombinált volt. A GS100 átlagosan 204%-kal növelte a

hajtásszámot, és 260%-kal a kötött gumók számát. Míg a Kombinált kezelés átlagosan 210%-kal növelte a hajtásszámot és 268%-kal a gumókötést. A GS10 és a BA kezelések sem a gumószámot, sem a hajtásszámot nem növelték a kontrollhoz képest igazolhatóan. Korreláció analízis alapján közepesen erős, jelentős kapcsolatot találtunk a kötött gumószám és a hajtásszám változása közt a kezelések hatására (Pearson-korreláció $r=0,572$, $p \leq 0,01$ szinten).

Összességében a GS100 és a Kombinált kezelések eredményezték a legtöbb hajtást és a legtöbb kötött gumót. A GS10 és a BA kezelések egyik évben, egyik fajta esetében sem eredményeztek statisztikai növekedést a hajtásszámban és a gumószámban a kontrollhoz képest. Az eredményeket évekre és fajtákra lebontva a következőkben taglaljuk.

5.5.2.1 A kezelések hatása a hajtásszámra

2016-ban a három fajta hajtásszámát egymástól eltérő módon befolyásolták a kezelések (**19. ábra**). Ebben az évben a Botond volt a legérzékenyebb a kezelésekre, míg a Balatoni rózsza hajtásszámát befolyásolták a legkisebb mértékben a kezelések Duncan-teszt alapján a kontrollhoz képest, ugyanis kevesebb csoportot adott a statisztikai teszt az utóbbi esetben (**16. táblázat**). Abszolút értelemben, az eredményeket számszerűsítve azonban a Démon hajtásszámát módosították a legkisebb mértékben a kezelések. Mindhárom fajta esetében a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb, szignifikánsan több hajtást eredményezett (átlagosan a kontroll 260%-a). A Balatoni rózsza esetében csak ez a kezelés hozott szignifikáns különbséget a többi kezeléstől, a kontroll 240%-ával eredményezett több hajtást. A Botond esetében a Kombinált, vele azonos mértékben a GS50 (360%) és a GS100 (300%) kezelések eredményeztek szignifikánsan több hajtást. A Rindite kezelés is nagymértékben, a kontroll 220%-ában növelte a hajtásszámot ennél a fajtánál. A Démon esetében a Kombinált volt a leghatékonyabb kezelés (180%), ezt követte a Rindite (140%). Ez a két kezelés eredményezett szignifikánsan több hajtást a kontrollhoz képest.

2017-ben az előző évhez képest eltérően reagáltak a fajták a kezelésre. Ebben az évben a GS100 kezelés minden fajtánál szignifikánsan növelte a hajtásszámot, amely átlagosan a kontroll 250%-a volt. Duncan-teszt alapján a Botond érzékenyebben reagált a kezelésekre, mint a Balatoni rózsza és a Démon. Abszolút értelemben a Balatoni rózsza hajtásszámát befolyásolták a kezelések a legnagyobb mértékben. A Balatoni rózsza esetében a Kombinált volt a leghatékonyabb kezelés (367%), ezt követte a GS100 (300%). A többi kezelés nem eredményezett szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest. A Botond esetében a GS100 volt a leghatékonyabb (300%), ezt követte a GS50 (267%). A Démon esetében csak a GS100 eredményezett szignifikánsan több hajtást, a kontroll 150%-ával.

2018-ban szintén eltérő hajtásszám változással reagáltak a fajták a kezelésekre az előző évekhez képest. Ebben az évben a GS100, Kombinált, Rindite és GS50 kezelések hatékonyan növelték a hajtásszámot, sorban átlagosan 228%, 222%, 194% és 178%-a volt kontrollhoz képest. A Balatoni rózsa volt a legérzékenyebb a kezelésekre, míg a legkisebb mértékben a Botond hajtásszámát változtatták a kezelések. A Balatoni rózsa esetében a GS100 és a Kombinált statisztikailag azonos mértékben (300%), majd a GS50 és Rindite (250%) szignifikánsan növelték a hajtásszámot. A Botond esetében a Kombinált kezelés eredménye 167%-a, a GS100, GS50 és Rindite 133%-a volt a kontroll hajtásszámának. A Démon esetében a GS100 kezelés eredményezte a legtöbb hajtást (250%), majd a Rindite és Kombinált (200%).

16. táblázat: A kémiai kezelések hatása a vizsgált fajták hajtásszámára (db)

Kezelés	2016			2017			2018		
	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon
Kontroll	1,25 ab	1,25 a	1,25 a	1,50 a	1,50 ab	3,00 b	1,00 a	1,50 b	1,00 a
GS10	1,00 a	1,50 a	1,00 a	1,00 a	2,00 b	1,00 a	1,00 a	1,50 b	1,00 a
GS50	1,50 b	4,50 c	1,00 a	1,50 a	4,00 c	1,00 a	2,50 c	2,00 c	1,50 b
GS100	1,25 ab	3,75 c	1,00 a	4,50 b	4,50 d	4,50 c	3,00 d	2,00 c	2,50 d
BA20	1,25 ab	1,25 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,50 a	1,50 b	1,00 a	1,00 a
BA30	1,00 a	1,50 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,50 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
BA100	1,00 a	1,50 a	1,25 a	1,00 a	1,50 ab	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
Rindite	1,50 b	2,75 b	1,75 b	1,00 a	1,00 a	1,50 a	2,50 c	2,00 c	2,00 c
Kombinált	3,00 c	4,50 c	2,25 c	5,50 c	2,00 b	3,00 b	3,00 d	2,50 d	2,00 c

Az oszlopokban az azonos betűk jelzik, ha a kezelések nem különböznek szignifikánsan $p \leq 0,05$ szinten. A sötét színnel jelölt cellák jelzik a hajtásszám növekedés szempontjából leghatékonyabb kezelések eredményét. Az eredményeket a hajtások darabszámában fejeztük ki.

5.5.2.2 A kezelések hatása a gumószámra

A kezelések hatására változott a növények teljes érés kori gumószáma (**19. ábra**). Az eredmények következetesebbek a hajtásszám változáshoz képest (**17. táblázat**). Minden évben, minden fajtánál a Kombinált és GS100 kezelések voltak a leghatékonyabbak, szignifikánsan ezek eredményezték a legtöbb kötött gumót.

2016-ban mindhárom fajta esetében a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb, szignifikánsan és nagymértékben növelte a gumószámot (átlagosan a kontroll 379%-a volt a kezelés hatása). Duncan-teszt alapján a Botond volt a legérzékenyebb a kezelésekre, míg a Démon gumószámát változtatták a legkisebb mértékben a kezeléseket. Abszolút értelemben a Balatoni rózsa gumószáma változott a legnagyobb mértékben, amelyet a Kombinált és a GS100 kezelések szignifikánsan növelték, a kontroll 450% és 300%-ával. A Botond gumószámát a Kombinált kezelés növelte a legnagyobb mértékben (343%), ezt követte a GS100 (314%), a növekedés mindkét esetben szignifikáns a kontrollhoz képest. A Démon esetében a Kombinált kezelés növelte a legnagyobb mértékben a gumószámot (343%), ezt követte a GS100 és a Rindite, a kontroll 186%-ával.

2017-ben hasonló tendenciát figyeltünk meg, azonban ebben az évben összességében a GS100 kezelések nagyobb mértékben növelték a gumószámot, mint a Kombinált kezelés. Ez a kezelés minden fajta esetében szignifikánsan több gumót eredményezett a kontrollhoz képest, átlagosan 322%-ában növelte azt. Duncan-teszt alapján a Balatoni rózsa volt a legérzékenyebb a kezelésekre, abszolút értelemben azonban a Botond gumószámát befolyásolták a legnagyobb mértékben a kezeléseket. A Balatoni rózsa gumószámát a GS100 kezelés növelte a kontroll 200%-ával, ezt követte a Kombinált kezelés (133%). A Botond esetében szintén a GS100 volt a leghatékonyabb kezelés (a kontroll 567%-a), ezt követte a Kombinált (233%), a kezeléshatás mindkét esetben szignifikáns. A Démon esetében a Botonddal hasonló tendenciát figyeltünk meg, kisebb mértékű kezeléshatással (a kontroll 200%-ában a GS100, illetve 175%-ában a Kombinált kezelés esetén). Ebben az évben ugyan a hajtásszámot nem emelte meg a Kombinált kezelés nagymértékben, de a gumószámot hatékonyan növelte.

2018-ban hasonló tendenciát figyeltünk meg, mint 2016-ban. A Kombinált kezelés növelte a legnagyobb mértékben a gumószámot, átlagosan a kontroll 336%-ával. A növekedés mindhárom fajta esetében szignifikáns. A GS100 kezelés szintén szignifikánsan és nagymértékben növelte (231%), illetve ebben az évben a Rindite kezelés is eredményes volt (264%), hasonlóan a hajtásszámban tapasztalt növekedéshez ebben az évben. Duncan-teszt alapján a legérzékenyebb a Botond volt, a legkisebb mértékben a Balatoni rózsa gumószámát befolyásolták a kezeléseket. A Balatoni rózsa esetében a Kombinált kezelés eredményezte a legtöbb gumót, a kontroll 225%-

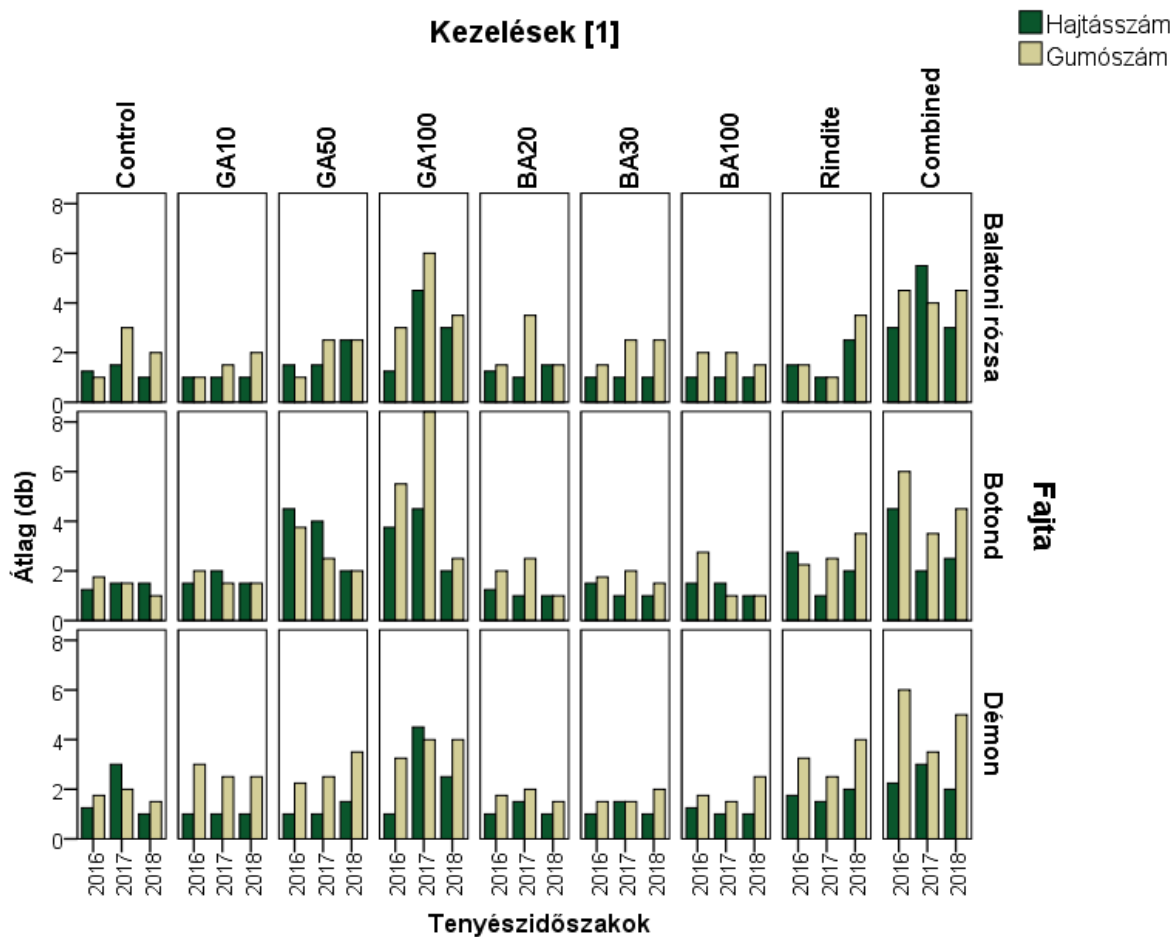
ában, ezt követte a GS100 és a Rindite (175%). A Botond esetében szintén a Kombinált kezelés volt a leghatékonyabb (450%), ezt követte a Rindite (350%), majd a GS100 (250%). A Démon esetében szintén a Kombinált kezelés eredményezte a legtöbb gumót (333%), ezt követte a Rindite és GS100 (267%), majd a GS50 (233%). A növekedés minden esetben szignifikáns.

17. táblázat: A kémiai kezelések hatása a növényenkénti gumószámra (db)

Kezelés	2016			2017			2018		
	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon
Kontroll	1,00 a	1,75 a	1,75 a	3,00 de	1,50 b	2,00 b	2,00 ab	1,00 a	1,50 a
GS10	1,00 a	2,00 a	3,00 bc	1,50 ab	1,50 b	2,50 c	2,00 ab	1,50 b	2,50 c
GS50	1,00 a	3,75 b	2,25 ab	2,50 cd	2,50 c	2,50 c	2,50 b	2,00 c	3,50 d
GS100	3,00 c	5,50 c	3,25 c	6,00 g	8,50 e	4,00 e	3,50 c	2,50 d	4,00 e
BA20	1,50 ab	2,00 a	1,75 a	3,50 ef	2,50 c	2,00 b	1,50 a	1,00 a	1,50 a
BA30	1,50 ab	1,75 a	1,50 a	2,50 cd	2,00 c	1,50 a	2,50 b	1,50 b	2,00 b
BA100	2,00 b	2,75 ab	1,75 a	2,00 bc	1,00 a	1,50 a	1,50 a	1,00 a	2,50 c
Rindite	1,50 ab	2,25 a	3,25 c	1,00 a	2,50 c	2,50 c	3,50 c	3,50 e	4,00 e
Kombinált	4,50 d	6,00 c	6,00 d	4,00 f	3,50 d	3,50 d	4,50 d	4,50 f	5,00 f

Az oszlopokban az azonos betűk jelzik, ha a kezelések nem különböznek szignifikánsan $p \leq 0,05$ szinten. A sötét színnel jelölt cellák jelzik a gumószám növekedés szempontjából leghatékonyabb kezelések eredményét. Az eredményeket a növényenkénti gumók darabszámában fejeztük ki.

A kezelések hatására egyazon fajtán belül a fejlődő növények hajtásnövekedésének intenzitásában is lényeges különbséget tapasztaltunk, ami a kezelések nyugalmi időre gyakorolt hatásából származhat. A magasabb, gyorsabban fejlődő növények azokból a gumókból fejlődtek, amelyeknek hamarabb lejárt a nyugalmi periódusa. Ezek a különbségek azonban a virágzást megelőző időszakra kiegyenlítődték.



19. ábra: A nyugalmi idő feltörését célzó kémiai kezelések hatása a vizsgált fajták hajtásszámára és gumószámára.

Az eredményeket a növényenkénti hajtások és gumók darabszámában fejeztük ki. [1] Az alkalmazott kémiai kezelések: Kontroll, GS10 ppm, GS50 ppm, GS100 ppm, BA20 ppm, BA30 ppm, BA100 ppm, Rindite, Kombinált (Rindite+GS100 ppm).

5.6 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A kezelések jelentősen befolyásolták a fajták nyugalmi idejét (**18. táblázat**). A legnagyobb mértékben a H6, illetve a H1 kezelés csökkentette a nyugalmi időt minden fajta esetében, mindhárom tenyészedőszakban. A H6 átlagosan 27%-kal csökkentette a fajták nyugalmi idejét a kontrollhoz képest °C-ban, illetve 28%-kal DAH kifejezve. A H1 átlagosan 14%-kal csökkentette a nyugalmi időt °C-ban, illetve 16%-kal DAH kifejezve. Igazolni tudtuk HARKETT (1981), valamint van ITTERSUM és SCHOLTE (1992b) eredményeit, tehát a rövid ideig tartó (néhány hét) alacsony hőmérsékletű tárolás lerövidíti a nyugalmi időt. Mindkét kezelés esetében a tárolóban felvett napi hőösszeg megegyezett a kontrollal. Két héten keresztül hő- (35°C), illetve 2 héten keresztül hidegsokk kezelést (5°C) kaptak a gumók, amelynek 4 hétre vetített átlaga ugyanúgy 20°C, mint a kontroll esetében. Mégis, a H6, ahol előbb kaptak hőkezelést a gumók, majd ezután hidegsokk kezelést, hatékonyabb volt, mint a H1. Ebben a vonatkozásban SCHOLTE (1987), illetve SUTTLE (2007) eredményeit igazolni tudtuk, miszerint a meleg előkezelés hatékonyabb a hideg előkezelésnél. Eredményeink van ITTERSTUM és SCHOLTE (1992) eredményeit is alátámasztották, akik a hideg előkezelés nyugalmi időt rövidítő hatását figyelték meg egyes fajták esetében, de a kezelés körülbelül feleolyan hatékony volt, mint a meleg előkezelés. BURTON (1963) eredményeit szintén igazolni tudtuk az általunk vizsgált fajták esetében, miszerint a váltakozó hőmérsékletű tárolás nagyobb mértékben rövidíti a nyugalmi időt, mint az állandó tárolási hőmérséklet.

18. táblázat: Hőkezelések hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére Duncan-teszt alapján, a fajták és évek átlagában

Kezelés	°C	DAH
Kontroll	1890 c	79 d
H1	1622 b	66 b
H2	3059 f	92 e
H3	1910 c	66 b
H4	2290 e	71 c
H5	2125 d	70 c
H6	1376 a	57 a

Az oszlopokban az azonos betűk jelzik, ha a kezelések nem különböznek szignifikánsan $p \leq 0,05$ szinten. A sötét színnel jelölt cellák jelzik a leghatékonyabb kezelések eredményét (nyugalmi idő csökkentése, vagy növelése szempontjából). Betűrendben az alacsonyabb karakter jelzi a rövidebb nyugalmi időt. A szürke cellák jelzik a legrövidebb, a fekete cellák a leghosszabb nyugalmi időt mindegyik oszlopban. Az eredményeket a tárolóban felvett effektív hőösszegben (°C) és a betakarítástól az első hajtás megjelenéséig eltelt napokban (DAH) is megadtuk. Az eredmények a három tenyészedőszak és a három vizsgált fajta átlagai.

Az eredmények értékelésénél érdemes különbséget tennünk az O'BRIEN et al. (1983) módszere szerinti effektív hőösszegben, illetve a napokban kifejezett, DAH tárolási idő hossza között. A hőösszeg nem minden esetben alkalmas a tárolási idő hosszának objektív megítélésére, mert évjáratonként eltérő, hogy az utódgumókat az adott tenyészidőszakban mekkora hőmérséklet összeg éri, ami módosítja a betakarításkor az élettani korukat, közvetve pedig a nyugalmi idejüket. Ebben a megközelítésben a nyugalmi idő objektív megítéléséhez a napokban és hőösszegben kifejezett nyugalmi időt együttesen célszerű figyelembe venni. Esetünkben a gumókat nem közvetlenül betakarítás után kezeltük, hanem CARLI et al. (2016) módszere szerint megvártuk a két hetes parásodási időt. Tehát ez idő alatt a fűtetlen tárolóban is folytatódott az élettani érés, ami a nyugalmi idő hosszának meghatározásakor a napi felvett hőmérséklet összeg beszámításával vehető figyelembe. Ha a gazdaságossági tényezőt is figyelembe vesszük a teljes tárolás során (hűtés-fűtés költsége), a hőösszegnek még nagyobb jelentősége van, mint a napokban kifejezett nyugalmi időnek.

A legnagyobb mértékben a H2 kezelés hosszabbította meg a fajták nyugalmi idejét minden fajta esetében, mindhárom tenyészidőszakban. A növekedés átlagosan 62% (°C), illetve 16% (nap). Ebben az esetben még nagyobb a különbség a hőösszegben és napokban kifejezett nyugalmi idő között, mivel a kontroll és H2 közti hőmérséklet többlet 10°C naponta. Ebben a vonatkozásban nem tudtuk igazolni DAVIDSON (1958), WURR és ALLEN (1976), BURTON (1978) és AKSENOVA et al. (2013) megfigyeléseit, miszerint a 30°C körüli tartós hőhatás kedvez a nyugalom feltörésének.

Rövid ideig tartó hőhatás esetén azonban a nyugalmi idő csökkenését tapasztaltuk (H3 és H5 kezelések). Napokban kifejezve H3 esetében a csökkenés átlagosan 16%, H5 esetében 11% a kontrollhoz képest. A nyugalmi időt hőösszegben kifejezve ellenben nem tapasztaltunk csökkenést, H3 esetében nem volt szignifikáns különbség, H5 esetében pedig enyhe növekedést tapasztaltunk (12%) a kontrollhoz képest. Ebben az esetben is az eltérések a kontrollhoz viszonyított, rövid ideig tartó hőmérséklet többlettel magyarázhatók (30°C és 35°C). Ebben a vonatkozásban igazolni tudtuk van ITTERSUM és SCHOLTE (1992b) eredményeit, tehát a rövid ideig tartó magas hőmérséklet lerövidíti a nyugalmi időt. AKSENOVA et al. (2013) megfigyeléseit is alátámasztottuk, a megemelt hőmérséklet kedvez a nyugalom feltörésének és a korai kihajtásnak. SUTTLE (2007) eredményei a vizsgált fajták esetében nem helytállóak, miszerint a különösen magas hőmérséklet (35°C) a nyugalmi idő azonnali feltöréséhez vezet.

Tartós hőhatás esetében (H4) szintén csökkenő tendenciát figyeltünk meg a nyugalmi időt napokban kifejezve (10%), viszont növekedést hőösszegben kifejezve (21%). A különbség oka

szintén a hosszan tartó magas tárolási hőmérséklet. AKSENOVA et al. (2013) megfigyelései ebben az esetben helytállóak, amennyiben a nyugalmi időt napokban vizsgáljuk.

Az eredményeket évekre és fajtákra lebontva a következőkben részletezzük, először a kezelések hatását a tárolóban felvett effektív hőösszegben kifejezve (**19. táblázat**).

2017-ben az összes fajta esetében a leghosszabb volt a nyugalmi idő. A kontroll az előzetes mérési eredményeknek megfelelően alakult, leghosszabb nyugalmi ideje a Balatoni rózsának, majd a Démonnak, a legrövidebb a Botondnak volt. A H1 nagymértékben csökkentette a nyugalmi időt. A fajtasorrend megmaradt, tehát a Balatoni rózsa a leghosszabb, a Botond a legrövidebb nyugalmi idővel rendelkezett. Botond esetében a csökkentő hatás statisztikailag egyenértékű a leghatékonyabb, H6 kezeléssel. A H2 növelte leginkább a nyugalmi időt, a kezelés hatására a fajták csírázása elhúzódott. A fajtasorrend megváltozott, ugyanis H2 hatására a Démonnak volt a leghosszabb a nyugalmi ideje. A H3 nem változtatta a fajták nyugalmi idejét, egyedül a Balatoni rózsa esetében tapasztaltunk enyhe csökkentő hatást. A H4 enyhén növelte a nyugalmi időt, a fajták sorrendje megmaradt. A H5 esetében is enyhe növekedést tapasztaltunk, azonban a kezelés kiegyenlítette a fajták közti különbségeket. A nyugalmi idő közel egységes volt mindhárom fajta esetében. A H6 csökkentette a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt, illetve ez a kezelés is kiegyenlítette a fajták közti különbségeket.

2018-ban rövidebb volt a fajták alap nyugalmi ideje az előző tenyésztidőszakhoz képest. Ebben a vonatkozásban szintén feltételezzük, hogy a tenyésztidőszak időjárása hatással volt a fajták alap nyugalmi idejére. A kontroll ebben az évben is az előzetes mérési eredményeknek megfelelően alakult. A H1 hatása megegyezik a 2017-ben tapasztaltakkal. H2 esetében szintén elhúzódó csírázást tapasztaltunk, illetve ez a kezelés növelte a leginkább a fajták nyugalmi idejét. A fajták sorrendje ebben a tenyésztidőszakban is megváltozott a kezelés hatására, viszont az előző tenyésztidőszakkal ellentétben itt a Démonnak volt a leghosszabb nyugalmi ideje. A H3 nem változtatta a fajták nyugalmi idejét, ezt statisztikailag is igazolni tudtuk. A H4 enyhén növelte a nyugalmi időt, a fajtasorrend megmaradt. A H5 esetében is enyhe növekedést tapasztaltunk a nyugalmi időben, a fajtasorrend nem változott. A Botond esetében statisztikailag nem volt különbség a kontrollhoz képest. Ebben az évben is a H6 csökkentette a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt, illetve ez a kezelés is nagymértékben kiegyenlítette a fajták közti különbségeket.

19. táblázat: Hőkezelések hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére, a tárolóban felvett effektív hőösszegben kifejezve (°C)

	2017			2018			2019		
Kezelés	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon
Kontroll	2371 d	1972 b	2152 c	2141 c	1608 bc	1979 c	1747 c	1407 b	1633 c
H1	2082 b	1572 a	1834 b	1772 b	1388 a	1564 b	1439 b	1448 b	1504 b
H2	3562 f	2824 e	3619 e	3496 e	3000 e	2902 e	2768 f	2406 e	2952 f
H3	2283 c	1947 b	2070 c	2184 c	1572 b	1895 c	1765 c	1663 c	1811 d
H4	2562 e	2233 c	2423 d	2328 d	1917 d	2148 d	2437 e	2095 d	2463 e
H5	2479 e	2356 d	2475 d	2323 d	1708 c	2252 d	1979 d	1720 c	1831 d
H6	1623 a	1495 a	1570 a	1377 a	1303 a	1207 a	1149 a	1319 a	1343 a

Az oszlopokban az azonos betűk jelzik, ha a kezelések nem különböznek szignifikánsan $p \leq 0,05$ szinten. A sötét színnel jelölt cellák jelzik a leghatékonyabb kezelések eredményét (nyugalmi idő csökkentése, vagy növelése). Betűrendben az alacsonyabb karakter jelzi a rövidebb nyugalmi időt. A szürke cellák jelzik a legrövidebb, a fekete cellák a leghosszabb nyugalmi időt mindegyik oszlopban. Az eredményeket a tárolóban felvett effektív hőösszegben (°C) adtuk meg.

2019-ben mértük a legrövidebb alap nyugalmi időt kontroll körülmények között. A H1 a Balatoni rózsánál és a Démonnál csökkentette a nyugalmi időt, részben kiegyenlítve a fajták közti különbségeket. A gumók közel egy időben hajtottak ki. A Botondnál viszont nem találtunk szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest. A fajták sorrendje megváltozott a kezelés hatására. A Botondnak volt a leghosszabb, míg a Balatoni rózsának a legrövidebb a nyugalmi ideje. A nyugalmi időt leghatékonyabban csökkentő, H6 kezelés hatására hasonló tendenciát figyeltünk meg. A korábbi évekkal megegyezően ebben az évben is a H2 eredményezte a leghosszabb nyugalmi időt, elhúzódó csírázással. A fajták sorrendje az előző tenyésztési évekhez hasonlóan változott. A Démonnál mértük a legnagyobb hőösszeget. Az eddigi megfigyelésekkel ellentétben, ebben az évben a H3 enyhén növelte a nyugalmi időt, a fajtasorrendet változtatva a Démonnál mértük a leghosszabb nyugalmi időt. A H4 nagymértékben növelte a fajták nyugalmi idejét, ennél a kezelésnél is a Démonnak volt a leghosszabb nyugalmi ideje a vizsgált fajták közül. Mivel a Démonnak a leghosszabb a tenésztideje és fajtajellegéből adódóan később lép a gumókötés időszakába, illetve a betakarítás azonos időpontban történt mindhárom fajta esetében, a kezelés időpontjában ennek a fajtának a gumói lehettek élettanilag a legfiatalabbak. 2019-ben a tenésztidőszak második felének átlagosnál magasabb hőmérséklete miatt a Balatoni rózsa és Botond gumói a talajban nagyobb mennyiségű hőösszeget felvettek, élettanilag idősebbek voltak, ennek következtében hajthattak ki hamarabb a tartósan magas hőmérsékletű tárolás

hatására. A H5 hatására is emelkedést tapasztaltunk a nyugalmi időben, ez a kezelés azonban a fajtasorrendet nem változtatta meg.

Amennyiben vizsgálati eredményeinket napokban kifejezve értékeljük, úgy gyakorlati szempontból könnyebben értelmezhető eredményeket kapunk (**20. táblázat**).

2017-ben a kontroll az előzetes mérési eredményeknek megfelelően alakult, leghosszabb nyugalmi ideje a Balatoni rózsának, majd a Démonnak, a legrövidebb a Botondnak volt. A legnagyobb mértékben a H6 kezelés csökkentette a nyugalmi időt, a fajták közti különbségeket nagymértékben kiegyenlítette, a fajták sorrendjét is megváltoztatta. A Balatoni rózsa esetében mértük a legrövidebb nyugalmi időt. A H1 szintén nagymértékben csökkentette a nyugalmi időt, a Botond esetében a H6 kezeléssel egyenértékűen. A H3 és H4 kezelések minden fajta esetében, egymással egyenlő mértékben csökkentették a nyugalmi időt, a fajtasorrendet megtartva. H5 esetében a Botond kivételével szintén csökkenést tapasztaltunk, azonban a fajtasorrend változott, a leghosszabb nyugalmi ideje a Démonnak, a legrövidebb a Balatoni rózsának volt. A H2 a Botond kivételével meghosszabbította a nyugalmi időt, illetve elhúzódó csírázást eredményezett. A fajták sorrendje is megváltozott, a Démon esetében mértük a leghosszabb gumónyugalmat.

Napokban kifejezve 2018-ban volt a fajták alap nyugalmi ideje a leghosszabb (ez alól a Botond kivétel), míg hőösszegben kifejezve ez a 2017-es évre volt igaz. Ez a megfigyelés a gumók parásodás alatti időszakban felvett effektív hőösszegével magyarázható. 2017-ben ugyanis magasabb volt a tárolási hőmérséklet ebben az időszakban, mint 2018-ban, mivel magasabb volt az átlagos nappali léghőmérséklet. Hasonlóan az előző tenyészidőszakhoz, a H6 csökkentette a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt, kiegyenlítette a fajták közti különbségeket, megváltoztatva a fajták közötti sorrendet. Itt a Démon esetében mértük a legrövidebb nyugalmi időt. Ebben az évben azonban a többi tenyészidőszakhoz képest elhúzódó csírázást tapasztaltunk a H6 esetében. A H1 szintén nagymértékben csökkentette a nyugalmi időt, de a fajták sorrendje nem változott. A H3, H4 és H5 szintén csökkentették a nyugalmi idejét a fajtáknak, a fajtasorrendet megtartva. A Botond esetében a H3, H4, H5 és H6 kezelések közt statisztikailag nem volt különbség, mindegyik kezelés hatékonyan csökkentette a fajta nyugalmi idejét. A H2 ebben az évben is elhúzódó csírázást eredményezett, a kezelés növelte a nyugalmi időt, a Démon kivételével, ennél a fajtánál a kontrollal megegyező nyugalmi időt mértünk. Ettől függetlenül a Botond nyugalmi ideje hosszabb volt, mint a Démoné, a kezelés ezért megváltoztatta a fajtasorrendet. A Botond kiugró eredményei szintén az élettani korról magyarázhatóak.

20. táblázat: Hőkezelések hatása a vizsgált fajták nyugalmi idejére, a betakarítást követő napokban kifejezve (DAH)

	2017			2018			2019		
Kezelés	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon	B. rózsa	Botond	Démon
Kontroll	96 d	84 c	89 d	102 d	75 c	94 d	65 d	48 b	59 c
H1	82 c	64 a	73 b	84 b	64 b	73 b	49 b	50 b	52 b
H2	104 e	84 c	108 e	113 e	97 d	93 d	77 f	65 d	83 e
H3	78 b	68 b	71 b	90 c	60 a	76 b	52 bc	47 b	53 b
H4	78 b	69 b	74 b	83 b	63 ab	74 b	71 e	54 c	72 d
H5	81 bc	82 c	84 c	90 c	59 a	87 c	55 c	43 a	47 a
H6	62 a	63 a	63 a	67 a	64 ab	59 a	38 a	47 b	48 a

Az oszlopokban az azonos betűk jelzik, ha a kezelések nem különböznek szignifikánsan $p \leq 0,05$ szinten. A sötét színnel jelölt cellák jelzik a leghatékonyabb kezelések eredményét (nyugalmi idő csökkentése, vagy növelése).

Betűrendben az alacsonyabb karakter jelzi a rövidebb nyugalmi időt. A szürke cellák jelzik a legrövidebb, a fekete cellák a leghosszabb nyugalmi időt mindegyik oszlopban. Az eredményeket a betakarítástól az első hajtás megjelenéséig eltelt napokban (DAH) adtuk meg.

2019-ben az előző tenyészidőszakokhoz képest sokkal kisebb különbségeket tapasztaltunk a kezelések között. A nyugalmi idő kontroll körülmények között ebben az évben volt a legalacsonyabb. Szintén a H6 csökkentette a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt, a fajták sorrendje is megváltozott. A Démoné volt a leghosszabb, a Balatoni rózsáé a legrövidebb nyugalmi idő. A Botond esetében nem találtunk szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest. Ebben az évben a H5 csökkentette a H6-hoz hasonlóan nagymértékben a nyugalmi időt, míg a fajtasorrend nem változott. A H1 és H3 szintén csökkentette a nyugalmi időt, azonban a Botond esetében nem tapasztaltunk igazolható különbséget a kezelések hatására. A fajták sorrendje megváltozott, mindkét esetben a Démonnak volt a leghosszabb a nyugalmi ideje. Ebben az évben, a korábbiaktól eltérően, a H4 hatására enyhén nőtt a nyugalmi idő, és a Démon fajtánál mértük a leghosszabb a nyugalmi időt. H2 kezelésre pedig minden fajta esetében nőtt a nyugalmi idő, a csírázás elhúzódott, bár nem olyan mértékben, mint a korábbi tenyészidőszakokban. A fajtasorrend megváltozott, ebben az esetben is a Démonnak volt a leghosszabb a nyugalmi ideje. Ez a jelenség ebben az esetben is a Démon betakarításkorra vetített élettanilag fiatalabb gumóival magyarázható.

Eredményeink alapján BRANDT et al. (2003) megfigyelései csak alacsony hőmérsékletű kezelés hatására helytállóak, mely szerint különböző alacsony hőmérsékletű kezelés hatására a nyugalmi idő változik. A magasabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajta azonban a kezelések hatására is magasabb nyugalmi idővel rendelkezik, az azonos kezelésben részesített, rövidebb alap

nyugalmi idejű fajtához képest, tehát a fajták sorrendje megmarad. Kontroll esetében ezt az eredményt kaptuk, azonban a hőkezelések mindegyike tartalmazott legalább 2 hetes 30°C, vagy afeletti kezelést. Ezen a magas hőmérsékleten ez a megfigyelés a vizsgált fajták esetében nem helytálló. Ugyanis a H2 és H6 esetében minden tenyészidőszakban, a többi kezelések esetében legalább egy tenyészidőszakban a fajták sorrendje megváltozott.

WURR és ALLEN (1976), valamint HARKETT (1981) eredményei szerint a hűtés lerövidíti a nyugalmi időt néhány hosszú nyugalmi idejű fajta esetén. Vizsgálatainkban a Balatoni rózsza és Démon hosszú, míg a Botond rövid alap nyugalmi idővel rendelkezett. A hidegsokk mindhárom fajta esetében csökkentette a nyugalmi időt, tehát eredményeink szerint a kezelés eredményessége nem függött a fajta alap nyugalmi idejétől. SCHOLTE (1987) szerint a melegebb hőmérséklet a tárolás korai szakaszában jelentősen csökkentheti a nyugalmi időt, ez a hatás a tárolás későbbi szakaszában nem érhető el, illetve a fajták különbözőképp reagálnak a kezelésekre. Vizsgálatunkban a magas hőmérsékletű előkezelés csökkentette a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt, ezzel igazolni tudtuk a megfigyelését. Azonban a hősokk utókezelés (H1) is hatékonyan csökkentette a nyugalmi időt. Ebben a tekintetben csak részben tudjuk igazolni megfigyelését. Illetve a fajták hasonlóképp reagáltak a kezelésre, ami kiegyenlítette a fajták közti különbségeket. Van ITTERSTUM és SCHOLTE (1992) megfigyelései alapján a tartós magas hőmérsékletű tárolás nyugalmi időt rövidítő hatása akkor érvényesül, ha a fajta alap nyugalmi ideje hosszú. Nagyon rövid alap nyugalmi idejű fajták hosszabb nyugalmi időt mutatnak a melegebb tárolás után. Vizsgálatainkban hosszú és rövid alap nyugalmi idejű fajtákat is teszteltünk, és nem tapasztaltunk különbséget a fajták között ugyanazon kezelés hatására. Valószínűleg a megfigyelés a fajták tenyészidejével van összefüggésben. A rövid tenyészidejű fajtákat később takarítottuk be, több időt töltöttek a talajban, s mivel a gumók már a talajban felvettek bizonyos hőösszeget, ezért élettani koruk előrehaladottabb volt és nyugalmi idejük hamarabb járt le.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

6.1 Környezeti tényezők hatásvizsgálata

Hazánkban először meghatároztuk 12 készthelyi nemesítésű burgonyafajta tenyészidejének és gumónyugalmi idejének hossza közti összefüggéseket. Eredményeink megerősítették, hogy a vizsgált fajták alap mélynyugalmi ideje jelentősen eltér egymástól, amely a fajták tenyészidejével nem függ össze. Ezzel alá tudtuk támasztani MUTHONI et al. (2014), ZARZYŃSKA (2004), WRÓBEL et al. (2017) és HASSANI et al. (2014) eredményeit. A több év átlagában a leghosszabb nyugalmi ideje a Rioja (effektív hőösszeg: 2743°C, 137 nap), a legrövidebb pedig a Botond fajtának volt (1952°C, 98 nap). A nyugalmi idő tehát a fajtától nagyban függ, a hosszát a genotípus jelentősen befolyásolja. Vizsgálatainkban a fajták közti különbség 791°C volt, amely 40 nap 20°C-on történő tárolás esetén. Ez a tárolás gazdaságossága és a felhasználás szempontjából egyaránt jelentős különbség. A fajta örökletes tulajdonságai tehát nemcsak a beltartalmi értéket, tenyészidőt, de a gumók tárolhatóságát is alapvetően meghatározzák, amit figyelembe kell venni a későbbi hasznosítási célok tervezésekor: friss fogyasztás, ipari feldolgozás, avagy vetőgumó.

Azt is megfigyeltük, hogy egyazon fajtán belül jelentős különbségek vannak a nyugalmi idő hosszában a különböző tenyészidőszakok között, amely a környezeti tényezők nyugalmi időt módosító hatását igazolja. Ez a különbség minden fajta átlagában 1228°C, 61 nap, amely szintén számottevő. A legnagyobb mértékben a Balatoni rózsa (1764°C, 88 nap), a legkisebb mértékben pedig a Rioja (620°C, 31 nap) nyugalmi idejét befolyásolták az évjáratok környezeti tényezői. A fajták közt tehát érzékenységbeli különbségek vannak az évjárathatás tekintetében. Célszerű ezért a tervezhető tárolhatóság szempontjából olyan fajtákat választani, amelyek nyugalmi idejét a különböző évjáratokban a környezeti tényezők nem módosítják jelentősen. Illetve az olyan fajtákat, amelyeknek a nyugalmi idejét nagyban módosíthatják a környezeti tényezők, vagy eleve rövid alap nyugalmi idővel rendelkeznek, friss fogyasztási célra használni, vagy a feldolgozási időszak elejére betervezni.

Meghatároztuk három fajta alap mélynyugalmi idejét, amelyre nem voltak befolyással a külső környezeti tényezők. Összehasonlítottuk az így kapott alap nyugalmi időt a sokéves átlagokkal mért nyugalmi idővel (2009-2019). Azt tapasztaltuk, hogy a legrövidebb alap nyugalmi idővel rendelkező fajta, a Botond nyugalmi idejét csak kismértékben módosították a környezeti tényezők. Míg a hosszabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajtákét egyre nagyobb mértékben. Tehát minél hosszabb egy fajta alap nyugalmi ideje, annál nagyobb mértékben tudják módosítani

azt a környezeti tényezőket, amely összességében a nyugalmi idő csökkenését jelenti (kísérletünkben, sorban a rövidebbtől a hosszabb nyugalmi idejű fajta felé 6-17-21 nappal rövidítették le azt, a 11 évig tartó vizsgálatok átlagában). Az így kapott alap mélynyugalmi idő a biológiai potenciál, amely csak klímakamrában, illetve a burgonya számára optimális körülmények közt érhető el. Ettől függetlenül a fajtasorrend megmaradt a vizsgálataink során, tehát a hosszabb alap nyugalmi idejű fajták nem standard körülmények közt nevelve is hosszabb nyugalmi idővel rendelkeztek. Ez a módszer a fajták érzékenységére nem ad választ, mivel a standard nyugalmi időt hasonlítja össze a sokéves átlagokkal, nem pedig a terjedelemmel. Azt, hogy mely környezeti tényezők milyen mértékben és milyen irányba módosítják azt, a meteorológiai adatok részletes elemzését indokolta.

Meteorológiai állomás segítségével mértük a léghőmérsékletet, talajhőmérsékletet, csapadékot, páratartalmat, nappalhosszt, levélnedvességet. Azt tapasztaltuk, hogy csak a hőmérsékletnek van egyértelmű hatása a nyugalmi időre hazai körülmények között. Amennyiben a léghőmérséklet a burgonya számára optimális alatti a tenyészidőszak elején, akkor gyengén, amennyiben optimális, vagy afeletti, közepes mértékben módosítja a nyugalmi időt, pozitív irányba. Amennyiben a tenyészidőszak végének hőmérséklete optimum feletti, úgy negatív, amennyiben optimum alatti, úgy pozitív irányba módosítja a fajták nyugalmi idejét. Tavaszi ültetés esetén ellentétes irányú és közepes kapcsolatot találtunk, így az alacsonyabb hőmérséklet összegű évjáratoknál várhatjuk a hosszabb nyugalmi időt, míg nyári ültetés esetén éppen ellenkezőleg. Itt erős kapcsolatot tapasztaltunk, és rangsorban a magasabb hőmérsékletű évjáratok esetében várhatjuk a hosszabb nyugalmi időt. Ezek alapján a nyugalmi idő várható hossza, a tárolhatóság előre jelezhető, amely nagymértékben meghatározza a tárolás gazdaságosságát. Meg kell jegyezni azonban, hogy a vizsgálatainkban mért meteorológiai változók együttesen, egymással összhangban módosítják a nyugalmi időt, illetve egyenként csak megközelítőleg nyújtanak információt a nyugalmi időre. Teljesen megbízható előrejelzésre azonban eddigi eredményeink alapján nem alkalmasak, ehhez további vizsgálatokra és további meteorológiai változók bevonására lenne szükség.

A nappalhossznak szintén igazolható hatása van a nyugalmi időre eredményeink alapján. A fotoperiódus összege a vegetációs időszak elején pozitív irányba módosította a fajták nyugalmi idejét, minél hosszabb volt a megvilágítás időtartama, annál hosszabb volt a nyugalmi idő. Ez alátámasztja SZIRTES (1984), BURTON (1989) és JACKSON (1999) megfigyeléseit, amely szerint a rövid nappalok kedveznek a gumófejlődés megindulásának, siettetik a gumókötést. Eredményeink alapján azonban ennek csak tavaszi ültetés esetében volt jelentősége, ahol a nappalhossz valóban korlátozó tényezője lehet a gumóindukciónak, illetve a fotoperiódus

módosító hatása valószínűleg fajtafüggő, ugyanis tavaszi ültetés esetében a két rövid tenyészidejű fajta nyugalmi idejét befolyásolta igazolhatóan. Tehát a fotoperiódus összeg használata a nyugalmi idő előrejelzésére csakis tavaszi tenyészidőszakban, illetve rövid tenyészidejű fajták esetében ajánlott.

Meghatároztuk tenyészidőszakonként fajtákra lebontva, hogy a különböző környezeti tényezők változása miképp módosítja a nyugalmi időt.

Botond esetén tavaszi tenyészidőszakban a nyugalmi idő terjedelme 1602°C , amely 20°C -on történő tárolás esetén 80 nap különbség a nyugalmi időben az évjáratok között. A nyugalmi időt legnagyobb mértékben befolyásoló, T.vége változó terjedelme 210°C , amely a tenyészidőszak utolsó 50 napjára vetítve $4,2^{\circ}\text{C}$ naponta. Összességében tehát átlagosan 1°C csökkenés a tenyészidőszak végén mintegy 19 nappal hosszabbítaná meg a tavaszi tenyészidőszakban termesztett Botond nyugalmi idejét, ha a nyugalmi idő kizárólag a T.vége változótól függene. Azonban a valóságban a környezeti tényezők hatása összeadódik, egy változó önmagában nem 100%-ban magyarázza a nyugalmi idő változását.

Balatoni rózsa esetén tavaszi tenyészidőszakban a nyugalmi idő terjedelme 2071°C , amely 103,5 nap 20°C -on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 197°C , amely a tenyészidőszak végére vetítve $3,9^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C csökkenés a tenyészidőszak végén 26,5 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, tavaszi tenyészidőszakban, ha kizárólag a T.vége lenne a meghatározó a nyugalmi idő változásának. A környezeti tényezők kisebb változása nagyobb mértékben módosította a nyugalmi idejét, ezért a Balatoni rózsa volt a legérzékenyebb a környezeti tényezők változására tavaszi ültetés esetén.

A Démon nyugalmi idejét módosították a legkisebb mértékben a környezeti tényezők a vizsgált évjáratokban, tavaszi tenyészidőszakban. Terjedelme 975°C , amely 49 nap 20°C -on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 208°C , amely a tenyészidőszak végére vetítve $4,2^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C csökkenés a tenyészidőszak végén 11,7 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt, tavaszi tenyészidőszakban.

Nyári tenyészidőszakokban a Botond nyugalmi idejét módosították a legkisebb mértékben a környezeti tényezők a vizsgált évjáratokban. Terjedelme 658°C , amely 33 nap 20°C -on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 694°C , amely a tenyészidőszak végére vetítve $13,9^{\circ}\text{C}$ különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C növekedés a tenyészidőszak végén 2,4 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt.

A Balatoni rózsa nyugalmi idejének terjedelme nyári tenyészidőszakban 1014°C volt, amely 51 nap 20°C -on történő tárolás esetén. Ez a fajta volt a legérzékenyebb a környezeti tényezők változására nyári ültetés esetén is. A T.vége változó terjedelme 694°C , amely a tenyészidőszak

végére vetítve 13,9°C különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C növekedés a tenyészidőszak végén 3,7 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt.

A Démon nyugalmi idejének terjedelme nyári tenyészidőszakban 856°C volt, amely 43 nap 20°C-on történő tárolás esetén. A T.vége változó terjedelme 694°C, amely a tenyészidőszak végére vetítve 13,9°C különbség naponta. Ennél a fajtánál átlagosan 1°C növekedés a tenyészidőszak végén 3,1 nappal hosszabbítaná meg a nyugalmi időt.

6.2 A nitrogénellátás hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

Az anyanövény nitrogénellátása nagymértékben befolyásolja a gumókötés idejét. A később kötött gumók később érnek, ezáltal betakarításkor fiziológiailag fiatalabbak, később fognak kihajtani, mert később jár le a mélynyugalmuk. Ezért a gyakorlatban alkalmazott szántóföldi adag helyett féladagú, és teljes N-hiányos kezelést is alkalmaztunk. Az esetek döntő többségében a féladagú nitrogén befolyása kiemelkedő volt, hatására szignifikánsan csökkent a gumók nyugalmi ideje. Ellenben a teljes nitrogénhiány meghosszabbította a legtöbb fajta nyugalmi idejét.

Ezek a megfigyelések alátámasztják SZIRTES (1984), BURTON (1989), JACKSON (1999), FERNIE és WILLMITZER (2001), illetve AKSENOVA et al. (2012) eredményeit, miszerint az alacsony nitrogénellátás kedvez a gumófejlődés megindulásának, siettet a gumókötést. Vizsgálatunkban a nitrogénnel harmonikusan táplált növények (teljes adag) később kötöttek gumót, mivel a növények fejlődése elején a tápanyagok főképp a lombzatba áramlottak. A nagyobb lombfelület több hajtást, ami magasabb GS koncentrációt eredményezett a növényekben, amely kedvez a sztólónövekedésnek, azonban gátolja a gumóiniciációt, ezért ezek a növények később kötöttek gumót. Ezzel ellentétben a féladagú nitrogén elegendő volt a lombfelület kialakítására, azonban korlátja a nagyobb lombfelületnek. Ha a hajtásfejlődés leáll, a GS szintézis csökken a hajtáscsúcsokban, a CK aránya megnő, ezért a sztólóképződés leáll és elkezdődik a gumóiniciáció. Ezek a növények hamarabb köthettek gumót, tehát a betakarításkor élettanilag idősebbek voltak a teljes adagú nitrogénnel kezelt növények gumóihoz képest. A teljes nitrogénhiány azonban az esetek többségében még hosszabb nyugalmi időt eredményezett, mint a teljes szántóföldi adag. Ebben az esetben a nitrogén korlátozó tényezője lehetett a kedvező méretű levélfelület kialakításához. Ha kicsi a lombfelület, a GS koncentrációja alacsony, amely a gumóiniciációnak kedvez. De ezt meg kell, hogy előzze a sztólóindukció, amelynek azonban feltétele a magas GS koncentráció, amelynek viszont előfeltétele a megfelelő mennyiségű hajtás, tehát a kellő méretű lombfelület. Így ebben az esetben később alakult ki a

megfelelő méretű lombfelület, később indukálódtak a sztólok, ezért később történt meg a gumóiniciáció, tehát betakarításkor az utódgumók még fiatalabbak voltak élettanilag, mint a kontroll esetében. Látható, hogy a növények nitrogén utánpótlása a belső hormonok arányával szabályozza a gumókötési idejét, ezáltal az élettani kort betakarításkor, amely közvetve befolyásolja a nyugalmi időt. Azonban ki kell egészíteni a megfigyelést azzal, hogy a nitrogénre adott reakció fajtafüggő, az esetek többségében általánosítható ugyan, de előfordulnak kivételek.

A nitrogénkezelés legnagyobb hatással a 09.688 genotípusra volt, a legkisebb mértékben a Balatoni rózsa és az Arany chipke nyugalmi idejét befolyásolta. A 09.688 esetében a leghosszabb nyugalmi idejű gumónak 2313°C , míg a legrövidebbnek 1479°C volt a halmozott hőmérséklet összege, a terjedelme a vizsgálatban 834°C , amely 42 nap 20°C -on történő tárolás esetén. Ez a felhasználás szempontjából igen jelentős különbség. Míg a Balatoni rózsa esetén a terjedelem csupán 276°C (min: 2454°C , max: 2730°C), amely 14 nap. Átlagosan a nitrogénkezelések 555°C -al, 28 nappal módosították a fajták nyugalmi idejét, amely mind a tárolás, mind a felhasználás szempontjából jelentős.

6.3 Az élettani kor és a betakarítási időpont hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a különböző időpontokban betakarított, az élettani érés különböző fázisaiban lévő gumóknak miképp változik a nyugalmi ideje, illetve meghatároztuk, hogy fajtánként az anyanövény mely fenológiai fázisában a legmegfelelőbb a betakarítás a hosszabb idejű tárolhatóság szempontjából. Eredményeink alapján gumóiniciációtól biológiai érésig nő a nyugalmi idő hossza, azonban a növekedés nem haladja meg azon napok számát, amennyi idővel tovább a talajban maradnak az utódgumók. Ez gyakorlatilag a gumóiniciációtól eltelt napok számát jelenti, tehát a hagyományos DAH helyett egy a szakirodalomban még nem használt, DAI (days after initiation) fogalmát vezettük be. Az eredmények azt mutatják, hogy egészen a biológiai érésig, minél később takarítjuk be a gumókat, azok annál későbbi naptári napig tárolhatóak a hajtások megjelenése nélkül.

A betakarítás különböző időpontjai a nyugalmi időt átlagosan 16 nappal módosították a három vizsgált fajta esetében, amely a tárolás és felhasználás szempontjából is jelentős. Eredményeink alapján nemcsak az élettani kornak van jelentősége a nyugalmi idő változásában, sokkal nagyobb mértékben befolyásolja azt az évjáráthatás. Azt is megfigyeltük, hogy a betakarítás időpontjának hatása a nyugalmi időre (DAH) és a kihajtás ütemére is évjáratonként változik. Ez szintén alátámasztja az évjárat módosító hatásának jelentőségét. Ennek élettani hátterének tanulmányozása azonban több vizsgálatot igényel. Megjegyezzük ugyanakkor, hogy ez a kísérlet

nem a tenyészidőszakok közötti különbségtételre irányult, a DAI érték főképp a tenyészidőszakon belüli különbségek számszerűsítésére és az optimális betakarítás idejének vizsgálatára alkalmas.

6.4 A nyugalmi idő feltörésének lehetőségei

A vizsgált Rindite és Kombinált kémiai kezelések minden évben és mindhárom fajtánál szignifikánsan csökkenteni tudták a gumók nyugalmi idejét. A GS100 és GS50 kezelések minden évben, minden fajtánál szignifikánsan csökkentették a nyugalmi időt, azonban a 10ppm koncentráció 2018-ban nem minden esetben eredményezett igazolható csökkenést. A BA kezelés a másik három kezeléssel való összehasonlításban lényegesen kisebb hatékonyságú volt. Abszolút értelemben, az átlagos kezeléshatás alapján a kémiai kezelések legnagyobb mértékben a Balatoni rózsa nyugalmi idejét csökkentették, átlagosan 33%-al, míg a legkisebb hatással a Démon fajta nyugalmi idejére voltak (25%). Relatív értelemben viszont, a kezeléseket egymással összehasonlítva Duncan-teszt alapján a Botond volt a legérzékenyebb a kezelésekre mindhárom tenyészidőszakban. A Botond esetében ugyanis mindhárom tenyészidőszakban, minden kezelés szignifikánsan csökkentette a fajta nyugalmi idejét. A többi fajta esetében volt olyan kezelés, amely egy, vagy több tenyészidőszakban nem eredményezett igazolható hatást, ezek többségében valamely BA kezelések voltak, illetve 2018-ban a GS 10ppm koncentrációban. A legkisebb mértékben 2016-ban és 2018-ban a Démon, 2017-ben a Balatoni rózsa nyugalmi idejét csökkentették a kezelések.

A Botond és Démon hasonlóképpen reagált mindhárom évben a kezelésekre, a Balatoni rózsa reakciója ellenben különbözött az egyes évek között. E fajtánál 2017-ben és 2018-ban a Rindite és Kombinált kezelések hatása kiemelkedően magas volt. Ebben a vonatkozásban a tenyészidőszak időjárásának módosító hatását (évjáráthatás) feltételezzük. A Balatoni rózsa gumók élettani korát a tenyészidőszak alatti környezeti tényezők (anyanövény által felvett hőösszeg, gumókötést követő hőösszeg) erősebben befolyásolhatták, mint a másik két fajtáét.

A Kombinált kezelés a három év átlagában minden vizsgált fajta esetében 3%-kal eredményezett rövidebb nyugalmi időt, mint a Rindite kezelés. Tehát a GS100 és a Rindite hatása csak kis mértékben adódik össze. A 2017. és 2018. tenyészidőszak eredményei alapján pedig a Kombinált kezelés meghatározó összetevője a Rindite (ezekben a tenyészidőszakokban a Rindite és a Kombinált kezelés is kiemelkedően lecsökkentette a nyugalmi időt, míg ehhez képest a GS kezelések kevésbé voltak hatékonyak). Ezért a GS alkalmazása a gumónyugalmi idő feltörésére ebben a kombinációban nem indokolt.

Ugyan a BA kezelések hatékonyabbak voltak 2017-ben, mint a többi vizsgált tenyészidőszakban, az átlagos nyugalmi időt csökkentő hatása elérte a 6%-ot, de ez gyakorlati szempontból elhanyagolható. Ezért a BA használatát a vizsgált koncentrációkban nem javasoljuk e három fajta nyugalmi idejének feltörésére.

Azért, hogy a GS és Rindite kezelések hatása mellett a fajták és évjáratok közt tapasztalt jelentős eltérések okát jobban megérthessük, valamint eredményeinket újabb genotípusokra is kiterjeszthessük, további vizsgálatok elvégzésére lesz szükség.

6.5 A nyugalmi idő feltörését célzó kezelések hatásának vizsgálata a hajtásszámra és a gumókötésre

Eredményeink alapján a nyugalmi idő feltörését célzó kémiai kezelések jelentősen befolyásolták a fajták növényenkénti hajtásszámát és gumókötését. Megfigyeléseink szerint összefüggés van a kezelésekben a nyugalmi idő feltörésének hatékonysága, valamint a kezelt gumókból fejlődő növények hajtásszáma és a kötött gumószáma között. Ezeket az eredményeket Duncan-tesztel is alátámasztottuk. A vizsgált GS50, GS100, Rindite és Kombinált kezelések nemcsak a nyugalmi időt rövidítették le nagymértékben, de hatásukra igazolhatóan nőtt a hajtás és gumószám. Ez az eredmény összhangban van WRÓBEL et al. (2017) eredményeivel, akik megállapították, hogy a GS hatékony mind a gumónyugalom feltörésében, mind a hajtások növekedésének elősegítésében. Ugyanakkor ők gömb alakú gumószeleteket használtak, amelyek mindegyike egyetlen rügyet tartalmazott csak, így az oldalsó rügyek kihajtására nem volt lehetőség. Ezáltal a hajtásszám változása csak a csúcsrügyből fejlődő hajtás elágazása révén volt lehetséges, míg egész gumók esetén ez a laterális-, oldalrügyek kihajtásával is lehetséges. Módszerük alapján így a többszörös kihajtás (az oldalrügyek kihajtása) nem volt lehetséges. A használt kémiai anyagok koncentrációja is eltérő volt. Ők 1 ppm GS-at használtak, és csak 15 percen keresztül, így az általuk használt GS-koncentráció elhanyagolható volt az általunk alkalmazotthoz képest, bár természetesen a vágási felületen keresztül a GS felszívódása a kisebb koncentráció esetében még akár nagyobb is lehet, mint ép, egész gumók vastag epidermiszén keresztül. Ugyanakkor ők számos kombinációt alkalmaztak: 0,5 - 4% etanol + GS, valamint etanol + GS + kinetin hármaskombinációját is.

Regresszió vizsgálattal lineáris kapcsolatot nem találtunk, ezért a nyugalmi idő változása a kezelések hatására csak részben magyarázza a hajtásszám és a kötött gumószám változását. Korreláció analízis alapján azonban a kapcsolat közepes és fordított, tehát a kezelés minél inkább lerövidíti a nyugalmi időt, annál nagyobb a hajtásszám és a kötött gumószám (Pearson-korreláció

$r=-0,46$, $p \leq 0,01$ szinten). Ez a kapcsolat valószínűleg azzal magyarázható, hogy a kémiai kezelések élettanilag öregítik a gumókat, és megszüntetik az apikális dominanciát, ezáltal az oldalrügyek is kihajtanak. Ennek megerősítésére azonban további vizsgálatok szükségesek.

A hajtásszám és gumószám emelésében is a leghatékonyabb a GS100 és a Kombinált kezelés volt. A GS100 átlagosan 204%-kal növelte a hajtásszámot, és 260%-kal a kötött gumók számát. Míg a Kombinált kezelés átlagosan 210%-kal növelte a hajtásszámot és 268%-kal a gumókötést. Előzetes eredményeink alapján a Kombinált kezelésben a GS100 és a Rindite hatása a nyugalmi idő feltörésére csak kis mértékben adódik össze. Ebben a megközelítésben a Kombinált kezelés meghatározó összetevője a Rindite, ezért a GS alkalmazása a gumónyugalmi idő feltörésére ebben a kombinációban nem indokolt. Ugyanakkor a kezelés utóhatásaként a gumókötés számot a GS100 nagymértékben és igazolhatóan megnövelte. A hatása a gumószám vonatkozásában összeadódott a Rindite hatásával, így alkalmazása a termelés fokozása érdekében indokolt. Ez alátámasztja HASSANI et al. (2014) eredményeit, amely szerint a GS használata nemcsak a nyugalmi időt rövidíti le nagymértékben, de emeli a tövenkénti hajtásszámot, ezért saját tapasztalataink alapján is a GS alkalmazása ajánlott a gyakorlatban, különösen a vetőgumószaporítás korai lépéseiben.

A GS10 és BA kezelések nem eredményeztek igazolható különbséget a kontrollhoz képest a nyugalmi idő feltörésében, valamint alkalmazásuk nem eredményezett igazolható változást a hajtás és gumószámban. Felhasználásuk ezért sem a nyugalmi idő feltörésére, sem a gumókötés számának növelésére nem javasolt a vizsgált fajták esetében. Ez a megfigyelés ellentétes MAJEED és BANO (2006) eredményeivel, akik megállapították, hogy a BA jelentősen lerövidítette a nyugalmi periódust, a kezelt gumókat elültetve fokozta a növényenkénti hajtásszámot, illetve a sztóló- és gumóképződést. Megfigyelték azonban, hogy a fajták eltérően reagáltak a kezelésekre, ezért a kémiai kezeléseket a fajtákhoz kell igazítani. Valószínűleg az általunk vizsgált fajták kevésbé érzékenyek a BA kezelésekre.

A hajtásszámot 2016-ban a Kombinált, 2017-ben a GS100, 2018-ban mindkét kezelés, valamint a Rindite növelte szignifikánsan. A gumószámot mindegyik tenyészedőszakban a Kombinált és a GS100 növelte szignifikánsan, illetve ezen felül 2018-ban a Rindite is. A Rindite mindegyik tenyészedőszakban szignifikánsan lerövidítette a nyugalmi időt, de csak a 2018-as évben eredményezett több hajtást és gumót.

Korreláció analízis alapján közepesen erős és jelentős kapcsolatot találtunk a kötött gumószám és a hajtásszám változása közt a kezelések hatására (Pearson-korreláció $r=0,572$, $p \leq 0,01$ szinten). 2016-ban a Kombinált kezelés eredményezte a legtöbb hajtást, ugyanez a kezelés eredményezte a legtöbb kötött gumót. 2017-ben viszont a GS100 hatása volt a legnagyobb a

hajtás és gumószám növelésében egyaránt. Ugyanakkor ebben az évben a Kombinált kezelés nem minden fajta esetén emelte igazolhatóan a hajtásszámot, a gumószámot ellenben igen. Ahhoz, hogy a kezelések, fajták és évjáratok közti különbségeket jobban megértsük, további vizsgálatok elvégzésére lenne szükség.

A Rindite-nek és a GS-nak eredményeink alapján nemcsak a nyugalmi idő feltörésében, de a gumószám növelésében is kiemelkedő szerepe van, amely a vetőgumó előállítás szempontjából előnyös lehet. Ugyanakkor a kezeléseket az adott burgonyafajta-hoz kell igazítani, különbségek vannak ugyanis a kezelésekre adott reakciók között. Eredményeink alapján a fajtára jellemző optimális kezelést a termesztéstechnológiába illesztve nemcsak az egy évjáraton belüli többszöri termesztést lehet elősegíteni, de a gumókötésszám fokozásával a termés mennyiségét, a szaporítási hányadost is növelni tudjuk.

6.6 Hőkezelések és a tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a nyugalmi időre

Eredményeink alapján a kezelések jelentősen befolyásolták a fajták nyugalmi idejét. Az alkalmazott kezelések közül a váltakozó tárolási hőmérséklet rövidítette le a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt. Ezen belül a meleg előkezelés (hősokk, 2 hét 35°C-on) szignifikánsan hatásosabb volt, mint a hideg előkezelés (hidegsokk, 2 hétig 5°C-on). A rövid ideig tartó magas hőmérsékletű kezelés kisebb mértékben, de szintén csökkentette a nyugalmi időt, azonban a tartósan magas hőmérsékletű kezelés növelte azt, és elhúzódó csírázást eredményezett. Ennek élettani oka a kényszernyugalom lehet, ahol az osztódó szövet aktivitása már nem a belső fiziológiai tényezők, hanem külső környezeti tényezők által blokkolt. A gumók megkapták a nyugalmi idő lejártához szükséges hőösszeget, de a környezeti feltételek nem voltak kedvezőek a csírázáshoz. Alacsony tárolási hőmérsékleten megfigyeltük, hogy a vizsgálatunkban hosszabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajták a kezelés hatására is hosszabb nyugalmi idővel rendelkeztek, tehát a fajták sorrendje megmaradt. Ez a magas hőmérsékletű kezelések hatására megváltozott, nem minden esetben tartották meg a fajták ezt a sorrendet.

Az egyes évjáratok közt jelentős eltéréseket tapasztaltunk. Ennek alapján a tenyészidőszak időjárása, az anyanövények által felvett hőösszeg hatással volt a fajták alap nyugalmi idejére és ezen keresztül befolyásolta a kezelések hatékonyságát is.

Vizsgálati eredményeink számos esetben alátámasztották más kutatók eredményeit (pl. a rövid ideig tartó alacsony hőmérsékletű kezelés lerövidíti a nyugalmi időt; a váltakozó hőmérsékletű tárolás jobban rövidíti a nyugalmi időt, mint az állandó tárolási hőmérséklet; a meleg előkezelés hatékonyabb, mint a hideg előkezelés). Több esetben azonban eltérő következtetésre vezettek.

Esetünkben a 30°C körüli tartós hőhatás nem csökkentette, hanem növelte a nyugalmi időt. A hősokk kezelés (35°C) pedig nem vezetett a nyugalmi idő azonnali feltöréséhez.

Eredményeink alapján gyakorlati szempontból a nyugalmi idő rövidítése viszonylag kis energia befektetéssel, rövid ideig tartó, magas hőmérsékletű, majd azt követő hideg előkezeléssel megoldható. Ha a nyugalmi idő meghosszabbítása a cél, akkor téli időszakban a tartósan magas hőmérsékletű tárolás a nagy energiaigény miatt nem lehet gazdaságos. A legköltséghatékonyabb megoldás a gyakorlatban is használt, alacsony hőmérsékletű tárolás. Nyári időszakban azonban, amennyiben szükséges a vetőgumók hosszabb ideig tartó eltárolása, eredményes lehet az állandó magas hőmérsékletű tárolás.

Mindezek alátámasztják azt, hogy a kezeléseket mindig az adott fajtára kell igazítani, hogy biztosíthassuk a tárolás gazdaságosságát, illetve a kihajtás adott időre történő optimalizálását.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az anyanövényeket standard, a burgonya számára optimális környezeti körülmények közt nevelve igazoltuk, hogy a rövidebb alap nyugalmi idővel rendelkező fajták nyugalmi idejét csak kismértékben módosítják a környezeti tényezők, míg a hosszabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajtákét nagyobb mértékben.
2. Megállapítottuk, hogy a vizsgált fajták esetében az anyanövényt érő környezeti tényezők közül csak a hőmérsékletnek van egyértelmű hatása az utódgumók nyugalmi idejére a vizsgált ökológiai körülmények között. A teljes tenyészidőszak hőmérséklet összege azonban önmagában nem alkalmas a nyugalmi időt módosító hatás objektív megállapítására. Éppen ezért bevezettük a tenyészidőszak eleji és végi léghőmérséklet összeg mutatót, amely alkalmasabb a nyugalmi idő előrejelzésére. A tenyészidőszak elejének hőmérséklete minden esetben pozitív (a léghőmérséklet-változással megegyező) irányba módosítja a nyugalmi időt, de különböző mértékben. Amennyiben a léghőmérséklet a burgonya számára optimális alatti, akkor gyengén, amennyiben optimális, vagy afeletti, akkor közepes mértékben módosítja azt. A tenyészidőszak végének hőmérséklete markánsan módosítja a nyugalmi időt, de különböző irányba: Amennyiben optimum feletti, úgy negatív (ellentétes), amennyiben optimum alatti, úgy pozitív (megegyező) irányba módosítja azt.
3. Megállapítottuk, hogy a burgonyanövények nitrogéntáplálása módosítja az utódgumók nyugalmi idejét, amely a nitrogénadagokkal nem lineárisan változik. A féladagú nitrogénnel ellátott növények hamarabb kötnek gumót, tehát a gumók betakarításkor élettanilag öregebbek, ezért rövidebb a nyugalmi idejük. Nitrogénhiány esetében a gumóiniciáció késleltetett, betakarításkor ezért az utódgumók még fiatalabbak élettanilag, amely hosszabb nyugalmi időt eredményez.
4. A megtermelt burgonyagumó kihajtás nélküli tárolhatósági idejének objektív megítéléséhez bevezettünk egy új, a gyakorlatban még nem használt fogalmat, a gumóiniciációtól eltelt napok számát (DAI - days after initiation). Eredményeink alapján a betakarítás optimális időpontja a biológiai érés, tehát a lombozat leszáradásának időpontja, az iniciációtól mérve a gumók ekkor a legtovább eltárolhatók.

5. Eredményeink megerősítették, hogy kémiai kezelésekkel jelentősen csökkenthető a gumók nyugalmi ideje. A Rindite és GS kezelések, illetve ezek kombinációja alkalmas a gumónyugalmi idő jelentős lerövidítésére. Betakarítást követően a megfelelő kezelést választva mindegyik vizsgált fajta gumója 30 nap múlva újra elültethető.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

8.1 Magyar nyelvű összefoglalás

A vetőburgonya-szaporítás kezdeti lépéseiben fontos az egy tenyészidőszak alatt előállítható vetőgumók számának maximalizálása. Ennek egyik módja lehet az egy tenyészidőszakon belüli kétszeri letermesztés. Ehhez szükséges a szaporításban lévő fajták gumónyugalmi idejének, és a nyugalmi idő feltörési lehetőségeinek ismerete. A megtermelt burgonya költséghatékony tárolásához, a tárolási időszak hosszának és a tárolási hőmérsékletnek a tervezhetőségéhez, legyen az étkezési- vagy vetőburgonya, szintén szükséges a fajták gumónyugalmi idejének és az azt befolyásoló környezeti tényezőknek a részletes ismerete.

A burgonyafajták közt jelentős különbségek vannak alap nyugalmi idejük hosszában. Rendszerint a rövidebb tenyészidejű, korai érésű fajták rövidebb nyugalmi idővel rendelkeznek, míg a hosszabb tenyészidejűek hosszabbal, de a nyugalmi idő hosszát leginkább maga a genotípus határozza meg, nem a fajta érésideje.

Tízéves adatsorok elemzésével összehasonlító vizsgálatot végeztünk 12 készthelyi nemesítésű fajta nyugalmi idejéről. Eredményeink megerősítették, hogy a vizsgált fajták alap, mélynyugalmi ideje jelentősen eltér egymástól, amely a fajták tenyészidejével nincs összefüggésben. Több év átlagában a leghosszabb nyugalmi ideje a Rioja (effektív hőösszeg: 2743°C, 137 nap), a legrövidebb pedig a Botond fajtának volt (1952°C, 98 nap). Vizsgálatainkban a fajták közti különbség 791°C volt, amely 40 nap 20°C-on történő tárolás esetén. Ez a tárolás gazdaságossága és a felhasználás szempontjából egyaránt jelentős különbség.

Azt is megfigyeltük, hogy egyazon fajtán belül jelentős különbségek vannak a nyugalmi idő hosszában a különböző tenyészidőszakok között, amely a környezeti tényezők nyugalmi időt módosító hatását igazolja. Ilyen tényező az anyanövényt érő tenyészidőszak alatti hőösszeg nagysága, a nappalhossz, az abiotikus stresszek, a hősokk és időszakos vízhiány. Ez a különbség minden fajta átlagában 1228°C, 61 nap, amely szintén számottevő. A fajták közt érzékenységbeli különbségeket állapítottunk meg az évjáratok környezeti tényezőinek nyugalmi időt módosító hatásában. Megfigyeltük, hogy minél hosszabb egy fajta alap nyugalmi ideje, annál nagyobb mértékben tudják csökkenteni azt a környezeti tényezők (kísérletünkben, sorban a rövidebbtől a hosszabb nyugalmi idejű fajta felé 6-17-21 nappal rövidítették le, a 11 kísérleti év átlagában).

Meteorológiai állomás segítségével mértük a léghőmérsékletet, talajhőmérsékletet, csapadékot, páratartalmat, nappalhosszt, levélnedvességet. Azt tapasztaltuk, hogy csak a hőmérsékletnek van egyértelmű hatása a nyugalmi időre a vizsgált ökológiai körülmények között. Amennyiben a

léghőmérséklet a burgonya számára optimális alatti a tenyészidőszak elején, akkor gyengén, amennyiben optimális, vagy afeletti, közepes mértékben módosítja a nyugalmi időt, pozitív (azonos) irányba. Amennyiben a tenyészidőszak végének hőmérséklete optimum feletti, úgy negatív (ellentétes), amennyiben optimum alatti, úgy pozitív irányba módosítja a fajták nyugalmi idejét. Tavaszi ültetés esetén ellentétes irányú és közepes kapcsolatot találtunk, így az alacsonyabb hőmérséklet összegű évjáratoknál várhatjuk a hosszabb nyugalmi időt, míg nyári ültetés esetén éppen ellenkezőleg. Itt erős kapcsolatot tapasztaltunk, és rangsorban a magasabb hőmérsékletű évjáratok esetében várhatjuk a hosszabb nyugalmi időt. Ezek alapján a nyugalmi idő várható hossza, a tárolhatóság előre jelezhető, amely nagymértékben meghatározhatja a tárolás gazdaságosságát.

Az anyanövény nitrogénellátása szintén nagymértékben befolyásolja a gumókötés idejét. A később kötött gumók később érnek, ezáltal betakarításkor fiziológiailag fiatalabbak, később fognak kihajtani, mert később jár le a mélynyugalmuk. Ezért kísérleteinkben a gyakorlatban alkalmazott szántóföldi adag helyett féladagú, és teljes N-hiányos kezelést alkalmaztunk. Az esetek döntő többségében a féladagú nitrogén befolyása kiemelkedő volt, hatására szignifikánsan csökkent a gumók nyugalmi ideje. Ellenben a teljes nitrogénhiány meghosszabbította a legtöbb fajta nyugalmi idejét.

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a különböző időpontokban betakarított, az élettani érés különböző fázisaiban lévő gumóknak miképp változik a nyugalmi ideje, illetve meghatároztuk, hogy fajtánként az anyanövény mely fenológiai fázisában a legmegfelelőbb a betakarítás. Eredményeink alapján gumóiniciációtól biológiai érésig nő a nyugalmi idő hossza, azonban ez a növekedés nem haladja meg azon napok számát, amennyi idővel tovább a talajban maradnak az utódgumók.

A nyugalmi állapot szabályozásának lehetősége elengedhetetlen a burgonyaágazatban. A csírázás késleltetése a hosszú idejű tárolás során kívánt. Általában ezt alacsony hőmérsékleten való tárolással érhetjük el (2-4°C), vagy szintetikus csírázás gátlókkal. Mérsékeltövi klíma alatt a hosszú nyugalmi idő előnyös tulajdonság, míg mediterrán, vagy szubtrópusi körülmények között a rövidebb nyugalmi idő az előnyösebb. A vetőgumó szaporítási programokban szintén egyazon éven belül többször történik a vetőgumó szaporítása, így nincs elég idő a betakarítás és a következő ültetés között ahhoz, hogy a gumók nyugalmi állapota természetes módon lejárjon. Ez teszi szükségessé, hogy a primer gumók nyugalmi állapotát kémiai anyagokkal, illetve növényi hormonokkal mesterségesen feltörjük.

A nyugalmi idő feltörésére számos lehetőség kínálkozik. A módszerek hatékonysága azonban erősen genotípus függő. Arról is kevés a publikált adat, hogy a kezelések milyen hatással vannak

az utódnövények hajtásfejlődésére, illetve gumóhozamára. A publikált eredmények csupán néhány külföldi fajtára korlátozódnak, keszthelyi fajták esetében pedig teljesen hiányoznak. Erre irányuló kísérleteink eredményei alapján a kémiai kezelésekkel jelentősen befolyásolható a fajták nyugalmi ideje. A Rindite és a vele kombinált gibberellinsavas kezelés minden fajta esetében nagymértékben és szignifikánsan csökkentette a nyugalmi időt, a fajták és évek átlagában 65%-kal. A kezelések legnagyobb hatással a Balatoni rózsza fajtára voltak, átlagosan 33%-al rövidítették le a nyugalmi időt, míg a legkisebb mértékben a Démon fajta nyugalmi idejét befolyásolták, mintegy 25%-ban. Nem találtunk szignifikáns kapcsolatot a fajták tenyészideje és a nyugalmi idő kezelése hatására történő rövidülése között. A tenyészidőszak időjárása hatással volt a fajták alap nyugalmi idejére és befolyásolta a kezelések hatékonyságát is.

A gumónyugalmi idő feltörésére alkalmas egyes módszerekről összehasonlító vizsgálatot végeztünk, amelynek folytatásaként értékeltük a kezelések utóhatását az utódnövények hajtásfejlődésére és gumóhozamára. Eredményeink alapján a kezelések jelentősen befolyásolták az utódnövények hajtásszámát és gumókötését. Mind a gumó, mind a hajtásszámot minden vizsgált fajta esetén a kombinált Rindite+gibberellinsav és a gibberellinsav 100ppm kezeléseket növelték igazolhatóan. Összefüggést találtunk a kezelésekben a nyugalmi idő feltörésének hatékonysága és a kötött gumószám között. A Rindite-nek és a gibberellinsavnak eredményeink alapján nemcsak a nyugalmi idő feltörésében, de a gumószám növelésében is kiemelkedő szerepe van, amely a vetőgumó termesztés szempontjából is előnyös lehet.

Hat különböző időtartamú és mértékű hő- és hidegsokk kezelés hatását is vizsgáltuk. Eredményeink alapján a kezelések jelentősen befolyásolták a fajták nyugalmi idejét. Az alkalmazott kezeléseket közül a váltakozó tárolási hőmérséklet rövidítette le a legnagyobb mértékben a nyugalmi időt. Ezen belül a meleg előkezelés (hősokk, 2 hét 35°C-on) szignifikánsan hatásosabb volt, mint a hideg előkezelés (hidegsokk, 2 hétig 5°C-on). A rövid ideig tartó magas hőmérsékletű kezelés kisebb mértékben, de szintén csökkentette a nyugalmi időt, azonban a tartósan magas hőmérsékletű kezelés növelte azt, és elhúzódó csírázást eredményezett. Alacsony tárolási hőmérsékleten megfigyeltük, hogy a vizsgálatunkban hosszabb alap nyugalmi idővel rendelkező fajták a kezelés hatására is hosszabb nyugalmi idővel rendelkeztek, tehát a fajták sorrendje megmaradt. Ez a magas hőmérsékletű kezelése hatására megváltozott, nem minden esetben tartották meg a fajták ezt a sorrendet.

A burgonyagumók nyugalmi idejének vizsgálatával foglalkozó szakirodalmi eredmények számos általunk is megerősített, általánosítható következtetésre vezettek. Az ezektől eltérő tapasztalati eredmények pedig kihangsúlyozták a vizsgált tulajdonság erős genetikai meghatározottságát, genotípus függőségét, illetve a fajták környezeti tényezőkre adott eltérő reakcióját. A fentiek

tükrében minden új fajta, illetve fajtajelölt esetében szükségesnek tartjuk hasonló jellegű kísérletsorozat elvégzését a tárolási és szaporítási célnak megfelelő, optimális tárolási, illetve kezelési körülmények meghatározása érdekében.

8.2 Summary

In the initial stages of seed potato propagation, it is important to maximize the number of tubers that can be produced during one growing season. One way could be to harvest twice within one growing season. This requires knowing the dormancy period of the propagated varieties and the possibilities of breaking their dormancy. A detailed knowledge of the tuber dormancy and the environmental factors affecting it is also necessary in order to store the produced tubers cost-effectively, and to plan the length of the storage period and the storage temperature for table or even seed potatoes.

There are significant differences between potato varieties in the duration of internal dormancy. Varieties having shorter season, early maturity type have usually shorter dormancy, while varieties having longer vegetation period have longer dormancy. However the duration of tuber dormancy primarily depends on the genotype, not on the maturity type.

By analyzing ten-year data sets, we performed a comparative study on the dormancy of 12 varieties bred in Keszthely. Our results confirmed that the dormancy of the studied cultivars differ significantly, which is not related to the maturity type of the varieties. On average over several years, the longest dormancy had cultivar 'Rioja' (sum of accumulated temperatures: 2743°C, 137 days after harvest) and the shortest had 'Botond' (1952°C, 98 DAH). In our studies, the difference between varieties was 791°C, which is 40 days when stored at 20°C. This is a significant difference both in terms of storage economy and in use also.

We also observed that there are significant differences in the length of dormancy between different growing seasons within the same variety, confirming the significant effect of environmental factors modifying dormancy. Many factors can affect the length of dormancy within the same variety, such as the amount of heat during the growing season reaching the mother plant, day length, abiotic stresses, heat shock, and water deficiency. This difference averaged 1228°C for all species (61 DAH), which is also significant. Differences in susceptibility between cultivars were found to influence the dormancy-modifying effect of environmental factors. We also observed that the longer the endodormancy of a variety, the greater it can be reduced by environmental factors (in our experiment, it was shortened by 6-17-

21 days in a row from cultivars having shorter to longer dormancy, on average, in 11 experimental years).

Using a meteorological station, we measured air temperature, soil temperature, precipitation, humidity, day length, and leaf humidity. We found that only temperature has a clear effect on dormancy under the tested climatic conditions. If the air temperature is below the optimum for the potato at the beginning of the growing season, it weakly, if optimal, or above, moderately modifies the dormancy in a positive (in the same) direction. If the temperature at the end of the growing season is above the optimum, it modifies dormancy in a negative (in the opposite), if it is below the optimum, in a positive direction. In the case of spring growing season, we found an opposite and medium relationship, so in the case of years with a lower temperature amount, we can expect a longer dormancy period. While in the case of summer growing season, it is on the contrary. We found a strong relationship here, and we can expect a longer dormancy in the ranking for higher temperature years. Based on these, the expected length of the dormancy, the storability can be predicted, which can largely determine the economics of storage.

The nitrogen supply of the mother plant can also greatly influence the tuber initiation. The tubers initiated later are maturing later, making them physiologically younger at harvesting, and they will sprout later because their dormancy expires later. Therefore, instead of the common nitrogen dose used in practice, a half-dose and complete N-deficient treatment was used. In most cases, the influence of half-dose nitrogen was prominent, resulting in a significant reduction in the dormancy. In contrast, total nitrogen deficiency prolonged the dormancy of most varieties.

We determined how the dormancy of tubers harvested at different times and at different stages of physiological maturation changes and we determined which phenological phase of the mother plant is the most suitable for harvesting. Based on our results, the length of dormancy increases from tuber initiation to biological maturation, however, the increase does not exceed the number of days that the offspring tubers remain in the soil.

The ability to regulate dormancy is essential for the potato sector. Delayed sprouting (long dormancy) is desired during the need for long-term storage. Usually this can be achieved by storage tubers at low temperature (2–4 °C) or treatments by synthetic sprouting inhibitors. Under temperate climatic conditions longer dormancy is more advantageous, while in Mediterranean or subtropical conditions shorter dormancy is preferred. In seed tuber propagation programs it can be necessary to replant tubers after harvest as fast as possible to shorten propagation cycle. The rapid post-harvest disease testing protocols also requires the breaking of dormancy also, which can be executed by chemical treatments or plant hormones.

During the last decades numerous ways to regulate dormancy duration were developed. However, the efficiency of these methods is strongly genotype dependent. Moreover, there are only a few publications about the side effects of treatments on later sprout development and tuber setting of progeny plants and these results are limited to a few varieties only. Results showed that the treatments largely influenced the length of tuber dormancy. Rindite and Combined (Rindite+Gibberellic-acid) treatments significantly reduced the dormancy period for all the varieties in all growing season, with an average 65% reduction. Treatments had the greatest impact on the cultivar 'Balatoni rózsa', with an average 33% reduction in dormancy, while they had the least impact on the cultivar 'Démon', with an average 25% reduction. We didn't observe close relationship between the maturity type of cultivar and the effectiveness of treatments. We found influence of weather conditions in the vegetation period upon the duration of dormancy and the efficiency of chemical treatments.

A comparative study of chemical treatments for breaking tuber dormancy of some new Hungarian potato varieties was carried out. Continuing this work we reported about the effects of chemical treatments used for breaking dormancy on the number of stems and tubers of progeny plants. According to the results, applied treatments had a large effect on the number of developing stems and tubers of the progeny plants. Combined treatment (Rindite+Gibberellic-acid), and Gibberellic-acid at 100 ppm increased significantly the number of stems and tubers. Correlation between the efficiency of dormancy breaking and the number of developed tubers was found. Based on our results, Rindite and Gibberellic-acid have an important role not only in breaking dormancy, but also in increasing the tuber number per plant. This positive effect could be utilized in seed potato production.

We also investigated the effect of six heat and cold treatments at different durations and degrees on the tuber dormancy of three Hungarian potato varieties. Results showed that the treatments largely influenced the length of tuber dormancy. The alternating storage temperature shortened the dormancy period to the greatest extent. Within this, warm pre-treatment (heat-shock, 2 weeks at 35 °C) was significantly more effective than cold pre-treatment (cold-shock, 2 weeks at 5 °C). Short-term high-temperature treatment reduced dormancy to a lesser extent; however, long-term high-temperature treatment increased it and resulted in prolonged germination. At low storage temperatures we observed that cultivars having longer internal dormancy had a longer dormancy period as a result of treatments, so the sequence of the cultivars was maintained. It changed as a result of high temperature treatments, not all varieties maintained this sequence.

The literatures on the study of potato tuber dormancy led to many generalizable conclusions that we confirmed. Our empirical results that differed from these emphasized the strong genetic

specificity of the studied trait, the dependence of the genotype, and the different reaction of the varieties to environmental factors. Consequently, we consider it necessary to perform a similar series of experiments for each new variety or candidate variety in order to determine the optimal storage and treatment conditions suitable for the storage and propagation purpose.

9. MELLÉKLETEK

M1 Irodalomjegyzék

AKSENOVA, N. P. - KONSTANTINOVA, T. N. - GOLYANOVSKAYA, S. A. - SERGEEVA, L. I. - ROMANOV, G. A. (2012): Hormonal Regulation of Tuber Formation in Potato Plants. In: *Russian Journal of Plant Physiology*, 59 451-466. p.

AKSENOVA, N. P. - SERGEEVA, L. I. - KONSTANTINOVA, T. N. - GOLYANOVSKAYA, S. A. - KOLACHEVSKAYA, O. O. - ROMANOV, G. A. (2013) Regulation of Potato Tuber Dormancy and Sprouting. In: *Russian Journal of Plant Physiology*, 60 (3) 301-312. p. ISSN 1021-4437

ALEXOPOULOS, A. A. - AIVALAKIS, G. - AKOUMIANAKIS, K. A. - PASSAM, H. C. (2009) Bromoethane Induces Dormancy Breakage and Metabolic Changes in Tubers Derived from True Potato Seed. In: *Postharvest Biology and Technology*, 54 (3) 165-171. p. ISSN: 0925-5214

ALLEN, E. J. - O'BRIEN, P. J. - FIRMAN, D. (1992) Seed tuber production and management. In: HARRIS, P. M. (Szerk.) *The Potato Crop (2nd Ed.)*. London: Chapman and Hall, 247-291. p.

BAMBERG, J. (2010) Tuber dormancy lasting eight years in the wild potato *Solanum jamesii*. In: *The American Journal of Potato Research*, 87 226-228. p.

BENKEBLIA, N. - ALEXOPOULOS, A. A. - PASSAM, H. C. (2008) Physiological and Biochemical Regulation of Dormancy and Sprouting in Potato Tubers (*Solanum tuberosum* L.). In: *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 2 (1) 54-68. p. ISSN: 1752-3419

BEUKEMA, H. P. - ZAAG, D. E. van der (1979) Dormancy and sprout growth. In: *Potato Improvement*. Wageningen: International Agricultural Centre, 26-36. p.

BEUKEMA, H. P. - ZAAG, D. E. van der (1990) Introduction to potato production. Wageningen: Pudoc, 208. p. ISBN 90 220 0963 7

BERG, J. H. van den - EWING, E. E. - PLAISTED, R. L. - MCMURRAY, S - BONIERBALE, M. W. (1996) QTL analysis of potato tuber dormancy. In: *Theoretical and Applied Genetics*, 93 317-324. p.

BRANDT, T. L. - KLEINKOPF, G. E. - OLSEN, N. - LOVE, S. L. (2003) Storage management for Umatilla Russet potatoes. University of Idaho: Cooperative Extension Service, Technical Bulletin 839.

BRYAN, J. E. (1989) Breaking dormancy of potato tubers. International Potato Center, Lima: CIP Research Guide 16, 6-9. p.

BURGONYAKUTATAS: www.burgonyakutatas.hu Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: burgonyakutatás, tenyészidő. Lekérdezés időpontja: 2017.09.15.

BURTON, W. G. (1989) Dormancy and sprout growth. In: *The potato (3rd Ed.)*. Essex: Longman Scientific & Technical, 470-504. p.

CARLI, C. - MIHOVILOVICH, E. - BONIERBALE, M. (2016) Procedures for Standard Evaluation and Data Management of Advanced Potato Clones. In: *Module 4: Assessment of Dormancy and Sprouting Behavior of Elite and Advanced Clones. International Cooperators' Guide*. International Potato Center, Lima. 3-19. p. ISBN 978-92-9060-471-6

CHOUDHURI, H. C - GHOSE, S. (1963) Effect of gibberellic acid on sprouting, growth of internodes, tuber shape and yield in different varieties of potatoes. In: *European Potato Journal*, 6 160-167. p. <https://doi.org/10.1007/bf02365783>

CLASSENS, M. M. J. - VREUGDENHIL, D. (2000) Is dormancy breaking of potato tubers the reverse of tuber initiation? In: *Potato Research*, 43 347-369. p.

COLEMAN, W. K. (1983) An evaluation of bromoethane for breaking tuber dormancy in *Solanum tuberosum* L. In: *The American Journal of Potato Research*, 60 161-167. p.

DAVIDSON, T. M. V. (1958) Dormancy in the potato tuber and the effects of storage conditions on initial sprouting and on subsequent sprout growth. In: *The American Journal of Potato Research*, 35 451-465. p.

EUROPOTATO: www.europotato.org Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: europotato, database. Lekérdezés időpontja: 2017.09.15.

EWING, E. E (1995) The role of hormones in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization. In: DAVIES, P. J. (Szerk.) *Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publication, 698-724. p.

EWING, E. E. - STRUIK, P. C. (1992) Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. In: *Horticultural Reviews*, 14 89-198. p.

EZEKIEL, R. - SINGH, B. (2003) Influence of relative humidity on weight loss in potato tubers stored at high temperatures. In: *Indian Journal of Plant Physiology*, 8 141-144. p.

FERNIE, A. R. - WILLMITZER, L. (2001) Molecular and Biochemical triggers of potato tuber development. In: *Journal of Plant Physiology*, 127 1459-1465. p.

FREYRE, R. - WARNKE, S. - SOSINSKI, B. - DOUCHES, D. S. (1994) Quantitative trait locus analysis of tuber dormancy in diploid potato (*Solanum* spp.). In: *Theoretical and Applied Genetics*, 89 474-480. p.

GRUDZIŃSKA, M. (2012) Influence of weather and storage conditions on technological characteristics of potato in French fries and chips production. In: *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 265 137-148. p.

- GRUDZIŃSKA, M. - MAŃKOWSKI, D. (2018) Losses during Storage of Potato Varieties in Relation to Weather Conditions during the Vegetation Period and Temperatures during Long-Term Storage. In: *The American Journal of Potato Research*, 95 130-138. p. <https://doi.org/10.1007/s12230-017-9617-x>
- GULIFORD, J. P. (1950) *Fundamental statistics in psychology and education* (2nd ed). New York: McGraw-Hill, 565 p.
- HARKETT, P. J. (1981) External factors affecting length of dormant period in potatoes. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 102-103. p.
- HARTMANN, A. - SENNING, M. - HEDDEN, P. - SONNEWALD, U. - SONNEWALD, S. (2011) Reactivation of meristem activity and sprout growth in potato tubers require both cytokinin and gibberellin. In: *Journal of Plant Physiology*, 155 776-796. p.
- HASSANI, F. - ZAREIAN, A. - REZVANI, E. (2014) Effects of chemical treatments on dormancy breaking and some sprouting characteristics of two potato cultivars in different tuber sizes. In: *European Journal of Experimental Biology*, 4 98-102. p.
- HEMBERG, T. (1985) Potato rest. In: LI, P. H. (Szerk.) *Potato Physiology*. New York: Academic Press, 353-388. p.
- HOSSEINI, M. B. - AFSHARI, R. T. - SALIMI, K. (2011) Breaking dormancy of potato minitubers with thiourea. In: *Potato Journal*, 38 (1) 9-12. p.
- ITTERSUM, M. K. van (1992) Variation in the duration of tuber dormancy within a seed potato lot. In: *European Potato Journal*, 35 261-269. p.
- ITTERSUM, M. K. van - SCHOLTE, K. (1992a) Relation between growth conditions and dormancy of seed potatoes. 2. Effects of temperature. In: *Potato Research*, 35 377-387. p.
- ITTERSUM, M. K. van - SCHOLTE, K. (1992b) Shortening dormancy of seed potatoes by storage temperature regimes. In: *Potato Research*, 35 389-401. p.
- JACKSON, S. D. (1999) Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. In: *Journal of Plant Physiology*, 119 1-8. p.
- KRIJTJE, N. (1958) Changes in the germinating power of potatoes from the time of lifting onwards. In: *European Potato Journal*, 1 69-72. p.
- KRIJTJE N. (1962) Observations on the sprouting of seed potatoes. In: *European Potato Journal*, 5 316-333. p.
- KOTCH, G. P. - ORTIZ, R. - PELOQUIN, S. J. (1992) Genetic analysis by use of potato haploid populations. In: *Genome*, 35 103-108. p.
- LANG, G. A. - EARLY, J. D. - MARTIN, G. C. - DARNELL, R. L. (1987) Endo-, para- and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. In: *Horticultural Science*, 22 371-377. p.

- LEVY, D. - VEILLEUX, R. E. (2007) Adaption of potato to high temperatures and salinity - A review. In: *The American Journal of Potato Research*, 84 487-506. p.
- MAJEED, A. - BANO, A. (2006) Role of Growth Promoting Substances in Breaking Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Dormancy. In: *Journal of agriculture and social sciences*, 2 (3) 175-178. p.
- MUTHONI, J. - KABIRA, J. - SHIMELIS, H. - MELIS, R. (2014) Regulation of potato tuber dormancy: A review. In: *Australian Journal of Crop Science*, 8 (5) 754-759. p.
- NASIRUDDIN, M. - KHATUN, R. - HAYDAR, F. M. A. - IMTIAJ, A. - ALAM, M. F. (2016) Effect of physical and chemical treatments on sprouting of dormant potato tubers. In: *Plant Environment Development*, 5 (2) 24-27. p.
- O'BRIEN, P. J. - ALLEN, E. J. - BEAN, J. N. - GRIFFITH, R. L. - JONES, S. A. - JONES J., L. (1983) Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. In: *The Journal of Agricultural Science*, 101 613-31. p.
- PAVLISTA, A. D. (2004) Physiological Aging of Seed Tubers. In: *Nebraska Potato Eyes*, 16 1-4. p.
- RADZKA, E. - RYMUZA, K. (2015) Multi-trait analysis of agroclimate variations during the growing season in east-central Poland (1971-2005). In: *International Agrophysics*, 29 213-219. p. doi:10.1515/intag-2015-0021.
- SIMKO, I. - MCMURRY, S. - YANG, H. M. - MANSCHOT, A. - DAVIES, P. J. - EWING, E. E. (1997) Evidence from polygene mapping for causal relationship between potato tuber dormancy and abscisic acid content. In: *Journal of Plant Physiology*, 115 1453-1459. p.
- SIMMONDS, N. W. (1964) The genetics of seed and tuber dormancy in the cultivated potatoes. In: *Heredity*, 19 489-504. p. <https://doi.org/10.1038/hdy.1964.56>
- SKOWERA, B. - JĘDRSZCZYK, E. - KOPCIŃSKA, J. - AMBROSZCZYK, A. M. - KOŁTON, A. (2014): The Effects of Hydrothermal Conditions during Vegetation Period on Fruit Quality of Processing Tomatoes. In: *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (1) 195-202. p.
- STRUİK, P. C. - LOMMEN, W. J. M. (1999) Improving the field performance of micro and mini-tubers. In: *Potato Research*, 42 559-568. p.
- STRUİK, P. C. - WIERSEMA, S. G. (1999) Seed potato technology. Wageningen: Wageningen Pers, 95-134. p. ISBN 90-74134-65-3
- SUTTLE, J. C. (2004) Physiological Regulation of Potato Tuber Dormancy. In: *The American Journal of Potato Research*, 81 253-262. p.
- SUTTLE, J. C. (2007) Dormancy and Sprouting. In: VREUGDENHIL, D. (Szerk.) *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*. Amsterdam: Elsevier, 287–309. p.

- SUTTLE, J. C. (2008) Effects of synthetic phenylurea and nitroguanidine cytokinins on dormancy break and sprout growth in Russet Burbank minitubers. In: *The American Journal of Potato Research*, 85 (2) 121-128. p.
- SZIRTES V. (1984) Hormonszemléletű irányított burgonyatermesztés. In: SZIRTES V. (Szerk.) *Hormonális szabályozás, levéltrágyázás II*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 231-278. p.
- TIEMENS, H. M. - DELLEMAN, J. - EISING, J. - LAMMERTS, E. T. B. van (2013) Potato breeding. A practical manual for the potato chain. The Hague: Aardappelwereld BV, 148 p. ISBN 978-90-802036-8-6
- TOOSEY, R. D. (1964) The pre-sprouting of seed potatoes: Factors affecting spout growth and subsequent yield. Part 1. In: *Field Crop Abstracts*, 17 161-168. p.
- TOR, J. J. (2011) Influence of Temperature and Day-length on Dormancy in Seed Potato cv. 'Asterix'. In: *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 5 (1) 55-61. p.
- TOR, J. J. - JØRGEN, A. B. M. (2017) Green-Sprouting of Potato Seed Tubers (*Solanum tuberosum* L.) - Influence of Daily Light Exposure. In: *Potato Research*, 60 159–170.
- UWE, S. (2001) Control of potato tuber sprouting. In: *Trends in Plant Science*, 6 333-335. p.
- WIERSEMA, S. G. (1985) Physiological development of potato seed tubers. International Potato Center, Lima: *Technical Information Bulletin*, 20 16 p.
- WRÓBEL, S. (2008) Early dormancy breaking of tubers in fast virus diagnostic for new potato cultivars. In: *Progress in Plant Protection*, 48 552–555. p.
- WRÓBEL, S. - KĘSY, J. - TREDER, K. (2017) Effect of Growth Regulators and Ethanol on Termination of Dormancy in Potato Tubers. In: *The American Journal of Potato Research*, 94 544-555. p.
- WURR, D. C. E. - ALLEN, E. J. (1976) Effects of cold treatments on the sprout growth of three potato varieties. In: *Journal of Agricultural Science*, 86 221-224. p.
- ZAAG, D. E. van der - LOON, C. D. van (1987) Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 5. Review of literature and integration of some experimental results. In: *Potato Research*, 30 451-472. p.
- ZARZYŃSKA, K. (2004) The length of tuber dormancy period in new potato cultivars. In: *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 232 5-14. p.

M2

M2/1. táblázat: Többszemponos varianciaanalízis eredménye: az évjárat, a tenyésztidőszak és a fajta hatására a nyugalmi időre

Változók	Eltérés négyzetösszeg	Szf	Szórásnégyzet	F-érték	Szig.
Fajta	22817874,333	2	11408937,167	964,304	0,000
Év	97137835,807	10	9713783,581	821,026	0,000
Tenyésztidőszak	2867504,808	1	2867504,808	242,367	0,000
Fajta * Év	11728631,494	18	651590,639	55,074	0,000
Fajta *					
Tenyésztidőszak	983030,266	2	491515,133	41,544	0,000
Év *					
Tenyésztidőszak	40615434,693	5	8123086,939	686,578	0,000
Fajta * Év *					
Tenyésztidőszak	5227081,820	7	746725,974	63,115	0,000
Hiba	13262851,997	1121	11831,269		

Többszemponos varianciaanalízis eredménye, csoportok közti hatások tesztje. A függő változó a nyugalmi idő, amelyet a kihajtáshoz szükséges halmozott hőmérsékletek összegeként (°C) fejezünk ki. Ha a változók, vagy az interakciók szignifikanciája 0,05 alatti, akkor ennek statisztikailag igazolható (szignifikáns) hatása van a nyugalmi időre. A varianciaanalízis előfeltétele a függő változó (nyugalmi idő) normális eloszlása.

M2/2. táblázat: Normalitás-vizsgálat eredményei, Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk teszt

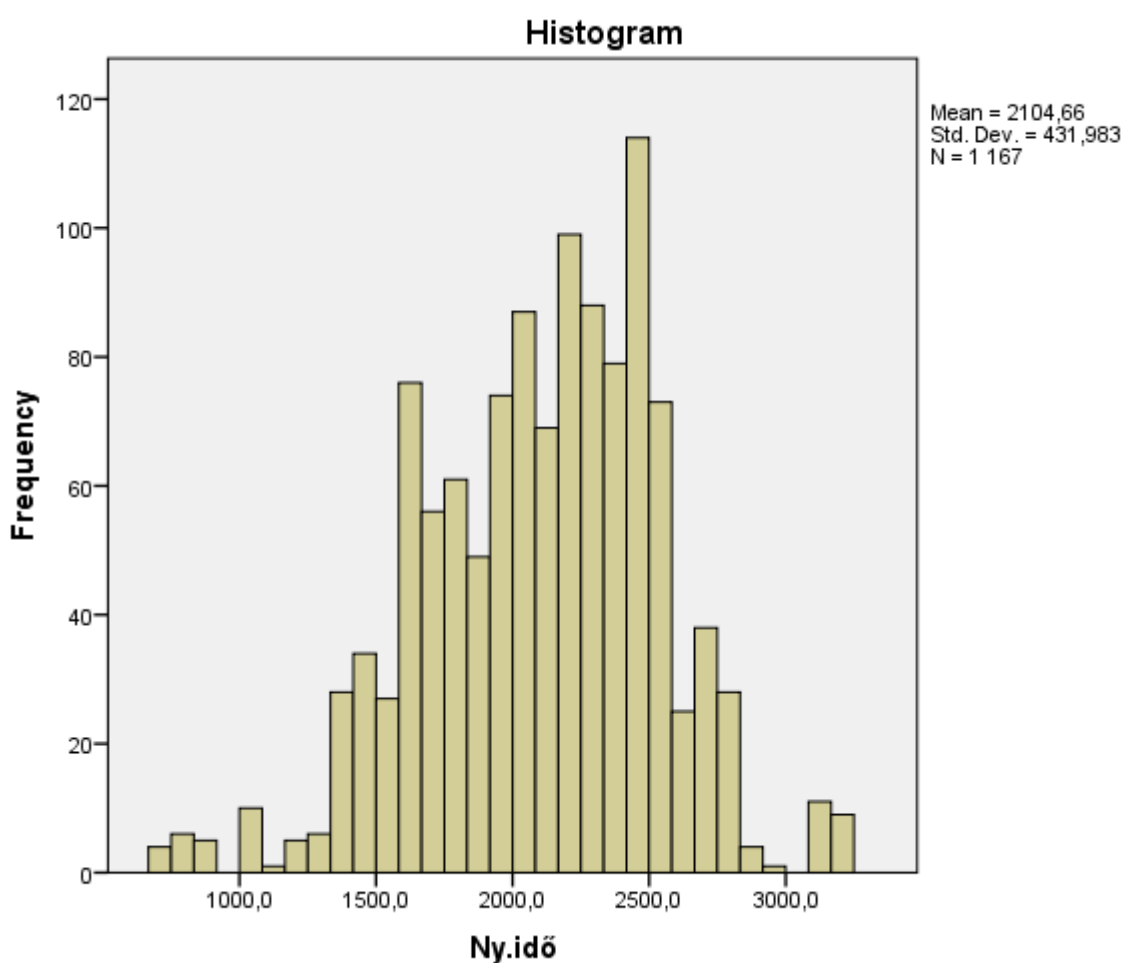
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nyugalmi idő	0,052	1167	0,000	0,986	1167	0,000

A Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk teszt eredménye. Kolmogorov-Smirnov-teszt nullhipotézise szerint a változón vizsgált eloszlás normális. Abban az esetben, ha szignifikáns eredményt kapunk, ezt a nullhipotézist el kell vetnünk és a továbbiakban nemparaméteres eljárásokat kell alkalmaznunk. Azonban a minta olyan nagy elemszámú (df=1167), hogy csupán egy kis eltérés ellenére lett szignifikáns a próba (a Shapiro-Wilk teszt n=30 elemszám alatt alkalmazható), ezért a normalitást a ferdeség és csúcsosság értékeinek számszerűsítésével igazoltuk.

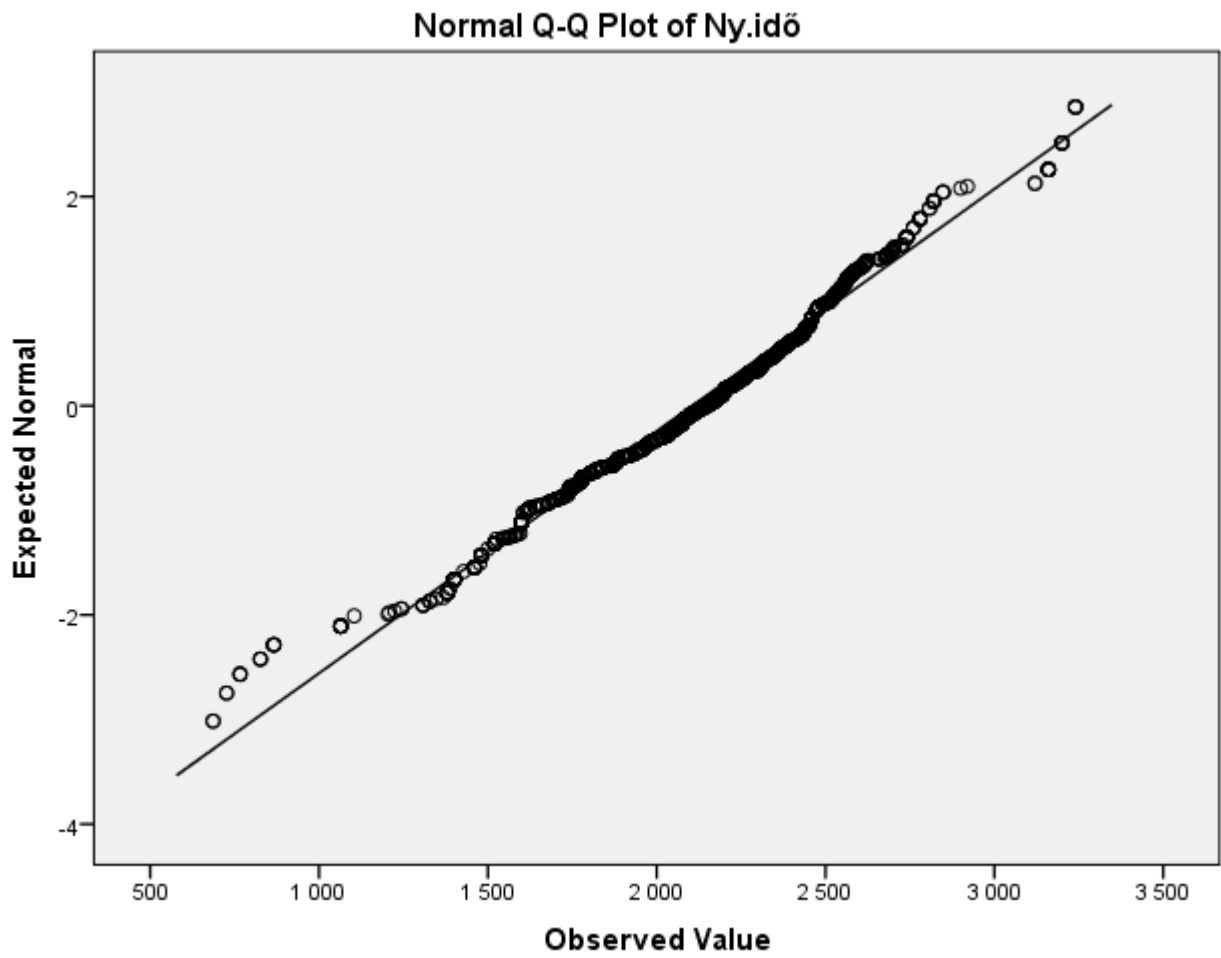
M2/3. táblázat: Normalitás-vizsgálat eredményei, a ferdeség és csúcsosság számszerű értékei

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Ny.idő	1167	686,0	3240,0	2104,656	431,9833	-0,315	0,072	0,270	0,143
Valid N (listwise)	1167								

Amennyiben a ferdeség (Skewness) és csúcsosság (Kurtosis) mutató értéke -1 és +1 között van, az eloszlásunkat normálnak tekinthetjük a hüvelykujj szabály alapján.



M2/1. ábra: A függő változó eloszlásának grafikus értékelése: Hisztogram.



M2/2. ábra: A függő változó eloszlásának grafikus értékelése: Q-Q plot.

M3

M3/1. táblázat: Többszemponos varianciaanalízis eredménye: a fajta, a tenyésztidőszak és a betakarítás idejének hatására a nyugalmi időre

Változók	Eltérés négyzetösszege	Szf.	Szórásnégyzet	F-érték	Szig.
Fajta	57628,281	2	28814,141	1366,172	0,000
Tenyésztidőszak	25322,159	2	12661,080	600,303	0,000
Betakarítás	158081,498	5	31616,300	1499,031	0,000
Fajta *	1352,930	4	338,232	16,037	0,000
Tenyésztidőszak *	798,474	10	79,847	3,786	0,000
Betakarítás *	20429,130	10	2042,913	96,861	0,000
Fajta *	1309,115	20	65,456	3,103	0,000
Tenyésztidőszak *	10250,300	486	21,091		
Hiba					

Többszemponos varianciaanalízis eredménye, csoportok közti hatások tesztje. A függő változó a nyugalmi idő, amelyet a betakarítást követő napokban (DAH) fejeztünk ki. Ha a változók, vagy az interakciók szignifikanciája 0,05 alatti, akkor ennek statisztikailag igazolható (szignifikáns) hatása van a nyugalmi időre. A varianciaanalízis előfeltétele a függő változó (nyugalmi idő) normális eloszlása.

M3/2. táblázat: Normalitás-vizsgálat eredményei, Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk teszt

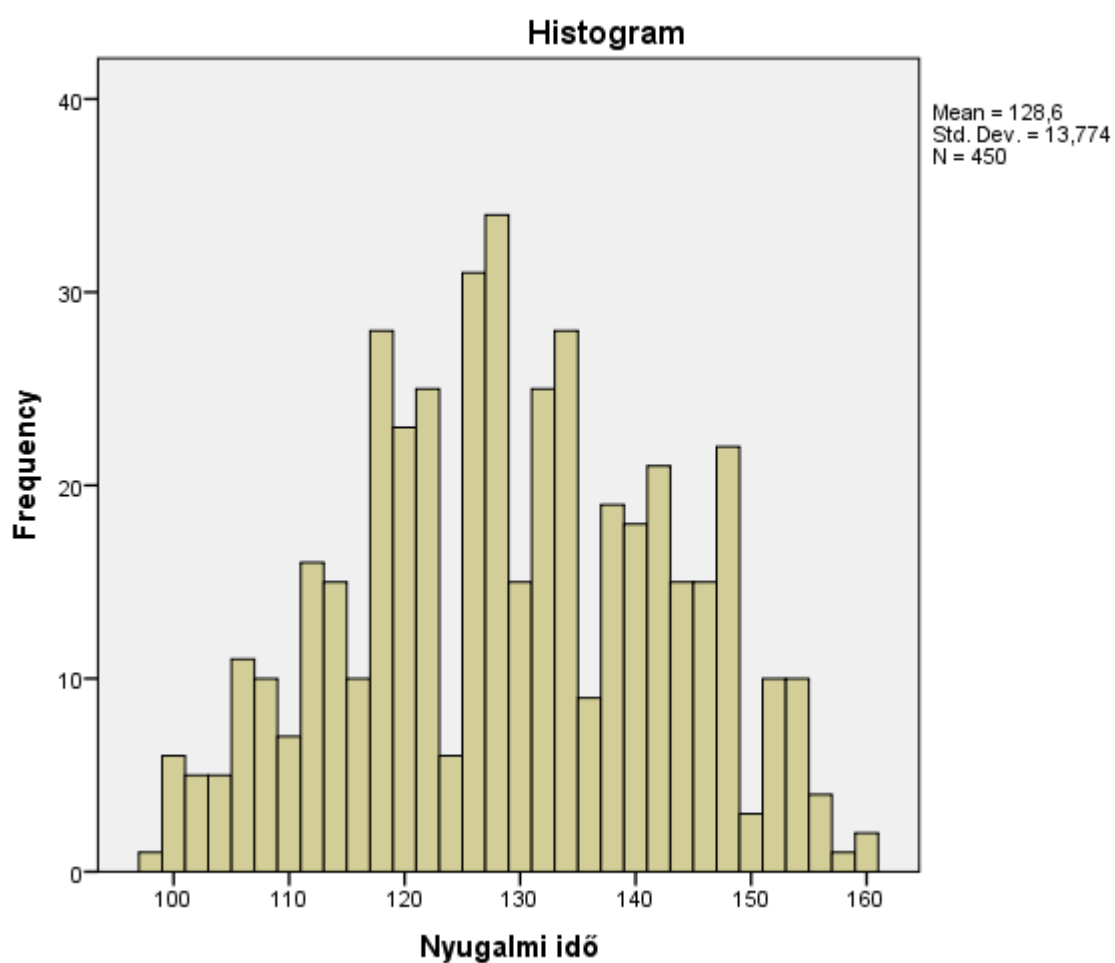
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nyugalmi idő	,049	450	,011	,987	450	,000

A Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk teszt eredménye. Kolmogorov-Smirnov-teszt nullhipotézise szerint a változón vizsgált eloszlás normális. Abban az esetben, ha szignifikáns eredményt kapunk, ezt a nullhipotézist el kell vetnünk és a továbbiakban nemparaméteres eljárásokat kell alkalmaznunk. Azonban a minta olyan nagy elemszámú (df=450), hogy csupán egy kis eltérés ellenére lett szignifikáns a próba (a Shapiro-Wilk teszt n=30 elemszám alatt alkalmazható), ezért a normalitást a ferdeség és csúcsosság értékeinek számszerűsítésével igazoltuk.

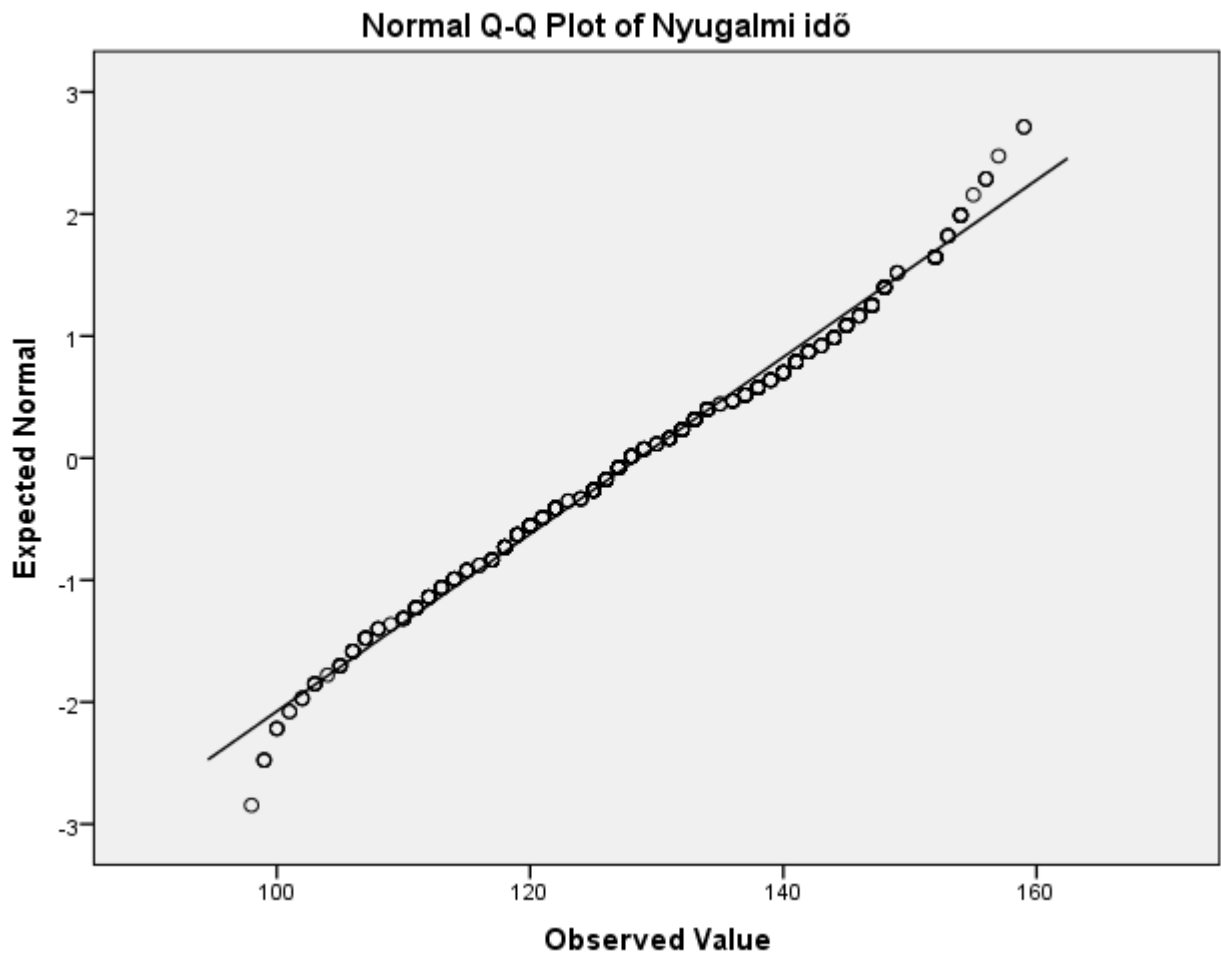
M3/3. táblázat: Normalitás-vizsgálat eredményei, a ferdeség és csúcsosság számszerű értékei

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Nyugalmi idő	450	98	159	128,60	13,774	-,020	,115	-,710	,230
Valid N (listwise)	450								

Amennyiben a ferdeség (Skewness) és csúcsosság (Kurtosis) mutató értéke -1 és +1 között van, az eloszlásunkat normálnak tekinthetjük a hüvelykujj szabály alapján.



M3/1. ábra: A függő változó eloszlásának grafikus értékelése: Hisztogram.



M3/2. ábra: A függő változó eloszlásának grafikus értékelése: Q-Q plot.

M4

M4/1. táblázat: Többszemponos varianciaanalízis eredménye: a kémiai kezelések, a tenyésztidőszak és a fajta hatására a nyugalmi időre

Változók	Eltérés		Szórásnégyzet	F-érték	Szig.
	négyzetösszege	Szf.			
Kezelés	1072501396	8	134062675	11938	0,00
Fajta	45889119	2	22944559	2043	0,00
Tenyésztidőszak	62853592	2	31426796	2799	0,00
Kezelés * Fajta	38482425	16	2405152	214	0,00
Kezelés *	171551014	16	10721938	955	0,00
Tenyésztidőszak					
Fajta *	27060284	4	6765071	602	0,00
Tenyésztidőszak					
Kezelés * Fajta *	20528244	32	641508	57	0,00
Tenyésztidőszak					
Hiba	53667233	4779	11230		

Többszemponos varianciaanalízis eredménye, csoportok közti hatások tesztje. A függő változó a nyugalmi idő, amelyet a kihajtáshoz szükséges halmozott hőmérsékletek összegeként (°C) fejezünk ki. Ha a változók, vagy az interakciók szignifikanciája 0,05 alatti, akkor ennek statisztikailag igazolható (szignifikáns) hatása van a nyugalmi időre. A varianciaanalízis előfeltétele a függő változó (nyugalmi idő) normális eloszlása.

M4/2. táblázat: Normalitás vizsgálat, a ferdeség és csúcsosság számszerű értékei

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Nyugalmi idő (°C)	4860	300,00	2380,00	1388,66	554,23	-0,19	0,04	-0,86	0,07
Valid N (listwise)	4860								

Mivel a minta nagy elemszámú (df=4860), ezért ebben az esetben sem a Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk próbát alkalmaztuk, ehelyett a normalitást a ferdeség és csúcsosság értékeinek számszerűsítésével igazoltuk. Amennyiben a ferdeség (Skewness) és csúcsosság (Kurtosis) mutató értéke -1 és +1 között van, az eloszlásunkat normálnak tekinthetjük a hüvelykujj szabály alapján.

Köszönetnyilvánítás

Ez úton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Polgár Zsolt egyetemi tanárnak, a Burgonyakutatási Központ igazgatójának, aki biztosította számomra a lehetőséget és a feltételeket a kísérletek elvégzésére, értékes szakmai segítségével és tanácsaival segítette a kutatásaimat.

Köszönettel tartozom Pángerné Hári Márta laboránsnak a fajták nyugalmi idejének meghatározásában nyújtott módszertani segítségéért, és Wolf István nyugalmazott intézeti mérnöknek a meteorológiai adatokhoz való hozzáférés biztosításáért, illetve a Burgonyakutatási Központ összes dolgozójának, akik munkámat számtalan módon segítették. Köszönet illeti továbbá Dr. Poór Judit egyetemi docenst és Menyhárt László egyetemi docenst a statisztikai elemzések módszertanában nyújtott szakmai segítségükért.