

**DEBRECENI EGYETEM**  
**Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma**  
Mezőgazdaságtudományi Kar  
Kutatási és Fejlesztési Intézet

**INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK**  
**DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:  
**Prof. dr. Nagy János**  
MTA doktora

Témavezetők:  
**Prof. dr. Szabó Zoltán**  
MTA Doktora

**dr. habil. Holb Imre PhD**

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**KÜLÖNBÖZŐ NÖVEKEDÉSI ERÉLYŰ ALANYOK HATÁSA AZ**  
**ALMA TERMÉS-ÖNSZABÁLYOZÁSÁRA**

Készítette:  
**Racskó József**  
doktorjelölt

**Debrecen**  
**2008**

# 1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

Kutatómunkánk alapvető célja volt, hogy az alma terméshozási tényezőinek tudományos szintű vizsgálatával olyan új ismeretekhez jussunk, amelyekkel az ültetvények rendszeres terméshozása fenntartható, az évenkénti termésingadozás – a vegetatív és generatív produkció egyensúlyának fenntartása révén – jelentősen csökkenthető, s így végső soron a kiváló gyümölcsminőség is jobban biztosítható évről-évre. Az előbbieken megfogalmazott alapvető cél elérése érdekében 2003. tavaszán szabadföldi és laboratóriumi vizsgálatba kezdtünk az alma termés-önszabályozási mechanizmusának jobb megismerése érdekében. A következő feladatok elvégzését tűztük ki célul:

1. A terméshozást meghatározó egyes biológiai tényezők (virágberakódottság, virágzási idő, öntermékenyülés, szabadtermékenyülés, termésberakódás, gyümölcshullás, magtartalom, termésmennyiség) alany- és nemes fajta kombinációkra jellemző értékeinek meghatározása.
2. A termés-önszabályozás szakirodalmát jellemző ellentmondásos definíciók fogalmi elemeinek tisztázása. Módszerek adaptálása, illetve új módszerek kidolgozása a termés-önszabályozási mechanizmusok (alternancia, gyümölcs-hullás) megbízhatóbb értékeléséhez.
3. A termés-önszabályozás hormonális hátterének feltárása, további tisztázása, annak érdekében, hogy hatékonyabbá tehesük a gyümölcsritkítást.
4. Az alternanciára való hajlam meghatározása 3 különböző növekedési erélyű alany- és 33 nemes fajta kombinációjában az ún. *Alternancia Index (AI)* segítségével.
5. A gyümölcshullás dinamikájának és mértékének fajtaspecifikus felmérése, terméskötődéssel és magtartalommal való kapcsolatának részletes elemzése. A meteorológiai tényezők gyümölcshullásban betöltött szerepének feltárása.
6. A primigen dominancia szerepének meghatározása a virágzásban, termékenyülésben és a hormon-tartalomban, különös tekintettel az ugyanabból a virágzatból fejlődő gyümölcsök magtartalmára és gyümölcsminőségére.

## 2. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

Magyarország szempontjából is igen fontos a minőségi és jövedelmező almatermesztés. Ennek egyik pillére a korszerű termésszabályozási eljárások hatékony alkalmazása, melyekhez elengedhetetlen a fák termés-önszabályozó mechanizmusainak ismerete. Az alma esetében három alapvető termés-önszabályozási mechanizmus biztosítja a fák vegetatív és generatív produkciójának összhangját:

- alternancia
- gyümölcshullás
- primigen dominancia

Az évről-évre folyamatos terméshozás és homogén gyümölcsminőség elmaradása nagy gondja a hazai almatermesztésnek. A rendszertelen terméshozás jelensége miatt egyik évben túlságosan nagy terméssel és rossz minőséggel, míg a rákövetkező évben alacsony terméshozammal lehet számolni. Azonban a fák túl kicsi terméskötődése sem párosul mindig jobb gyümölcsminőséggel, vagyis nem számíthatunk gazdasági kár ilyen módon történő kiegyenlítésére. Ez az alternancia jelensége, melynek kiküszöbölése hatékony termésszabályozási technológiákkal, segíthet a folyamatos, kiváló minőségű árualap előállításában. Az alternancia fogalmának meghatározása a szakirodalomban egyértelműen nem tisztázott. Két fő nézet alakult ki, melyek egyike a termésmennyiség, a másik a virágprodukción alapján ítéli meg az alternancia jelenségét. Az alternancia kialakulásában a fajtatulajdonságok a meghatározóak, azonban a tápanyag- és vízellátás szintén kiemelkedő jelentőséggel bír. Nem elhanyagolható azonban a virágzás időszakában fellépő fagyok hatása sem, melyre példaként a 2007. évi fagykárok említhetők. Egy-egy jelentős fagykár hatására felborul a vegetatív és generatív szervek közötti egyensúly a vegetatív szervek javára. Ezért a fagyokat követő évben – így 2008-ban is – csak szakszerű termésszabályozási (főként gyümölcscsritkítási), fitotechnikai, valamint víz- és tápanyagellátási módszerekkel állítható helyre a hajtásnövekedés és terméshozás egyensúlya.

A terméskötődéshez szükséges alapvető feltételek (szinkron-virágzás, megfelelő mennyiségű pollenátvitel stb.) megléte esetén és kedvező időjárási körülmények között sem fejlődik minden virágból termés. Egy meghatározott termésmennyiségen túl a fák ugyanis nem tudják a gyümölcseiket kinevelni. Működésbe lép az önszabályozó rendszer, amelynek révén a terméskezdemények egy része akkor is lehull a fáról, ha valamennyi virág termékenyülése szabályos volt, és mindegyik terméskezdemény azonos fiziológiai

feltételekkel rendelkezik a továbbfejlődéshez. Ez rendszerint alapvető fajtulajdonság. A fán maradó gyümölcsmennyiséget tovább csökkentheti a termesztéstechnológiai problémákból (pl. a víz- és tápanyaghiány, optimálistól eltérő időben végzett metszés és termésritkítás, ill. a biotikus károsítók) fakadó gyümölcszuhások. De – különösen a gyümölcserés stádiumában – nagy szerepet játszik az időjárás is.

Köztudott, hogy nagy tömegű virág-, illetve gyümölcskezdemény esetén a tápanyagfelhalmozódás nem optimális, aminek tömeges gyümölcszuhás lehet a következménye. Gyakran előfordul, hogy túlvirágzó fákon kevesebb termés kötődik. Az a virág, illetve gyümölcskezdemény, amelynek fejlődése a legkorábban megindul, dominánssá válik a fejlődésükben későbbi gyümölcsökkel szemben. Ez az időbeli elsőbbségen alapuló dominancia a korrelatív dominancia. Az alma vegyesrügyeinek képződésekor, már a virágzatkezdemény fejlődésének kezdetétől, a virágzati tengelyen csúcsi helyzetű virág fejlődése a leggyorsabb. Ebben az esetben a virágnak nem a virágzatban elfoglalt csúcsi helyzete, hanem képződésének az időpontja a meghatározó.

### **3. A KUTATÁS MÓDSZEREI**

#### **3.1. A vizsgálatok helye és anyaga**

A vizsgálatok és adatfelvételezések 2003-2007. közötti egymást követő öt év folyamán Nyugat-Magyarországon, Nagykutason, az Alma 2000 Kft. alany-fajtakísérleti ültetvényében folytak. Az Alma 2000 Kft. területe Zalaegerszegtől északra 9 km-re terül el a tengerszint felett 400-450 m magasságban, fekvése dombos. Az ültetvény enyhe (5-7%) déli irányú lejtőn fekszik. A terület évente 1800-1900 napsütéses órával, 600-650 mm csapadékkal és 130-140 csapadékos nappal jellemezhető. Talaja a kavics talajképző kőzetén kialakult nem karbonátos egyrétegű agyagos barna erdőtalaj, melynek közepesen lúgos (pH 6,74-6,79) a kémhatása. Szervesanyag-tartalma genetikai kategóriáján belül alacsony.

A 33 fajtaból álló ültetvényt 1,2 ha felületen 1999. őszén telepítették  $3,5 \times 0,5$  m térállásban. A sortájolás É-D irányú. Minden fajtát három – eltérő növekedési erélyt képviselő – alanyra szemeztek: M.9, MM.106 és vadalmagonc. Az M.9 alany gyenge, az MM.106 alany középérésű, míg a vadalmagonc erős növekedési eréllyel bír. Az erős vegetatív habitussal jellemezhető vadalmagonc-alany kedvezőtlen tulajdonságai és gyenge produktivitása miatt kiszorult a gyakorlatból, azonban a növekedési erély szélsőséges hatásának tanulmányozása végett kísérletünkben kontrollként került alkalmazásra. Alany-fajta

kombinációnként 50, összesen 4.950 fa állt rendelkezésre. A fajtákat az értékelés megkönnyítése és a könnyebb hasznosíthatóság érdekében csoportokba soroltuk az érési idő és a ploidia foka alapján (1. táblázat).

A fajták elhelyezése az ültetvényben alanyonként randomizáltan, blokkosítva történt, ami által biztosított volt a szabadtermékenyülés lehetősége. Egy-egy alany hatásának értékeléséhez 17 faszor eltelepítése történt meg, melyben soronként két fajta szerepelt. Ennek megfelelően összesen  $3 \times 17 = 51$  sorból állt az alany-fajta kísérleti ültetvény. Az ültetvényben a karcsú orsó művelésmódot és az integrált növényvédelmet (IPM) alkalmazták, öntözés és termésritkítás nem történt. A tápanyagellátás a hazai körülményekhez javasolt dózisokban és időpontokban történt. A sorközöket a telepítést követően füvesítették. A vizsgálatokhoz 2003. tavaszán a virágzási idő kezdete előtt fajtánként  $4 \times 5$  fa ismétlésben véletlenszerűen összesen 20 db fát választottunk ki. Ugyanezeket a fákat értékeltük a kísérlet 5 éve folyamán.

**1. táblázat.** A vizsgált almafajták csoportosítása érési idő és a ploiditás foka alapján. Nyári érésű fajtának tekintettük az augusztus 31. előtt érő, őszi érésűnek a szeptember 1-től október 15-ig, míg téli érésű fajtának az október 15. után szedésre érett gyümölcsöt termő fajtákat.

	Nyári érésű	Őszi érésű	Téli érésű
<b>Diploid</b>	Earligold, Mollie's Delicious, Prima, Summerred, Vista Bella	Arlet, Elstar, Gala Delbard, Gala Imperial, Gala Mondial, Gala Prince, Gala Royal, Gala Galaxy, Gloster, Golden B, Golden FGA, Golden Reinders, Golden Russet, Golden Smoothee, Green Sliws, Idared, Red Elstar, RubINETTE, Šampion, Topaz	Braeburn Hillwell, Braeburn Schneider, Granny Smith, Pink Lady
<b>Triploid</b>		Jonagold Jonagored, Jonagold Jonica, Jonagold Novayo	Boskoop

#### 4.2. A szabadföldi felvételezés mérőszámai és azok számított értékei

*Virágzási idő (VI):* A virágzás kezdetét, a fővirágzást és a virágzás végét különítettük el. A virágzás kezdetét Soltész (1992) alapján az első virágok kinyílása és a többi folyamatos virágzása jelezte. A fővirágzaskor a fán található összes virág több, mint 50%-a volt nyílt állapotban. A virágzás végén valamennyi virág elnyílt, szirmait lehullatta és befejezte fiziológiai aktivitását (termője elbarnult és a portokokból a pollenszemek kiszóródtak). Az egyes virágzási fenofázisokat fánként, naptári nap pontossággal adtuk meg.

*Virágberakódás (VB):* A virágberakódás vagy más néven virágsűrűség mutatója a fán található virágok mennyiségét mutatja, figyelembe véve a fa vegetatív produkcióját (lombkorona nagyságát, sűrűségét stb.) is. A virágberakódást 0-10 közötti lineáris skálán bonitálással értékeltük. A 0 virág nélküli fát jelölt, a 10-es skálaértékkel jelzett fán maximális volt a virágberakódás. Az értékeket fánként határoztuk meg, így jól kimutatható volt az egyes fajtákon belüli fánkénti egyedi különbség (intraindividuális variabilitás) (Nyéki, 1989). A virágberakódás mutatójának értékszám alapján egyedileg különítettük el évenként az alternancia egyes ciklusaiban lévő fákat. Azokat a fákat, amelyeknek a virágberakódása 0-5 közötti volt, kihagyó ciklusúnak minősítettük, míg a 6-10 közötti skálaértékkel rendelkező fákat „termő” ciklusba soroltuk. Ez a „termő” és „kihagyó” ciklusba történő kategorikus besorolás nem vezetett ellentmondáshoz azon fajták esetében, amelyek nem hajlamosak alternanciára, hiszen a virágberakódás értékei és azok csekély variációs szélessége egyértelműen mutatta az évről-évre történő folyamatos virágképzés lehetőségét.

*Szabadtermékenyülés (SZT):* A szabadtermékenyülés értékelése során a szabadon megporzódott virágok terméskötődését vizsgáltuk. A virágzás kezdetén fajtánként legalább 10 mintagallyon, a négy égtájnak megfelelően 200-800 db virágot jelöltünk ki 1,5-2,0 m magasságban, a négy fő égtájnak megfelelően. A későbbiekben három alkalommal rögzítettük a mintagallyakon lévő termések számát. A szabadmegporzásból származó terméskötődést az egyes időpontokban rögzített terméskezdemény- és termésszámnak a kezdeti virágszám %-ában fejeztük ki (2. táblázat).

**2. táblázat.** A szabadtermékenyülés és öntermékenyülés nagyságának értékelési időpontjai

Értékelési időpontok	2003	2004	2005	2006	2007
1. Tisztuló hullás után	május 16.	május 17.	május 20.	május 21.	május 4.
2. Júniusi gyümölcshullást követően	július 6.	július 2.	július 2.	július 9.	június 29.
3. Szüret időpontjában	Fajtánként eltérő időben az érési idő függvényében				

*Öntermékenyülés (ÖT):* Az öntermékenyülés során a fajták saját pollenjükkel való termékenyülési hajlamát vizsgáltuk. Pirosbimbós állapotban fajtánként legalább 10 mintagallyon, a négy égtájnak megfelelően 200-600 db virágot izoláltunk vajpergamen tasakkal 1,5-2,0 m magasságban, a négy fő égtájnak megfelelően. Az izolátor alatti virágokat hagytuk kinyíltni és termőjüket saját pollenjükkel természetes úton beporzódni, azaz nem mesterséges geitonogámiát alkalmaztunk. Három alkalommal rögzítettük az izolátor alatti termések számát. Annak érdekében, hogy az izolátor okozta mikroklíma-változást

minimalizáljuk, a tasakokat a szíromhullást követően azonnal eltávolítottuk. Az öntermékenyülésből származó terméskötődést az egyes időpontokban rögzített terméskezdemény- és termésszámnak a kezdeti virágszám %-ában fejeztük ki (2. táblázat).

*Gyümölcshullás (GyH):* A mutató értékét az előbbieken részletezett módon számított terméskötődési (SzT és ÖT) értékekből kalkuláltuk oly módon, hogy a kijelölt összes virágot 100 %-nak tekintettük és abból kivontuk a szabadtermékenyülésből, illetve az öntermékenyülésből eredő %-os terméskötődési arányt. Így három időszakra vonatkozóan, a gyümölcshullás három periódusának (tisztuló hullás, júniusi hullás és szüret előtti hullás) az értékét kaptuk meg.

*Termésberakódás (TB):* A termésberakódás (gyümölcssűrűség) mutatója a fán kifejlődött gyümölcsök mennyiségét mutatja, figyelembe véve a fa vegetatív produkcióját (lombkorona nagyságát, sűrűségét stb.) is. A termésberakódást 0-10 közötti lineáris skálán bonitálással értékeltük. A 0 skálaérték gyümölcs nélküli fát jelölt, a 10-es skálaértékkel jelzett fán maximális volt a termésberakódás. Az értékeket a virágberakódásnál ismertetett módon fánként határoztuk meg.

*Gyümölcsszám (GySz):* A mutató értékét az érést követően a szüret időpontjában történő számolással határoztuk meg, és két formában fejeztük ki. A *fánkénti gyümölcsszám (FGy)* meghatározása az előbbieken leírt módon történt, míg az egységnyi területre vetített hektáronkénti gyümölcsszám értékét a fánkénti gyümölcsszám 5,291 faktorról<sup>1</sup> történő szorzata adta. Az előbbi mutató mértékegysége a *db/fa*, míg az utóbbi az *e.db/ha* volt.

*Abszolút terméshozam (AT):* A mutató két típusának értékét oly módon határoztuk meg, hogy a *fánkénti terméshozam (FT)* megítélése során a fánkénti átlagos gyümölcstömeg kilogrammban kifejezett értéke és a gyümölcsszám szorzatát képeztük. A *területegységre jutó terméshozam (TT)* értékének kalkulálásakor a fánkénti terméshozam mutatójának értékét szoroztuk az 5,291 faktorról az említett okok miatt. A fánkénti terméshozam mutatójának mértékegysége a *kg/fa*, a területegységre jutó terméshozamé pedig a *t/ha* volt.

*Fajlagos terméshozam (FT):* A mérőszámot a terméshozás hatékonyságának megítélése érdekében képeztük, egyrészt az egyedi fánkénti gyümölcsszám és a lombkorona térfogat, valamint a fánkénti terméshozam és a lombkorona-térfogat hányadosaként. Az előbbi mutató a *darabonkénti fajlagos terméshozam (DF)*, melynek mértékegysége a *db/m<sup>3</sup>*, míg az utóbbi a *kg/m<sup>3</sup>*-ben kifejezett ún. *tömegre vetített fajlagos terméshozam (TF)* mutatója volt.

---

<sup>1</sup> Az 5,291 faktor értéke abból adódott, hogy a kísérleti ültetvényben hektáronként 5.291 db fa volt eltelepítve, továbbá a mutató mértékegysége e.db/ha, melynek következtében az értéket további 1.000-rel osztottuk.

*Alternancia Index (AI)*: Monselise és Goldschmidt (1982) szerint az egyes fajták rendszertelen terméshozásra való hajlamát fejezi ki. A mutató értéke 0 és 1 közötti, melynek nagysága tájékoztat az alternanciára való hajlamról. A 0 érték jelöli azt az esetet, amikor nincs alternancia, a fajta évről-évre folyamatosan ugyanolyan termésmennyiséget képes produkálni. Ezzel szemben az 1 érték a teljes alternanciát jelenti, azaz egyik évben kiemelkedően nagy termésekre, míg a következőben gyümölcs nélküli vagy igen kevés gyümölcsöt nevelő fákra kell számítanunk. Gyakorlati szempontból tehát a mutató alacsonyabb értékszáma kedvezőbb. A mértékegység nélküli mutató számítása az alábbi formulával történt:

$$AI = 1/(n-1) \times \{ |(a_2 - a_1)| / (a_2 + a_1) + |(a_3 - a_2)| / (a_3 + a_2) \dots + |(a_n - a_{n-1})| / (a_n + a_{n-1}) \}$$

ahol: n = évek száma

$a_1, a_2, \dots, a_{(n-1)}, a_n$  = az adott év terméshozama [kg/fa]

Azonban az alternancia szakszerű megítélése nem a terméshozamot, hanem a virágproduktumot (virágszám vagy virágberakódás) veszi alapul, így az előbbi *AI* mutatójának használata nem ad pontos képet az egyes fajták, valamint alany és nemes fajta kombinációk alternanciára való hajlamáról. Sokkal inkább a termésingadozás évenkénti változásáról tájékoztat. Hiszen előfordult a mi vizsgálataink során is, hogy egy alternanciára hajlamos fajta virágprodukción alapján kihagyó ciklusú fája a kedvezőbb terméskötődés és alacsonyabb gyümölchullási arány miatt nagyobb terméshozamot ért el, mint a virágprodukción alapján termő ciklusúnak minősített fa. Az általunk kifejlesztett ún. *Módosított Alternancia Index (AI<sub>m</sub>)* a következőképpen képezhető:

$$AI_m = 1/(n-1) \times \{ |(b_2 - b_1)| / (b_2 + b_1) + |(b_3 - b_2)| / (b_3 + b_2) \dots + |(b_n - b_{n-1})| / (b_n + b_{n-1}) \}$$

ahol: n = évek száma

$b_1, b_2, \dots, b_{(n-1)}, b_n$  = az adott év virágproduktuma [virágszám esetén db/fa; virágberakódottságnál 0-10 skálaérték]

A fajtákat (érés csoportonként a különböző növekedési erélyű alanyokon) alternanciára való hajlamukat tekintve az *Alternancia Index (AI)* és a *Módosított Alternancia Index (AI<sub>m</sub>)* számított értékei alapján csoportokba soroltuk. Az egyes csoportok felállításánál alkalmazott értékek az alábbiak voltak (3. táblázat).

**3. táblázat.** Az Alternancia Index (AI) és Módosított Alternancia Index (AI<sub>m</sub>) értékei alapján kialakított csoportok az alternancia számszerűsítése céljából

Csoportok	AI és AI <sub>m</sub> értéke
1. Nem hajlamos	<0,25
2. Közepesen alternáló	0,26-0,50
3. Alternanciára hajlamos	0,51-0,75
4. Erősen alternáló	0,76<

### 4.3. Laboratóriumi vizsgálatok

#### 4.3.1. Gyümölcsminőségi mutatók és magtartalom meghatározása

A vizsgálatok a szüretet követően 3 napon belül történtek a minőségi változások elkerülése érdekében, alternancia (termő és kihagyó fák gyümölcseinél) és hullási (lehullott és fán maradó gyümölcs esetében) ciklusonként 50 darab gyümölcs esetében.

*Gyümölcstömeg (GyT):* A gyümölcstömeget Hauser DKS-1055 típusú digitális konyhai mérleg segítségével állapítottuk meg 0,1 gramm pontossággal. A mutató a tisztára mosott, kocsányt tartalmazó termések egyedi tömegét jelentette.

*Gyümölcstátmérő (GyÁ):* A mutató értékét a gyümölcs legnagyobb keresztirányú átmérője mentén Mitutoyo T-10 típusú digitális tolómérő segítségével állapítottuk meg és egy tizedes pontossággal milliméterben fejeztük ki.

*Gyümölcsmagasság (GyM):* A gyümölcs magasságát az átmérőnél ismertetett eszközzel és pontossággal a gyümölcs legnagyobb hosszanti átmérője mentén mértük.

*Húskeménység (HK):* A húskeménységet Effegi-típusú analóg kézi penetrométerrel mértük a gyümölcs két ellentétes oldalán a legnagyobb keresztirányú átmérő mentén. Mértékegysége a 0,1 pontossággal kifejezett kg/cm<sup>2</sup> volt.

*Színborítottság (SzB):* A fedőszín-borítottságot vizuálisan bonitáltuk oly módon, hogy megbecsültük a fedőszín kiterjedésének nagyságát a gyümölcs teljes felületének %-ában.

*Száranyag-tartalom (SzT):* A mutató értékét PAL-1 típusú digitális refraktométer segítségével állapítottuk meg 0,1% pontossággal. A száranyag-tartalom jelen esetben a vízdoldható száranyag-tartalmat jelentette.

*Magtartalom (MT):* Értékét gyümölcsönként határoztuk meg mind a lehullott, mind pedig a fán maradó gyümölcsök esetében. A *telt magok (TM)* és a *léha magok (LM)* számát értékeltük. A teltmag a teljesen kifejlett, életképes csírárt tartalmazó magot jelölte, míg a léhamag a kisméretű, teljesen lapított, életképtelen embriójú magot mutatta.

#### **4.3.2. Gibberellinsav-tartalom meghatározása**

A gibberellinsavak (GS<sub>1</sub>, GS<sub>3</sub>, GS<sub>4</sub> és GS<sub>7</sub>) mennyiségének meghatározása HPLC módszerrel az alternancia ciklusok (termő és kihagyó), a hullási periódusok és korrelatív dominancia-szignál (centrális és laterális gyümölcsök) kombinációjának megfelelően almamagból és gyümölcshúsból történt. Az ültetvényben a mintagyűjtés során a friss gyümölcsöt és a magot a fától való elválasztást követően azonnal -60 °C hőmérsékletű szárazjégben gyorsfagyasztottuk. A növényi mintákat a mintagyűjtés napján laboratóriumba szállítottuk átmeneti tárolásra, ahol -60 °C-on legfeljebb 2 hétig szárazjégben tároltuk. Az átmeneti tárolást követően a mintát az analitikai elemzésig folyékony nitrogénben tartósítottuk. A szárazjég és a folyékony nitrogén beszerzése a Linde Gáz Magyarország ZRt. útján történt. A növényi mintákat a feldolgozás előtt fagyasztva szárítottuk LABCONCO 4 típusú liofilizáló géppel. A szárítás a folyamatosan üzemelő liofilizáló gépben 10 napig tartott. A mintaelőkészítés során a szárított mintákat mintaörlő edényben finom porrá őröltük és 10 ml 80%-os metanollal homogenizáltuk, majd 4 °C-on 4 órán át állni hagytuk. A folyadék és szilárd fázist ezután Whatman #1 szűrőpapír segítségével vákuum alatt szétválasztottuk és a szilárd növényi anyagot újra extraháltuk 10 ml 80%-os metanol oldatban. Ez utóbbi folyamatot további két alkalommal ismételtük meg, így összesen 4 extrakciót hajtottunk végre. Ezt követően végeztük az egyes gibberellin-vegyületek egymástól való elválasztását. Az egyes gibberellin formák meghatározásához CELITE, ICN és Preparative C18 oszlopot használtunk. A CELITE/minta keveréket 20 ml etil-acetát-hexán (95:5) oldószerben és 0,5M hangyasavban teljesen feloldottuk. Ezután 5 gramm ICN adszorbenst töltöttünk a 100 ml-es kromatográf oszlopra, mely előzetesen metanollal és etil-acetát-hexánnal volt leöblítve. Ezt követően a CELITE/minta keveréket adagoltuk az oszlopra, amit 90 ml etil-acetát-hexán oldószer követett. Az oldat lefolyva az oszlopról egy üvegedényben lett összegyűjtve, amelyet ezután forgó párologtatóval szárítottunk ki. A kromatográf oszlopot ezután 100 ml metanollal ismét lemostuk, illetve az oldatot másik üvegedényben összegyűjtve és vákuum alatt leszártottuk. Az etil-acetát-hexán rész tartalmazta a legtöbb gibberellinsavat a mintából, így ezt használtuk a gibberellinsav-meghatározás lépéseiben. A kromatográf oszlop töltete 5–8 µm nagyságú amorf alakú szilikagél hordozószemcsékből állt, amelyhez dimetiloktadecilszilil funkciós csoport volt kötve állófázisként. Mozgó fázisként a metanol vizes oldatát alkalmaztuk. A gibberellinsavak mennyiségét [ng GS/g mag szárazanyag tömeg] egységben fejeztük ki.

## 4. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

### 4.1. Alternancia

Megfigyeléseink 5 éve során az alternancia nem játszott domináns szerepet az almafajták virágzási idejének alakulásában. A virágzási idő korábbra vagy későbbre tolódását mind a termő, mind a kihagyó ciklusú fák esetében megfigyelhettük, fajtánként változó mértékben.

A virágzási idővel szemben, a virágberakódásban jelentősebb különbséget figyeltünk meg az alternancia egyes ciklusaiban lévő fáknál. A mintaként vizsgált, alternanciára igen hajlamos 'Summerred' almafajta esetében a termő és kihagyó ciklusok, így a virágberakódás értékei évente változtak. A kihagyó ciklusú fák virágprodukcója sok esetben elégtelen volt, a termő fák pedig annyira berakódtak gyümölcsökkel, ami kiváltotta természetes hullásukat és jelentős mértékben csökkentette minőségi tulajdonságukat. A rendszeres virágprodukcójú és terméshozású 'Green Sliws' fajta ezzel szemben évente közel azonos mértékű virágberakódással jellemezhető.

A terméskötődés változása közel hiperbolikus görbét írt le mind a termő, mind pedig a kihagyó ciklusban lévő fák esetében. A különbség a görbe meredekségében figyelhető meg, hiszen a termő fáknál a terméskötődés meredekebben csökken, különösen a virágzást követő 1-2 hónap során. A gyümölchullás mértéke ennek megfelelően a termő fáknál magasabb, s a hullás mennyiségét és időpontját illetően heterogénebb. A 'Green Sliws' fajtánál mindkét alternancia-ciklusban 2, a 'Summerred' esetében 4 terméshullási periódust figyeltünk meg. A termő fáknál jól megfigyelhető a két, illetve négy hullási csúcs, míg a kihagyó fák esetében az egyes szakaszok között jelentős az átfedés. A termő ciklusú fák első hullási periódusa május elejére tehető, a második pedig június közepén jelentkezik. A harmadik hullám július közepén-végén jelentkezik, a negyedik pedig közvetlenül szüret előtt. E szüret előtti terméshullás különösen jellemző a 'Summerred' fajtára. Ezzel szemben a kihagyó ciklusú fák első hullási szakasza május végén figyelhető meg. A második periódus közel azonos időpontban tapasztalható, mint a termő fák esetében.

Újdonságnak számító megfigyeléseink közé tartozik a magtartalom termésszabályozásban betöltött szerepének további tisztázása. A termő évben lévő fák esetében a lehullott és fán maradt gyümölcsök magtartalma között jelentős a különbség, mely a szürethez közeledve egyre csökken. A terméskötődést követően a fánmaradt fiatal gyümölcskezdemények a rendszeres terméshozással jellemezhető 'Green Sliws' esetében 3,9 db magot tartalmaztak. Ezzel szemben a lehullott gyümölcsökben mindössze 1,9 db magot

számoltunk. A szüret idejére a fán maradt gyümölcsökre 5,6 db mag volt a jellemző, míg az utolsó lehullott gyümölcsökből vett minta esetében 4,3 db/gyümölcs értéket tapasztaltunk. Ez azt jelzi, hogy feltételezhetően mindig a legalacsonyabb magtartalmú gyümölcsök hullanak le, s a fennmaradók így összességében magasabb magtartalom-értékkel és alacsonyabb szórással rendelkeznek. A magtartalom időbeli változása mindkét ciklusban lévő fák esetében másodfokú polinomiális függvénnyel írható le. A kihagyó évben termett gyümölcsök rendszerint magasabb magtartalommal rendelkeztek, mint a termő évbeliek. A fán maradt és a lehullott gyümölcsök magtartalma között nem volt akkora a különbség, mint a termő évben, s a szüret idejére a magtartalom közel azonos lett. A fán maradt gyümölcsökben a termés kötődés után a magtartalom 4,2 db/gyümölcs volt, míg a lehullott gyümölcsökben mindössze 2,4 db magot számoltunk. A szüretkor a fán maradó gyümölcsökben 6,8 db mag volt. A legutolsó lehullott gyümölcsöket augusztus 13-án gyűjtöttük, amelyek átlagosan 5,2 db magot tartalmaztak. A magtartalom szórása itt is csökkenő tendenciát mutatott a fánmaradó és lehullott gyümölcsökben. A mutató időbeli változása a fán maradó gyümölcsök esetében másodfokú polinomiális függvénnyel közelíthető a legpontosabban, míg a lehullott gyümölcsöknél a lineáris függvény mutatkozott jobbnak.

A termésmennyiség az alternancia egyes ciklusaiban lévő fák esetében rendkívül különböző volt. A termő fák a kihagyóktól rendszerint 5-6-szor magasabb terméshozammal voltak jellemezhetőek. Ez mind az abszolút, mind a fajlagos terméshozam mutatói esetében érvényes megállapítás. A termő fákhöz viszonyítva a termésmennyiség a kihagyó években minden esetben csökkent. A nem alternáló 'Green Sliws' esetében az évi átlagos terméshozam mutatóinál nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a rendszeresen (8,2 kg/fa) és a rendszertelenül termő (7,5 kg/fa) fák között. Ezzel szemben a 'Summerred' fajtánál jelentősen növelhető a fánkénti terméshozam, ha ritkítást alkalmazunk, s így a fák szabályosan teremnek. Ennél a fajtánál az alternáló fák 4,3 kg gyümölcsöt teremnek fánként, míg a szabályosan termők (ritkítottak) 7,4 kg/fa értékkel jellemezhetőek.

A gyümölcsminőség mutatóinak alakulását jelentősen befolyásolta az alternancia. A termő ciklusban lévő fák esetében a gyümölcstömeg, -átmérő és -magasság jelentősen kisebb volt, mint a kihagyó fák esetében. Hasonló irányú tendencia, de kevésbé jelentős különbséggel megfigyelhető volt a húskeménység, fedőszín-borítottság és szárazanyag-tartalom esetében is. A különbségek oka a gyümölcsterhelésben keresendő. A 'Summerred' reagált érzékenyebben az eltérő gyümölcsterhelésre. A termő ciklusú fákhöz viszonyítva a gyümölcsminőség a kihagyó években szinte minden esetben megváltozott. A növekedés átlagos mértéke a 'Green Sliws' fajtánál a gyümölcstömeget illetően 5,0%, míg a

gyümölcsátmérő és -magasság esetében rendre 3,8%-ot és 6,6% volt. A húskeménység a kihagyó ciklusban átlagosan 3,9%-kal volt magasabb, mint a termőben. A fedőszín-borítottság 3-szorosára nőtt a kihagyó ciklusban. A szárazanyag-tartalomnál +3,8%-ot tapasztaltunk. A 'Summerred' fajtánál az előbbi mutatók tekintetében jelentősebb növekedést tapasztaltunk. A gyümölcsnagyság mutatói (gyümölcstömeg, -átmérő és -magasság) a vizsgált négy év átlagában rendre 15,4%-kal, 17,8%-kal és 9,9%-kal, nőttek a termő ciklushoz viszonyítva. A húskeménység esetében +6,0%, a fedőszín-borítottságnál +16,3% eltérést tapasztaltunk a kihagyó ciklus javára. A szárazanyag-tartalom 15,8%-kal volt magasabb a kihagyó ciklusban lévő fák gyümölcseiben.

A szakirodalom szerint az alternanciára való hajlam pontos számszerűsítése érdekében a 2003-2007. közötti vizsgálati időszakra kiszámítottuk minden alany-nemes kombinációra az *Alternancia Indexet* ( $AI$ ). Az értékek azonban egyértelműen tükrözték például a rendszertelen virágképzésre hajlamos 'Golden Reinders' vagy a 'Summerred' fajta esetében, hogy ez a mutató valójában nem az alternancia, hanem mindössze az évenkénti termésingadozás mértékéről ad felvilágosítást. Így az általunk kifejezett ún. *Módosított Alternancia Index* ( $AI_m$ ) értékét is kiszámítottuk, az értékek alapján a fajtákat csoportokba soroltuk (4. táblázat). Az  $AI_m$  már jól jellemzi az egyes kombinációk rendszertelen virágképzésre való hajlamát. Az értékek nagy variabilitása figyelhető meg mind fajtánként, mind pedig alanyonként. M.9 alanyon kevésbé alternáltak a 'Braeburn' mutánsok, a 'Gala' fajtacsoport tagjai, a 'Pink Lady', 'Šampion' és a 'Topaz' fajták. A rendszertelen virágképzésre leginkább hajlamosnak az 'Elstar', 'Red Elstar', 'Summerred' és a 'Vista Bella' fajta bizonyult. MM.106 és vadalmagonc-alanyokon hasonló volt a relatív fajtasorrend, azonban az  $AI$ -értékek magasabbak voltak. Ezt jól mutatja, hogy a legalacsonyabb érték M.9 alanyon 0,18 ('Gala Delbard') volt, míg az MM.106 és a vadalmagonc esetében már rendre 0,20 ('Braeburn Hillwell' és 'Braeburn Schneider') és 0,29 ('Gala Mondial'). A legmagasabb érték M.9 alanyon a 0,79 ('Vista Bella'), míg a két további alanyon 0,86 ('Vista Bella') és 0,94 ('Vista Bella'). Egyértelmű következtetést vonhatunk le arra vonatkozóan, hogy az alanyok növekedési erélye, azaz vegetatív vigora jelentős hatást gyakorol a ráoltott nemes évenkénti produktivására és alternanciára való hajlamára. Ez oly módon érvényesül, hogy minnél erősebb egy alany növekedési erélye, annál inkább hajlamosít rendszertelen virágképzésre (alternanciára). Noha a gyümölcserési időnek az alternanciára számottevő hatása nem valószínűsíthető, hacsaknem a virágképződés időszakában a gyümölcsfejlődés rövidebb időtartama hathatna pozitívan a virágszámra, vagy -minőségre. Azonban nem ezt tapasztaltuk és érdekesnek tartjuk megjegyezni, hogy az általunk vizsgált nyári érésű fajták ('Earligold',

'Mollie's Delicious', 'Prima', 'Summerred' és 'Vista Bella') kivétel nélkül alternáltak. Az őszi és a téli érésű fajtacsoportban alternáló és alternanciára nem hajlamos fajták egyaránt képviseltették magukat.

**4. táblázat.** A vizsgálatba vont fajták alternanciára való hajlama a Módosított Alternancia Index ( $AI_m$ ) alapján különböző növekedési erélyű alanyokon (Nagykutas, 2003-2007)

	<b>M9</b>	<b>MM.106</b>	<b>Vadalmamagonc</b>
<b>1. Nem hajlamos</b>	Braeburn Schneider, Gala Delbard, Gala Imperial, Gala Mondial, Gala Prince, Gala Royal, Gala Galaxy, Green Sliws, Pink Lady, Šampion	Braeburn Hillwell, Braeburn Schneider, Gala Imperial, Green Sliws, Pink Lady	
<b>2. Közepesen alternáló</b>	Braeburn Hillwell, Gloster, Golden Smoothee, Granny Smith, Idared, Jonagold Jonica, Jonagold Novayo, Mollie's Delicious, Rubinette, Topaz	Earligold, Gala Delbard, Gala Mondial, Gala Prince, Gala Royal, Gala Galaxy, Idared, Jonagold Jonica, Jonagold Novayo, Mollie's Delicious, Rubinette, Šampion, Topaz	Braeburn Hillwell, Gala Delbard, Gala Imperial, Gala Mondial, Gala Prince, Gala Royal, Gala Galaxy, Green Sliws, Idared, Pink Lady, Rubinette
<b>3. Alternanciára hajlamos</b>	Arlét, Boskoop, Earligold, Golden B, Golden FGA, Golden Reinders, Golden Russet, Jonagold Jonagored, Prima	Arlét, Boskoop, Gloster, Golden B, Golden FGA, Golden Russet, Golden Smoothee, Granny Smith, Jonagold Jonagored, Prima	Arlét, Boskoop, Braeburn Schneider, Earligold, Gloster, Golden B, Golden FGA, Granny Smith, Jonagold Jonagored, Jonagold Jonica, Jonagold Novayo, Mollie's Delicious, Prima, Šampion, Topaz
<b>4. Erősen alternáló</b>	Elstar, Red Elstar, Summerred, Vista Bella	Elstar, Golden Reinders, Red Elstar, Summerred, Vista Bella	Elstar, Golden Reinders, Golden Russet, Golden Smoothee, Red Elstar, Summerred, Vista Bella

Gibberellinsav-tartalom vizsgálataink feltárták a  $GS_1$ ,  $GS_3$ ,  $GS_4$  és  $GS_7$  szerepét az alternancia kialakulásában. Az alternanciára hajlamos 'Vista Bella' esetében a  $GS_1$ -tartalom szezonális változását illetően a termő és kihagyó évben lévő fák között jelentős különbséget nem tapasztaltunk. Hasonlóan a 'Vista Bella' esetében tapasztaltakhoz, a köztudottan nem alternáló 'Gala Royal' esetében a két vizsgálati év között nem figyeltünk meg statisztikailag igazolható különbséget. Érdekesnek tűnik, hogy a viráginiciálódás inhibitoraként ismert  $GS_1$  a nem alternáló 'Gala Royal' fajta magjaiban nagyobb mennyiségben volt jelen, mint az alternancia termő ciklusában lévő 'Vista Bella' magjaiban. Ennek két magyarázata lehet: Egyrészt a 'Vista Bella' termő ciklusú fának virág-, termés- és magprodukciója a vizsgálati ciklusban lényegesen alatta maradt a 'Gala Royal' fajtáénak. Így kevesebb  $GS_1$  képződött, mely kisebb hatást fejthet ki. Másik magyarázat lehet, hogy a  $GS_1$  nem egyszerű inhibitoraként funkcionál, hanem bonyolult mechanizmusokon keresztül szabályozza a virágképződést. A viráginiciálódást gátló  $GS_3$  időbeli lefutása különböző volt a termő és kihagyó évben lévő fák esetében a 'Vista Bella' fajtánál. A termő fáknál magasabb értéket figyeltünk meg, ami elérte

a szignifikancia határát is a fővirágzástól számított 32. és 40. napon szedett minták esetében. Ez mutatja, hogy a termő évben lévő fák gyümölcseiben lévő GS<sub>3</sub>-tartalom már a megelőző évben, a viráginiciálódás fázisára gátló hatást fejt ki. Így alakul ki a kihagyó ciklus a következő évben. Az alternanciára nem hajlamos 'Gala Royal' fajtánál nem tapasztaltunk ilyen jellegű különbséget, és az értékek is alatta maradtak a 'Vista Bella' termő ciklusában megfigyeltekéhez. A GS<sub>4</sub>, mint egyetlen virágképződést elősegítő gibberellinforma időbeli alakulásában a 'Vista Bella' fajtánál a virágzást követő 4-5. héten szignifikáns különbséget tapasztaltunk a termő és kihagyó évben mért értékek között, utóbbi javára. Ez szintén megerősíti a GS<sub>4</sub> virágképződésben betöltött pozitív szerepét. Ezzel szemben a rendszertelen virágképzésre (alternanciára) nem hajlamos 'Gala Royal' fajta magjaiban a GS<sub>4</sub>-tartalom évente közel azonos időbeli lefutással és mennyiségi eloszlással jellemezhető. Így minden évben azonos mennyiségű virágképződésére van lehetősége a fáknál. Az alternáló 'Vista Bella' termő ciklusában lévő gyümölcseinek magja szignifikánsan magasabb GS<sub>7</sub> inhibitort tartalmazott, mint a kihagyó ciklusnál megfigyeltek. A görbe lefutása hasonló volt a GA<sub>3</sub> esetében tapasztaltakhoz, és a virágképződésben betöltött szerepe is közel azonosnak vehető. A termő ciklusban lévő fáknál így ez már kétszeresen is gátló hatást fejt ki a következő évi virágmennyiségre. A GS<sub>7</sub> változásában a 'Gala Royal' esetében a görbék meredeksége és lefutása nem azonos, de statisztikai különbséget nem tapasztaltunk közöttük. Az értékek jóval alatta maradtak a 'Vista Bella' esetében megfigyelteknél. Ez is aláhúzza a rendszeres virágképződés lehetőségét a 'Gala Royal' fajtánál.

#### **4.2. Gyümölcshullás**

A mintafajtaként választott 'Arlet' almafajta esetében M.9 és MM.106 alanyon három, míg vadalmamagonc-alany esetében mindössze két gyümölcshullási periódust különítettünk el.

Mindhárom alanyon a lehullott és fán maradt gyümölcsök magtartalma között jelentős volt a különbség, mely a szürethez közeledve egyre csökkent. A terméskötődést követően a fánmaradt fiatal gyümölcskezdemények M.9 alanyon átlagosan 4,2 db, MM.106 alanyon 4,3 db, míg vadalmamagonc esetében 3,8 db magot tartalmaztak. Ezzel szemben a lehullott gyümölcsökben rendre mindössze 1,9 db, 1,7 db és 1,5 db magot számoltunk. A szüret idejére a fán maradt gyümölcsökre M.9 alany esetében átlagosan 7,9 db, 8,2 db és 6,9 db mag volt a jellemző, míg az utolsó lehullott gyümölcsökből vett minta esetében rendre 6,9, 7,0 db és 5,8 db db/gyümölcs értéket tapasztaltunk. A magtartalom időbeli változása mindkét ciklusban lévő fák esetében másodfokú polinomiális függvénnyel írható le a legpontosabban.

A gyümölcs/levél arány szezonális változása esetében az alanyok eltérő növekedési erélye szembetűnő volt. Az egy gyümölcsre jutó levélszám az M9 alany esetében volt a legalacsonyabb. A görbe meredeksége magas volt a gyümölcsfejlődés első szakaszában, különösen június végén és július elején. Ennek oka, hogy a gyümölcshullás első és második szakasza ebben az időszakban jelentkezett, s jelentős volt a hajtásnövekedés. A levél/gyümölcs arány növekedése kizárólag a gyümölcshullás következménye volt. MM106 alany görbéje hasonló volt, mert nagyon hasonló volt a gyümölcshullás tendenciája. Az értékek a fokozott vegetatív vigor miatt magasabbak. A legnagyobb volt az egy gyümölcsre jutó levélszám a vadalmagonc-alany esetében. A görbe futása eltérő volt az előző két alanyéhoz képest; itt igen magas volt a görbe meredeksége június elején és július végén. Vadalmagonc-alanyon ugyanis ekkor volt a legnagyobb arányú gyümölcshullás.

A gyümölcsminőségi mutatók (gyümölcstömeg, -átmérő, -magasság és szárazanyag-tartalom) az M9 alanyon voltak a legmagasabbak, kivéve a húskeménységet. A húskeménység az M9, MM106 és magoncalanyok irányában növekedett. Itt többnyire érvényesült az az elv, hogy minél nagyobb a gyümölcsméret, annál kisebb a húskeménység. A fedőszínborítottság értékeit jelentősen befolyásolta az alanyok eltérő vegetatív vigora. A legkisebb vegetatív habitusú M9 alanyon volt a legjobb a színeződés, s magoncalanyon a legrosszabb. A különbség elsősorban a fa morfológiai és mikroklímatis adottságaiból eredt. A szárazanyag-tartalmat kevésbé befolyásolták az alanyok. Szignifikáns különbséget az M9 és MM106 alanyon termelt gyümölcsök között nem tapasztaltunk. Ezekből alacsonyabb volt a magoncalany gyümölcseinek szárazanyag-tartalma.

A vizsgált 33 fajta átlagában a terméskötődés és a gyümölcsönkénti magtartalom között szoros pozitív korrelációt tapasztaltunk. Minél magasabb a terméskötődés mértéke, annál nagyobb a gyümölcsönkénti magtartalom. Tehát a magas terméskötődésű fajták rendszerint magas gyümölcsönkénti magtartalommal jellemezhetők. A 'Golden Smoothee' fajta esetében a terméskötődés és a magtartalom közötti kapcsolat a legszorosabb ( $R^2_{(2004)}=0,7993$ ,  $R^2_{(2005)}=0,8554$ ). Minél magasabb a terméskötődés, annál több mag fejlődött egy gyümölcsben. Ennek oka abban keresendő, hogy minél nagyobb a terméskötődés, azaz minél több gyümölcs kötődik, relatíve annál több magra van szükség a fán maradáshoz. Összefüggést mutattunk ki továbbá a fánkenti virágszám és a terméskötődés között. A megvizsgált 33 fajta átlagában 2004-ben az  $R^2$  értéke 0,3748 volt, 2005-ben 0,3508. Azaz minél nagyobb a fánkenti virágszám, annál alacsonyabb mértékű terméskötődésre és nagyobb arányú gyümölcshullásra számíthatunk. A fánkenti virágszám és a szüretkori fánkenti gyümölcsszám között pozitív az összefüggés. A szüretkori terméskötődés és a fánkenti

gyümölcsszám között nem mutatható ki szoros összefüggés. A kapcsolat pozitív, azonban nagyon laza a vizsgálati években.

### 4.3. Primigen dominancia

A primigen dominancia virágzási időben történő kifejeződését vizsgáltuk három különböző növekedési erélyű alanyon. Az egy virágzatból fejlődő virágok nyílási ideje között rendszerint 2-4 nap különbséget figyeltünk meg. Elsőként a centrális helyzetű virágok nyílnak ki, melyet centripetális sorrendben követnek a periferiális elhelyezkedésű virágok. Megfigyeléseink alapján nem mutatható ki szignifikáns különbség az alanyok között az egy virágzaton belüli virágok virágzási idejének eltérésére vonatkozóan. A három különböző növekedési erélyű alanyt reprezentáló görbék lefutása szinte azonos az 5. virág kinyílásáig, mindössze az MM.106 és a vadalmagonc-alanyok között tapasztalhatunk eltérést a 6. virág nyílási idejét illetően. A különbség azonban statisztikailag nem igazolható.

Két vizsgálati év adatai alapján statisztikai különbséget sikerült kimutatni az egy virágzatban elhelyezkedő egyes virágok terméskötődését illetően. A legnagyobb arányú volt a szabadtermékenyülésből származó terméskötődés az elsőként kinyíló centrális helyzetű virág esetében M.9, MM.106 és vadalmagonc-alanynál ez az érték rendre 19,4%, 20,4% és 13,6% volt. A három érték között nem találtunk szignifikáns különbséget, azaz az alanyok ebből a szempontból nem befolyásolták a szabadtermékenyülés nagyságát. Jelentős, és statisztikailag is igazolható volt a különbség az első és második virág terméskötődése között mindhárom alanyon.

Egy virágzaton belül minden esetben a központi helyzetű virágból fejlődött gyümölcs magtartalma volt a legmagasabb. A magtartalom a virágok nyílási sorrendjének megfelelően csökkenő tendenciával jellemezhető. Ez a csökkenő trend azonban nem minden esetben jelent szignifikáns különbséget az egyes gyümölcsök között. Az első és másodikként nyíló virágból fejlődött gyümölcs között rendszerint minden esetben szignifikáns volt a különbség, azonban a második és a harmadik egyedi gyümölcs között mindössze a mintaként választott 'Gala Royal' és 'Pink Lady' esetében. Ez azt mutatja, hogy a primigen dominancia – csakúgy mint a többi mutató esetében – a központi helyzetű gyümölcs és a periferiális gyümölcsök között áll fenn leginkább és nem jellemző igazán a periferiális helyzetű gyümölcsök közötti erős kompetíció.

A primigen dominanciában az egyes gibberellineknek (GS<sub>1</sub>, GS<sub>3</sub>, GS<sub>4</sub> és GS<sub>7</sub>) nincs jelenlegi ismereteink szerint specifikus szerepük. Vizsgálatainkban a hatásuk kumuláltan érvényesült, így mi is az összgibberellinsav-tartalmat mértük. Mindhárom alany esetében a

centrális elhelyezkedésű gyümölcskezdemény összgibberellinsav-tartalma szignifikánsan magasabb, mint a többi, periferiális gyümölcsé. Ez alátámasztja azt a hipotézist, mely szerint az elsőként nyíló virágból kifejlődő gyümölcsökből a magas gibberellinsav-tartalom hatására fokozódik az auxin-kiáramlás, amely az abszcízió ellenében hat és meggátolja azok leválását és fokozza a többi, ugyanabban a virágzatban fejlődő gyümölccsel szembeni dominanciát. Ez utóbbi periferiális gyümölcskezdemények között a gibberellinsav-tartalomban statisztikailag nem tudtunk kimutatni különbséget. Szignifikáns különbséget az alanyok között sem sikerült kimutatni, tehát a különböző növekedési erélyű alanyok azonos hatást gyakoroltak az azonos virágzathoz fejlődött gyümölcskezdemények gibberellinsav-tartalmára, így a primigen dominancia érvényesülésére.

A primigen dominancia gyümölcsminőségben betöltött szerepét vizsgálva, megállapítottuk, hogy mindhárom alany esetében a szüret idejére megmaradó egy virágzaton belüli gyümölcsökből a centrális helyzetű és az elsőként nyíló periferiális virágból fejlődött gyümölcsök minőségi mutatói között jelentős különbséget figyeltünk meg. Ez a különbség rendszerint szignifikáns volt a tömeg, átmérő, magasság, alakindex, és a szárazanyag-tartalom esetében.

## **5. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI**

### **5.1. Alternancia**

A széleskörű és számos szakmai ellentmondást sem nélkülöző nemzetközi és hazai szakirodalom alapján definiáltuk az *'alternancia'* fogalmát. A téma jelentősége miatt a fogalom pontos és egyöntetű tisztázása nélkülözhetetlen volt. A szakmai irodalomban keveredő fogalmi elemek rendszerint az egyes szerzők éppen aktuális nézetét tükrözik, amely sokszor összehasonlíthatatlanná teszi a kutatási eredményeket. A fogalom megalkotásánál a szerzők rendszerint az alternancia legszembetűnőbb megnyilvánulását, az évente jelentősen változó termésmennyiséget veszik csak alapul. A termésingadozásban szerepe van a fajta alternancia hajlamának, ám az ingadozás mértékében sok tényező játszik szerepet. Mi – Soltész (1982) javaslatára – a virágrügy-, illetve virágproduktumból indultunk ki, ezt vettük a rendszertelen terméshezás alapjául.

Öt egymást követő év vizsgálati adatai alapján megállapítottuk és jellemeztük 3 különböző növekedési erélyű alanyra (M.9, MM.106 és vadalmagonc) oltott 33 almafajta alternanciára való hajlamát. Az alternanciára való hajlamot a nemzetközi szakirodalomban

széleskörűen használt ún. *Alternancia Index (AI)* segítségével állapítottuk meg. Mivel az értékek nem tükrözték pontosan az egyes fajták rendszertelen virágképzésre való hajlamát, ezért kifejlesztettük az ún. *Módosított Alternancia Index-et (AI<sub>m</sub>)*, mely – tekintettel az 'alternancia' fogalom pontos szakmai tartalmára – már az egyes fajták virágképzést veszi alapul. A fajtákat alternanciára való hajlamuk alapján alanyonként 4 csoportba soroltuk.

Hazánkban először mutattunk ki összefüggést az alanyok és fajták vegetatív hajlama valamint generatív produkciója (virág- és termésmennyisége) között.

Elsőként közöltünk adatokat a különböző növekedési erélyt képviselő alanyok hatásáról az almafajták rendszertelen virágképzésére vonatkozóan, elsődlegesen a gyümölcsök gibberellinsav-termelésének vizsgálata útján. Mindhárom vizsgálatba vont alany esetében a gibberellin-formák közül a termő és kihagyó évek között a GS<sub>3</sub>-, GS<sub>4</sub>- és GS<sub>7</sub>-tartalomban mutatkozott szignifikáns különbség az alternanciára hajlamos fajták esetében. E fennálló különbséget a rendszeres terméshozással jellemezhető fajtáknál nem tapasztaltuk. A virágképződés inhibitoraként ismert GS<sub>1</sub> szakirodalomban említett fontos regulátor szerepét nem tudtuk megerősíteni. Erre magyarázat lehet, hogy a GS<sub>1</sub> nem egyszerű inhibitorként funkcionál, hanem bonyolult élettani mechanizmusokon keresztül szabályozza a virágképzést. Ezért e hormonsorozat többi tagjának az alma virágképződésében betöltött szerepének tisztázása további vizsgálatot igényel.

## 5.2. Gyümölcshullás

Elsőként írtuk le és hasonlítottuk össze ugyanazon termőhelyen 3 különböző növekedési erélyt képviselő alany (M.9, MM.106 és vadalmamagonc-alany) hatását 33 almafajta gyümölcshullására. Az összehasonlítást a gyümölcshullás időpontja, mértéke és dinamikája alapján végeztük. Megfigyeléseink szerint a hullásra való hajlam genetikailag erősen meghatározott tulajdonság, ún. fajtabélyeg, azonban – az egyes évjáratokban tapasztalt különbségek alapján – az időjárási tényezők által befolyásolt. A példaként választott 'Gala Royal' fajta esetében az egyes meteorológiai tényezők felhasználásával többszörös regresszió analízis segítségével becsültük a gyümölcshullás mértékét. Az eredmények azt mutatták, hogy a gyümölcshullás az általunk vizsgált időjárási tényezőkkel (maximum és minimum hőmérséklet, csapadék) legfeljebb 43% mértékben magyarázható. E tényezők szerepének tisztázása további vizsgálatokat igényel, hiszen jelen tanulmányunkban nem tudtuk figyelembe venni pl. a légmozgás (szél) hatását, amelynek esetenként szintén jelentős lehet a hatása, különösen a szüret előtti időszakban.

A hajtásnövekedés és a gyümölcshullásra való hajlam közötti lineáris összefüggést hazánkban elsőként mutattuk ki.

Megerősítettük a nemzetközi szakirodalomban már ismert összefüggést a gyümölcsönkénti telmag-tartalom és a gyümölcshullás között, értékét alanyonként pontosítottuk. A magtartalom termés-önszabályozásban betöltött szerepének leírásához módszertani fejlesztés során a '*fajlagos magszám*' mértékszámot alkottuk meg. A mutató képzéséhez a törzskeresztmetszet területének nagyságát (cm<sup>2</sup>) és a fánkenti gyümölcsök magszámának összegét (db/fa) használtuk fel.

### **5.3. Primigen dominancia**

Alma esetében hazánkban az elsők között vizsgáltuk a primigen dominancia szerepét a virágzási idő, magtartalom és gyümölcsminőség alakulásában. Az egy virágzaton belüli virágok terméskötődésének és gibberellinsav-tartalmának alanyonkénti vizsgálata nemzetközi szempontból is úttörő munkának számít. A különböző növekedési erélyt képviselő alanyok a primigen dominancia érvényesülésében nem mutattak jelentős szerepet, mindössze csekély mértékben módosították annak hatását.

## **6. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA**

Az általunk folytatott vizsgálatok és megfigyelések elsősorban az almafajták termés-önszabályozási folyamatát célozták feltárni, ennél fogva alapkutató jellegük is hangsúlyos. Az eredmények azonban számos gyakorlati vonatkozásban közvetlenül is érintik a termesztést, így kiválóan hasznosulhatnak a termesztéstechnológiában.

Az alany- és nemesfajta-kombinációk alternanciára való hajlamának és gyümölcshullásra való érzékenységének vizsgálata fontos háttérinformációkat szolgáltat az almanemesítési kutatások számára. E fajtatulajdonságok tanulmányozása egyrészt gazdagítja a mai napig is hiányos ismereteinket a megfelelő fajtaválasztásra vonatkozóan, másrészt hatékony alapul szolgálhat az alany és nemes kombinációkra vonatkozó művelési rendszer kidolgozásánál.

Az általunk definiált '*alternancia*' fogalom és kidolgozott ún. *Módosított Alternancia Index (AI<sub>m</sub>)* nemcsak az alma és almatermésűek esetében alkalmazható, hanem kiválóan adaptálható olyan más, alternanciára erősen hajlamos gyümölcsfajra is.

Hormon-tartalom vizsgálataink eredményei arra utalnak, hogy az alternancia megszüntetésére vagy legalább csökkentésére irányuló beavatkozásainknak (pl. metszés, gyümölcsritkítás) közvetett módon az endogén gibberellinsav-mennyiség megváltoztatását kell céloznia. Arról azonban, hogy e gibberellin-formák külsőleg történő alkalmazása (pl. kipermetezése) ugyanilyen hatást fejt-e ki, még nincsenek megbízható információink, ehhez további vizsgálatok szükségesek.

Gyümölcshullásra vonatkozó kutatásaink tudományos eredményei is kiválóan adaptálhatók a termesztési gyakorlatban. Hullásdinamikai megfigyeléseinkből megfelelő következtetéseket vonhatunk le a gyümölcsritkítás időpontjára és mértékére vonatkozóan. Ezen ismeretek képezik ugyanis a fajtaspecifikus termésszabályozási technológiák egyik fő alapját. A meteorológiai adatok és a gyümölcshullás időbeli változásának ismerete az üzemi szintű termésbecslés pontosításához járul hozzá.

A virágzatonkénti virágszám és a primigen dominancia virágzási időre gyakorolt hatásának ismerete a vegyszeres gyümölcsritkítás gyakorlati megvalósításához, elsősorban annak időzítéséhez szolgáltató nélkülözhetetlen információkat. Az évről-évre folyamatos és egyenletes gyümölcssterhelés, valamint a kiváló minőség biztosítása csak az elméleti ismereteken alapuló, szakszerű termésszabályozási technológiák alkalmazása révén tartható fenn. Az egy virágzaton belüli egyedi virágok terméskötődésében és a gyümölcsminőségében tapasztalt különbségek ismerete a kézi ritkítást szolgálja oly módon, hogy az alacsony virágberakódottsággal jellemezhető fajtáknál a centrális helyzetű virág vagy gyümölcskezdemény eltávolítása javasolt annak érdekében, hogy a primigen dominancia hatását megszüntessük, és ezáltal biztosítsuk a virágzaton belül maradó további 3-4 gyümölcs egyenletes fejlődését és homogén minőségét. A rendszeresen magas virágberakódottsági értékkel bíró fajták esetében épp ellenkezőleg, a központi helyzetű virág, illetve gyümölcskezdemény meghagyásával, azaz az oldalsó helyzetű virágok eltávolításával érhetünk el hasonló hatást.

## 7. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

### 7.1. Tudományos cikkek

- RACSKÓ, J.** (2004): Effect of auxin-synergistic preparation and fertilization on fruit setting and fruit quality of apple. *J. Agr. Sci.* 15: 21-26.
- RACSKÓ, J.** (2006): N-phenyl-phthalamic acid and fertilization effects on flowering, fruit set and fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh.). *J. Agr. Sci.* 24: 24-28.
- RACSKÓ, J.** (2006): Cropload, fruit thinning and their effects on fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh.). *J. Agric. Sci.* 24: 29-35.
- RACSKÓ, J. – LEITE, .B. – PETRI, J.L. – ZHONGFU, S. – WANG, Y. – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – NYÉKI, J.** (2007): Fruit drop: III. The role of inner agents and environmental factors in the drop of flowers and fruits. *Int. J. Hort. Sci.* 13(3): 13-24.
- RACSKÓ, J. – NYÉKI, J. – SOLTÉSZ, M. – SZABÓ, Z.** (2007): Floral biology, pollination and fertilisation of temperate zone fruit trees. *Int. J. Hort. Sci.* 13(3): 7-12.
- RACSKÓ, J. – NYÉKI, J. – SZABÓ, Z. – BUDAI, L. – ZAHERI, S. – SOLTÉSZ, M.** (2006): Rootstock effects on fruit drop and quality of 'Arlet' apples. *Int. J. Hort. Sci.* 12(2): 69-75.
- RACSKÓ, J. – NYÉKI, J. – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – FARKAS, E.** (2004): Effect of rootstocks on blooming capacity and productivity of apple cultivars. *J. Agr. Sci.* 15: 14-20.
- RACSKÓ, J. – SOLTÉSZ, M. – BUDAI, L. – SZABÓ, Z. – FARKAS, E. – NAGY, J. – NYÉKI, J.** (2005): Alanyok hatása az alma (*Malus domestica* Borkh.) gyümölcsminőségére. *Agrártud. Közl.* 7:39-43.
- RACSKÓ, J. – SOLTÉSZ, M. – NYÉKI, J. – SZABÓ, Z.** (2006): Fruit drop: I. Specific characteristics and varietal properties of fruit drop. *Int. J. Hort. Sci.* 12(2): 59-67.
- RACSKÓ, J. – SOLTÉSZ, M. – SZABÓ, Z. – NYÉKI, J.** (2006): Fruit drop: II. Biological background of flower and fruit drop. *Int. J. Hort. Sci.* 12(3): 103-108.
- RACSKÓ, J. – SZABÓ, Z. – NYÉKI, J.** (2006): Direct and indirect effects of N-phenyl-phthalamic acid and fertilization on fruit setting and fruit quality parameters of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Acta Hort.* 727: 209-216
- RACSKÓ, J. – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – NAGY, J. – NYÉKI, J.** (2006): Flower- and seed production of apple varieties and its relations to fruit set and fruit drop. *Adv. Hort. Sci.* 20(4): 293-307.
- RACSKÓ, J. – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – NYÉKI, J. – HOLB, I.J.** (2006): Alternate bearing of 'Golden Reinders' and 'Summerred' apples. *Int. J. Hort. Sci.* 12(2): 77-85.

**RACSKÓ, J.** – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – THURZÓ, S. – DRÉN, G. – DANI, M. – NYÉKI, J. (2005): Az N-fenil-ftalamilsav hatása az alma virágzásbiológiai tulajdonságaira, terméskötődésére és gyümölcshullására. *Kertgazdaság* 37(4):30-36.

## **7.2. Konferencia, szimpózium előadások**

NYÉKI, J. – **RACSKÓ, J.** – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. (2008): Floral biology, pollination and fertilisation of temperate zone tree fruits. 95<sup>th</sup> Indian Science Congress. Vishakhapatnam (Andhra Pradesh), India. 2008. január 3-7., Abstracts, 3.

**RACSKÓ, J.** – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – FÁRI, M. – NYÉKI, J. (2007): Floral biology, pollination and fertilisation of apple in the temperate zone, subtropics and tropics. 8<sup>th</sup> International Symposium of Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics. Florianópolis (Santa Catarina), Brazília. 2007. október 21-25., Abstracts, 27.

**RACSKÓ, J.** – NAGY, P.T. – SZABÓ, Z. – SOLTÉSZ, M. – NYÉKI, J. (2007): Quality disorders (unfavourable fruit shape, russetting and cracking) of apple related to their hormonal bases. 10<sup>th</sup> International Symposium on Soil and Plant Analysis. Budapest, 2007. június 11-15., Abstracts, 69.

KOCSIS-MOLNÁR, G. – **RACSKÓ, J.** – SZABÓ, T. – NYÉKI, J. – LAKATOS, L. – SOLTÉSZ, M. – SZABÓ, Z. (2007): Seed content of fruits in a Hungarian pear gene bank with near to 200 cultivars. 10<sup>th</sup> International Pear Symposium. Peniche, Portugália. 2007. május 22-26., Abstracts, 52-53.

**RACSKÓ, J.** (2007): Az alternancia hatása az alma vegetatív és generatív produkciójára. „Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak. Budapest, 2007. november 7-8., Összefoglalók, 202-203.

**RACSKÓ, J.** – SOLTÉSZ, M. – SASNAUSKAS, A. – SZABÓ, Z. – NYÉKI, J. (2006): Fruit set, seed content of fruits and their relation to preharvest fruit drop of apple on different growth inducing rootstocks. International Scientific Conference on Fruit Tree Rootstocks for Temperate Zone: Biological, Ecological and Technological Aspects. Babtai, Litvánia. 2006. szeptember 12-14., Abstracts, 82.

**RACSKÓ, J.** – DUSSI, M.C. – SZABÓ, Z. – NYÉKI, J. – SOLTÉSZ, M. (2006): Effect of gibberellic acids (GA<sub>3</sub>, GA<sub>4+7</sub>) on fruit shape, russetting, cracking and their relation to seed content of apple on three rootstocks. 27<sup>th</sup> International Horticultural Congress & Exhibition. Seoul, Dél-Korea. 2006. augusztus 13-19., Abstracts, 306-307.

NYÉKI, J. – **RACSKÓ, J.** – NAGY, J. – SOLTÉSZ, M. – FÁRI, M. – SZABÓ, Z. (2006): Floral biology and fertilisation of temperate zone fruit species (Biologia floral e fertilização das espécies de fruta da zona temperada). 9<sup>th</sup> Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado (ENFRUTE). Fraiburgo (Santa Catarina), Brazília. 2006. július 25-27., Proceedings, 245-269. (271-295.)

- RACSKÓ, J.** – SZABÓ, Z. – NYÉKI, J. (2005): Direct and indirect effects of N-phenyl-phthalamic acid and fertilization on fruit setting and fruit quality parameters of apple. 10<sup>th</sup> International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production. Saltillo (Coahuila), Mexikó. 2005. június 26-30., Abstracts, 73.
- RACSKÓ, J.** – SZABÓ, Z. – BUDAI, L. – THURZÓ, S. – DRÉN, G. – NYÉKI, J. (2005): Alanyok hatása az alma (*Malus domestica* Borkh.) gyümölcsminőségi tulajdonságaira. 11. Ifjúsági Tudományos Fórum. Keszthely. 2005. március 24., Konferencia kiadvány CD.
- RACSKÓ, J.** – THURZÓ, S. – DANI, M. – DRÉN, G. (2005): Alanyok hatása az almafajták pomológiai tulajdonságaira. “A jövő tudósai, a vidék jövője” – PhD hallgatók konferenciája. Debrecen, 2005. november 18.
- NYÉKI, J. – SZABÓ, Z. – **RACSKÓ, J.** – SOLTÉSZ, M. – GONDA, I. – FARKAS, E. (2004): Effect of M9, MM106 and seedling rootstocks on flowering and productivity of 33 apple cultivars. 8<sup>th</sup> International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems. Budapest, 2004. június 13-18., Abstracts, 101.
- RACSKÓ, J.** – LAKATOS, L. (2003): Effect of N-phenyl-phthalamic acid (NEVIROL 60 WP) on quantitative and qualitative parameters of some horticultural plants. 3<sup>rd</sup> International Plant Protection Symposium. Debrecen, 2003. október 15-16., Proceedings, 216-224.