



## Çilek Yetiştiriciliğinde Tozlayıcıların Kullanım Amaçları

Mehmet Ali Sarıdaş\*, Sevgi Paydaş Kargı

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ADANA

\*Sorumlu Yazar  
E-posta: masaridas@gmail.com

Geliş Tarihi: 10 Temmuz 2017  
Kabul Tarihi: 25 Eylül 2017

### Özet

Son yıllarda Ülkemizde ve Dünya’da çilek üretimi giderek artmaktadır. Bu artışın önemli nedenleri çilek meyvesinin önemli bir antioksidan kaynağı olması, aroması, güzel görünümü ve yetiştiriciliğinin önemli bir ticaret kolu olmasıdır. Bugüne kadar bu meyve türünün verim ve kalitesini arttırmaya yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Zira verim ve kalite pek çok faktörün etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu derlemede çilek yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine çok önemli etkisi olan tozlayıcı böceklerle yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Özellikle bal ve bombus arılarının etkinliği tartışılmıştır. Arıların çilek çiçeklerinde tozlanma ve dölleme düzeyini artırarak meyve iriliğini etkiledikleri ve bunun da toplam verim üzerine olumlu yansıdığı özetlenmiştir. Ticari değeri yüksek olan erkenci üretimde bozuk şekilli meyve oluşumu arı kullanımı ile önemli ölçüde azaltıldığı bildirilmiştir. Çalışmalar sonucunda önemli bir bulgu da arıların ziyaret edecekleri çeşit seçiciliğinde bu çeşidin çiçekleri tarafından salgılanan koku bileşiklerinin çiçek morfolojisinden daha etkili olduğunun bulunmasıdır. Bu da bozuk şekilli meyve miktarını azaltma hedefi olan ıslahçılar için önemli bir strateji olabilir. Böylece ıslahçı arıları cezp edici kokulara sahip çiçekleri olan çeşitleri ıslah ederek verimli ve düzgün şekilli meyve üretimini arttırabilir. Ayrıca çilekler için önemli bir problem olan *Botrytis* ile mücadelede bir entomopatogen olan *T. harzianum* 1295-22 ırkının biyolojik olarak *Botrytis*’in kontrolünde etkin olduğu da vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelime:** Bozuk şekilli meyve, kalite, verim

## The Aims of Usage Pollinators in Strawberry Cultivation

### Abstract

The strawberry production is increased in the World and our Country last years. The reasons are this increase of strawberry fruit which has being important antioxidant source, aroma, good appearance and cultivation is been important trade area. Many studies have been conducted to increasing of yield and quality until now. Also, yield and quality are consisted of interaction of many factors. In this review is comprised of studies about pollinator insect effects on the yield and quality in strawberry cultivation. Especially, effectiveness of honey and bombus bees is discussed. Fruit size is affected by bees with increasing of pollination and fertilization level in strawberry flower and of this is summarized positively influenced on total yield. It is reported that significant decreasing of misshapen fruit formation by bee usage in early production that has important commercial value. Another important finding by studies is odor compound which producing by plant is more efficient than flower structure. This could be very important strategy by breeders who aimed decreasing of misshapen fruit formation. In this way, breeders could have been increased yield and normal formed fruit by obtained cultivar which has attractive odor flowers. Also *T. harzianum* 1295-22 race (being an entomopathogenic) is emphasized to active the controlling of *Botrytis* which been important problem for strawberry.

**Key Words:** Misshapen Fruit, quality, yield

### GİRİŞ

Dünya’da yoğun olarak üretilen 115 farklı ürünün % 75’inden fazlasının hayvanlarla tozlandığı veya tozlanmayla verim ve kalitesinin arttığı, 28 üründe ise kendi kendine tozlanma veya rüzgârın yeterli olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte dünyadaki ürünlerin yaklaşık % 35’inden ürün alabilmek için hayvanlara ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir [1]. Tozlayıcı böceklerin tür ve çeşitliliği ile miktarlarının ekvatora doğru gidildikçe arttığı [2], soğuk bölgelere doğru ise bu çeşitliliğin azaldığı ve hatta arıyla tozlanmada ancak birkaç arı türüyle yetinilmek zorunda kalındığı saptanmıştır [3]. Bitkilerden ürün alabilmek için temel ürünlerin tozlayıcılara bağlı olmadan ürün verebilmelerine karşın, insan beslenmesinde önemli yeri olan ürünlerin büyük

çoğunun tozlayıcıya ihtiyaç duydukları belirlenmiştir [4]. Bunun sonucunda tarım alanlarından üstün verim ve kalite elde edebilmek için tozlanmanın nasıl olduğunu anlamak ve ona uygun davranmak temel prensipler arasındadır.

### Çilek Çiçeklerinde Tozlanmayı Etkileyen Faktörler

Çilek yetiştiriciliğinde yüksek miktarda ürün ve pazarlanabilir meyve alabilmek için tozlayıcı böcekler ihtiyacı duyulmaktadır. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada arıların çiçekleri tozlaması sonucu ürünün şeklinin, ağırlığının ve raf ömrünün geliştirildiği, böylece rüzgarla tozlanmaya kıyasla ürünün ticari değerinin yaklaşık olarak % 39 düzeyinde arttığı belirlenmiştir [5]. Çilek çeşitlerinin arıları eşit şekilde cezp etmedikleri başka bir deyimle bazı çeşitlerin arıları daha fazla çektikleri saptanmıştır

[6]. Çiçeğin rengi [7], çiçeğe ulaşılabilirlik [8], salkımın yapısı [9], çiçeğin kokusu [10,11], polen miktarı ve nektar içeriği [12] gibi birçok faktör tozlayıcı böceklerin bitki seçimlerinde önemli rol oynamakta ve onların davranışlarını etkilemektedir [13,14]. Bununla birlikte arıların çilek çeşitlerinin çiçeklerini ziyaret etme sürelerinin nektar miktarı ve cezbetme özelliklerine bağlı olduğu da ortaya konulmuştur [15]. Tozlayıcıların çiçekleri ziyaret etme sayısı ile bu ziyaret sırasında çiçekte kalma süresinin tozlanma oranını önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür. Etkin bir tozlanma için 4 ziyaretin toplam süresinin 40 saniye olmasının yeterli olduğu bildirilmiştir. Tozlayıcıların azlığında ise birincil çiçeklerin, ikincil ve üçüncül çiçeklere kıyasla daha düşük tozlanma oranına sahip oldukları görülmüştür [16]. Üç çilek çiçeklerinde stigma sayısının birincil çiçeklerden üçüncül çiçeklere doğru azaldığı bilinmektedir. Bal arılarının artan aktivitesi ile farklı sayıda stigmaya sahip çiçeklerde bu durumun göz ardı edilebileceği belirlenmiştir. Bal arılarının çiçekleri ilk ziyaret sürelerinin en uzun olduğu, çiçeğe yapılan ziyaret sayısının artışıyla ziyaret süresinin kısaldığı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre bal arısı aktivitesinin büyük çiçeklerde çok önemli olduğu fikrine varılmıştır. Daha önceki pek çok çalışma ile iri çiçeklerin arıları daha fazla cezp ettikleri de ortaya konulmuştur [17,18]. Üç çilek çeşidinin çiçeklerinde bulunan uçucu bileşiklerin miktar ve çeşitlerinin gaz kromatografisiyle belirlendiği bir çalışmada; çeşitlerde benzer uçucu bileşiklerin farklı miktarlarda bulunduğu belirlenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda arılardan *Osmia bicornis*'in dişisinin tozlamadaki tercihini bu bileşiklerin yoğunluğunun belirlediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; çiçek kokusunun arıları cezp etmede daha önemli olduğu, çiçek morfolojisinin ise daha minör bir etki yarattığı savunulmuştur [19]. Başka bir çalışmada, *B. Terrestris*'in çiçeklerde ziyaret süresi ve sayısı üzerine çiçekler tarafından salınan aromanın etkisi incelenmiştir. Çalışmada tozlayıcıların 'Sonata' çeşidinin çiçeklerini 'Elsanta' çeşidine göre daha fazla ziyaret ettiği ve ziyaret sürelerinin neredeyse iki kat olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda 'Sonata' çeşidinde 'Elsanta' çeşidine göre itici bileşiklerin az, çekici bileşiklerin ise fazla olduğu tespit edilmiştir [20]. Bitkilerin çiçeklerinden salgıladıkları cezp edici bileşiklerin yanında, yeşil kısımlarından salgıladıkları 'yeşil yaprak uçucu bileşikleri' diye bilinen bileşiklerin, dolaylı olarak ot yiyen böceklerle karşı savunma yaptıkları, hatta antifungal ve antimikrobiyal özelliğe de sahip oldukları dikkati çekmiştir [21].

#### **Tozlanmanın Meyve Verim ve Kalitesine Etkileri**

Meyve üretiminde, üretimin % 80'lik kısmının abiyotik faktörler olan yer çekimi ve rüzgarla gerçekleştiği, maksimum düzeyde ürün elde etmenin yanı sıra meyve şekil bozukluklarının azaltılmasında böceklerin önemli rol oynadıkları saptanmıştır [22,23,24,25]. Şekil bozukluğu, çilek fiyat ve pazarlamasını etkileyen yaygın bir problemdir [26]. Çeşide özgü simetrik olmayan ve genellikle iyi şekillenmiş meyvelerden daha küçük olan meyvelere bozuk şekilli meyveler denilmektedir [27]. Bozuk şekilli meyveler, polen oluşumu ve gelişimi boyunca sıcaklığın 7°C'in altında olması nedeniyle meyve üzerindeki akenlerin fonksiyonlarını kaybetmesi sonucu oluşmaktadır [27]. Çeşitlerin bozuk şekilli meyve miktarları farklılık göstermektedir [28,27]. Yapılan bir çalışmada, sezon boyunca elde edilen verim değerlerinin çeşitlere göre 887 g/bitki ('Medina') ile 1156 g/bitki ('Camarosa') arasında

dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bozuk şekilli meyve oluşumunun ise çoğunun erken dönemde meydana geldiği, 'Camarosa' çeşidinin deneme kapsamında incelenen diğer iki çeşide göre daha fazla bozuk şekilli meyve ürettiği, erken dönemde yapılan dikime karşı da daha hassas olduğu görülmüştür. Tozlayıcı kullanımı ile bozuk şekilli meyve miktarının azaldığı saptanmıştır [29]. Böylece, bozuk şekilli meyve miktarının çevre faktörleri ile genetik etkilere bağlı olduğu ortaya konulmuştur. Bozuk şekilli meyve oluşumu üzerine yetiştirme koşulları, dikim tarihi, dikim yoğunluğu, tozlanma, düşük sıcaklık ve çeşit etkilerinin incelendiği bir çalışmada; erken ve geç dikim zamanı karşılaştırıldığında 'Ventana' çeşidinde yüksek erkenci verime karşılık 'Camarosa' çeşidinde yüksek oranda bozuk şekilli meyve elde edilmiştir. Bitki yoğunluğunun etkisi belirlenmezken, 'Camarosa' çeşidinde en düşük verimin yanında en yüksek bozuk şekilli meyve gözlemlenmiştir. Erken dönemdeki bozuk şekilli meyvelerin çoğunun hasattan 7 hafta önce meydana gelen sıcaklıklarla ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca yüksek tünelde yetiştirilen bitkilerin alçak tünelde kıyasla arılarla tozlandığı zaman daha verimli oldukları görülmüştür [29]. Yüksek tünel kullanımı yetiştiricilere sezon dışı yüksek getirili ürün sağlayarak önemli bir diğer etki sağlamaktadır [30]. Fiyatların erken dönemde, geç döneme kıyasla 2.5 kata fazla olması nedeniyle bozuk şekilli meyve oluşumunun engellenmesi yüksek gelir için önemlidir. Bitkilerin erken dönemde dikilmeleri, soğuklama ihtiyaçlarını erken dönemde sağlamalarına ve böylece hem erkenci hem de toplam ürünün artışına neden olmaktadır [31].

Verim ve meyve kalitesi üzerine arı faaliyetinin etkisinin incelendiği çalışmada, çileklerde arı ile tozlanma sonucunda meyve kalite, iriliği ile pazar değerinin rüzgarla veya kendine tozlanmaya göre geliştiği belirlenmiştir. Ayrıca kırmızılığın arttığı, şeker/asit oranının azaldığı ve meyvelerin daha sert olduğu ve raf ömrünün arttığı belirlenmiştir [5]. Arıyla tozlanma sonucu meyve kalitesindeki artışın mekanizması ise, tozlanma sonucu oluşan akenlerin bitki hormonu olan oksin sentezini teşvik etmesi [32] ve oksinin de giberellinlerin birikmesini sağlamasıyla ilişkili olduğu bulunmuştur [33]. Bu hormonlar ise, hücre çoğalması ve büyümesini sağlayarak meyvenin ağırlığını arttırmaktadır [34]. Bunların yanında oksin ve giberellik asit bazı meyve yumuşama proteinlerinin ifadesini sınırlayarak, yumuşamayı geciktirmekte ve böylece sertlik ve raf ömrü artmaktadır [35]. Tozlama şekilleri karşılaştırıldığında arıyla tozlama sadece meyve ağırlığını değil aynı zamanda meyve şeklini de olumlu yönde etkilemektedir. Arıyla tozlanan meyvelerin, rüzgarla tozlananlara göre % 11, kendine tozlananlara göre ise % 30.3 daha ağır oldukları belirlenmiştir. Bunların yanı sıra depolamadan 4 gün sonra kendine tozlanan meyvelerin tamamı bozulurken, rüzgarla tozlananlarda % 29.4 oranında meyve sağlıklı kalmış, arıyla tozlananlarda ise bu oran % 40.4 civarında olmuştur [5].

#### **Çiçeklerde Doğal Çevre ve Çeşitliliğin Tozlanma Üzerine Etkileri**

Yoğun tarımın yapılmasıyla doğal ve yarı doğal canlı yaşam alanlarının kaybolması veya bozulması sonucunda biyolojik çeşitlilik tehdit altındadır [36,37,38]. Yabani bitkilere yakın olan bitkilerde arı ziyaretin % 25 civarında daha fazla olduğu ve yapılan bir çalışmada arı popülasyonunun % 67'sini yabani ve bombus arılarının oluşturduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, ucuz olan bu yabani bitkilerin

çilek bitkilerinin yakınına ekilmesiyle tozlayıcı sayısının artırılabilmesi belirlenmiştir [39].

Çileklerde tozlanma üzerine organik ve konvansiyonel tarımın karşılaştırıldığı bir çalışmada, organik tarımla yetiştirilen bitkilerde tozlanmış aken oranının konvansiyonel tarıma göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Konvansiyonel tarımdan 2-4 yıl sonra organik tarıma geçildiğinde ise bu etkinin daha net bir şekilde görüldüğü ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, organik tarıma geçilerek tozlanma başarısının artırılabilmesine, ürünlerin tozlanmasına neden olan ekolojik sisteme fayda sağlanabileceğine, ürün miktar ve kalitesinin artırılabilmesine dikkat çekilmiştir [40]. Çalışmada organik olarak yetiştirilen çileklerde döllenme oranının % 45 olmasına karşın, bu oranın konvansiyonel tarımda % 17 olduğu tespit edilmiştir. Böylece organik tarımla yetiştirilen meyvelerdeki bozuk şekilli meyve oranının önemli ölçüde azaldığı vurgulanmıştır. [41], yoğun çiçeklenme gösteren elma türünün, tozlayıcı böcekleri uzun dönem çiçeklenme gösteren çilek bitkisine çekebilme konusundaki etkinliğini incelemiştir. Bu etkinliğin elmanın çiçeklenme devresine bağlı olduğu, özellikle elmanın erken ve yoğun çiçeklenme döneminde böcekleri kendi üzerine çekerek çilek tozlanmasına olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Elmanın çiçeklenme döneminin sonunda ise çilek tozlanmasına herhangi bir olumsuz etki yapmadığı, hatta çilekler için gelen arı miktarına ve çeşitliliğine olumlu etki yaptığı sonucuna varılmıştır.

#### **Tozlayıcıların Meyve Verim ve Kalitesini Arttırmaya Yönelik Alternatif Kullanımı**

Yapılan çalışmalar sonucunda tozlayıcıların etkinliğinin ve çeşitliliğinin meyve verim ve kalitesini etkiledikleri net bir şekilde ortaya konulmuştur. Ayrıca, meyvelerde enfeksiyona neden olan *B. cinerea*'nin kontrolü için bazı entomopatojen olan türlerin etkin bir şekilde dağıtılması için tozlayıcılar kullanılmaktadır. Bu hastalık etmeninin çiçeklenme döneminde sıcaklık değerleri 18.5-20.6°C ve nem değeri ise % 88-97 arasında ve meyve gelişim döneminde ise sıcaklık değerleri 16.7-18.2 °C ve nem değerinin % 66-83 arasında olduğu durumlarda çok hızlı bir şekilde geliştiği belirlenmiştir [42]. Bunun yanında [43], ve [44], da benzer şekilde orta düzey sıcaklık değerleri (15-25 °C) ile yüksek nemin hastalık etmeninin gelişmesi için en uygun koşullar olduğunu bildirmişlerdir. *B. cinerea* etmeni direk olarak açılmış çiçek içerisine inoküle olmakta ve bu etmenin hifleri anterler üzerinde ve taç yapraklarda inoküle olduğu 24 saat içerisinde gözlenmektedir. Çilek meyvelerinde *Botrytis*'e karşı biyolojik mücadele ürünü olan Prestop-Mix'in bombus arıları vasıtasıyla dağıtılmasının etkisi incelenmiştir. Aktarılan bu ürünlerin 4 hafta boyunca arılara herhangi bir ölüm veya uçuş aktivitesinde olumsuz etki yapmadığı görülmüştür. Bunların yanında, hastalık etmeninin inoküle edilmesinden iki gün sonra meyvelerin % 79'unun sağlıklı kaldığı, kontrol meyvelerinde ise bu oranın sadece % 43 seviyesinde olduğu saptanmıştır. Yapılan bu uygulama sonucunda toplam ürünün 2-2.5 kat arttığı belirlenmiştir [42].

Çilek meyvelerinde *Botrytis*'in meydana getirdiği zararı azaltmak veya ortadan kaldırmak için entomopatojen olan *T. Harzianum*'un arılar vasıtasıyla veya direk yapraklardan uygulanması sonucundaki etkileri incelenmiştir. Püskürtmeyle yapılan uygulama sonucunda yapraklarda *T. harzianum* yoğunluğu iki kat fazla olmuştur. Arılar vasıtasıyla *T. harzianum* uygulamasının çiçeklenme

döneminde *Botrytis* etmeninin kontrolünde ticari olarak uygulanan kimyasalla aynı veya daha iyi bir seviyede kontrol sağladığı görülmüştür. Arıların tozladığı meyvelerde % 22 oranında daha fazla aken ve buna bağlı olarak meyve ağırlığında % 26 ile % 40 arasında artış gözlemlenmiştir. Bütün bunların yanında çiçeklenme döneminde uygulanan kimyasalın tozlanmayı olumsuz etkileyerek meyve tohum sayısını ve meyve ağırlığını % 7-12 civarında azalttığı, bunun sonucunda da verimin azaldığı belirlenmiştir [45]. Bu çalışmada kullanılan *T. harzianum* 1295-22 irkinin biyolojik olarak *Botrytis*'in kontrolünde etkin olduğu görülmüştür.

## **SONUÇLAR**

Yapılan çalışmalar;

- Arıların çilek yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine çok etkin olduklarını,
- Bozuk şekilli meyve oranını azalttıklarını,
- Organik yetiştiriciliğin çevreyi daha fazla koruyarak arı popülasyonunun korunmasına katkı sağladığını,
- Çilek çiçeklerinde bulunan koku bileşenlerinin arıları değişik düzeylerde cezp ettiğini,
- Sıcaklık ve nem değerlerinin arı faaliyetine ve tozlanma, döllenme üzerine çok etki ettiklerini,
- Islah edilecek çilek çeşitlerinde çiçek morfolojisinden çok çiçek koku bileşenlerine bakılması gerektiğini,
- Biyolojik mücadelede tozlayıcılardan yararlanılabileceğini ortaya koymuştur.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Klein A, Vaissie BE, Cane JH, Steffan-Sewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceed. Royal Society B 274:303-313, 2007.
- [2] Lomolino MV, Riddle BR, Brown JH: Biogeography. Sunderland Massachusetts, Sinauer Associates, Inc. 2006.
- [3] Schleuning M, Fründ J, Klein A, Abrahamczyk S, Alarcón R, Albrecht M, Andersson GK, Bazarian S, Böhning-Gaese K, Bommarco R: Specialization of mutualistic interaction networks decreases toward tropical latitudes. Current Biology 22, 1925-1931, 2012.
- [4] Eilers EJ, Kremen C, Smith Greenleaf S, Garber AK, Klein AM: Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. PLoS One 6: e21363, 2011.
- [5] Klatt BK, Holzschuh A, Westphal C, Clough Y, Smit I, Pawelzik E, Tscharntke T: Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. Proceed. Royal Society B281:20132440, 2014.
- [6] Bagnara D, Vincent C: Role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. J. Horticult. Sci. 63, 69-75, 1988.
- [7] Peitsch D, Fietz A, Hertel H, de Souza J, Ventura DF, Menzel R: The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. J Comp Physiol 170(1):23-40, 1992.
- [8] Gegeer R, Laverty T: Flower constancy in bumblebees: a test of the trait variability hypothesis. Anim Behav 69(4): 939-949, 2005.
- [9] Ishii HS, Hirabayashi Y, Kudo G: Combined effects of inflorescence architecture, display size, plant density and empty flowers on bumble bee behaviour: experimental study

with artificial inflorescences. *Oecologia* 156(2):341–350, 2008.

[10] Dudareva N, Pichersky E: Handbook Biology of floral scent. CRC Press Taylor and Francis Group, 2006.

[11] Raguso RA: Floral scent in a whole-plant context: moving beyond pollinator attraction. *Funct Ecol* 23(5):837–840, 2009.

[12] Rasmont P, Regali A, Ings TC, Lognay G, Baudart E, Marlier M, Chittka L: Analysis of pollen and nectar of *Arbutus unedo* as a food source for *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *J Econ Entomol* 98(3):656–663, 2005.

[13] Goulson D: Bumblebees behaviour, ecology and conservation, 2nd edn. Oxford University Press, Oxford, 2010.

[14] Wright GA, Schiestl FP: The evolution of floral scent: the influence of olfactory learning by insect pollinators on the honest signaling of floral rewards. *Funct Ecol* 23(5):841–851, 2009.

[15] de Oliveira D, Bagnara D, Vincent C: Role de J'entomopollinisation chez le fraiser, pp. 224-328. In Commission des Productions Vegetales du Quebec. Symposium sur la culture de la fraise: perspectives de developpement. Ministere de J'Agriculture, des Pecheries et de J'Alimentation du Quebec, 1985.

[16] Chagnon M, Gingbas J, De Oliveira D: Effect of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Visits on the Pollination Rate of Strawberries. *Entomological Society of America*, 1989.

[17] Glaetli M, Barrett SCH: Pollinator responses to variation in floral display and flower size in dioecious *Sagittaria latifolia* (Alismataceae). *New Phytol* 179: 1193–1201, 2008.

[18] Karron JD, Mitchel RJ: Effects of floral display size on male and female reproductive success in *Mimulus ringens*. *Ann Bot* 109: 563–570, 2012.

[19] Klatt BK, Burmeister C, Westphal C, Tschamtk T, von Fragstein M: Flower Volatiles, Crop Varieties and Bee Responses. *Plos One*. 8(8): e72724, 2013.

[20] Ceuppens B, Ameye M, Langenhove HV, Roldan-Ruiz I, Smaghe G: Characterization of volatiles in strawberry varieties 'Elsanta' and 'Sonata' and their effect on bumblebee flower visiting. *Arthropod-Plant Interactions*. 9:281-287, 2015.

[21] Friedman M, Henika PR, Mandrell RE: Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. *J Food Prot* 65(10):1545–1560, 2002.

[22] Free JB: Pollination of strawberries by honey bees. *J. Hort. Sci.* 43: 107-111, 1968.

[23] Thompson PA: Environmental effects on pollination and receptacle development in strawberry. *J. Hort. Sci.* 46: 1-12, 1971.

[24] Connor LJ: Components of strawberry pollination in Michigan. Ph.D. thesis, Michigan State University, East Lansing, 1972.

[25] Pion S, de Oliveira D, Paradis RO: Agents pollinisateurs et productivite du fraiser 'Redcoat' (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Phytoprotection* 61(2): 72-76, 1980.

[26] Ariza MT, Soria C, Medina JJ, Martinez-Ferri E: Fruit misshapen in strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*) is related to achenes functionality. *Ann. Appl. Biol.* 158, 130–138, 2010.

[27] Ariza MT, Soria C, Medina JJ, Martinez-Ferri E: Fruit misshapen in strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*) is related to achenes functionality. *Ann. Appl. Biol.* 158: 130–138, 2011.

[28] Carew JG, Morretini M, Battey NH: Misshapen fruits in strawberry. *Small Fruit Rev.* 2:37–50, 2003.

[29] Ariza MT, Soria C, Medina-Minguez JJ, Martinez-Ferri E: Incidence of Misshapen Fruits in Strawberry Plants Grown under Tunnels Is Affected by Cultivar, Planting Date, Pollination, and Low Temperatures. *HortScience* 47(11): 1569-1573, 2012.

[30] Salamé-Donoso TP, Santos BM, Chandler CK, Sargent SA: Effect of high tunnels on the growth, yields, and soluble solids of strawberry cultivars in Florida. *Intl. J. Fruit Sci.* 10:249–263, 2010.

[31] Kronenberg HG, Wassenaar, LM: Dormancy and chilling requirements of strawberry varieties for early forcing. *Euphytica* 21:454–459, 1972.

[32] Nitsch JP: Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *Am. J. Bot.* 37:211–215, 1950.

[33] Csukasi F, Osorio S, Gutierrez JR, Kitamura J, Giavalisco P, Nakajima M, Fernie AR, Rathjen JP, Botella MA, Valpuesta V, Medina-Esco N: Gibberellin biosynthesis and signalling during development of the strawberry receptacle. *New Phytol.* 191, 376–390, 2011.

[34] Roussos PA, Denaxa N-K, Damvakaris T: Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Sci. Horticult.* 119, 138–146, 2009.

[35] Given NK, Venis MA, Grierson D: Hormonal regulation of ripening in the strawberry, a non climacteric fruit. *Planta* 174, 402–406, 1988.

[36] Kleijn D, Kohler F, Báldi A, Batáry P, Concepción ED, Clough Y, Diaz M, Gabriel D, Holzschuh A, Knop E, Kovács A, Marshall EJP, Tschamtk T, Verhulst J: On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 276: 903–909, 2009.

[37] Krebs JR, Wilson JD, Bradbury RB, Siriwardena GM: The second Silent Spring?. *Nature.* 400: 611–612, 1999.

[38] Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 345–353, 2010.

[39] Feltham H, Park K, Minderman J, Goulson D: Experimental evidence that wildflower strips increase pollinator visits to crops. *Ecology and Evolution.* 5, 3523-3530, 2015.

[40] Andersson GKS, Rundlöf M, Smith HG: Organic Farming Improves Pollination Success in Strawberries. *Plos one.* 7(2).e31599, 2012.

[41] Grab H, Blitzer EJ, Danforth B, Loeb G, Poveda K: Temporally dependent pollinator competition and facilitation with mass flowering crops affects yield in co-blooming crops. *Scientific Reports.* 7: 45296, 2017.

[42] Mommaerts V, Put K, Smaghe G: *Bombus terrestris* as pollinator-and-vector to suppress *Botrytis cinerea* in greenhouse strawberry. *Pest Mang. Sci.* 67: 1069-1075, 2010.

[43] Wilcox WF, Seem RC: Relationship between strawberry gray mold incidence, environmental variables

and fungicide applications during different periods of the fruiting season. *Phytopathology* 84:264–270, 1994.

[44] Cota LV, Maffia LA, Mizubuti ESC, Macedo PEF: Biological control by *Clonostachys rosea* as a key component in the integrated management of strawberry gray mold. *Biol Control* 50:222–230, 2009.

[45] Kovach J, Petzoldt R, Harman GE: Use of Honey Bees and Bumble Bees to Disseminate *Trichoderma harzianum* 1295-22 to Strawberries for *Botrytis* Control. *Biological Control* 18, 235-242, 2000.