

## Elmalarda Apikal Dominansi ve Apikal Kontrol

Ersin ATAY<sup>1\*</sup> Fatma KOYUNCU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meyvecilik Araştırma İstasyonu, Eğirdir/Isparta

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta

\*Sorumlu yazar: atayersin@yahoo.com

Geliş tarihi: 11.09.2012, Yayına kabul tarihi: 27.02.2013

**Özet:** Elmalarda dallanma başlıca iki mekanizma tarafından belirlenir. Bunlar apikal dominansi (paradormansi) ve apikal kontroldür (akrotoni). Apikal dominansi büyümekte olan apikal tomurcuğun, koltuk altı tomurcuklarının sürmesini engellemesi, buna karşın apikal kontrol lateral bir dalın büyümesinin, onun üstünde bulunan daha baskın dallar tarafından engellenmesidir. Ağaç taç gelişimini belirleyen bu mekanizmalar anaç ve çeşit gibi genetik faktörlerin kontrolü altındadır. Apikal mekanizmaların etkileri tepe kesimi ve 6-benziladenin (BA) gibi bitki büyüme düzenleyicilerin kullanımı gibi farklı uygulamalarla azaltılabilir. Bu mekanizmaların anlaşılması özellikle dallı fidan üretiminde, budama ve terbiye konularında önem taşımaktadır. Hormonlar, çevresel faktörler, beslenme koşulları, asimilatların dağılımı ve gravimorfizm gibi faktörler dallanma sürecini etkileyebilmektedir. Bu çalışmada, apikal mekanizmalarla ilgili çalışmalar incelenmiş, elde edilen bilgiler özetlenmiş ve üreticilerin pratiğe aktarabileceği bilimsel çalışma sonuçlarına yer verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Azot, oksin, sitokinin, proleptik dal, sileptik dal, strigalaktanaz

### Apical Dominance and Apical Control in Apples

**Abstract:** Branching in apples is determined by two main mechanism. These are apical dominance (paradormancy) and apical control (acrotony). Apical dominance is the inhibition exerted by the shoot apex over axillary bud outgrowth, whereas apical control is the repression of a lateral branch growth by dominating branches above it. These mechanisms determined the canopy development are under control genetic factors such as rootstock and variety. The effects of the apical mechanisms can be reduced with different applications such as heading and the use of plant growth regulators such as 6-benzyladenine (BA). Understanding these mechanisms are important for branched nursery tree production, pruning and training. Hormones, environmental factors, nutritional effects, assimilate allocation and gravimorphism may affect branching process. In this study, studies about apical mechanisms were examined, the gathered information was summarised and the results of scientific research which producers can transfer into practice are presented.

**Key words:** Auxin, cytokinin, nitrogen, proleptic shoot, strigolactones, sylleptic shoot

### Giriş

Meyve ağaçlarında dallanma sürecinin başlıca iki mekanizma tarafından belirlendiği düşünülmektedir. Bu mekanizmalar apikal dominansi ve apikal kontroldür (Cook et al., 2001). Apikal dominansi sileptik yan dalların meydana gelmesini engelleyen mekanizmadır (Cline, 1997). Sileptik dallar ana gövde (lider dal) uzamaktayken, koltuk altı tomurcuklarının

sürmeleriyle meydana gelirler (De Wit et al., 2000; Tworkoski and Miller, 2007). Sileptik dalları oluşturan meristemler teşkil ettikten hemen sonra uzayabilirler, yani dinlenme periyodu geçirmesine gerek yoktur (Lauri et al., 1995). Buna karşın apikal kontrol, proleptik dalları da etkileyen bir mekanizmadır (Cline and Sadeski, 2002). Proleptik dallar bir dormansi periyodu

geçirmiş tomurcuklardan oluşurlar (Wilson, 2000) (Şekil 1).

Genetik yapı, hormonlar, çevresel faktörler, beslenme koşulları, asimilatların dağılımı ve gravimorfizm gibi faktörler tarafından belirlenen dallanma süreci, dallı fidan üretimi, budama ve terbiye gibi konuların alt yapısı niteliğindedir. Bu noktadan hareketle çalışmada, apikal mekanizmalar konusu temel başlıklar altında incelenmeye çalışılmış ve elma yetiştiricilerinin pratiğe aktarabileceği bilimsel çalışma sonuçlarına yer verilmiştir.



Şekil 1. Elmalarda sileptik dallanma (solda) ve proleptik dallanma (sağda) (orjinal).

*Figure 1. Sylleptic branching (on the left) and proleptic branching (on the right) in apples (original).*

### **Apikal mekanizmalar**

#### **Apikal dominansi**

Apikal dominansi, 70 yılı aşkın bir süredir üzerinde çalışılan bir konudur (Shimizu-Sato et al., 2009) ve büyümekte olan apikal tomurcuğun, koltuk altı tomurcuklarının sürmesini engellemesi olarak tanımlanır (Müller and Leyser, 2011). Dormansi literatüründe apikal dominansiden, “paradormansi” olarak bahsedilmektedir (Lang, 1990). Eğer bu engelleme etkisi kaldırılabilirse, teşekkül etmiş diğer tomurcuklarda hızlı bir hücre bölünmesi ile hücre büyümesi meydana gelir. Apikal dominansi mekanizması 4 aşamada incelenmektedir. (I) yan tomurcuk teşekkülü, (II) yan tomurcuk üzerine

engelleme etkisi, (III) tepe kesimi vb. ile apikal dominansinin kaldırılması, (IV) sürgün gelişimi (Cline, 1997; Müller and Leyser, 2011).

Apikal dominansi hipotezi Thimann ve Skoog (1933) tarafından, otsu bir bitki türü olan bakla (*Vicia faba*) üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda geliştirilmiştir (Cline, 1991). Apikal dominansi, tek yıllık bitkilerde ve odunlu bitkilerin yıllık dallarında bariz şekilde görülebilir (Cline, 2000; Cline and Sadeski, 2002). Apikal dominansi nedeniyle engellendiği düşünülen sileptik dal oluşumu için, kuvvetli büyüme koşullarının sağlanması gerekmektedir (Cook et al., 1998; Theron et al., 2000).

#### **Apikal kontrol**

Apikal kontrol lateral bir dalın büyümesinin, onun üstünde bulunan daha genç olan baskın dallar tarafından engellenmesi olarak tanımlanmaktadır. Apikal kontrol, yaşlı olan kuvvetli dalların büyümesini de engelleyebilir (Wilson, 2000; Cline and Sadeski, 2002) (Şekil 2).



Şekil 2. Genç (solda) ve yaşlı elma ağaçlarında (sağda) apikal kontrolün etkisi (orjinal).

*Figure 2. The effect of apical control on young (on the left) and old apple trees (on the right) (original).*

Apikal kontrol terimi ilk defa, Brown ve ark. (1967), tarafından çok yıllık bitki türleri için kullanılmıştır (Cline and Sadeski, 2002). Avrupa’lı bilim adamları apikal kontrol yerine sık şekilde “akrotoni” kelimesini kullanmaktadırlar. Meyve ağaçları genellikle kuvvetli apikal kontrol gösterirler ve bu

nedenle 1 yaşlı dalların tepe kısmındaki yan dallar, daha altta bulunanlara kıyasla daha kuvvetli şekilde gelişirler. Apikal kontrolün, apikal dominansı ile zıtlık gösteren önemli bir özelliği, aynı lateral dal üzerindeki dormant tomurcukların, ilk yıl yaklaşık olarak aynı zaman diliminde büyümeleri ve yaprak oluşturmalarıdır (Wilson, 2000). Apikal kontrol, dormansi periyodu sona erdikten sonra, yeni yan tomurcuklar büyüdüğünde başlar. Tomurcuklar önce patlar ve yaprakları teşkil eder, daha sonra apikal kontrol alttaki yan dalların büyümesini durdurabilir. Büyüme hızını azaltabilen herhangi bir etmen, dolaylı olarak apikal kontrolün şiddetini azaltabilir (Wilson, 2000). Örneğin M 9 gibi bodur anaç kullanımı (Maguylo and Lauri, 2007) ve ağaç terbiyesi (kuvvetli dalların eğilmesi gibi) (Lauri and Lespinasse, 2001) apikal kontrolü azaltabilmektedir.

Faust ve ark. (1995), soğuklama ihtiyacı ile apikal kontrol arasında bir ilişkinin olduğunu ve yüksek soğuklama ihtiyacı duyan elma çeşitlerinin (Northern Spy gibi), düşük soğuklama ihtiyacı duyanlara (Anna gibi) nazaran daha şiddetli apikal kontrol gösterdiklerini tespit etmişlerdir (Buban, 2000). Bununla birlikte kış soğuklama ihtiyacının yeterince karşılanmadığı lokasyonlarda, doğal gelişim seyrinde proleptik dallanmanın genellikle basitoni ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Bu olayda 1 yaşlı dalların uç kısımlarında bulunan tomurcukların, ilkbahar'da nispeten daha geç uyanmaları sorumlu tutulmaktadır (Cook and Jacobs, 1999; Maguylo et al., 2012). Akrotonik gelişimin zıttı olarak, basitoni gelişimde kuvvetli dallar ağacın alt katında yer alırlar (Ferree and Schupp, 2003).

### **Apikal mekanizmalarla ilgili ortaya atılan görüşler**

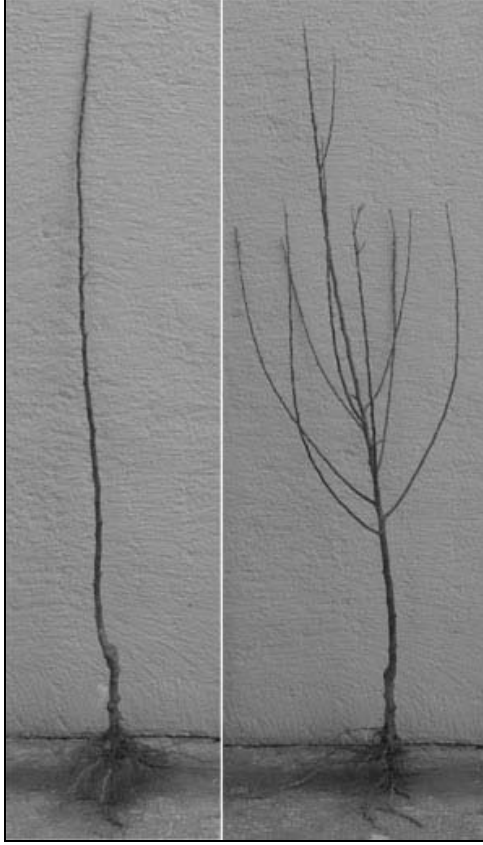
Apikal mekanizmalar olayı, çok uzun yıllardır üzerinde çalışılan bir konudur ve bu mekanizmaların açığa çıkartılabilmesi için sayısız çalışma yapılmıştır. Muhtemelen tek bir faktörden ziyade birden fazla faktörün olaya katılıyor olması, buna ilaveten faktörlerin karşılıklı etkileşimleri bu mekanizmaların anlaşılabilmesini oldukça

karmaşık bir hale sokmaktadır (Cline, 2000; Srivastava, 2002). Örneğin kabuk dokusuna zarar veren herhangi bir uygulama (boğma gibi) oksinin ve karbonhidratların yukarıdan aşağıya doğru (basipetal) akışının önüne set çektiği gibi, o bölgedeki sitokinin seviyesini de arttırabilmektedir (Srivastava, 2002; Ferree and Schupp, 2003; Jackson, 2003).

### *Genetik yapı*

Meyve ağaçlarının doğal taç gelişimleri genetik kontrol altındadır (De Wit et al., 2000) ve dallanma üzerine etki eden başlıca faktör çeşittir (Quinlan and Tobutt, 1990). Elma çeşitleri dallanma karakteristikleri açısından farklılık gösterirler. Budama vb. müdahalelerin yapılmadığı doğal gelişim seyrinde bazı çeşitler (Starkrimson Delicious gibi spur çeşitler) basitoni gelişim gösterirken, bazıları (Granny Smith gibi) akrotonik, bazıları ise (Golden Delicious gibi) mesotoni gelişim gösterirler. Basitoni gelişim ağacın alt katında kuvvetli bir büyüme ile açıklanırken (Ferree and Schupp, 2003), akrotonik gelişimde kuvvetli dallar ağacın üst kısmında yer alırlar (Costes et al., 2006). Mesotoni gelişimde ise kuvvetli ana dallar ağaçların bir tarafında alt kısımda bulunabildiği gibi, başka bir yöne bakan tarafında üst kısımda bulunabilirler (Lauri and Terouanne, 1998).

Meyve türlerinde apikal dominansı farklı şiddetlerde görülebilmektedir. Türler ve hatta aynı tür içerisinde çeşitler arasında da apikal dominansiye olan eğilim değişebilmektedir. Gudarowska ve Szewczuk (2004), zayıf apikal dominansı eğilimindeki Pinova çeşidinin, daha kuvvetli apikal dominansı gösteren Delbarestivale ve Ligol elma çeşitlerinden aynı gelişim şartlarında daha fazla sileptik yan dal meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Elmalarda spur (Redchief ve Starkrimson Delicious gibi) ve kolumnar çeşitlerin (McIntosh Wjczik gibi) kuvvetli apikal dominansı gösterdikleri rapor edilmiştir (Quinlan and Tobutt, 1990; De Wit et al., 2000; Ferree and Schupp, 2003) (Şekil 3). Wjczik McIntosh kolumnar elma çeşidinin, neredeyse hiç sileptik odun dalı oluşturamamasının nedeni olarak compact (Co) geni sorumlu tutulmaktadır (Lapins, 1976).



Şekil 3. Genotip'in apikal dominansiye olan etkisi. Kuvvetli apikal dominansi gösteren Starkrimson Delicious elma çeşidine ait 1 yaşlı fidan (solda) ve zayıf apikal dominansi gösteren Braeburn elma çeşidine ait 1 yaşlı fidan (sağda) (orjinal).

*Figure 3. The effect of genotype on apical dominance. One-year-old nursery tree of Starkrimson Delicious apple variety showing strong apical dominance (on the left) and one-year-old nursery tree of Braeburn apple variety showing weak apical dominance (on the right) (original).*

Çeşitlerin dallanma özellikleri kullanılan anaca göre değişebilmektedir. Jaumien ve ark. (1993), Polonya'da 3 ayrı lokasyonda (Lublin, Varşova, Cracow) M 9, M 26 ve MM 106 anaçlı Cortland, Gloster, Melrose, Jonagold çeşitlerinde farklı yöntemlerin sileptik dallanma üzerine etkilerini

incelemişlerdir. Çalışma sonucunda M 9'a göre daha kuvvetli büyüyen M 26 ve MM 106 anaçlarının, apikal dominansi şiddetini azalttığı ve sileptik yan dallanmayı arttırdığı tespit edilmiştir.

#### *Hormonlar*

**Oksin:** Bakla (*Vicia faba*) bitkisinin kullanıldığı orjinal apikal dominansi hipotezi, büyümekte olan apikal tomurcuktan salgılanan oksinin, yan tomurcukların sürmesini engellemesidir (Cline, 1997). Bu hipotez günümüze değin sayısız araştırmacı tarafından test edilmiştir, fakat halen oksinlerin bunu nasıl yaptığı sorusunun cevabı bulunamamıştır (Srivastava, 2002). Örneğin, King ve Van Staden (1988), oksin sentezini azaltan herhangi bir uygulamanın inaktif bir sitokinin olan isopentenyladenine'nin, aktif bir sitokinin olan zeatin'e dönüşmesini sağlayarak, Hosokawa ve ark. (1990), genç yaprakların oksin sentezi yapmaları ve büyümeleri sırasında hızlı bir şekilde besin elementlerini tüketmeleri nedeniyle apikal dominansiye neden olduklarını savunmuşlardır. Wang ve ark. (1994), apikal tomurcuk tarafından üretilen indolasetik asit'in (IAA) yan tomurcuklara su taşınımını kısıtlamak suretiyle onların büyümelerini engelleyebileceğini bildirmişlerdir.

Oksin hipotezinden yararlanılarak gerek fidanlıklarda, gerekse bahçe aşamasında kullanılan çok sayıda dallandırma yöntemi geliştirilmiştir. Tepe kesimi (Gastol and Poniedzialek, 2003), kabuk dokusunu yaralayan uygulamalar (nicking gibi) (Elfving and Visser, 2007), oksin sentezini engelleyen kimyasalların (cyclanilide (CYC), triiodobenzoic acid (TIBA), *n*-propyl-3-t-butylphenoxyacetate (M&B 25-105) gibi) kullanılması (Quinlan and Tobutt, 1990), aktif büyüme döneminde olan yaprak ayalarının alınması (Popenoe and Barritt, 1988; Volz et al., 1994; Cmelik and Tojnko, 2005) (Şekil 4) gibi yöntemler bunlardan bazılarıdır.



Şekil 4. Elma fidanlıklarında sileptik dallanmayı teşvik etmek amacıyla, büyüme noktasının altında bulunan henüz tam büyüklüğünü almamış yaprak ayalarının alınması (orjinal).

Figure 4. Leaf removal of immature leaves below the growing apex for increase sylleptic branching in apple nurseries (original).

Strigalaktanaz (strigolactones): Dallanma ile ilgili en son keşfedilen hormondur. Strigalaktanaz, oksin'le birlikte son yüzyıl süresince apikal dominansinin oluşumunda, en önemli iki hormondan birisi olarak görülmekte ve hatta bu oluşumun açıklanmasında en önemli hipotez olarak kabul edilmektedir. Nitekim dışsal strigalaktanaz uygulamalarının, bezelyelerde yan dallanmayı engellediği, hatta tepe kesimi yapılarak oksin'in uzaklaştırıldığı durumlarda bile etkisini sürdürdüğü tespit edilmiştir (Brewer et al., 2009; Hayward et al., 2009). Strigalaktanaz hormonu, *rms1*, *rms5* ve *max4* genlerinden yoksun mutant bitkilerde keşfedilmiştir (Matusova et al., 2005). Bouwmeester ve ark. (2007), strigalaktanaz biyosentezinin N ve P noksanlığında arttığını bildirmişler ve bu hormonun yan dallanma üzerine çevresel faktörlerin etkilerini açıklayabileceğini savunmuşlardır. Köklerde üretilen strigalaktanazlar odun borusu aracılığıyla bitkinin üst kısımlarına aşağıdan yukarıya doğru (akropetal) olarak taşınırlar ve yan tomurcukların büyümelerini engellerler (McSteen, 2009). Strigalaktanaz, büyümekte olan sürgünlere uygulandığında ise sürgün boyunu kısaltır (Brewer et al., 2009). Son zamanlarda dallanmayla ilgili genler (*rms* (ramosus), *max* (more axillary growth) ve *dad* (decreased apical dominance) gibi) arasındaki sinyal mekanizmasının

strigalaktanazlar olduğu düşünülmektedir (Ferguson and Beveridge, 2009). Ayrıca oksinlerin, yan tomurcuklar üzerindeki engelleme etkisini strigalaktanaz aracılığıyla gerçekleştirdiği düşünülmektedir (Brewer et al., 2009).

Sitokinin: Tarihsel olarak apikal dominansi üzerine oksin teorisinden sonra öne sürülen hipotez, başta sitokinler olmak üzere diğer hormonlarında etkili olduğudur. Sitokinler sürgünler tarafından da üretilir, fakat başlıca sentez yerleri köklerdir. Köklerde üretilen sitokinler odun borusu aracılığıyla sürgün ucunu da kapsayan bitkinin çeşitli meristematik bölgelerine aşağıdan yukarıya doğru taşınırlar. Sitokinlerin tomurcuklarda üretildiklerine dair kanıtlarda bulunmaktadır (Cline, 1991; Srivastava, 2002). Dışsal sitokinin uygulamalarının apikal dominansiyi azalttığına dair kanıtlar bulunsa da, bunların birincil rol oynadıklarını söylemek oldukça zordur (Cline, 1991).

Bir tomurcuğun yakın çevresindeki serbest sitokinlerdeki artış, serbest oksin seviyesini azaltabilir, ya da bunun tam tersi serbest oksin seviyesindeki artış, serbest sitokinin seviyesini azaltabilir. Nitekim oksin/sitokin oranının artması yan dallanmanın engellenmesiyle, bu oranın azalması ise yan dallanmanın artmasıyla ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte petunya bitkisinde *dad* geninden, bezelye bitkisinde ise *rms* geninden yoksun mutantlarda yan dallanmanın arttığı, fakat bu yan dal artışının içsel oksin ve sitokin içeriği ile ilişkilendirilen hormonal kontrol hipotezleri ile örtüşmediği belirlenmiştir (Srivastava, 2002). Yine benzer şekilde tütün bitkisinde *35S-ipt* ve *35S-iaaL* genleri sitokinin seviyesini arttırmakta ya da oksin seviyesini azaltmaktadır. Fakat buna karşın oksin/sitokin dengesindeki bu değişim, fenotipte yan dallanmayla doğrusal ilişki göstermemektedir (Beveridge et al., 2000). Nitekim odunlu bitkilerde de kambiyal aktivite ve uzamayla ilişkili içsel hormon seviyesi ölçümlerinin, genellikle dışsal uygulamalarla tutarsız sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir (Little and Pharis, 1995; Wilson, 2000).

Cook ve ark. (2001), Granny Smith ve Braeburn çeşitlerine ait 1 yaşlı dallarda alt

kısımlardan alınan örneklerin, üst kısımlardan alınanlara göre daha düşük sitokinin içerdiklerini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu farklılıkların apikal kontrole neden olduğunu bildirmişlerdir.

Elmalarda yapılan farklı çalışmalarda dışsal sitokinin uygulamalarının dallanmayı arttırdığı tespit edilmiştir (Basak et al., 1993; Volz et al., 1994; Csiszar and Buban, 2004; Duyvelshoff, 2011).

Gibberellin (GA): Hücre bölünmesinden ziyade, daha çok hücre büyümesi ile ilişkilendirilen GA'ların apikal dominansiden kurtulan tomurcukları uzattığına dair genel bir görüş bulunmaktadır (Cline, 1991). Bununla birlikte dışsal GA uygulamalarının, dallanmayı arttırdığı da bilinmektedir (Srivastava, 2002). Bu nedenle pratikte GA ile birlikte sitokinin içeren dallanma ajanlarının (BA ve GA<sub>4+7</sub>'nin yaklaşık % 50'lik karışım formülasyonu olan Perlan® ya da Promalin® gibi) kullanımı yaygınlaşmıştır (Popenoe and Barritt, 1988; Wertheim and Webster, 2003; Elfving and Visser, 2007; Jung and Lee, 2008).

Palmer ve ark. (2011) GA<sub>3</sub> veya GA<sub>4+7</sub> uygulamalarının Doyenné du Comice armut çeşidinde, Koyuncu ve Yıldırım (2008) BA+GA<sub>4+7</sub> uygulamalarının 0900 Ziraat kiraz çeşidinde, Gudarowska ve Szewczuk (2004) BA+GA<sub>3</sub> uygulamalarının 3 farklı elma çeşidinde sileptik yan dallanmayı arttırdığını tespit etmişlerdir. Bu kimyasallarla farklı lokasyonlarda, farklı anaç/çeşit kombinasyonları için yan dallanmaya odaklanmış çok sayıda çalışma yapılmıştır (Basak et al., 1993; Jaumien et al., 1993; Jacyna and Puchala, 2004; Kviklys, 2006; Elfving and Visser, 2007; Jung and Lee, 2008; Kaplan, 2010).

Etilen: Büyüme engelleyici hormonlardan olan etilenin apikal dominansi de doğrudan bir rolünün olup olmadığı belirsizliğini korumaktadır (Cline, 1991). Bununla birlikte super spindle ve cordon terbiye sistemlerini tercih eden yetiştiricilere yönelik fidan üretiminde, sentetik etilenlerden (ethephon gibi) yararlanılmaktadır. Nitekim bu terbiye sistemlerinde birim alana düşen fidan sayısının çok fazla olması sebebiyle, fidanların uzun odun dallarından ziyade,

meyve dalları taşıması istenir (Robinson, 2003).

Absisik asit (ABA): ABA'nın apikal dominansi de doğrudan bir etkisinin olduğunu kanıtlayan tutarlı veriler bulunmamaktadır (Cline, 1991). Bununla birlikte ABA'nın yan tomurcukların büyümesini engellediğini savunan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Shimizu-Sato et al., 2009). Buna karşın ABA uygulamalarının ardından, BA uygulamalarıyla ABA'nın engelleme etkisi ortadan kaldırılabilmektedir (Tworkoski and Miller, 2007). Dışsal ABA uygulamalarının hücre bölünmesi ve büyümesini engellemek suretiyle, yan tomurcukların büyümesini engellediği düşünülmektedir (Srivastava, 2002).

#### Çevresel faktörler

Yan dallanmayı etkileyen çevresel koşullar interaksiyon gösterebilir ve bu yüzden dallanma yıldan yıla değişebilir. Bazı iklim koşulları veya bölgelerde dallanma, diğer bazı yerlere kıyasla daha iyi olabilir (Wertheim and Webster, 2003). Nisbi nem, hava ve toprak sıcaklığı sileptik dallanma için önemlidir (Tromp, 1996).

Yaprak güzeli çiçeği (*Begonia rex*) kullanılarak yapılan çalışmalarda, ışık yoğunluğunun azalmasının apikal dominansi etkisini arttırdığı tespit edilmiştir (Srivastava, 2002). Bu durum muhtemelen daha düşük fotosentez seviyesinin bir sonucudur (Phillips, 1975).

İyi ışık gören dallar, apikal kontrolden bir nebze olsa kurtulurlar ve sonuçta daha yüksek oranda fotosentez yaparlar. Yüksek ışık yoğunluğu nedeniyle, fotosentez oranı da artacağından, dal büyümesi ve yaprak alanı da artar. Çok gölgeli bir ortamda kalan kısa sürgünler sonunda ölürlar (Wilson, 1990; Wilson, 2000).

Kontrollü ortamlarda yapılan çalışmalarda M 9 anacı üzerine aşılı Elstar ve Rode Boskoop çeşitlerinde toprak sıcaklığı ve nem değerlerinin en yüksek olduğu uygulama (22 °C, % 90), diğer uygulamalara (22 °C, % 50; 12 °C, % 90; 12 °C, % 50) göre lider dal uzunluğu ve sileptik yan dal sayısını arttırmıştır (Tromp, 1992). Arazi çalışmalarında da paralel sonuçlar elde edilmiştir. Gastol ve Poniedzialek (2003),

yağmurlu geçen bir sezonda, nispeten kurak geçen sezona göre daha çok sileptik yan dal meydana geldiğini bildirmişlerdir.

#### *Beslenme koşulları*

Beslenme koşulları fidan kalitesinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir (Jackson, 2003). İyi bir dallanma için optimum seviyede su ve bitki besin elementi takviyesi yapılmalıdır (Milosevic and Milosevic, 2011). Fidanların bahçe performansları da, büyük ölçüde sahip oldukları besin rezervlerine (özellikle N ve toplam karbonhidrat içeriği) bağlıdır. Bununla birlikte, bahçe aşamasında elma fidanlarının vejetasyon periyodu başındaki gelişimlerinde birincil beslenme faktörü karbonhidratlar değil, N'dir (Cheng et al., 2004). Elma fidanlarında bulunan yüksek N rezervi, yüksek kök:sürgün oranından daha önemlidir (Cheng, 2002).

Besin elementleri noksanlığında (özellikle N) apikal dominansi şiddeti artar ve sitokinin seviyesi azalır (Jackson, 2003). Apikal dominansiden kurtulan tomurcuklarda ise nişasta ve K seviyesi artmaya başlar (Cline, 1991). Uzun zamandan beri hormonların ve asimilatların etkileşimli şekilde apikal dominansiye neden olduğu düşünülmektedir (Ferguson and Beveridge, 2009). Bununla birlikte, dallanmada büyüme düzenleyici uygulamalarıyla elde edilen başarının, dışsal besin elementi takviyeleriyle elde edilememesi oldukça dikkat çekicidir (Srivastava, 2002).

Başarılı bir dallanma için, kaliteli (yeterli besin rezervlerine sahip) anaçlar kullanılmalı ve ideal dikim aralıkları tercih edilmelidir (Theron et al., 2000; Bielicki and Czynczyk, 2004). Geniş mesafelerle dikilen bitkilerde gövde çapı, dal sayısı ve ortalama sürgün uzunluğu artar (Duyvelshoff, 2011). Dikim sıklığının azalması ise tam tersi bir durum yaratabilir. Bunun nedeni gölgede kalma ve besin elementleri için rekabet olabilir (McSteen, 2009). Işık girişi ile ertesi yılki bahçe verimi arasında doğrusal ilişki bulunmaktadır (Wünsche and Lakso, 2000).

Bol gübreleme ve sulama sonucunda, apikal dominansi etkisinin azalmasıyla birlikte sileptik yan dal sayısı artmaktadır. Buna karşın bu tarz kültürel uygulamalar

dokularda pişkinleşmeyi geciktirmekte, kök:sürgün oranını azaltmakta ve sonuçta bu şekilde yetiştirilen fidanların bahçe performansları kötü olabilmektedir (Theron et al., 2000).

İyi bir dallanma için, fidancılık verimli topraklar üzerinde yapılmalıdır (Bielicki and Czynczyk, 2004). Yetersiz sulama (Jackson, 2003) ve aynı arazinin ara verilmeden fidan üretiminde kullanılması kaliteyi azaltır. Nitekim toprağın durumuna göre değişmekle birlikte, aynı yerde ikinci defa fidan yetiştirmek için arazinin 2 veya 3 yıl tarla bitkileri yetiştirilerek dinlendirilmesi tavsiye edilmektedir (Yapıcı, 1992).

#### *Asimilatların dağılımı*

Apikal kontrol altında dallarda üretilen bütün yapraklar, nadiren uzamaya neden olabilirler. Bu nedenle, apikal dominansiye ters bir şekilde, apikal kontrol altında bütün yan dallar asimilat üretirler. Bu asimilatların dağılım hipotezine göre, yan dallardan asimilatların dışarıya aktarımında lider dalın düzenleyici rolü vardır. Ana gövde (lider dal) sağlamsa (tepe kesimi vb. yapılmamışsa), dallar tarafından üretilen asimilatlar, bu dalların büyümesinden ziyade liderin büyümesinde kullanılır. Lider kaldırılırsa, asimilatlar yan dallarda kalır ve onların büyümesi için kullanılır. Asimilatların dağılımı hipotezi, yan dallarda üretilen asimilatların, lider tarafından alıkonulması hipotezine dayandırılmaktadır. Apikal kontrol altında, gövdede asimilat birikimi nispeten yüksektir, bu yüzden dallardaki düşük asimilat birikimi büyüme için yeterli seviyede hormon olmasına rağmen dal büyümesini kısıtlayabilmektedir. Dal çapının artışı, asimilat birikimi ile ilişkilidir (Wilson, 1990; Wilson, 2000).

#### *Gravimorfizm*

Dal açısının, dal büyümesi üzerine olan etkisi gravimorfizm olarak adlandırılır. Gravimorfizm olayının, dik şekilde gelişmeyen yan dalların büyümesini yavaşlattığı varsayılmaktadır. Bahçeciler dalların dik olarak geliştikleri takdirde daha kuvvetli olarak geliştiklerini, daha geniş açıyla geliştikleri takdirde ise (dal açma ya da eğme yapılarak) daha zayıf olarak geliştiklerini ve daha erken yıllarda çiçek

açtıklarını gözlemlemişlerdir (Wareing and Nasr, 1961). Doğal gelişim seyrinde toprağa daha yakın olan dallar, üsttekilere göre daha geniş açıyla çıkarlar (Preston, 1968). Yan dallar yatay şekilde açılırlarsa onların uzunlukları azalır, apikal dominansi hafifler ve bazı inaktif tomurcuklar büyümeye başlar (Cline, 1991). Eğme, aynı zamanda yeni sürgünlerin oluştuğu yerleride etkiler. Dal açısı yataya yaklaştıkça dallanma, dalın ana dalla bağlantı noktasına doğru kayar (Ferree and Schupp, 2003).

Dik şekilde gelişen dallar sezon sonuna kadar büyümelerini devam ettirirler ve büyümeleri daha erken dönemde sonlanan yatay dallara kıyasla daha uzun olurlar. Buna ilaveten dikey gelişen dallarda düşük karbonhidrat seviyesi ve yüksek N konsantrasyonu bulunur (Jackson, 2003).

Elmalarda dik şekilde büyüyen dallarda, geniş açıyla büyüyenlere göre tepe tomurcuğu ile sileptik yan dallar arasındaki dikey mesafenin ve sürgün ucu bölgesindeki oksin seviyesinin yanında oksin/sitokinin oranının da arttığı tespit edilmiştir (Tworkoski and Miller, 2007).

Dalların açılması suretiyle sürgün büyümesinin azaltılması sonucunda, kök büyümesinde yavaşlar ve bu sayede ağacın üst kısmı ile kökler arasındaki denge sürdürülmüş olur (Ferree and Schupp, 2003).

Lauri ve Lespinasse (2001), uygulama zamanı, vejetasyon süresinin uzunluğu, eğme açısı ve çeşidin gravimorfizim üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bazı elma genotiplerine ait odun dallarında, farklı zamanlarda 120° eğme uyguladıkları çalışma sonucunda yaz dönemi uygulamalarının mesotoni, kış dönemi uygulamalarının ise basitoni oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda elma ağaçlarında eğmenin kış döneminde yapılması tavsiye edilmiştir.

Ito ve ark. (1999), Japonya koşullarında yetiştirilen Kosui armut çeşidinde 55-90 cm uzunluğundaki bazı dalları haziran ayının sonunda 45° açmışlardır. Uygulamanın ardından dik şekilde gelişen dallarda IAA seviyesi artmaya devam ederken, açılan dallarda IAA seviyesi hemen hemen aynı seviyede kalmıştır. Ayrıca çalışmada dal açmanın, sitokinin (zeatin) seviyesini

arttırdığı, GA seviyesini azalttığı tespit edilmiştir.

Geniş açığa sahip yan dallar bahçe aşamasında, kırılmadan daha fazla ürün yükü taşıyabilirler. Buna karşın dar açıyla gelişen dallar sonbaharda daha geç pişkinleşirler ve kış aylarında soğuktan zarar görebilirler. Buna ilaveten dar açılı yan dalların ana gövdeyle bağlantı noktaları hastalık ve zararlılar için cezp edici bölgelerdir (Warner, 1991).

Bargioni ve ark. (1995), 1 yaşlı GF 677 (*Prunus persica* x *Prunus amygdalus*) anacını ve M 9 anacına aşılı Golden Delicious fidanlarını dik, 45° ve toprakla 30° açıyla dikmişlerdir. 3 vejetasyon periyodu sonunda en yüksek gövde çapı ve lider dal uzunluğu değerleri dik şekilde dikilen bitkilerden elde edilmiş, bunu 45° ve toprakla 30° açıyla dikilen bitkiler takip etmiştir. Araştırmada eğik şekilde dikilen bitkilerde, kök toplam kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

Savini ve ark. (2007), bazı elma, armut ve kiraz çeşitlerine ait 1 yaşlı fidanları dik ve toprakla 50°-60° olacak şekilde dikmişlerdir. Araştırmacılar eğik şekilde dikilen bitkilerde, azda olsa tomurcuk patlama oranının arttığını ve akrotoninin azaldığını tespit etmişlerdir.

Slender-spindle ve HYTEC (hybrid tree cone orchard system) terbiye sistemlerinde, özellikle kuvvetli şekilde gelişen lider dalların 45° eğilmesi tavsiye edilir. Her yıl tekrarlanan bu işlem, ağaçların zikzak şeklini almalarını sağlar. Zikzak tekniği ağaç büyümesini kısıtlamakta ve yan dallanmayı arttırmaktadır (Robinson, 2003).

Bu çalışmada ele alınan apikal dominansi ve apikal kontrol konusu, halen gizemini sürdürmektedir. Bununla birlikte bu mekanizmaların açığa çıkartılabilmesi için yapılan sayısız çalışmadan elde edilen bilgilerin ışığı altında, pratik elma yetiştiriciliğinde büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Örneğin bahçe tesisini takip eden ilk yıllarda maksimum verim anlamı taşıyan dallı fidan üretiminde, üreticilerin her geçen gün artan beklentilerini karşılayabilmek için yeni terbiye sistemlerinin geliştirilmesinde, her yıl düzenli ve kaliteli ürün elde edebilmeye olanak sağlayan nitelikte budama



yapılabilmesinde bu bilgilerden yararlanılmaktadır. Bu nedenlerle fidancının ve elma üreticilerinin, apikal mekanizmalarla ilgili hali hazırda yapılmış olan bilimsel çalışma sonuçlarını kavramaya çalışmalarının oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Bargioni, G., Baroni, G., Tonutti, P., Pitacco, A. and Ramina, A. 1995. Scion Inclination in *Malus domestica* Borkh. and *Prunus* spp. Influences Root Growth and Distribution. *HortScience*, 30: 517-520.
- Basak, A., Buban, T. and Kolodziejczak, P. 1993. Paturyl 10 WSC as a Branching Agent for Young Apple Trees in Nursery and Orchards. *Acta Horticulturae*, 329: 201-203.
- Beveridge, C.A., Symons, G.M. and Turnbull, G.N. 2000. Auxin Inhibition of Decapitation-Induced Branching Is Dependent on Graft-Transmissible Signals Regulated by Genes *Rms1* and *Rms2*<sup>1</sup>. *Plant Physiology*, 123: 689-697.
- Bielicki, P. and Czynczyk, A. 2004. Effect of Rootstock Quality and Height of Heading Back One-Year-Old Grafts on the Quality of Two-Year-Old Trees in the Nursery. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 61-67.
- Bouwmeester, H.J., Roux, C., Lopez-Raez, J.A. and Becard, G. 2007. Rhizosphere Communication of Plants, Parasitic Plants and AM Fungi. *Trends Plant Science*, 12: 224-230.
- Brewer, P.B., Dun, E.A., Ferguson, B.J., Rameau, C. and Beveridge, C.A. 2009. Strigolactone Acts Downstream of Auxin to Regulate Bud Outgrowth in Pea and Arabidopsis. *Plant Physiology*, 150: 482-493.
- Brown, C., Alpine, R. and Kormanik, P. 1967. Apical Dominance and Form in Woody Plants: A Reappraisal. *American Journal of Botany*, 54: 153-162.
- Buban, T. 2000. The Use of Benzyladenine in Orchard Fruit Growing: A Mini Review. *Plant Growth Regulation*, 32: 381-390.
- Cheng, L. 2002. Growth Performance of Apple Nursery Trees in Relation to Reserve Nitrogen and Carbonhydrates. *New York Fruit Quarterly*, 10: 15-18.
- Cheng, L., Ma, F. and Ranwala, D. 2004. Nitrogen Storage and its Interaction with Carbohydrates of Young Apple Trees in Response to Nitrogen Supply. *Tree Physiology*, 24: 91-98.
- Cline, M.G. 1991. Apical Dominance. *The Botanical Review*, 57: 318-358.
- Cline, M.G. 1997. Concepts and Terminology of Apical Dominance. *American Journal of Botany*, 84: 1064-1069.
- Cline, M.G. 2000. Execution of the Auxin Replacement Apical Dominance Experiment in Temperate Woody Species. *American Journal of Botany*, 87: 182-190.
- Cline, M.G. and Sadeski, K. 2002. Is Auxin the Repressor Signal of Branch Growth in Apical Control ? *American Journal of Botany*, 89: 1764-1771.
- Cmelik, Z. and Tojnko, S. 2005. Inducement of Sylleptic Shoots in Apple in the Fruit-Tree Nursery. *Pomologia Croatica*, 11: 155-166.
- Cook, N.C., Rabe, E., Keulemans, J. and Jacobs, G. 1998. The Expression of Acrotony in Deciduous Fruit Trees: A Study of Apple Rootstock M9. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123: 30-34.
- Cook, N.C. and Jacobs, G. 1999. Suboptimal Winter Chilling Impedes Development of Acrotony in Apple Shoots. *HortScience*, 34: 1213-1216.
- Cook, N.C., Bellstedt, D.U. and Jacobs, G. 2001. Endogenous Cytokinin Distribution Patterns at Budburst in Granny Smith and Braeburn Apple Shoots in Relation to Bud Growth. *Scientia Horticulturae*, 87: 53-63.
- Costes, E., Lauri, P.E. and Regnard, J.L. 2006. Analyzing Fruit Tree Architecture: Implications for Tree

- Management and Fruit Production. Horticultural Reviews, 32: 1-61.
- Csiszar, L. and Buban, T. 2004. Improving the Feathering of Young Apple Trees in Environment Friendly Way by Modified Benzyladenine Application. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 31-39.
- De Wit, I., Pauwels, E. and Keulemans, J. 2000. Different Growth Habits in Apples and Correlation Between Growth Characteristics in Progenies with a Common *Co*-Gene Parent. Acta Horticulturae, 538: 325-330.
- Duyvelshoff, C.R.A. 2011. Plant Bioregulator Strategies to Alleviate Biennial Bearing, Enhance Precocity, and Control Vegetative Growth of "Northern Spy" Apple Trees. Master of Science Thesis, The Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph, 142 pp, Ontario.
- Elfving, D.C. and Visser, D.B. 2007. Improving the Efficacy of Cytokinin Applications for Stimulation of Lateral Branch Development in Young Sweet Cherry Trees in the Orchard. HortScience, 42: 251-256.
- Faust, M., Liu, D., Wang, S.Y. and Stutte, G.W. 1995. Involvement of Apical Dominance in Winter Dormancy of Apple Buds. Acta Horticulturae, 395: 47-56.
- Ferguson, B.J. and Beveridge, C.A. 2009. Roles for Auxin, Cytokinin, and Strigolactone in Regulating Shoot Branching. Plant Physiology, 149: 1929-1944.
- Ferree, D.C. and Schupp, J.R. 2003. Pruning and Training Physiology. In: Apples, Botany, Production and Uses. (Eds. Ferree, D.C. and Warrington, I.J.), CABI Publishing, Cambridge, pp. 319-344.
- Gastol, M. and Poniedzialek, W. 2003. Induction of Lateral Branching in Nursery Trees. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Horticulture, 6: 8.
- Gudarowska, E. and Szewczuk, A. 2004. The Influence of Agro-Technical Methods Used in the Nursery on Quality of Planting Material and Precocity of Bearing in Young Apple Trees in the Orchard. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 91-96.
- Hayward, A., Stirnberg, P., Beveridge C. and Leyser, O. 2009. Interactions between auxin and strigolactone in shoot branching control. Plant Physiology, 151: 400-412.
- Hosokawa, Z., Shi, L., Prasad, T.K. and Cline, M.G. 1990. Apical Dominance Control in *Ipomoea nil*: The Influence of the Shoot Apex, Leaves and Stem. Annals of Botany, 65: 547-556.
- Ito, A., Yaegaki, H., Hayama, H., Kusaba, S., Yamaguchi, I. and Yoshioka, H. 1999. Bending Shoots Stimulates Flowering and Influences Hormone Levels in Lateral Buds of Japanese pear. HortScience, 34: 1224-1228.
- Jackson, J.E. 2003. Biology of Horticultural Crops: Biology of Apples and Pears. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jacyna, T. and Puchala, A. 2004. Application of Environment Friendly Branch Promoiing Substances to Advance Sweet Cherry Tree Canopy Development in the Orchard. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 177-182.
- Jaumien, Fr., Czarnecki, B., Mitrut, T. and Poniedzialek, W. 1993. Very Similar Effects of a Mixture of GA<sub>3</sub> and BA (6-benzylaminopurine) and of GA<sub>4+7</sub> and BA on Branching of Some Apple Cultivars in Nursery. Acta Horticulturae, 329: 35-42.
- Jung, H.W. and Lee, J.Y. 2008. Physical Treatments Influencing Lateral Shoot Development in One-Year-Old Fuji/M.9 Nursery Apple Trees. Hort. Environ. Biotechnol., 49: 265-270.
- Kaplan, M. 2010. Effect of Growth Regulators on the Branching Ability of Maiden Apple Trees of the 'Šampion' and 'Jonica' Cultivars. Folia Horticulturae, 22: 3-7.
- King, R.A. and Van Staden, J. 1988. Differential Responses of Buds along the Shoot of *Pisum sativum* to Isopentenyladenine and Zeatin

- Application. *Plant Physiology and Biochemistry*, 20: 253-259.
- Koyuncu, F. and Yıldırım, A.N. 2008. Induction of Lateral Branching of '0900 Ziraat' Sweet Cherry Cultivar in Nursery with 6-Benzyladenine+GA<sub>4+7</sub>. *Acta Horticulturae*, 795: 391-394.
- Kviklys, D. 2006. Induction of Feathering of Apple Planting Material. *Latvian Journal of Agronomy*, 9: 58-63.
- Lang, G. 1990. Dormancy: A New Universal Terminology. *HortScience*, 22: 817-820.
- Lapins, K.O. 1976. Inheritance of Compact Growth Type in Apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 101: 133-135.
- Lauri, P.E., Terouanne, E., Lespinasse, J.M., Regnard, J.L. and Kelner, J.J. 1995. Genotypic Differences in the Axillary Bud Growth and Fruiting Pattern of Apple Fruiting Branches over Several Years - An Approach to Regulation of Fruit Bearing. *Scientia Horticulturae*, 64: 264-281.
- Lauri P.E. and Terouanne, E. 1998. The Influence of Shoot Growth on the Pattern of Axillary Development on the Long Shoots of Young Apple Trees (*Malus domestica* Borkh.). *International Journal of Plant Sciences*, 159: 283-296.
- Lauri, P.E. and Lespinasse, J. 2001. Genotype of Apple Trees Affects Growth and Fruiting Responses to Shoot Bending at Various Times of Year. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126: 169-174.
- Little, C.H.A. and Pharis, R.P. 1995. Hormonal Control of Radial and Longitudinal Growth in the Tree Stem. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology*. (Ed. Gartner, B.L.). Academic Press, New York, pp. 281-319.
- Maguylo, K. and Lauri, P.E. 2007. Growth and Fruiting Characteristics of Eight Apple Genotypes Assessed as Unpruned Trees on 'M.9' Rootstock and as Own-Rooted Trees in Southern France. *Acta Horticulturae*, 732: 93-99.
- Maguylo, K., Cook, N.C. and Theron, K.I. 2012. Environment and Position of First Bud to Break on Apple Shoots Affects Lateral Outgrowth. *Trees – Structure and Function*, 26: 663-675.
- Matusova, R., Rani, K., Verstappen, F.W.A., Franssen, M.C.R., Beale, M.H. and Bouwmeester, H.J. 2005. The Strigolactone Germination Stimulants of the Plant-Parasitic *Striga* and *Orobanche* spp. Are Derived from the Carotenoid Pathway. *Plant Physiology*, 139: 920-934.
- McSteen, P. 2009. Hormonal Regulation of Branching in Grasses. *Plant Physiology*, 149: 46-55.
- Milosevic, T. and Milosevic, N. 2011. Influence of Cultivar and Rootstock on Early Growth and Syllepsis in Nursery Trees of Pear (*Pyrus communis* L., *Rosaceae*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54: 451-456.
- Müller, D. and Leyser, O. 2011. Auxin, Cytokinin and the Control of Shoot Branching. *Annals of Botany*, 107: 1203-1212.
- Palmer, J.W., Seymour, S.M. and Diack, R. 2011. Feathering of 'Doyenné du Comice' Pear in the Nursery Using Repeat Sprays of Benzyladenine and Gibberellins. *Scientia Horticulturae*, 130: 393-397.
- Philips, I.D.J. 1975. Apical Dominance. *Annual Review of Plant Physiology*, 26: 341-67.
- Popenoe, J. and Barritt, B.H. 1988. Branch Induction by Growth Regulators and Leaf Removal in 'Delicious' Apple Nursery Stock. *HortScience*, 23: 859-862.
- Preston, A.P. 1968. Pruning and Rootstock as Factors in the Production of Primary Branches on Apple Trees. *J. Hort. Sci.*, 43: 17-22.
- Quinlan, J.D. and Tobutt, K.R. 1990. Manipulating Fruit Tree Chemically and Genetically for Improved Performance. *HortScience*, 25: 60-64.
- Robinson, T.L. 2003. Apple-Orchard Planting Systems. In: *Apples, Botany*,

- Production and Uses. (Eds. Ferree, D.C. and Warrington, I.J.). CABI Publishing, Cambridge, pp. 345-407.
- Savini, G., Neri, D., Zucconi, F. and Mancini, G. 2007. Lateral Shoot Growth of Apple, Pear and Cherry with Selective Disbudding on Newly Planted Trees. *Acta Horticulturae*, 732: 587-592.
- Shimizu-Sato, S., Tanaka, M. and Mori, H. 2009. Auxin-Cytokinin Interactions in the Control of Shoot Branching. *Plant Molecular Biology*, 69: 429-435.
- Srivastava, L. 2002. Plant Growth and Development: Hormones and Environment. Academic Press, London.
- Theron, K.I., Steyn, W.J. and Jacobs, G. 2000. Induction of Proleptic Shoot Formation on Pome Fruit Nursery Trees. *Acta Horticulturae*, 514: 235-243.
- Thimann, K. and Skoog, F. 1933. Studies on the Growth Hormone in Plants. III. The Inhibiting Action of Growth Substances on Bud Development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 19: 714-716.
- Tromp, J. 1992. Lateral Shoot Formation in Apple in the First Year After Budding as Affected by Air Humidity and Soil Temperature. *Acta Horticulturae*, 322: 141-150.
- Tromp, J. 1996. Sylleptic Shoot Formation in Young Apple Trees Exposed to Various Soil Temperature and Air Humidity Regimes in Three Successive Periods of the Growing Season. *Annals of Botany*, 77: 63-70.
- Tworzoski, T. and Miller, S. 2007. Endogenous Hormone Concentrations and Bud-Break Response to Exogenous Benzyladenine in Shoots of Apple Trees with Two Growth Habits Grown on Three Rootstocks. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology*, 82: 960-966.
- Volz, R.K., Gibbs, H.M. and Popenoe, J. 1994. Branch Induction on Apple Nursery Trees: Effects of Growth Regulators and Defoliation. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 22: 277-283.
- Wang, S.Y., Faust, M. and Line, M.J. 1994. Apical Dominance in Apple (*Malus domestica* Borkh): The Possible Role of Indole-3-Acetic Acid (IAA). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 1215-1221.
- Wareing, P.F. and Nasr, T.A.A. 1961. Gravimorphism in Trees I. Effects of Gravity on Growth and Apical Dominance in Fruit Trees. *Annals of Botany*, 25: 321-340.
- Warner, J. 1991. Rootstock Affects Primary Scaffold Branch Crotch Angle of Apple Trees. *HortScience*, 26: 1266-1267.
- Wertheim, S.J. and Webster, D. 2003. Propagation and Nursery Tree Quality. In: Apples, Botany, Production and Uses. (Eds. Ferree, D.C. and Warrington, I.J.). CABI Publishing, Cambridge, pp. 125-151.
- Wilson, B.F. 1990. The Development of Tree Form. *HortScience*, 25: 52-54.
- Wilson, B.F. 2000. Apical Control of Branch Growth and Angle in Woody Plants. *American Journal of Botany*, 87: 601-607.
- Wünsche, J.N. and Lakso, A.N. 2000. The Relationship between Leaf Area and Light Interception by Spur and Extension Shoot Leaves and Apple Orchard Productivity. *HortScience*, 35: 1202-1206.
- Yapıcı, M. 1992. Meyve Fidanı Üretim Tekniği (Kışın Yaprakını Döken Türler). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı Mesleki Kitaplar Serisi, Ankara.