

Az oszlopos almák morfológiai és genetikai sajátosságai, új kutatási és nemesítési eredmények (review)

TÓTH MAGDOLNA

professzor, az MTA doktora

E-mail: dr.toth.magdolna@t-online.hu

Összefoglalás

Az almafák oszlopos habitusa olyan sajátos fenotípus, mely jellemzően függőlegesen nő, oldalelágazásokat nem vagy nagyon kevés számban fejleszt, s sűrűn berakódik rövid ízközű rövid termőrészekkel. Eredeti génforrása a 'Wijcik', mely a 'McIntosh' rugymutációjaként keletkezett az 1960-as években Kanadában. Az oszlopos növekedést egyetlen domináns gén (*Co*) határozza meg, mely a 10. kromoszómán helyezkedik el. A sajátos habitus jól öröklődik, eddig legalább 20 országban indult nemesítési program. A máig előállított fajtákat a forgalmazók és a nemesítők a hobbikertészetekbe ajánlják különleges haszonnövényként és/vagy díszítő célokra. Az üzemi termesztésben a beszúrt pollenadóként való hasznosítás kezd gyakorlattá válni. Ugyanakkor a nagy tőszámú, jól gépesített szuperintenzív ültetvények létesítése az eddigi fajták több előnytelen tulajdonsága (pl. alternanciára való hajlam, gyenge húsminőség és eltarthatóság) miatt még várat magára. Jelen dolgozatban a nemesítésben bekövetkezett előrehaladás és egy fajtaválogatás bemutatása mellett a jellegzetes fahabitus mögött álló genetikai, élettani és hormonális tényezők kutatásában elért eredmények is bemutatásra kerülnek a szakirodalom alapján. Az ígéretes és napról napra megújuló molekuláris biológiai eredmények, valamint a jobb gyümölcsminőség elérése érdekében Japánban kidolgozott korszerű szelekciós technika alkalmazása a jövőben olyan oszlopos almafajtákat eredményezhet, melyek a korszerű üzemi termesztésben is hasznosíthatók, s a gyümölcsök minősége versenyképes lehet a jelenlegi világfajtákkal.

Kulcsszavak: *Columnar* (*Co*); marker; hormonok; fajta; minőség; alternancia

Morphological and genetic characteristics of columnar apples, new research and breeding results (review)

MAGDOLNA TÓTH

professor, Doctor of Science

E-mail: dr.toth.magdolna@t-online.hu

Summary

The columnar habit of apple trees is a specific phenotype that typically grows vertically, develops no or very few lateral branches, carrying short fruit spurs with extremely short internodes. The original gene source of this phenotype is 'Wijcik', which was discovered as a spontaneous mutant from the top of a 'McIntosh' tree in the early 1960s in Canada. The genetic basis of columnar growth is attributed to a single dominant gene (*Co*) which has been mapped on apple linkage group 10. This specific growth pattern is readily transmissible, and breeding programs have been initiated in at least 20 countries. Distributors and breeders recommend the columnar apple varieties for cultivation in hobby gardens both for special crops, as well as for ornamental purposes. In the context of commercial production, the utilization of these plants as a pollen donor is becoming a practice. However, the establishment of well-mechanized super-intensive orchards remains to be developed due to several disadvantages inherent to existing varieties, including biennial bearing, poor flesh quality, and reduced shelf-life. This review focuses the progress in breeding programmes, a selection of the varieties, and the results of research on the genetic, physiological and hormonal factors behind the columnar tree habit based on the literature. The promising results in the molecular mechanisms, which are being updated daily, and the application of large-scale marker-assisted selection developed in Japan to achieve improved fruit quality, are expected to result in columnar apple varieties that can be used in modern commercial production and produce fruit with superior fruit quality.

Keywords: *Co* locus; plant hormone; variety; fruit quality; biennial bearing

Bevezetés

Az alma (*Malus × domestica* Borkh.) oszlopos fahabitusát az 1960-as években történő felfedezése óta élénk érdeklődés kíséri a kutatók és a gyakorlati kertészek részéről egyaránt. Érthető a kíváncsiság mind a tudományos kérdésekkel, mind a hasznosítási lehetőségekkel kapcsolatban. Különböző forgalmazók kínálják az újabb és újabb oszlopos fajták szaporítóanyagait, és az internetes felületeken minduntalan belefuthatunk hobbikertészek által feltöltött lelkendező videókba.

Az oszlopos almafajták előnyeiről és alkalmazhatóságáról tollamból az első ismertetés a Kertészet és Szőlészetben 1992-ben jelent meg, miután öt nyugati kutatóhelyen alkalmam volt tapasztalatokat gyűjteni. A cikk azzal végződött, hogy „*az igazán jó oszlopos almafajtákra tehát még várunk kell*”. Azóta sok országra kiterjedt a nemesítési munka, és az utóbbi évtizedekben – a genetikai és fiziológiai kutatási lehetőségek kitérülésével párhuzamosan – sokasodtak a kutatási eredmények az egyedi sajátosságok mögött álló tényezőkkel kapcsolatban.

Jelen munka célja a témában az elmúlt évtizedekben megjelent szakirodalom áttekintése és tematikus bemutatása. Főként azon kérdés megválaszolása céljából, hogy a jövőben a gyakorlatban valóra válthatók-e az oszlopos fajtákkal létesített szuperintenzív ültetvényekbe vetett remények.

Az oszlopos alma keletkezése és felfedezése

Az oszlopos habitusú almák eredője egy spontán rügymutáció, melyet Kanadában az 1960-as évek elején Antony Wijcik észlelt egy 50 éves 'McIntosh' fán. Előbb „Strain A” elnevezéssel leszorították, majd fajtaként 'McIntosh Wijcik' (továbbiakban 'Wijcik') néven regisztrálták (Fisher 1969, 1995; Tobutt 1984; Tóth 1992). Tudvalévő, hogy Kanadában más idős 'McIntosh' fák is észleltek hasonló rügymutációkat (Fisher 1995), közülük egyet 'McIntosh Bending' néven Lapins (1976) kísérletbe vont, de az oszlopos fajtát egyetlen génforrásra, a 'Wijcik' fajtára vezethetők vissza. Ennek gyümölcse természetesen a 'McIntosh'-ra hasonlít, sokak szerint minősége annál gyengébb, viszont a fahabitus továbbvitelében jó nemesítési alapanyagnak bizonyult (Lapins 1976; Okada és Honda 2022).

Főbb morfológiai és anatómiai sajátosságok

A növények architektúráját genetikai tényezők, fitohormonok és környezeti tényezők egyaránt befolyásolják. Petersen és Crost (2013) szerint az alma oszlopos habitusa egy elkülönült fenotípus, mivel az ezt meghatározó gén lényegében a növénytörzs szerkezet szinte minden aspektusára hatással van.

A standard habitushoz képest az oszlopos almafák lassabban és főként függőlegesen növekednek, a sudár vastagabb, rajta oldalelágazások nem vagy nagyon kevés számban fejlődnek. Hosszú oldalhajítások kialakulását viszont előidézheti a sudár sérülése (Tobutt 1985). Lényegében a mai oszlopos almafajták között vannak egy vezérágból állók és néhány rövidebb-hosszabb oldalelágazást fejlesztők is. Ezek ugyancsak függőlegesen nőnek egymás mellett, és a belül lévő sudarat árnyékolhatják.

Az internódiumok rövidebbek, a sudáron vagy a kevés oldalelágazáson megnövekedett számban és sűrűn találhatók rövid termővesszők, amelyeken a termések rendszerint csokrosan fejlődnek (Morimoto és Branno 2015). Dokoupil és Rezníček (2012) vizsgálatában a 'Wijcik' fajtából eredő első generációs oszlopos fajták internódiumainak átlagos hossza 9,94-től 12,3 mm-ig terjed.

Lazar és Baciú (2014) három éven át vizsgálta az oszlopos és a standard genotípusok morfo-anatómiai sajátosságait. Az oszlopos genotípusok éves vesszői vastagabbak, a standard fajtákhoz viszonyítva nagyobb mind a farész, mind a hánchrész keresztmetszeti felülete. Ugyanakkor a fa- és a hánchrész egymáshoz viszonyított arányában lényegében nincs különbség. A vesszőkön a rügyek közötti távolság is kisebb, a sejtátmérő a farészben valamivel, a hánchrészben pedig lényegesen nagyobbak bizonyult.

A fatestet alkotó szállítóedények átlagos átmérője az oszlopos almák esetében szignifikánsan nagyobb, mint a standard almáknál. Utóbbiak farészében több abnormális sejt volt, mint az oszlopos almákéban. Az eredmények elméleti magyarázatot szolgáltatnak az oszlopos almafák korábbi termőre fordulásához és magasabb terméshozamához (Yugang és Hongyi 2013).

A levélmorfológiában és -anatómiában is tapasztalhatók eltérések. Talwara et al. (2013) például a levélszám, a levélfelület, a levélvastagság és a levélnyel szögének szignifikáns növekedését, valamint a levél alakváltozását regisztrálták a fejlődő gyümölcsök alatt található leveleknél. Ezen kívül fokozódott a levélsodródás, gyarapodott az epikutikuláris viaszréteg, valamint a sztómak méretének és sűrűségének, illetve a klorofilltartalomnak a jelentős növekedése is megfigyelhető volt. Az oszlopos fajták standard társaikhoz képest további jól fejlett palisádos mezofillréteget és nagyobb mélységű szivacsos mezofillt hoznak létre.

Hasznosítási lehetőségek

Az oszlopos almafajták nemesítésében úttörő szerepet betöltő Tobutt (1984) számos felhasználási lehetőséget felsorakoztatott.

Mindenekelőtt az oszlopos almafajtákat kis helyigényük és mérsékelt ápolási igényük miatt a hobbikertészek alkalmazhatják kertekben vagy akár balkonnövényként is.

További lehetőség a díszfaként való hasznosítás, ha célzott nemesítéssel az oszlopos habitust színes lombbal, tetszetősen díszítő virágokkal, termésekkel s akár a betegségekkel szembeni rezisztenciával kombinálják.

Az árutermesztésben külön fahely nélkül, a fő árufajta fái közé beszúrható pollenadóként rendelkezésre állhatnak a méhek megporzó munkájához, ha minden évben sok virágot fejlesztenek, jó a pollentermelésük, és kompatibilisek a fő fajtával. Kis helyigényük miatt előnyösebbek, mint a *Malus* pollenadók.

A legfőbb hasznosítási lehetőség a nagy tőszámú, szuperintenzív gyümölcsösök létesítése. Az oszlopos fák nagyon közel, legfeljebb egy méteres tőtávolságra ültethetők, amely iker- vagy többsoros ültetéssel, művelőúttal is kombinálható. A sudár kellően merev, ezért támrendszere nincs szükség. S mivel alig fejlődik oldalelágazás és hosszú hajtás, így a metszés szinte elhagyható vagy nagymértékben redukálható. A fák magassága indokolt esetben növekedésgátlóval is szabályozható.

Rendszeres terméshozás esetén a hektáronkénti terméshozam magas lesz, már a korai években is. A gyümölcsszüret kézzel végezhető, a termés kiszállítása, valamint a növényvédelem és tápanyagutánpótlás a művelőutakon végrehajtható.

Az oszlopos habitus tehát jól megfelel a nagy sűrűségű, munkaerő-takarékos ültetvények létesítéséhez, és alkalmassá válik a metszés és a betakarítás automatizálására (Morimoto és Branno 2015). Az lenne az ideális, ha hidas szerkezetű géppel végeznének minden műveletet, beleértve a

tápanyagellátást, a növényvédelmet és a betakarítást is. Ez esetben a művelőút elhagyható, a drága kézi munka is redukálható (Tobbut 1984).

Genetikai és hormonális háttér

Elsőként Lapins (1969) igazolta, hogy standard fajtával keresztezés után az oszlopos fahabitus öröklődik az utódokban. Később bebizonyította, hogy az oszlopos növekedést egyetlen domináns gén határozza meg, amit *Columnar* (*Co*) elnevezéssel illetett. Azonban a dominancia nem volt teljes, a tesztkeresztezések hibridállományaiiban a kompakt egyedek aránya kissé elmaradt a várt 50%-tól, ami arra utalt, hogy módosító gén vagy gének is szerepet játszanak az öröklődésben (Lapins 1976). Maga a *Co* gén heterozigóta (*Co/co*) vagy homozigóta (*Co/Co*) állapotban is kifejeződik (Krost et al. 2013).

Később kiderült, hogy az oszlopos növekedés domináns voltát egy retropozon inszerciója okozza, amely a 2OG-Fe(II) oxigenázt kódoló szomszédos *Co* gén expresszióját váltja ki (Dougherty et al. 2020).

Több próbálkozást követően molekuláris markereken alapuló kapcsoltsági térképezés eredményeként a *Co* gént a 10. kromoszómára, 18,51 és 19,09 Mb közötti távolságra pozicionálták (Bai et al. 2012; Moriya et al. 2012; Baldi et al. 2012). Később az almagenom egy 196 kB-os régiójára szűkítették a lókuszt, a 18,76 és 18,96 Mb-nál található Mdo.chr10.11 és Mdo.chr10.15 markerek közé (Moriya et al. 2012). Lényegében hasonló eredményre jutott egy másik kutatócsoport is (Baldi et al. 2012).

Egy év múlva a növekedéssel összefüggő QTL-ek feltérképezését végezték el oszlopos alma genotípusok utódaiban, és találtak a növényi architektúrával összefüggő QTL-klasztereket a 10. kapcsoltsági csoportban (LG 10, linkage group), vagyis szintén a 10. kromoszómán, a *Co* gén közelében (Peterson és Cross 2013). Mindez jól bizonyítja Lapins (1976) közel 40 évvel korábbi feltevését.

Mindamellet Dougherty et al. (2020) a 10. és a 9. kromoszómán azonosított két recesszív szupresszor (elnyomó) gént (*c2* és *c3*), amelyek additív génkölsönhatással képesek elfojtani az oszlopos habitus mögött álló *Co* gén expresszióját. Ugyanakkor transzkriptom-elemzésekkel azt is kimutatták, hogy számos differenciálisan expresszáldó gén az oszlopos növekedési fenotípussal hozható összefüggésbe (Zhang et al. 2012). Például Krost et al. (2013) azonosított 16 olyan növényi hormonhoz kapcsolódó gént, amelyekre egyértelműen hatással van a *Co* jelenléte. A jelenség valószínűleg az endogén bioaktív anyagok (pl. indol-3-ecetsav, citokinin, jázmonsav) mennyiségének emelkedéséhez vezet az oszlopos almában.

Fontos állítás, hogy az oszlopos almával kapcsolatos genetikai kutatások napról napra újabb és újabb olyan kibontakozásokra vezetnek akár a genetikai transzformáció terén is (Okada és Honda 2022; Guo et al. 2023), amelyek a jövőben alapvetően kitágíthatják az oszlopos almák fajtasortimentjének perspektíváját.

Az oszlopos almafajták erősebb alanyokra oltva is megtartják kompakt növekedésüket (Fisher 1995). Azaz, a *Co* gén valószínűleg a hajtásban fejt ki hatását, s nem kizárólag a gyökerekből kiinduló alanyhatás érvényesül (Peterson és Crost 2013).

Lee és Looney (1977) alacsony endogén gibberellin (GA) aktivitást figyeltek meg oszlopos fák hajtáscúcsaiban. Sőt, Okada et al. (2020) szerint a gibberellin (GA) alkalmazása szinte visszafordítja

az oszlopos fenotípust. Ez határozottan arra utal, hogy a mutáció bioaktív GA-hiányt idézett elő. Watanabe et al. (2004) szerint pedig a hajtásban lévő citokininnek magasabb koncentrációja az oszlopos növekedési fenotípushoz köthető. Peterson és Krost (2013) szerint az oszlopos almafák auxin/citokinin aránya magasabb, gibberellin és abszcizinsav szintje alacsonyabb, mint a normál almafáké.

A transzkriptom-elemzések megerősítik a hormonális eltérésekre vonatkozó eredményeket. Krost et al. (2012) újgenerációs szekvenálási (NGS) technológiák segítségével összehasonlították a hajtáscsúcs merisztémák (SAM) transzkriptomjait, s több száz gén esetében szignifikáns különbség mutatkozott. Ezeknek a sejtnövekedés és a sejtnyúlás szempontjából fontos géneknek a megváltozott kifejeződése – valószínűleg a *Co* jelenléte miatt – eredményezheti az oszlopos fenotípust.

A strigolaktonok (SL-ek) a növényi hormonok egy új osztálya, amely a hajtáselágazást szabályozza, és Sun et al. (2020) az SL-ek bioszintézisében részt vevő főbb géncládok vizsgálata alapján arra az eredményre jutott, hogy az SL-tartalom magasabb az oszlopos almában, mint a standardben.

Később az oszlopos almafajták fotoszintetikus potenciáljában is eltéréseket találtak. A fotoszintézis intenzitása a hagyományos almafajtáknál a termőrész korával párhuzamosan csökkent, de az oszlopos fajtáknál nem volt megfigyelhető ilyen megcsappanás. Az oszlopos fákon még a 19 éves termőalakok hajtásképleteinek levelei is magas fotoszintézis-szintet tartanak fenn (Havryliuk et al. 2024).

Megjegyzendő, hogy hasonló oszlopos fahabitusú mutató genotípusokat más Rosaceae fajok, mint például az őszibarack és a meggy esetében is találtak, de ezek genetikai háttere vagy nem ismert, vagy különbözik az almáétól (Scorza et al. 2002; Schuster 2009).

Nemesítési programok

A 'Wijcik' szülőként történő alkalmazásával az első keresztezési programot az 1970-es években Angliában, az East Mallingi Kutatóintézetben indították. A hasznosítási lehetőségekre alkalmas jó minőségű és termőképességű oszlopos fajták előállítása volt a fő cél, majd a saját gyökéren termesztetőség érdekében a dugványozásra való alkalmasság és a *Phytophthora* ellenállóság is a célok közé sorakozott (Tobutt 1984; 1985). A program öt étkezési fajtát és egy díszalmát eredményezett, melyeket Ballerina almák gyűjtőnéven forgalmaztak (Tobutt 1994), s ezek aztán más nemesítési programokban váltak donorrá.

Majd később – az oszlopos almáknál gyakran előforduló szakaszos terméshozás kiküszöbölése érdekében – új nemesítési célként tűzte ki a partenokarpia kombinálását az oszlopos habitussal (Tobutt 1994). Bebizonyította a szíromtalansággért felelős gén recesszív voltát, s hogy szíromtalan partenokarp és oszlopos szülőfajták keresztezésével, majd módosított visszakeresztezés alkalmazásával előállíthatók szíromtalan oszlopos hibridek. Ezekből kiemelhetők olyan partenokarp gyümölcsöt termő genotípusok, melyekből rovarbeporzás nélküli, nagy sűrűségű fajtatiszta almaültetvények létesíthetők. (A nemesítő külföldre költözés és témaváltás miatt nem folytatta a nemesítést.)

Ezt követően további számos országban, például Kanadában, az USA-ban, Kínában, Koreában, Belgiumban, Litvániában, Lettországon, Oroszországban, Ukrajnában, Németországban, Csehországban, Japánban, Olaszországban, Romániában, Szerbiában és Franciaországban is végeztek újabb keresztezéseket (Blazek 2001; Gelvonauskienė et al. 2006; Kenis és Keulemans 2007; Raniste et al. 2008; Jacob 2010; Ognjanov 2011; Baldi et al. 2012; Lazar és Baci 2014;

Kwon et al. 2016; Sedov et al. 2020; Dougherty et al. 2020; Korneeva et al. 2021; Ikase et al. 2022). Az alábbiakban a nagyobb programokról tesztek említést.

Csehországban 1971-ben indult az oszlopos almák nemesítése (Blazek 1990; Blazek és Krelinová 2011), s négy oszlopos fajta a 2000-es évek második felében, kettő egy évtizeddel később lett regisztrálva, egy pedig nemrég került be az Artevos kínálatába.

Lettországban az 1980-as végén kezdett program célja a kereskedelmi fajtákéval versenyképes gyümölcsminőség, a rendszeres terméshozás, a télállóság s a varasodással és egyéb betegségekkel szembeni tolerancia. Ökológiai alkalmasság tekintetében a balti és a skandináviai termesztőhelyekre koncentrálnak (Ikase és Dumbravs 2004; Gelvonauskiene et al. 2006; Ikase et al. 2022; Ikase 2024). A munka eredményeként oszlopos fajtából étkezési és díszítő változatok is keletkeztek.

Németországban, a Geisenheimi Egyetem kutatóintézetében az 1990-es évek derekán kezdték a nemesítést (Brandl et al. 2014). A gyümölcsminőség és termőképesség mellett a betegséggellenállóságra, ciderfajtáknál a gépi betakarításra való alkalmasságra koncentrálnak. A munka egyik eredménye a „Proficats” sorozat, mely jelenleg öt étkezési fajtából áll. A CATS (Columnar Apple Tree System) az egyetem bejegyzett védjegye. Ugyanitt Jacob (2010) az oszlopos fahabitus, az alacsony hidegigény és a kiváló gyümölcsminőség kombinálását célozta meg.

Oroszországban több intézetben nagy erővel folyik a nemesítés. A micsurinszki Összoroszországi Genetikai és Gyümölcsös Növény-nemesítési Kutatóintézetben a cél az oszlopos habitus és a varasodás-ellenállóság kombinálása (Savel'ev et al. 2016). Emellett Sedov et al. (2020) a zhilinaei Összoroszországi Gyümölcstermesztési Kutatóintézetben az oszlopos almák vonatkozásában egyedülálló nemesítési irányról, a varasodásrezisztens triploid oszlopos almafajták előállításáról írt. Azon reménnyel, hogy a triploidok kiegyenlítik a terméshozás periodicitását. További fontos szempont a gyümölcsök piacképessége, valamint a környezetkímélési elvárásoknak való megfelelés. Az előállított fajták tekintetében mindkét program igen sikeres.

Japánban, a Nemzeti Agrár- és Élelmiszerkutató Szervezetnél (NARO) az 1980-as években kezdődött a nemesítés, és az oszlopos habitus mellett elsősorban a saját szigorú piaci és fogyasztói elvárásainak megfelelő gyümölcsminőség a cél. Bizton állítható, hogy az oszlopos almanemesítés jelenlegi legkorszerűbb nemesítési technikáját alkalmazzák. Évtizedek óta mindmáig végeznek módosított visszakeresztezéseket. Előfeltétel a hibridek nagy egyedszáma, s mindig a legjobb minőségű hibrideket vonják be az újabb keresztezésekbe. Saját fejlesztésű DNS-markerekre és haplotípus adatbázisokra alapozzák a szelekciót. A 2010-es években, mintegy 30 éves munka eredménye a Morioka No 74 kiemelt hibrid, mely a 'Wijcik' ükunokája, de a hússzilárdságával ugyanolyan gondok vannak, mint az imént bemutatott nemesítési műhelyek fajtáinál (Moriya et al. 2024a). A „The Japan Agri News” viszont 2024-ben tette közzé az első olyan friss étkezési célra szánt 'Benitsurugi' fajtát, mely állítólag a szigorú japán minőségi szabványnak mindenben megfelel.

Mivel a magoncok 2-3 éves koráig fenotípusosan nehéz megkülönböztetni az oszlopos és a nem oszlopos almát (Okada és Honda 2022), ezért fontos a markerek alkalmazása. Például a *Co* gént hordozó magoncok korai szelekciójához Wolters et al. (2015), valamint Morimoto és Banno (2015) SSR markereket terveztek. Brandl et al. (2014) egy SSR és négy DIP markert fejlesztettek. Okada et al. (2016) és Cmejlova et al. (2020) munkájának köszönhető a homozigóta (*Co/Co*) és a heterozigóta (*Co/co*) oszlopos, valamint a nem oszlopos (*co/co*) egyedek elkülönítésére szolgáló primerek.

Kiemelések a fajtasortimentből

Napról napra bővül a választék nemcsak az étkezési és ipari fajták, hanem a díszalmák terén is. Az 1. táblázatban tanulmányozható egy elsősorban friss étkezésre szánt válogatás, amely vélhetően alkalmas a hazai ökológiai adottságokra. A japán fajta kivételével mind hobbikertészeknek ajánlott.

Az orosz programokban előállított fajták közül példaként említhető az Összoroszági Gyümölcstermesztési Kutatóintézetben nemesített, széles körben termelésbe ajánlott 'Poesia' nevű fajta, amelynek nemesítésbe vonását donorként nagyon ajánlják (Korneeva et al. 2021). Gyümölcse közepes méretű (140 g), barnásvörös pírral borított. Húsa zöldes, finom szemcsés, lédús, íze édes-savas. Gyenge növekedésű, korán termőre fordul, jó a termőképessége, s rendkívüli télállósággal rendelkezik. Varasodásra ellenálló (*Rvi6* gén).

Túlhaladott voltuk miatt nem vettem be a táblázatba az első generációs angol fajtákat. Az étkezési fajták listája zárójelben a márkázott nevekkkel: 'Tuscan' (Bolero), 'Telamon' (Waltz), 'Trajan' (Polka), 'Obelisk' (Flamenco), 'Charlotte' (Hercules). A 'Tuscan' sárgászöld, a többi piros fedőszínű. Húsuk puhulásra hajlamos, beltartalmuk gyenge. Betegségekre fogékonyak, a 'Charlotte' leginkább. Erős a hajlamuk az alternanciára, a 'Trajan' terméshozása a legjobb.

Az oszlopos díszalmák díszítésre és/vagy pollenadónak alkalmasak, s bár az étkezési fajtakénál jóval apróbb a gyümölcsök, többségük mégis fogyasztható vagy konyhai célokra felhasználható.

Az angol 'Maypole' volt az első oszlopos díszalma, melynek vörös lombja és virágzata nemcsak díszítő értékű, hanem pollenadónak is bevált. Gyümölcse ellipszoid alakú, sötétbordó fedőszínű, húsa évjárártól függő mértékben vörös árnyalatú.

Koreában nemesítették a 'Tinkerbelle' oszlopos pollenadó fajtát, mely a 'Maypole'-nál két nappal később virágzik, s ahhoz hasonlóan fája gyenge növekedésű. Gyümölcse tojásdad, nagyobb, simább héjú, és ízletesebb, mert magasabb az oldható cukortartalma és alacsonyabb a titrálható savtartalma. Kiváló beporzónak bizonyult (Kwon et al. 2016).

A lett programban is van több regisztrációra váró díszes vörös vadalmahibrid (Ikase 2024).

S végezetül megemlíthető az Artevos által forgalmazott Tigawa®, mely ötvözi az oszlopos habitust a vörös húsú gyümölcsökkel és a vonzó sötét rózsaszín virágokkal. Gyümölcse kúpos, teljesen piros színű, sötétvörös húsú, kemény, lédús, savas ízű.

Alternancia

Az oszlopos almafajták egyik fő problémája az erős hajlam a szakaszos terméshozásra (Lauri és Lespinasse 1993; Blazek és Krelínová 2011; Otto et al. 2014), az üzemi termesztésbe való bevezetésnek is ez az egyik fő korlátja (Lanar et al. 2024).

Blazek és Krelínová (2011) öt új oszlopos almafajtán megfigyelt alternanciát az azonos kromoszómán található *Co* és az alternancia mennyiségi lokuszok (QTL-ek) közelségével magyarázta.

Kitamoto et al. (2024) összehasonlították a génexpresszió mértékét a rendszeres terméshozással jellemezhető 'McIntosh' és az alternanciára hajlamos 'Wijcik' bevonásával. Hároméves időszak alatt a standard növekedésű 'McIntosh' virágzási mértéke viszonylag stabil maradt, legfeljebb 89% és 95% között változott, míg az oszlopos 'Wijcik' esetében jelentős, 83% és 24% közötti ingadozás volt tapasztalható, mielőtt visszaállt 89%-ra. Virágrügyképződés idején a terminális rügyek összehasonlító transzkriptóm-elemzése 7200 gén eltérő kifejeződését mutatta ki a két fajtánál, s a 'Wijcik' esetében 1423 gén évenkénti eltérést mutatott a kihagyó és a spontán termő évben.

1. táblázat: Fontosabb aktuális oszlopos almafajták a szakirodalom és a forgalmazói kínálat alapján

Fajta	Főbb gyümölcsjellemzők	Növekedési és terméshozási sajátosságok	Forrás
Csehország (Research and Breeding Institut of Pomology Holovousy Ltd. - VSUO)			
Slendera	Középnagy v. nagy (200 g), fedőszíne világospiros, héja vastag, kocsánya rövid. Húsa fehér, közepesen szilárd. Íze enyhén savanyú, közepesen lédús. A Goldennel egyidőben szüretelhető, februárig tárolható.	Erős növekedés, korai termőre fordulás, közepes termőképesség, viszonylag rendszeres terméshozás. Varasodás rezisztens (<i>Rvi6</i> gén), lisztharmatra közepesen, rákosodásra nagyon ellenálló.	Zelený et al. (2015); https://www.vsuo.cz/csl/
Cumulus	Közepes méret (150-200 g), felülete élénkvoros, enyhe hamvassággal. A hús fehér, roppanó és lédús, savanykás-édes. Késői érési, eltarthatósága a Goldenéhez hasonló.	Gyenge növekedésű. A termőre fordulás korai, terméshozása magas, de alternanciára erősen hajlamos. Rezisztens a varasodásra, enyhén fogékony a lisztharmatra.	Blazek (2011); https://www.vsuo.cz/csl/
Kordona	Közepes méretű (140-160 g), karmazsinvörös pírál vagy pontokkal lehel. Fehér húsa közepesen kemény vagy puha, lédús, édeskés, aromás. Szüret: Goldennel egyidőben, februárig tárolható.	Gyenge növekedésű. Terméshozás: nagyon korai, magas, de rendszertelen. Varasodásra rezisztens, lisztharmatra fogékony. Meleg termőhelyeket kedvel.	Blazek (2001); https://www.vsuo.cz/csl/
,	Gyümölcse nagy, világospirossal mosott. Húsa krémszínű, lágy, mérsékelten lédús. Íze édeskés és enyhén kesernyő. Október elején szüretelhető, februárig tárolható.	Közepesen erős, korán termőre fordul, közepes termőképességű, terméshozása eléggé rendszeres. Betegségállóság: közepes	Blazek és Zelený (2019a); https://www.vsuo.cz/csl/
Slima	A gyümölcsök közepes méretűek, világospirossal mosott és csiszolt. A hús fehér, állaga lágy. Íze édes-savanykás, kissé kesernyős. Szeptember utolsó hetében szedhető, januárig tárolható.	A fák gyengén nőnek, korán termőre fordulnak, közepes termőképességűek és a terméshozás viszonylag egyenletes. Betegségállóság: közepes.	Blazek és Zelený (2019b); https://www.vsuo.cz/csl/
Karli	Nagy méretű, küllemre a Braeburn fajtára emlékeztet. Húsa fehér, nagyon szilárd, kellemes állagú. Nagyon lédús, édes ízű. A Goldennel egyidőben szedhető, kiválóan tárolható.	Fája robusztus és egészséges. Magas terméshozást ígér a forgalmazó.	https://artesvos.de/sorteneubersicht/#Obstart_10&Sorte_HL%20648
Csehország (Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences, Prága)			
Rondo	Nagy méretű, mosott és csiszolt vörös színnel borított. Húsa sárgás, kemény, roppanó, nagyon lédús, savanykás-édes. Szeptember közepén-végén szedhető, februárig tárolható.	Erős növekedésű, kevés oldalágazással. Korán terem, magas terméshozásra képes, de alternanciára hajlamos. Varasodás rezisztens (<i>Rvi6</i>), lisztharmatra kissé fogékony.	https://artesvos.de/sorte/apfel/rondo/#Obstart_10&Sorte_rondo
Rumba	Közepes méretű, kocsánya rövid vagy középhosszú. Felülete kármínpirossal mosott, ritkán lenticellákkal tarkított. Húsa kemény, ropogós, lédús, harmonikus ízű, aromás. A Goldennel egyidőben vagy röviddel utána szüretelhető, jól tárolható.	Közepesen erős, korai termőre fordulás, közepesen magas hozam jellemzi. Alternanciára és leaprósodásra hajlamos. Varasodásnak ellenálló (<i>Rvi6</i>), lisztharmatra alig fogékony.	https://artesvos.de/sorteneubersicht/#Obstart_10&Sorte_rumba
Lettország (Institute of Horticulture, Dobele)			
Asnate	Gyümölcse nagy (170-250 g), felülete világospiros, sávozott. Húsa krémszínű, lédús, savanykás, aromás. 14,8 °Brix, 0,5% titrálható sav, 5,1 kg/cm ² húskeménység. Korai-közepes érési idő, eltarthatóság egy hónap.	Erős, oszlopos elágazásokkal, termőre fordulása középkorai, jó termőképességű, alternál. Varasodással (<i>Rvi6</i>) és lisztharmattal szemben ellenálló, monília rothadásra közepesen toleráns. Tálláló. Virágzásban díszítő.	Ikase et al. (2022); Ikase (2024)
Dinija	Gyümölcse kicsi (80-100 g), ragyogó sötétpiros. Húsa sárgás, lédús, édes-savas. 16,9 °Brix, 0,3% sav, 150 mg/100 g összes polifenol, 4,4 kg/cm ² húskeménység. Érési ideje közepes v. kései, tárolhatóság 3-4 hónap.	Középerős, oldalágazásokkal. Korán termőre fordul, jó termőképességű, közepesen alternál. Rezisztens a varasodásra (<i>Rvi6</i>), toleráns a lisztharmatra, monília rothadásra.	Ikase et al. (2022); Ikase (2024)
Szerbia (University of Novi Sad)			
Smaragd	Középnagy v. nagy (175 g és 74 mm) zöld színű, kevés lenticellával, enyhe viaszossággal. Húsa fehér, szilárd, ropogós, lédús, enyhén savas (1,03% titrálható sav), aromás. Öt nappal a Granny Smith előtt szüretelhető, négy hónapig tárolható.	Gyenge növekedésű, korán termőre fordul, nem csokrosan terem. Közepes termőképességű, alternanciára nem hajlamos. A Granny Smith kevésbé fogékony a lisztharmatra és varasodásra.	Ogjanov (2011)
Románia (Gyümölcsstermesztési Kutatóintézet, Pitești)			
Nicol Colmar	Kicsi v. közepes (125-150 g), sötétvörös csíkokkal fedett, ropogós, rózsaszín árnyalatú hússal. Szüret szeptember elején, decemberig tárolható.	Varasodásrezisztens.	Braniste et al. (2008)
Németország (Research at Hochschule Geisenheim University)			
Goldcats, Greencats, Redcats, Suncats	Sárga, zöld, világos és sötétpiros fedőszínnel. Gyümölcsméret kicsitől igen nagyig terjed. Friss fogyasztásra. Augusztus végétől szeptember végéig szüretelhetők, 2-4 hónapig tárolható.	Növekedési hely: gyengétől középérsőig. A forgalmazók betegségekkel szembeni ellenállóságot, jó termőképességet ígérnek.	https://www.hs-geisenheim.de/kerteszeti-aruhazak/honlapjai
Ajanta	Nagy, homogén gyümölcse élénkpiros, sok lenticellával. Héja kicsit vastagabb, húsa fehér, nagyon kemény, nagyon lédús, édes, kevés frissítő savval. Szeptember közepén, végén szedhető. Tárolhatóság nem ismert.	Az első 2-3 évben erős növekedésű, majd csaknem leáll. Közepesen későn fordul termőre. Terméshozása magas és rendszeres.	https://artesvos.de/sorteneubersicht/#Obstart_10&Sorte_A8-2-08
Japán (National Agriculture and Food Research Organization – NARO)			
Benitsurugi	Középerős, még nincs egvb információ. Egy-két év múlva várható a szaporítvány forgalmazása.	A megfelelő művelési rendszer fejlesztés alatt van, de a standard fajtákhoz viszonyítva másfélszeres terméshozamra számítanak.	http://english.agrinews.co.jp/?p=10907

Table 1. The most important current columnar apple varieties, based on literature and distributor supply

Az oszlopos alma szakaszos terméshozása részben az MdTFL1 virágzási represszorcsalád, valamint a fényhez kapcsolódó gének évenként eltérő expressziójának tulajdonítható.

A szakaszos terméshozás kiküszöbölésére Lanar et al. (2024) M.26 alanyra oltott ‘Redspring’ oszlopos almafajtán három ritkítási módszert teszteltek. Az első módszer a virágzatok eltávolítása. A másodiknál a virágfürtök eltávolítását utólagos ritkítással kombinálták úgy, hogy csak a királygyümölcs maradt meg. A harmadik esetben a virágfürtök eltávolítását ugyancsak termésritkítés követte, de csak a szükséges terhelésig. A három módszer közül legjobbnak a virágfürt-eltávolítás bizonyult. Méghozzá olyan mértékben, hogy a központi tengely minden 10 cm hosszúságú egységére vonatkoztatva 2-2 db virágzat maradt a fán. Kiegészítő termésritkításra nincs szükség, s a virágfürt-ritkítés robotokkal is elvégezhető. Ezzel elkerülhető az alternancia, és stabil, elegendő terméshozás garantálható.

Gyümölcsminőség

Az angol első generációs oszlopos fajták gyümölcsminősége elmarad a világfajtákétól (Blazek és Krelinova 2011; Okada és Honda 2022). Dokoupil és Rezníček (2012) fogyasztói vizsgálataiban a ‘Wijcik’ és a négy első angol fajta (‘Tuscan’, ‘Telamon’, ‘Trajan’, ‘Charlotte’) minden érzékszervi értékelési szempontban gyengébb volt a ‘Golden Delicious’-nél. Különösen a ‘Charlotte’ szerepelt rosszul sok vonatkozásban.

Havryliuk et al. (2022) hét orosz és ukrán fajta hároméves vizsgálata alapján a gyümölcstömegre 110 g-tól 200 g fölötti, az átmérőre 63–99 mm értékeket kapott. Az angol fajtákról közöltekhez képest sokatmondó, hogy az organoleptikus értékeléseken mind a küllem, mind az íz tekintetében a kontroll ‘Tuscan’ került az élre vagy a legjobb csoportba.

További öt orosz fajta (‘Vostorg’, ‘Zvezda Efir’, ‘Poesia’, ‘Priokskoye’ és ‘Sozvezdie’) közül a cukortartalom csak háromnál volt magasabb a minimálisan elvárt 11%-nál, de azok is 12% alatt maradt. Betároláskor 0,4 és 0,7% közötti savtartalmat mértek, mely a tárolás során 33–48%-os csökkenést mutatott. Változatlan légtérű három hónapos tárolás után a veszteség fajtától függően 8 és 23% között alakult, s minden fajtánál jelentkezett öregségi húsbarnulás, részleges vagy teljes rothadás és mumifikált gyümölcs. Három fajta esetében tapasztalták az antraknózis és a scald tüneteit, de keserűfoltosság csak egynél mutatkozott (Nikitin és Makarkina 2021).

Valkova et al. (2021) cseh (‘Kordona’ és Rondo^(S)) és német (Goldcats®, Redcats®, Pompink®) oszlopos fajták, valamint a kontroll ‘Golden Delicious’ és ‘Granny Smith’ bevonásával végzett mérései azt bizonyították, hogy az oszlopos fajták gyümölcsseinek összes polifenoltartalma 40-60%-kal volt kisebb a két világfajtáénál. Antioxidáns érték tekintetében csak a Redcats® közelítette meg a két kontrollt, a többinél akár 60%-os elmaradás is volt. A Pompink® mindkét jellemzőben nagyon gyengén szerepelt.

A jelenleg forgalmazott további fajtákról nincs független vizsgálati eredmény, de a fajtaleírások alapján is kijelenthető, hogy az eddig bemutatott regisztrált oszlopos almafajták minősége kívánnivalókat hagy maga után, a piaci és fogyasztó elvárások, valamint a tárolhatóság tekintetében nem versenyképesek a közismert standard fajtákkal.

Vannak viszont reményteljes japán kutatási eredmények. Ugyanis az oszlopos fajták minőségi problémája a ‘Wijcik’ génforrástól ered. Puha húsú gyümölcse, alacsony cukortartalma, magas

savtartalma, gyenge hűtőházi tárolhatósága és rossz pulton tarthatósága öröklődik az utódokban. A nemesítők azt várták, hogy a későbbi generációkban javul a helyzet, de a japán NARO nemesítési program tapasztalatai ezt egyértelműen cáfolták. A módosított visszakeresztezéssel nyert többezer hibrid között elvették találtak valóban versenyképes minőségű egyedeket (Moriya et al. 2024b).

Mindez genetikai okokkal magyarázható. A minőségi tulajdonságok mögött álló QTL-ekkel kapcsolatos eredményekre építve felfedezték az *MdPG1* gén szerepét a gyümölcsök húsállományában és tárolhatóságában (Chagné et al. 2014). Az *MdPG1* a 10. kromoszómán a *Co* génhez nagyon közel van (Moriya et al. 2017). S háromféle *MdPG1* allél létezik. A szilárd, ropogós húst és a jó tárolhatóságot az *MdPG1-1* és az *MdPG1-2*, a puha húst és a gyenge tárolhatóságot *MdPG1-3* idézi elő (Longhi et al. 2013).

Az oszlopos állományok *in silico* elemzése és genotípusos jellemzése kimutatta, hogy mind az oszlopos habitus mögött álló *Co*, mind az alacsony tárolhatóságért felelős *MdPG1-3* allért hordozó kedvezőtlen haplotípus szinte minden jelenlegi és régi genotípusban fennmaradt a két gén közötti erős kapcsoltság miatt. A jobb gyümölcsminőségű és tárolhatóságú oszlopos genotípusok kiválogatása céljából végzett, markerekkel támogatott szelekció kb. 15000 hibridből mindössze 80, a megcélzott rekombináns haplotípust hordozó egyed azonosítását eredményezte. Ezek hordozzák a *Co-MdPG1-2* haplotípust, ezért értékesek a kiváló minőségű oszlopos almafajták nemesítésében. Csakhogy még ezen ideális egyedek sem mindig felelnek meg az egyéb gyümölcsminőségi, például a gyümölcs színére, savasságára és édességére vonatkozó elvárásoknak. Tehát nagyon fontos a nagy egyedszámú hibridállomány, mert így nagyobb az esély az ígéretes hibridek kiválasztására (Moriya et al. 2024b). Mindenestre óriási előny az, hogy a genetikai szelekció után jelentősen lecsökken a fenotípusos vizsgálat egyedszáma.

Szaporítási és termesztési tapasztalatok

Az oszlopos habitus lehetővé teszi a nagy sűrűségű telepítéseket. Már az első angol nemesítő, Tobutt (1984) is belátta, hogy faiskolában hagyományos módon nevelt oltványokkal a szuperintenzív ültetvény beruházása szinte megfizethetetlen lenne, ezért dugványozással szaporított, saját gyökéren álló gyümölcsösökben gondolkozott. Ehhez kívánatos az ellenállóság a *Phytophthora cactorum* által okozott gyökérrothadással szemben, amely nedvesebb talajokon problémát okozhat. A megfelelő gyümölcsminőség és saját gyökéren a korai termőre fordulás és a jó termőképesség is elengedhetetlen elvárás.

Mivel az oszlopos almafák kevés oldalelágazást fejlesztenek, ezért – az almaalanyok vegetatív szaporításánál alkalmazott eljáráshoz hasonlóan – a dugványozáshoz nevelt oszlopos habitusú csemetéket több éven át igen erősen visszametszik. Így hosszabb hajtásokat hoznak létre, bár ezek gyakran meglehetősen kevés számban képződnek és nem megfelelő hosszúságúak. Tapasztalatai szerint a gyökereztetés sikeressége az oszlopos genotípus szülőfajtáitól és az eljárattól függően nagyon változó, vagyis összességében sikeresnek nem mondható.

Nem a termesztésben, hanem a nemesítési munkamenetben jobb gyökereztetési eredményt érhetnénk el juvenilis korban való dugványozással, ez esetben viszont utólag kellene a gyümölcsminőség és termőképesség vizsgálatát elvégezni. Egy évvel később Tobbut (1985) saját gyökéren termesztető fajtajelöltek kiemeléséről számolt be.

Az Angliában nemesített ‘Tuscan’, ‘Trajan’ és ‘Telamon’ esetében sikeresen alkalmazták a mikroszaporítást is a saját gyökéren termesztendő fák előállításához. A hajtásneveléshez és a hajtások gyökereztetéséhez megfelelő táptalajokat állítottak össze, s a megfelelő mikroszaporítási technológiát is kidolgozták (Marin et al. 1993).

A fentiek ellenére a szakirodalomban megjelent termesztési értékelések zömmel kétkomponensű szaporítóanyagokból létesített kísérleti parcellákból származnak, melyből a következő példákat mutatom be.

Több példa található az első oszlopos díszalma, a ‘Maypole’ beszúrt pollenadóként alkalmazására. Matsumoto et al. (2008) az egyfajtás ‘Fuji’ ültetvényben a ‘Dolgo’ fajtájú *Malus* pollenadónál jobbnak találta, s a ‘Fuji’-től legfeljebb 10 m távolságra való ültetést tart ideálisnak. Kwon et al. (2015) szuperintenzív ültetvényekben ugyancsak pollenadónak ajánlja a ‘Fuji’, ‘Hongro’, and ‘Tsugaru’ fajták számára. A fajta *S*-genotípusa: $S_{10}S_{16}$ (Broothaerts et al. 2004). Más vizsgálatok a koreai ‘Tinkerbell’ fajta pollenadónak való alkalmasságát is igazolták, így ideális a nagy sűrűségű ültetvényekhez (Kwon et al. 2016).

Inomata et al. (2004) kétféle művelési rendszerben vizsgálta a *Malus prunifolia* var. *ringo* cv. Murabakaido alanyon álló ‘Maypole’ oszlopos almafák termőképességét és gyümölcsminőségét. A 0,66 m-es tőtávolságra telepített központi sudaras orsó, valamint az Y-trellis rendszerben 1,14 m-es tőtávolságú ültetvénytípusok közül – mind a terméshozam, mind a gyümölcsminőség szempontjából – az utóbbi bizonyult előnyösebbnek.

A Csehországban nemesített három oszlopos fajtánál (‘Kordona’, ‘Cumulus’, ‘Herald’) 4×0,5 m tenyészterületen a központi tengelyek átlagos éves megnyúlása erős növekedésű alanyokon 30,8–57,5 cm között, M.9 alanyon pedig 23,4–34,1 cm között alakult. A fajtán és alanyon túl a terméskötődés mértéke is jelentősen befolyásolta az éves növekmény hosszát. A fajták átlagos famagassága 11–12 éves korban 3,6 és 5,6 m között változott. Az oldalelágazás mértéke fiatal korban és erősebb alanyon nagyobb volt. A szinte valamennyi fajtánál megfigyelt alternancia a túlkötődésre való hajlamhoz kapcsolódik. A három éves vizsgálat során mért legnagyobb fánként 10,3 kg-os termés 25,7 t/ha terméshozamnak felel meg (Blazek és Krelinová 2011).

Khromenko és Vorobyov (2015) MM.106 alanyon, 2,5+0,9×0,4 m tenyészterületen, kétféle műveléssel 13 éven át vizsgálta a ‘President’, ‘Tchervonets’, ‘Ostankino’ és ‘Valyuta’ termelési eredményességét. Az oldalelágazások rendszeres eltávolításával formált oszlopos forma a metszési költségek miatt nem bizonyult kifizetődőnek, az elért 17,8 t/ha átlagtermés nem elegendő a gazdaságossághoz. A metszés nélküli természetes oszlopos forma esetében az átlagtermés 27,5%-kal magasabb volt, s így nyereségessé vált a termesztés. Az elsőnél a famagasságot 2,7 m-ben korlátozták, a másodikonál 13 éves korban 3,7 m-es famagasságot is mértek.

Az Összoroszországi Gyümölcstermesztési Kutatóintézetben a ‘Poesia’ oszlopos fajta az első hét termőévben törpe alanyon, 14000 fa/ha egyedszámmal 41,6 t/ha, míg középerős alanyon, 3333 fa/ha egyedszámmal 23,6 t/ha átlagtermést produkált. A termőképesség a levélfelülettől is függ. Az *Rvi6* varasodásrezisztenciagént hordozó fajtával jelentősen mérsékelhető a növényvédőszerterhelés (Korneeva et al. 2021).

Lanar et al. (2024) szerint némi figyelemcsökkenés után az oszlopos almafajták ismét ígéretesnek tekinthetők, különösen a 2D lombkoronarendszerekkel, amelyek a robotizálás szempontjából

előnyösek. A metszés leggyakrabban csak a fölösleges éves hajtások leszedését jelenti, s július végén, augusztus elején célszerű végezni (Dokoupil és Rezníček 2012).

Megállapítható tehát, hogy a jelenleg rendelkezésre álló szaporítóanyagokkal az étkezési oszlopos fajták üzemi termesztése sok nehézséggel és a kudarc lehetőségével járna. Nem véletlen, hogy a nyugati országokban a nemesítők és forgalmazók hobbikertészeknek hirdetik meg fajtaajánlataikat. Például a geisenheimi fajtákból összességében jelenleg csak mintegy 20 hektárnyi kísérleti parcella található Európában. Bár az igaz, hogy Oroszországban a termelési tesztelesek alapján egy ideje eltökélt szándéknak tűnik saját fajtaik üzemi bevezetése, de Korneeva et al. (2021) szerint az aktív céltudatos nemesítési munka ellenére az oszlopos fajták részaránya a forgalmazott szaporítóanyagból mindössze 6%.

Hazánkban 'Tuscan' (Bolero), 'Telamon' (Waltz), 'Trajan' (Polka) 2009-ben állami elismerésben részesült, s a NÉBIH vonatkozó adatbázisa szerint a Hunyadi Garden Bt. faiskola még 2022-ben is szaporította. A szaporított mennyiség és az igénylési cél nincs közölve.

Végezetül kijelenthető, hogy van reális s minden bizonnyal közeli esély olyan oszlopos almafajták előállítására, amelyek alkalmasak nagy töszámú, szuperintenzív gyümölcsösök létesítésére. Amelyeknek a minősége is felveszi a versenyt a standard növekedésű világfajtákkal. Amelyeknél technológiai megoldással vagy nemesítéssel az alternancia is kiküszöbölhető. S egy következő review dolgozatban már a valódi üzemi tapasztalatokat és a gépesítésben, automatizálásban elért eredményeket publikálhatja a Kertgazdaság folyóirat.

Felhasznált irodalom

1. Bai, T., Zhu, Y., Fernández-Fernández, F., Keulemans, J., Brown, S., and Su, K. 2012. Fine genetic mapping of the *Co* locus controlling columnar growth habit in apple. *Mol Genet Genomics*. 287: 437-450.
2. Baldi, P., Wolters, P.J., Komjanc, M., Viola, R., Velasco, R. and Salvi, S. 2012. Genetic and physical characterisation of the locus controlling columnar habit in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Molecular Breeding*. 31: 429-440.
3. Blazek, J. (1990). Segregation and general evaluation of spur type or compact growth habits in apples. *Fruit Breeding and Genetics*. 317: 71-80.
4. Blazek, J. 2001. Nová rezistentní odruda jablone 'Kordona' se sloupcovým rustem. *Vedecké Práce Ovocnářské*. 17: 171-174.
5. Blazek, J. 2011. New resistant apple 'Cumulus' with columnar growth of trees. *Vedecké Práce Ovocnářské*. 22: 275-278.
6. Blazek, J., and Krelinová, J. 2011. Tree growth and some other characteristics of new columnar apple cultivars bred in Holovousy, Czech Republic. *Hort. Sci. (Prague)*. 38: 11-20.
7. Blazek, J., and Zeleny, L. 2019a. Columnar growth type apple cultivar 'Tophola'. *Vedecké Práce Ovocnářské*. 26: 17-21.
8. Blazek, J., and Zeleny, L. 2019b. Columnar growth type apple cultivar 'Slima'. *Vedecké Práce Ovocnářské*. 26: 23-27.
9. Brandl, R., Brauksiepe, B., Eimert, K., Braun, P., Otto, D., and Schmidt, E.R. (2014). Fine mapping of the *Co* locus of *Malus × domestica* by molecular markers. *Acta Hort.* 1048: 97-101.
10. Braniste, N., Militaru, M., and Budan, S. 2008. Two scab resistant columnar apple cultivars. *Acta Hort.* 767: 351-354.
11. Broothaerts, W., Van Nerum, I., and Keulemans, J. 2004. Update on and review of the incompatibility (S-) genotypes of apple cultivars. *HortScience*. 39(5): 943-947.

12. Chagné, D., Dayatilake, D., Diack, R., Oliver, M., Ireland, H., Watson, A., Gardiner, S.E., Johnston, J.W., Schaffer R.J., and Tustin, S. 2014. Genetic and environmental control of fruit maturation, dry matter and firmness in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Hortic. Res.* 1: 14046.
13. Cmejlova, J., Vavra, R., and Cmejla, R. 2020. A rapid real-time PCR assay for detecting columnar growth in apples (*Malus × domestica*). *Plant Breed.* 139: 1244-1250.
14. Dokoupil, L., and Rezníček, V. 2012. Columnar apple trees and their varieties. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis.* 60: 37-48.
15. Dougherty, L., Bai, T., Brown, S., and Xu, K. 2020. Exploring DNA Variant segregation types enables mapping loci for recessive phenotypic suppression of columnar growth in apple. *Front. Plant Sci.* 11:692.
16. Fisher, D.V. 1969. Spur-type strains of 'McIntosh' for high density plantings. *British Columbia Fruit Growers' Association Quarterly Report.* 14: 3-10.
17. Fisher, D.V. 1995. The 'Wijcik Spur McIntosh'. *Fruit Var. J.* 49: 212-213.
18. Gelvonauskis, B., Brazaitytė, A., Sasnauskas, A., Duchovskis, P., and Gelvonauskienė, D. 2006. Morphological and physiological characteristics of columnar apple trees. *Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture.* 25: 350-356.
19. Guo, J., Zhao, Y., Chu, Y., Li, Y., Song, Y., Pan, Q., Qiu, Z., Yu, B., and Zhu, Y. 2023. Screening candidate genes at the *Co* locus conferring to the columnar growth habit in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Genes.* 14: 964.
20. Havryliuk, O.S., Kondratenko, T.Y., and Mazur, B.M. 2022. Tovarna yakist plodiv yabluni kolonopodibnoho typu (Commodity quality of apple fruits of columnar type) Scientific reports of NULES of Ukraine. 18(2): 96-108.
21. Havryliuk, O.S., Kondratenko, T.Y., Mezhenskyj, V.M., Shevchuk, L.M., Baranovska, O.D., Tonkha, O.L., Litvinov, D.V., and Mazur, B.M. 2024. Photosynthetic potential of *Malus × domestica* columnar group. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 15(1):3-9.
22. Ikase, L. 2024. Columnar and crab apple breeding in Latvia. *Acta Hortic.* 1412: 217-222.
23. Ikase, L., Drudze, I., and Lacis, G. 2022. Current achievements of the Latvian apple breeding programme. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences.* (76(4): 424-431.
24. Ikase, L., and Dumbravs, R. 2004. Breeding of columnar apple-trees in Latvia. *Biologija.* 2: 8-10.
25. Inomata, Y., Kudo, K., Wada, M., Masuda, T., Bessho, H., and Suzuki, K. 2004. The influence of the training system on characteristics of tree growth, fruit productivity and dry matter production of columnar-type apple tree 'Maypole'. *Hortic. Res.* 3: 387-392.
26. Jacob, H.B. 2010. Breeding experiments of apple varieties with columnar growth and low chilling requirements. *Acta Hortic.* 872: 159-164.
27. Khromenko, V.V., and Vorobyov, V.F. 2015. Biological peculiarities of growth and fructification of the columnar apple-tree varieties and their efficiency. *Horticulture and viticulture.* 4:30-34. (Russ.)
28. Kenis, K., and Keulemans, J. 2007. Study of tree architecture of apple (*Malus × domestica* Borkh.) by QTL analysis of growth traits. *Mol. Breed.* 19:193-208.
29. Kitamoto, N., Baba, T., Okada, K., Sakakibara, H., Takebayashi, Y., Kojima, M., Yoshida, Y., Kanda, H. and Imanishi, H. 2024. Comparative analysis of transcripts differentially expressed in regular and alternative fruit-bearing apple (*Malus × domestica* Borkh.) Cultivars with various bioactive gibberellic acid levels. *The Horticulture Journal.* 93(4): 353-362.
30. Korneeva, S.A., Sedov, E.N., and Yanchuk, T.V. 2021. Evaluation of economically valuable traits of the columnar variety 'Poesia' and the prospects of its use in breeding. In *E3S Web of Conferences.* 254: 01004.
31. Krost, C., Petersen, R., and Schmidt, E.R. 2012. The transcriptomes of columnar and standard type apple trees (*Malus × domestica*) - A comparative study. *Gene.* 498(2):223-230.
32. Krost, C.; Petersen, R., Lokan, S., Brauksiepe, B., Braun, P., and Schmidt, E.R. 2013. Evaluation of the hormonal state of columnar apple trees (*Malus × domestica*) based on high throughput gene expression studies. *Plant Mol. Biol.* 81: 211-220.

33. Kwon, S. I., Yoo, J., Lee, J., Moon, Y. S., Choi, C., Jung, H. Y., ... és Kang, I. K. (2015). Evaluation of crab apples for apple production in high-density apple orchards. *Journal of Plant Biotechnology*. 42(3): 271-276.
34. Kwon, S.I., Kwon, YS., Park, J.T., Kim, M.J., and Kim, J.H. 2016. New columnar apple variety 'Tinkerbell' for pollinizer. *Journal of Bio-Environment Control*. 25(3): 173-176.
35. Lanar, L., Schánková, K. and Nyvlt, L. 2024. Different crop load management on columnar apple trees: first year results. *Acta Hort.* 1395: 283-288.
36. Lapins, K.O. 1969. Segregation of compact growth types in certain apple seedling progenies. *Can. J. Plant. Sci.* 49:765-768.
37. Lapins, K.O. 1976. Inheritance of compact growth type in apple. *J Am Soc Hortic Sci.* 101: 133-135.
38. Lauri, P.E., and Lespinnasse, J.M. 1993. The relationship between cultivar fruiting-type and fruiting branch characteristics in apple trees. *Acta Hort.* 349: 259-263.
39. Lazar, A.M., and Baci, A.A. 2014. Morpho-anatomical differentiation relating to annual growth at standard and columnar type apple genotypes. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 18(2): 48-51.
40. Lee, J.M., and Looney, N.E. 1977. Branching habit and apical dominance of compact and normal apple seedlings as influenced by TIBA and GA3. *J Am Soc Hortic Sci* 102: 619-622.
41. Longhi, S., Hamblin, M.T., Trainotti, L., Peace, C.P., Velasco, R. and Costa, F. 2013. A candidate gene-based approach validates Md-PG1 as the main responsible for a QTL impacting fruit texture in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *BMC Plant Biol.* 13: 37.
42. Marin, J.A., Jones, O.P., and Hadlow, W.C.C. 1993. Micropropagation of columnar apple trees. *Journal of Horticultural Science*. 68(2): 289-297.
43. Matsumoto, S., Eguchi, T., Maejima, T., and Komatsu, H. 2008. Effect of distance from early flowering pollinizers 'Maypole' and 'Dolgo' on 'Fuji' fruit set. *Scientia Horticulturae*. 117(2): 151-159.
44. Morimoto, T., and Banno, K. 2015: Genetic and physical mapping of *Co*, a gene controlling the columnar trait of apple. *Tree Genetics & Genomes*. 11: 807.
45. Moriya, S., Iwanami, H., Kotoda, N., Takahashi, S., Yamamoto, T., and Abe, K. 2009. Development of a marker-assisted selection system for columnar growth habit in apple breeding. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 78(3):279-287.
46. Moriya, S., Okada, K., Haji, T., Yamamoto, T., and Abe, K. 2012. Fine mapping of *Co*, a gene controlling columnar growth habit located on apple (*Malus × domestica* Borkh.) Linkage group 10. *Plant Breeding*. 131(5): 641-647.
47. Moriya, S., Kunihisa, M., Okada, K., Iwanami, H., Iwata, H., Minamikawa, M., Katayose, Y., Matsumoto, T., Mori, S., Sasaki, H., Matsumoto, T., Nishitani, C., Terakami, S., Yamamoto T., and Abe, K. 2017. Identification of QTLs for flesh mealiness in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Hort. J.* 86: 159-170.
48. Moriya, S., Shimizu, T., Hori, A., Sawamura, Y. and Nesumi, H. 2024a. Recent progress of apple breeding at NARO in Morioka, Japan. *Acta Hort.* 1412: 193-198.
49. Moriya, S., Shimizu, T., Okada, K., Hori, A., and Sawamura, Y. 2024b. A large-scale selection of a recombinant haplotype leading to columnar tree shape with improved storability in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *The Horticulture Journal*. QH-128. (Japan)
50. Nikitin, A.L., and Makarkina, M.A. 2021. Some indicators of the quality and cold storage of the fruit of new scab immune columnar apple cultivars. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 640(6): 062013. IOP Publishing.
51. Ognjanov, V. 2011. 'Smaragd' Apple. *HortScience*. 46(6): 952-954.
52. Okada, K., Wada, M., Moriya, S., Katayose, Y., Fujisawa, H., Wu, J., Kanamori, H., Kurita, K., Sasaki, H., Fujii, H., ... és Abe, K. 2016. Expression of a putative dioxygenase gene adjacent to an insertion mutation is involved in the short internodes of columnar apples (*Malus × domestica*). *J. Plant Res.* 129: 1109-1126.
53. Okada, K., Wada, M., Takebayashi, Y., Kojima, M., Sakakibara, H., Nakayasu, M., ... és Abe, K. 2020. Columnar growth phenotype in apple results from gibberellin deficiency by ectopic expression of a dioxygenase gene. *Tree Physiology*. 40(9): 1205-1216.

54. Okada, K., and Honda, C. 2022. Molecular mechanisms regulating the columnar tree architecture in apple. *Forests*. 13(7): 1084.
55. Otto, D., Petersen, R., Brauksiepe, B., Braun, P., and Schmidt, E. 2014. The columnar mutation ("Co gene") of apple (*Malus × domestica*) is associated with an integration of a Gypsy-like retrotransposon. *Mol. Breed.* 33: 863-880.
56. Petersen, R., and Krost, C. 2013. Tracing a key player in the regulation of plant architecture: the columnar growth habit of apple trees (*Malus × domestica*). *Planta*. 238: 1-22.
57. Savel'ev, N.I., Lyzhin, A.S., Savel'eva, N.N. 2016. Selection of promising apple genotypes for columnar growth habit and scab resistance using diagnostic DNA markers. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* =Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 20(3): 329-332. (Russ.)
58. Schuster, M. 2009. Sour cherries *Prunus cerasus* L. with columnar tree habit. *Acta Hortic.* 814: 325-328.
59. Scorza, R., Bassi, D., and Liverani, A. 2002. Genetic interactions of pillar (columnar), compact, and dwarf peach tree genotypes. *J Am Soc Hortic Sci.* 127:254-261.
60. Sedov, E.N., Yanchuk, T.V., and Korneyeva, S.A. 2020. Methods and results of apple breeding at the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. *Russ. Agricult. Sci.* 46: 566-571.
61. Sun, X., Wen, C., Hou, H., Huo, H., Zhu, J., Dai, H., and Zhang, Y. 2020. Genes involved in strigolactone biosyntheses and their expression analyses in columnar apple and standard apple. *Biologia plantarum*, 64(1): 68-76.
62. Talwara, S., Grout, B.W.W., and Toldam-Andersen, T.B. 2013. Modification of leaf morphology and anatomy as a consequence of columnar architecture in domestic apple (*Malus × domestica* Borkh.) trees. *Scientia Horticulturae*. 164: 310-315.
63. Tobutt, K.R. 1984. Breeding columnar apple varieties at East Malling. *Scientific Horticulture*. 35: 72-77.
64. Tobutt, K.R. 1985. Breeding columnar apples at East Malling. *Acta Hortic.* 159: 63-68.
65. Tobutt, K.R. 1994. Combining apetalous parthenocarpy with columnar growth habit in apple. *Euphytica*. 77: 51-54.
66. Tóth M. (1992): Oszlopos almafajták. *Kertészet és Szőlészet*. 41(44): 4-7.
67. Valková, V., Dúranová, H., Ivanisová, E., Kravárová, A., Hillová, D., and Gabríny, L. 2021. Influence of variety on total polyphenols content and antioxidant activity in apple fruits (*Malus domestica* Borkh.). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 5(2).
68. Watanabe, M., Suzuki, A., Komori, S., and Bessho, H. 2004. Comparison of endogenous IAA and cytokinins in shoots of columnar and normal type apple trees. *J Japan Soc Hort Sci.* 73:19-24.
69. Wolters, P.J., Schouten, H.J., Velasco, R., Salvi, S., Komjanc, M., Si-Ammour, A. and Baldi, P. 2015. Towards identification of the gene responsible for the columnar phenotype of 'McIntosh' apple. *Acta Hortic.* 1100: 55-62.
70. Yugang, Z., and Hongyi, D. 2013. Xylem vessel element structure explains why columnar apple trees flower early and have higher yield. *African Journal of Agricultural Research*. 8(31): 4194-4197.
71. Zeleny, L., Blazek, J., and Kadlecová, V. 2015. Columnar growth type apple cultivar 'Slendera'. *Vedecké Práce Ovocnářské*. 24: 207-212.
72. Zhang, Y., Zhu, J., and Dai, H. 2012. Characterization of transcriptional differences between columnar and standard apple trees using RNA-Seq. *Plant Molecular Biology Reporter*, 30: 957-965.

Szerző:

Tóth Magdolna- DSc, egyetemi tanár, az MTA doktora, 1121 Budapest, Mártonhegyi út 15/A