

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Dr. Ali KORKMAZ

BİTKİLERDE BAL ARISI POLİNASYONU

Dr. Ali KORKMAZ
ISBN: 978-605-83559-0-3

Kapak Fotoğrafi:
Dr. Davut KELEŞ

Baskı-Cilt



Hacıbey Ceylandağ - 0362 431 1 444 - Sn: 16281
Pazar Mh. Necati Efendi Sk. No.47 İlkadım/SAMSUN

1. Baskı (2.000 Adet)
Nisan 2016, SAMSUN

İletişim:
Dr. Ali KORKMAZ
Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü
0536 425 59 11
samsun1964@hotmail.com



T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi
Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı

T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Yayınıdır.

İÇİNDEKİLER

Sunuş	
Önsöz	
Giriş	1

Bölüm I

Bitkilerin Döllenme Biyolojisi

1. Bitkilerde Üremenin Önemi.....	9
2. Bitkilerde Üreme Şekilleri.....	9
3. Çiçeğin Yapısı.....	10
4. Çiçeklerdeki Eşeyssel Farklılıklar.....	19
5. Bitkilerdeki Eşeyssel Farklılıklar.....	21
6. Bitkilerde Polinasyon.....	24
7. Polinatörler.....	25
8. Böcek ve Rüzgârla Tozlanan Bitkilerin Çiçek Yapısı.....	30
9. Çiçek Tozunun Çimlenmesi.....	30
10. Döllenme.....	32
11. Tohum ve Meyve Oluşumu.....	34
12. Polinasyon ve Polen Çimlenmesini Etkileyen Etmenler.....	34
12.1. İklim Faktörleri.....	35
12.2. Beslenme ve Bakım Koşulları.....	36
12.3. Çiçek Yapısı.....	36
12.4. Zaman.....	38
13. Kısırlıklar.....	39
14. Eşeyssel Uyuşmazlıklar.....	40
15. Partenokarpi.....	41
15. Stenospermokarpi.....	42
16. Apomiksis.....	42
17. Meyve Tutumunu Etkileyen Faktörler.....	43
18. Bahçe Kurarken Dikkat Edilecek Hususlar.....	44

Bölüm II

Bal Arısı Kolonisinin Yapısı

1. Bal Arısı Kolonisinin Yapısı.....	47
2. İşçi Arıların Görevleri.....	50
3. İşçi Arıların Çalışmalarının Düzenlenmesi.....	50
4. Tarlacı İşçi Arıların Görevleri.....	54

Bölüm III

Böcek Polinasyonu

1. Bitkilerin Polinasyon Gereksinimi.....	61
2. Polinatör Böceklerin Çeşitliliği.....	65
3. Bitki Deseninin Polinatörlere Katkısı.....	65
4. Pestisit Kullanımının Polinatörlere Etkisi.....	68
5. Bal Arılarının Polinasyonda Kullanımı.....	69
6. Bombus Arılarının Polinasyonda Kullanımı.....	76
7. Diğer Böceklerin Polinasyonda Kullanımı.....	78
8. Polinatörlerin Tercihini Etkileyen Faktörler.....	80
9. Böcek Polinasyonu Gereksinimini Belirleme.....	81
10. Polinatör Etkinlik Hesaplamaları.....	89
11. Tohum/Meyve Verimine Polinatör Katkısı Hesabı.....	90
12. Bal Arısı Polinasyonunun Ekonomik Önemi.....	92
13. Bitkilerin Polinasyonunda Bal Arısına Bağımlılık Oranı.....	104

Bölüm IV

Bal Arısı - Bitki İlişkisi

1. Bal Arılarının Besin Kaynakları.....	107
1.1. Nektarın Yapısı ve Etki Eden Etmenler.....	107
1.1.1. Nektarın Yapısı.....	107
1.1.2. Nektar Verimine Etki Eden Etmenler.....	114
1.2. Polenin Yapısı ve Etki Eden Etmenler.....	117
1.2.1. Polenin Yapısı.....	118
1.2.2. Polen Verimine Etki Eden Etmenler.....	120
2. Bal Arılarının Tarlacılık Davranışları.....	122
2.1. Nektar Tarlacılığı.....	125
2.2. Polen Tarlacılığı.....	129
3. Tarlacılık Davranışı Çalışma Teknikleri.....	136
3.1. Çiçek Üzerinde Bal Arılarının Sayılması.....	136
3.2. Arıların Bedenindeki Polenlerin Saptanması.....	140
3.3. Balın Kaynağının Belirlenmesinde Polenin Kullanımı...	142
3.4. Bal Arılarının Polen Kaynağının Belirlenmesi.....	144
4. Çiçeklerdeki Polen Miktarını Saptama Teknikleri.....	145
4.1. Polen Miktarının n-pentane ile Saptanması.....	145
4.2. Polen Miktarının Ağırlık Olarak Saptanması.....	146

4.3. Bitkilerin Polen Potansiyelinin Saptanması.....	148
5. Çiçeklerdeki Nektar Miktarın Saptama Teknikleri.....	148
5.1. İnsülin Enjektörü İle Nektar Miktarının Saptanması.....	149
5.2. Bitkilerin Nektar Potansiyelinin Saptanması.....	149
6. Farklı Arı Türlerinin Çiçek Tercihi.....	151
7. Farklı Bal Arısı Kolonilerinin Çiçek Tercihi.....	154
8. Adaptasyonu Zayıf Polinatörler ve Çiçekler.....	155
9. Bir Tarlacılık Seferinde Çiçeğe Bağımlılık.....	156
10. Ardışık Seferlerde Çiçeğe Bağımlılık.....	160
11. Bal Arılarının Tarlacılık Uzaklığı.....	161
12. Bireysel Bal Arılarının Beslenme Alanları.....	165
13. Bal Arısı Kolonilerinin Beslenme Alanları.....	168
14. Bal Arısı Kolonilerinin Yoğunluğu.....	173
15. Kolonilerin Tarlacılık Etkinliği.....	175
16. Bal Arılarının Besin Kaynaklarını Haber Vermesi.....	177

Bölüm V

Polinasyon Çalışmaları

1. Polinasyon İçin Bal Arısı Yetiştirme.....	185
2. Polinasyon Amacıyla Bal Arısı Kullanımı.....	188
3. Bal Arısı Kolonilerinin Bitki Alanlarına Taşınması.....	191
4. Bitkilerin Bal Arıları İçin Çekiciliğinin Artırılması.....	196
5. Polen Tarlacılığı Yapan Arıların Oranının Artırılması.....	198
6. Bitkilerde Yabancı Polinasyonun Artırılması.....	200
7. Bitkilerin Tohum/Meyve Verimine Bal Arısı Katkısı.....	201
8. Polinasyondan Elde Edilen Gelirler.....	205

Bölüm VI

Bal Arılarının

Zirai Mücadele İlaçlarından Korunması

1. Zirai Mücadelede Kullanılan İlaçlar.....	211
2. Zirai Mücadele İlaçlarının Bal Arılarına Etkileri.....	212
3. Bal Arılarının Zehirlenme Belirtileri.....	215
3.1. Organik Fosforlar.....	215
3.2. Klorlandırılmış Hidrokarbonlar.....	216

3.3. Karbamatlı Bileşikler.....	216
3.4. Dinitrofenil Bileşikler.....	217
3.5. Sentetik Pyretroidler.....	217
3.6. Diğer İlaç Grupları.....	217
4. Bal Arılarının Zirai Mücadele İlaçlarından Korunması.....	218
5. Ülkemizde Yasaklanan Zirai Mücadele İlaçları.....	220

Bölüm VII

Nektar ve Polenli Bitkiler

1. Nektar ve Polenli Bitkilerin Sınıflandırılması	227
2. Ülkemizdeki Nektar, Polen ve Balçığı Kaynakları.....	229
3. Bitkilerin Salgıladığı Şeker Miktarı (mg/gün).....	234
4. Bitkilerin Salgıladığı Şeker Yoğunluğu (%)......	235
5. Çeşitli Bitkilerin Bal Verim Değerleri (kg/da).....	236
6. Arı Merası Bal Potansiyelinin Saptanması.....	238

Bölüm VIII

Yararlanılan Kaynaklar ve Ekler

Kaynaklar.....	255
Terimler.....	284
Teşekkür.....	286



Değerli Arıcılık Sektörünün Paydaşları

Kalkınma Bakanlığımızca Doğu Karadeniz Bölgesindeki arıcılara yönelik olarak yürüttüğümüz projede arı ve arı ürünleri konusunda bilinçlenme ve malzeme desteği sağlama konusunda önemli çalışmalar yürütmekteyiz. Bu kapsamda vermiş olduğumuz eğitimlerle de önemli düzeyde mesafe kat etmiş bulunmaktayız. Hazırlamış olduğumuz yayınlarla bir farkındalık yaratmak da hedeflerimiz arasındadır. Bugüne kadar yaptığımız çalışmalarla da bunu net bir şekilde ortaya koymaya gayret ettik.

2011 yılında kurulan DOKAP, bugüne değin pek çok konuda proje geliştirmiş ve uygulanması aşamasında fiilen içinde bulunmuştur. Kısa zaman önce kurulmasına karşın kurumsallaşmasını kısa zamanda gerçekleştirerek saha çalışmalarına yönelmiştir. Bu noktada DOKAP, sorumluluk sahasındaki illerde arıcılığın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması konusunda da önemli mesafe kat etmiştir.

Bu anlamda DOKAP Eylem Planı kapsamında, Bölge illerinde arıcılığın gelişimine katkı sağlamak amacıyla ülke genelinde verilen destekler dışında bölgeye özgü yeni desteklerin verilmesini amaçlayan bir destek programının uygulamaya konulması ve arıcılık eğitim çalışmalarının gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır.

Bölge arıcılığına ilişkin söz konusu eylem, arıcılığın bölgemiz için önemi dikkate alınarak, DOKAP Eylem Planına alınması sağlanmıştır. Bölgenin özellikle yüksek kısımlarında ve orman

köylerinde yaşayanların tarıma elverişli toprakların son derece sınırlı olduğunu da göz önüne alarak zengin bitki örtüsü, flora çeşitliliği, farklı iklim ve coğrafi özellikleri ile arıcılığa son derece elverişli bir ortama sahip olması projenin uygulanabilirliği açısından artı özellikleridir.

DOKAP bölgesi sahip olduğu arı varlığı ile birlikte kestane, ıhlamur, akasya, orman gülü gibi bitki çeşitliliğinin bol miktarda bulunduğu orman alanları ile ülkemizin arıcılık sektöründe avantajlı bir konuma sahiptir. Artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak açısından insan sağlığı ve yaşamı açısından önemli ürünler sunan bal arısının üretim gücü daha da önemli hale gelmiştir. Üstelik bal arısı üretim yaparken başka yönde değerlendirme imkânı bulunmayan hammaddeleri kullanıyor, yararlandığı hiçbir kaynağı tüketmiyor, aksine üremesine de katkı sağlamaktadır. Evrensel boyuttaki önemine ek olarak arıcılık düşük yatırım ve işgücü girdisiyle yüksek gelir imkânları sunan bir sektördür.

Bal ve bal dışındaki arı ürünlerinin üretiminde henüz istenen seviyeye ulaşamadığımız gerçeğini göz önüne alırsak “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramının ekonomik boyutunda üretkenlik, verimlilik, büyüme ve kalkınmanın insan ihtiyaçlarını karşılamayı esas aldığı düşünülürse ülkemizde özellikle ilaç, parfümeri ve gıda alanlarında kullanılan arı ürünlerinin son yıllarda ithalatında artışlar görülmüştür.

Bu ürünlerin üretiminin artırılmasının sağlanması için gerek DOKAP İdaresi olarak yapılan çalıştaylarda; gerekse Bölge illerinde yapılan toplantılarda elde edilen bulgular arıcılığın desteklenmesi eylem planı haline getirilmiş ve uygulanan proje ile arı ürünlerinin üretimini ön plana çıkartacak uygulamalar yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Ülkemizin Dünya arıcılığında kovan sayısı ve toplam bal üretimi bakımından Çin’den sonra 2. sıradadır. Bölgenin arıcılık potansiyeli dikkate alınarak, DOKAP Eylem Planı kapsamında DOKAP BKİ olarak potansiyeli harekete geçirmek için 2014 yılında Türkiye Kalkınma Vakfı gibi tecrübeli ve etkin bir kuruluşla başlatılan “Arı ve Arı Ürünlerinin Geliştirilmesi Projesi” kapsamında 8 ilde bugüne kadar 1.178 kişiye eğitim verilmiştir. Ayrıca eğitim alan her bir arıcı bizzat arılığında ziyarete dilerek proje kapsamında ziyaret edilmiştir.

Bu çalışma esnasında bölgede faaliyet gösteren Arı Yetiştirici Birlikleri ve Üretici Birlikleri ile ortaklaşa çalışmalar yürütülmektedir. Yine bu kapsamda, Başkanlığımızca söz konusu Arıcılığın Geliştirilmesi Projesine paralel olarak, bu proje kapsamında

eğitimlerden yararlanan üreticilerin eğitim aldıkları konularda arıcılık malzemelerini edinmelerini sağlamak amacıyla üreticilere hibe desteği verilmektedir. “Arıcılık Altyapısının Desteklenmesi Programı” 2015 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüklerimizle işbirliği çerçevesinde uygulanmaya başlanmıştır.

Arıcılık Altyapısının Desteklenmesi Programına tahsis edilen ödenek Bölgemiz arıcılarının daha modern arıcılık malzemeleri ile faaliyetlerini sürdürmesi ve maliyeti yüksek olan bazı malzemeleri alabilmelerine katkı sağlamak amacıyla titiz bir çalışma ile üreticilerimizin en verimli şekilde istifade etmesinde 8 İl Müdürlüğü oldukça yararlı çalışmalarda bulunmuştur. Ayrıca Bölgemiz illerinde özellikle bal üretimi konusunda markalaşma açısından önem arz eden “Doğu Karadeniz Bölgesi İllerinin Flora Tespit Projesine” ise önümüzdeki yıllarda başlanacaktır. Markalaşma için gereken bölge florasının tespitinin arı ürünleri üretiminde katma değer artışı sağlanmasına katkı vereceği için bu konu İdaremizin öncelikleri arasında yer almaktadır.

Bu bağlamda arıcılığın en önemli ayağı olan polinasyon büyük bir önem arz etmektedir. Arı ürünlerinin insan sağlığı için önemli olmasının çok ötesinde, polinasyon sonucunda sürdürülebilir gıda üretimine bal arılarının katkısı oldukça fazladır. Arıcılığı gelişmiş ülkelerde bu durum ön planda olup tüm arıcılık pratikleri bu çerçevede ele alınmaktadır. Ülkemizde ise polinasyon konusu yeterince bilinmemekte, bu konudaki çalışmalar oldukça yeni sayılmaktadır. Özellikle arıcıların ve bitki yetiştiricilerinin polinasyonun önemini ve bitkisel verimlilikteki yerini bilmeleri bu nedenle önemlidir.

Polinasyon konusunda yapılacak araştırma çalışmalarının yanı sıra bu konuda yapılacak eğitim ve yayım çalışmaları da konunun kısa zamanda anlaşılmasına olanak tanıyacaktır. Bu nedenle konusunda ülkemizdeki en kapsamlı ilk ve tek eser olma konumunda bulunan *Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu* kitabının kurumumuzca yayınlanması önemli bir aşamadır. Bu eserin ülkemize kazandırılması konusunda yaptığımız gayret ve desteklerden dolayı kıvançlıyız. Bu vesileyle, hazırlanmış olan bu kitabın arıcılara ve özellikle de polinasyona katkı sunmak anlamında çalışan tüm paydaşlara yararlı olmasını dilerim.

Ekrem YÜCE
DOKAP BKİ Başkanı



Önsöz

Ülkemizde arıcılık sektörü her geçen gün gelişmekte, yeni yaklaşımların önü açılmaktadır. Yeni arı ürünleri ve üretim teknikleri yaygınlaşmakta, bir zamanlar adı dahi bilinmeyen polinasyon, gündemimizde yerini almaktadır. Bitkisel verimliliğin temeli olan polinasyon, aynı zamanda bal arısı yaşamının da besin kaynağı elde etmek anlamında bağlı olduğu sistemin ayrılmaz parçasıdır. Birini diğerinden ayrı düşünmek olası değildir.

Milyonlarca yıl süren evrim sürecinde dengeye oturmuş ve tüm canlıların kendine yer edinmiş olduğu ekosistem, insanoğlunun yapmış olduğu doğal olmayan uygulamalar nedeniyle sürekli olarak zarar görmektedir. Bu süreçte, polinasyonda görev almakta olan pek çok polinatör yok olmakta veya yaşam alanları daralarak etkinlikleri düşürülmektedir. Bir taraftan daha fazla besin elde etmek için zirai ilaç kullanımı yapılırken, diğer taraftan hedefte olmayan organizmaların ölümüne ve yok olmasına neden olunmaktadır. Doğal dengedeki bu bozulma ister istemez başka canlıların ön plana çıkmasına olanak tanımaktadır. Bu durumda bal arıları, arı ürünleri üretimindeki katkılarından ziyade, polinasyonda görev alarak yabani polinatörlerin azalmasından kaynaklanan boşluğu doldurmaktadırlar. Hatta son yıllarda bal arısı kolonilerinde yaşanan yoğun ölümler de bu konuda daha dikkatli olunması gerektiğini gözler önüne sermektedir.

Polinatör eksikliği nedeniyle bitkisel üretimdeki verim kaybından dolayı yaşanacak sıkıntıların bitkisel ürünlere olan arz-talep dengesini etkilemesi, kitleler arasında birtakım huzursuzlukların yaşanmasına neden olabilecek boyuta henüz ulaşmamıştır. Bu aşamada alınacak önlemlerle çözüm üretilmesi olasıdır. Yabani polinatörlerin varlığını artırmaya çalışmak, bir çözüm önerisi olarak her zaman gündemimizdedir. Ancak bu o kadar da kolay olmamaktadır. Her şeye rağmen bal arısı, bu konuda alternatif olmaya devam etmektedir. Zira diğer polinatör böceklerin aksine bal arısı; polinasyon yanında bal, polen, arı sütü gibi arı ürünleri de sağladığından, her açıdan ticari ve ekonomik önemi bulunmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı arı yetiştiricileri yanında bitkisel üretimde bulunan yetiştiricilerin de bu gerçeği kavraması olumlu bir gelişme olacaktır. Arıcılığı ileri gitmiş ülkelerde bu sorun aşılmış ve her iki sektör yetiştiricileri organik bir bağ oluşturarak birlikte çalışmaktadırlar. Ülkemizde de bu sürecin yaşanılması kaçınılmaz bir noktaya doğru hızla ilerlemektedir. Gelişen dünyada tarımsal anlamda ben de varım diyebilmek için geniş alanlarda üretim yapmak ve birim alandan elde edilen ürünü maksimize etmek ön koşuldur. Bu amaçla

kaliteli tohum kullanımı, gübreleme, sulama gibi kültürel uygulamalar yanında polinasyonu şansa bırakmayıp garanti altına almak da gerekmektedir. Üreticilerimizin bu bilince sahip olması artık uzak bir olasılık değildir. Bu konuda bir takım yerel uygulamaların başlamış olması, gelecek için önemli ipuçlarıdır. Özellikle ayçiçeği ve kanola alanlarında kısmen başlayan bu süreç, diğer bitkisel ürünlere de yansiyacaktır.

Tarımımızın geldiği bu noktada önemli bir işlev görecek olan polinasyon uygulamalarında çalışma yapan bilim insanları ve tarım teşkilatında çalışan teknik elemanlara katkı sağlamak, polinasyon konusunda bir altyapı oluşturmak amacıyla hazırlanan bu kitap, sahasında ilk olmanın özelliğini de taşımaktadır. Polinasyonda bal arısının katkısı ve kullanımına yönelik ülkemizdeki ilk eserdir.

Kitabın hazırlanması aşamasında, polinasyon konusunda pek çok eser vermiş olan, İngiliz bilim insanı John B. Free'nin "*Insect Pollination of Crops*" adlı eseri temel alınmıştır. Bal arısı ile ilgili olan kısımdaki kaynaklar nispeten korunarak ve günümüz kaynakları ile de desteklenerek, bal arısı polinasyonunun önemi ve ilgili çalışma teknikleri verilmiştir. Ayrıca polinasyonun ve polinasyon çalışmalarının temeli bitkilerin döllenme biyolojisi olduğu için kitabın birinci bölümü bu konuya ayrılmıştır. Bitkilerde döllenme biyolojisi konusunda ise Prof. Dr. Sinan Eti'nin "*Bahçe Bitkilerinde Döllenme Biyolojisi*" ders notlarından yararlanılmıştır. Böylece konunun iki tarafı olan, bitki ve bal arısı arasındaki polinasyon olayına etki eden faktörler etraflıca açıklanmaya gayret edilmiştir.

Polinasyon olgusunun Amerika Birleşik Devletlerinde bir sektör halinde uygulanması nedeniyle oradaki uygulamalar ve gelinen nokta, kitapta özellikle vurgulanmıştır. Bir gün ülkemizin de polinasyon uygulamalarında bu düzeye ulaşacağına olan inancımı muhafaza ediyorum. Bu nedenle hazırlanan bu kitabın polinasyon ortak paydasında çalışma yapan tüm paydaşlara yararlı olmasını diliyorum. Bu vesileyle kitaptaki her bir bölümde damgası olan John B. Free ve Prof. Dr. Sinan Eti'ye teşekkürlerimi arz ediyorum. Ayrıca lisansüstü eğitimim aşamasında ülkemiz için yeni sayılabilecek polinasyon konusuna beni yönlendirdiği ve bugünlere kadar gelmeme yardımcı olduğu için, hocam Prof. Dr. Ulviye Kumova'ya da şükranlarımı sunuyorum.

Dr. Ali KORKMAZ
15/03/2016, Samsun



Giriş

Giriş

Her geçen gün doğal kaynakların yok edildiği bir süreci yaşayan dünyamız, milyonlarca yıl süren evrim sonucunda geliştirdiği dengelerin bozulmasına koşut olarak yeni dengeler oluşturmaya çalışmaktadır. Ancak bu oluşumlar, üzerinde yaşayan canlıları da olumsuz etkilemekte ve sonuçta zarar görmektedirler.

Doğanın dış olumsuz faktörlerle değiştirilmesinin hatta bozulmasının sonucunda, dünya üzerinde her gün yaklaşık 140 bitki ve hayvan türü yok olmaktadır (Hamzaoglu, 1997). Ayrıca bu olaylara koşut olarak toprağın aşınmasını önleyen bitki örtüsünün insanlar tarafından yok edilmesi sonucu ortaya çıkan erozyon da ülkemizi tehdit edecek boyutlarda seyretmekte ve ülkemizin %79.43'ünde etkili olduğu görülmektedir (Günay, 1995; Tan, 2010). Normal koşullarda 20 cm kalınlığında bir toprak katının oluşması için 1.600-8.000 yıla gereksinim (Çelebi, 1996) olduğu da dikkate alındığında elimizdeki en değerli tarımsal materyal topraktır. Dolayısıyla toprak verimliliğinin ve sürekliliğinin sağlanması da bu açıdan son derece önemlidir.

Tarımsal üretimin iki ana kolundan birisi olan hayvansal üretimin ekolojik dengeyi koruyacak ve biyolojik gelişmeyi sağlayacak şekilde yürütülmesi, hem bu faaliyetlerin devamlılığının sağlanması hem de insan sağlığının korunması için son derece önemlidir (Pekel ve Ünal, 1999; Soylu ve Sade, 2012). Tarımın sürdürülebilirliğine bağlı olarak toprağın korunmasının ve sürekliliğinin polinasyon temelinde de ele alınması olayın doğasına uygun olmaktadır. Bu saptamaya koşut olarak milyonlarca yıldır polinasyona katkısı olan bal arılarının bu amaçla da etkin kullanımı gündeme gelmelidir.

Doğal yaşamın bozulması sürecine bağlı olarak günümüzde doğayı koruma ve kurtarma çalışmaları her geçen gün ivme kazanmaktadır. Pek çok bilim adamı doğayı bozmadan fakat gereksinimleri de göz ardı etmeden nasıl üretim yapılabileceği düşüncesinden hareket ederek bazı kavramlar geliştirmişlerdir. Sürdürülebilir tarımın birçok tanımı olmasına rağmen bu tanımların çoğu verimlilik, karlılık, muhafaza, sağlık, emniyet ve çevre gibi benzer unsurları değişik vurgulama derecelerinde ön plana çıkarmaktadırlar. Bunun yanında *sürdürülebilir* kavramı bir zaman boyutunu ve tarım sisteminin kapasitesini sınırlama olmaksızın geliştirmeyi ve sürdürmeyi ifade etmektedir.

Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakların üretim kapasitesini artıran, sağlıklı gıda üretimini amaçlayan, çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indiren ve üreticilerin yeterli düzeyde gelir elde

etmelerini de kapsayan bir tarımsal üretim şeklidir (Berkman, 1996; Karaca, 2013). Ayrıca geleneksel tarımsal üretim ve işleme metotlarını kullanarak, yani biyolojik ve çevre dostu girdileri kullanarak, dış girdileri kullanmadan kaçınarak, doğal kaynakları koruyarak, en üst verim ve verimliliğe ulaşmak olarak da tanımlanmaktadır. Bu olay ekonomik-sosyal ve ekolojik-biyolojik faktörlerin dengeli, akılcı, yararlı kullanılabilmesi ve bunun bir geridönüşü halinde tutularak tarımın sürdürülebilmesi ilkeleri çerçevesinde yapılmaktadır (İmir, 1997; İkincikarakaya ve ark, 2013).

Olay, tarımın sürdürülebilirliği bağlamında ele alındığında en temel faktör olarak toprak verimliliği ve bitkisel yapının korunması büyük önem arz etmektedir. Tarımsal üretimde temel amaç; bir yandan birim alandan en fazla ürün elde etme yollarının araştırılması, diğer yandan ise sürdürülebilir tarım açısından doğal kaynakların korunarak gelecek kuşaklara aktarılmasıdır (Ağca, 1999).

Yoğun erozyon olaylarının yaşandığı alanlar genellikle yabancı bitki populasyonlarının da bulunduğu alanlardır. Ülkemizde aşırı ve erken otlatma, tarla açma gibi uygulamalar çok zarar verici boyuta ulaşmıştır. Yıllardır ormanlardan ve meralardan yanlış ve bilinçsiz yararlanma sonucu doğal bozulma giderek artmıştır. Bu araziler artık bundan sonra bitkisel tarım açısından ekonomik verime ulaşamayacakları gibi bir süre sonra üzerindeki toprağı da tümüyle kaybedecektir. Doğal bitki ve böcek yaşamı da zarar görecektir.

Toprak erozyonunu önlemenin ve yabancı polinatörlere yaşam alanı sağlamanın biricik yolu mevcut bitki örtüsünü zenginleştirmekten geçmektedir (Altın, 1998; Doğan, 2011). Ancak bu olgunun tek başına yeterli olduğunu söylemek de olası değildir. Doğal bitki örtüleri olan orman ve çayır-meralar, toprak korumanın vazgeçilmez unsurlarıdır. Bununla birlikte doğada var olan bitki populasyonlarının çeşitliliğinin ve sürekliliğinin polinasyonla sağlanması da önemlidir. Zira polinasyonun olmadığı bir dünyada bitkilerin, dolayısıyla yaşamsal varlıktan söz etmek olası değildir. Bal arılarının polinasyonda etkin rol alması sonucu doğal bitki populasyonları korunmakta olduğundan bu olay, toprağın korunması açısından da büyük önem taşımaktadır.

Bitkisel üretimde verimliliği artırma yollarından en önemlisi etkin bir polinasyon sağlamaktır. Tüm kültürel işlemler tam yapılmış olsa bile polinasyon olgusuna bağlı döllenme ihmal edildiğinde yapılan tüm işlemler boşa gidecektir. Polinasyon, yapılan tüm kültürel işlemlerin karşılığının alınmasını sağlayan bir sigorta ve üretim artışını sağlayabilecek en etkin mekanizmadır. İşte bu özelliğinden

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

dolayı dünya üzerinde bulunan pek çok bitki populasyonunun verimliliği ve sürekliliği yeterli polinasyon sonucu tohum bağlamalarına bağlıdır.

Polinasyonun yeterli olmadığı durumlarda ürünlerde kalite bozulmasının yanı sıra üretimde azalma ve bitkinin daha geç ürün vermesi söz konusu olmaktadır. Bal arıları başta olmak üzere böcekler, pek çok bitkide polinasyonu sağlayarak tarımsal üretimi artırmaları yanında dünya üzerinde bulunan doğal bitki populasyonunun sürekliliğini sağlayarak da var olan dengeye olumlu katkı sağlamaktadırlar.

Doğal dengenin kurulamadığı veya korunmadığı yerlerde zaman içerisinde doğal bitki populasyonunun yok olmasına paralel olarak bitki ve toprak, verimliliğini kaybetmektedir. İşte bu alanlarda doğal yapıyı korumak için yapılacak çalışmalarda nektar salgısı yüksek ağaç türlerinin dikimi, yem bitkileri tarımı ve erozyon önleme ile arıcılığı geliştirme çalışmaları entegre olarak yapılmalıdır (Çoban, 1997; Uslu, 2014). Özellikle meraların bulunduğu yerlerde sürdürülebilir mera kullanımına ve bal ormanları kurulmasına yönelik olarak arıcılığın geliştirilmesi yönünde tedbirlerin alınması yerinde bir davranış olacaktır. Ayrıca yöre ekolojisine uygun, hızlı büyüyen, çok yönlü yararlanmaya ve arıcılık için elverişli ağaç türleriyle ağaçlandırmaya özen gösterilmelidir (Karabıyık ve Çoban, 1998). Zira ormanın korunması, geliştirilmesi, yenilenmesi ve boş sahaların ağaçlandırılmasına dayalı olarak oluşan alt floranın korunması, arı yaşamı için ideal bir ortam oluşturmaktadır. Ayrıca ormanların korunması toprakların aşınmasını önleyeceğinden, üzerinde ot dahi gelişmeyen erozyon sahaları oluşmayacak, dolayısıyla arının yaşayabildiği ideal ortam da korunmuş olacaktır (Hamzaçebi, 1994; Uzun ve ark., 2011).

Yeryüzünde değişik familyalara ait 20.000'den fazla arı türü bulunmakta ve Apidae familyasındaki Apis cinsine giren türlere bal arısı adı verilmektedir. Bal arıları bal ve balmumu yaparak insanlara yarar sağlamasının yanında bitkilerin polinasyonunda da önemli rol oynamaktadırlar (Özbek, 1979; Roberto ve Campos, 2014). Dünya'daki bitkilerin %70'inin polinasyonu arılar tarafından yapılmakta, arılar tarafından yapılan polinasyonun %80'inden fazlası da bal arılarınca yapılmaktadır (Özbilgin, 1999). Günümüz tarımında yapılan yoğun kültürel işlemler özellikle de pestisitlerin kullanımı sonucunda bu yabani polinatörlerin sayısı da önemli ölçüde azalmaktadır (Free, 1992). Yabani polinatör varlığında ortaya çıkan ve varlığını hissettiren bu azalma, tarım alanlarında ve yabani bitki

populasyon düzeyinde de önemli düşmelere yol açmaktadır (Blaauw ve Isaacs, 2014).

Yabani polinatör düzeyindeki bu düşmelere paralel olarak bitki polinasyon düzeyindeki azalmayı giderecek olan yegâne tozlayıcı etken de bal arıları olmaktadır. Dolayısıyla bal arısı ve bitki ilişkisinin çok iyi irdelenerek anlaşılması kaçınılmazdır. Böylece bal arılarının doğadaki yerleri saptanarak korunmaları ve etkin kullanımlarının sağlanmasının da yolu açılacaktır. Polinasyonsuz ve bal arısız bir yaşamın, insanlığın sosyal yaşamını ve tüm dengeleri de alt üst edeceği gerçeği bu konuda en önemli yol göstericimiz olacaktır (Korkmaz ve Aydın, 1999).

Son yıllarda başta ABD olmak üzere pek çok ülkede çeşitli gerekçelerle bal arısı kolonilerinde yoğun kayıplar yaşanmaktadır. Bu durumda yabani polinatörlerin yanında bal arılarının da eksilmesi ile polinasyon olumsuz etkilenmiş, koloni kira bedellerinde büyük artış yaşanmıştır. Dünyanın dört yanında ortaya çıkan ölümler göstermiştir ki verimde ortaya çıkabilecek olası kayıpları en aza indirmek ve sürdürülebilir verimlilik için bal arılarının doğala özdeş bir ortamda yaşamalarının yolları oluşturulmalıdır. Bu anlamda ilk aşamada polinasyonun anlamı, önemi ve verimlilikteki yeri tüm paydaşlar açısından net bir şekilde ortaya konulmalıdır. Polinasyon etkinliğinin artırılması ve bal arılarının korunması amacıyla arı dostu ilaçların bitki koruma uygulamalarında kullanılmasına ağırlık verilmesi, uygulama zamanlarında arı etkinliklerinin de dikkate alınması da yararlı olacaktır.

Arıcılıkta mesafe kat etmiş ve arı ürünleri dışında gelir temin etmek yönünde çalışmalar yürüten ülkelerdeki uygulamalar, ülkemize de yol gösterici olacaktır. Arıcılara ek gelir sağlanması ve karlı bir tarımsal iş kolu haline gelmesi için polinasyon amacıyla koloni kiralanması sistemi ülkemize de yerleştirilmelidir. Bu konuda devletçe veya bitki üreticileri ile yapılacak ayni veya nakdi ödemelerle, sistem kolaylıkla oluşturulabilecektir. Özellikle ham yağ açığının kapatılması amacıyla ayçiçeği ve kanola ekili alanlara verimliliği artırmak için destekleme bedeli karşılığında arı kolonisi konulması iyi bir başlangıç olacaktır (Korkmaz, 2014).

Bal arılarının polinasyonun önemi ve bitkisel verimlilikteki yerinin kavranması, ülkemiz arıcılığına yeni bir bakış açısı ve ivme kazandıracaktır. Bunun yolu da polinasyon ağırlıklı eğitim, yayım ve yayın çalışmalarının yaygınlaşması ile olanaklı olacaktır. Bu nedenle arı ve bitki yetiştiricilerinin, bitkilerde döllenme biyolojisi ve polinasyonda bal arılarının rolünü çok iyi bilmeleri gerekmektedir.



Bölüm I

Bitkilerin Döllenme Biyolojisi

1. Bitkilerde Üremenin Önemi

Her canlı kendi soyunu devam ettirebilmek için üremeye gereksinim duymaktadır. Doğanın sürekliliğinin sağlanmasının temel yasası, üremedir. Hatta doğadaki tüm yapılar, üreme olgusu üzerine kurulmuş ve gelişmiştir. Bu anlamda her canlı grubunda olduğu gibi bitkiler aleminde de kendine özgü yapı ve üreme şekilleri oluşmuştur. Bitki yetiştiricilerinin de bu sistemleri bilmesi ve üretim periyodunu üreme merkezli olarak düzenlemesi kaçınılmazdır. Aksi halde yapılan tüm yatırım ve harcamalar boşa gidecektir. Bu süreçte de en önemli bileşen *bitki ve polinatör* ilişkisidir. Her türlü ekim, dikim, gübreleme ve sulama gibi kültürel uygulamalar yerinde ve zamanında yapılırsa, ancak bitki ve polinatör ilişkisinin yaşanacağı dönemde gerekenler yapılmazsa verimsizlik ve zarar yaşanacaktır. Tohum ve meyve üretimi sekteye uğrayacağı gibi sonuçta bitkisel üretime bağlı bir takım kaosların yaşanacağı da açıktır. Bu nedenle bitkilerin kendine özgü olan üreme şekillerinin arı ve bitki yetiştiricileri tarafından bilinmesi bir zorunluluktur (Bond ve ark., 2014; Roubik, 2014).

2. Bitkilerde Üreme Şekilleri

Çiçekli bitkilerde üreme vegetatif (eşeysiz) ve generatif (eşeyli) üreme olmak üzere iki çeşittir (Acquaah, 2007).

Vegetatif Üreme: Bir bitkide kök, gövde, dal ve yapraklar ile bazı bitkilerde soğan, yumru, rizom ve stolon gibi bitki kısımları vegetatif organlardır. Üzerinde tomurcuk, aşı gözü, çelik, soğan, yumru ve rizom gibi benzeri büyüme merkezlerini taşıyan, vegetatif bitki parçalarıyla gerçekleşen üremeye ise vegetatif üreme denilir. Vegetatif üremede erkek ve dişi eşey hücrelerinin döllenme yoluyla birleşmesi gerçekleşmediğinden bu üreme şekline eşeysiz üreme denilmektedir.

Generatif Üreme: Çiçek, tohum ve meyve bitkinin generatif organlarını oluşturmaktadırlar. Çiçeklerin eşey organlarında bulunan eşey hücrelerinde mayoz bölünmeyle erkek ve dişi eşey hücreleri oluşur. Bu hücrelerin döllenme yoluyla birleşmesiyle tohum, tohum oluşumuna bağlı olarak da birçok bitkide meyve meydana gelir. Olgun ve sağlıklı bir tohumun uygun ortamlarda çimlenmesiyle yeni bir bitki oluşur. Tohumlu bitkilerde neslin devamı böyle sağlanır. Generatif üreme, eşey hücrelerinin birleşmesi sonucu meydana geldiğinden, bu üreme şekline eşeyli üreme de denilir.

Generatif üreme sadece bir üreme şekli olmayıp, tohumu veya meyvesi yenilen bitkilerde ürün elde edilmesi için gerçekleşmesi gereken bir olaydır. Bu durumda, gerek generatif, gerekse vegetatif

yollardan her-hangi biriyle üretilen bir bitkiden tohum ve meyve elde edilmesi isteniyorsa, bu bitkide eşey hücrelerinin birleşerek döllenme olayının gerçekleşmesi gerekmektedir (Eti, 2011).

3. Çiçeğin Yapısı

Tohum taslaklarının dişi organda bulunuş şekline göre tohumlu bitkiler (spermatophyta), gymnospermae (açık tohumlular) ve angiospermae (kapalı tohumlular) olarak iki alt bölüme ayrılarak incelenirler. Gymnospermelerde çiçekler erkek ve dişi kozalaklarda toplanmışlardır. Tipik bir çiçek yapısı gözlenemez. Periantın (kaliks ve korolla) yanı sıra bu dişi çiçeklerin stillüs ve stigmaları da yoktur. Karpeller bir araya gelerek şekilleri cinslere göre değişen kozalaklar oluştururlar. Tohum taslakları da makrosporofillerin üzerinde bulunurlar. Gymnospermelerde çiçekler sporofillerin bir eksen etrafında spiral tarzda dizilmesiyle meydana gelmiş kozalaklar halindedir. Periant yaprakları ya yoktur veya az gelişmiştir (Ray ve ark., 1983).



Açık Tohumlulara Ait Bir Çiçeğin Görünümü

Angiospermelerde çiçek, gymnospermelere göre daha gelişmiştir. Çiçek, angiospermelerin eşeyssel üreme organıdır. Çeşitli bitkilerin çiçekleri incelendiğinde, çiçek organlarının sayısı, şekil, renk ve büyüklük bakımından farklılıklar içerdiği görülmektedir. Çiçek

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

sapının tepe kısmı genellikle genişleyerek çiçek tablasını oluşturur. Kapalı tohumlu bitkilerde çiçeğin bütün organları çiçek tablası üzerinde iç içe halkalar şeklinde dizilmektedir. Bu bitkilerde normal bir çiçek, çanak yapraklar, taç yapraklar, erkek organlar ve yumurtalık olmak üzere 4 kısımdan oluşmaktadır (Pandey, 2006).

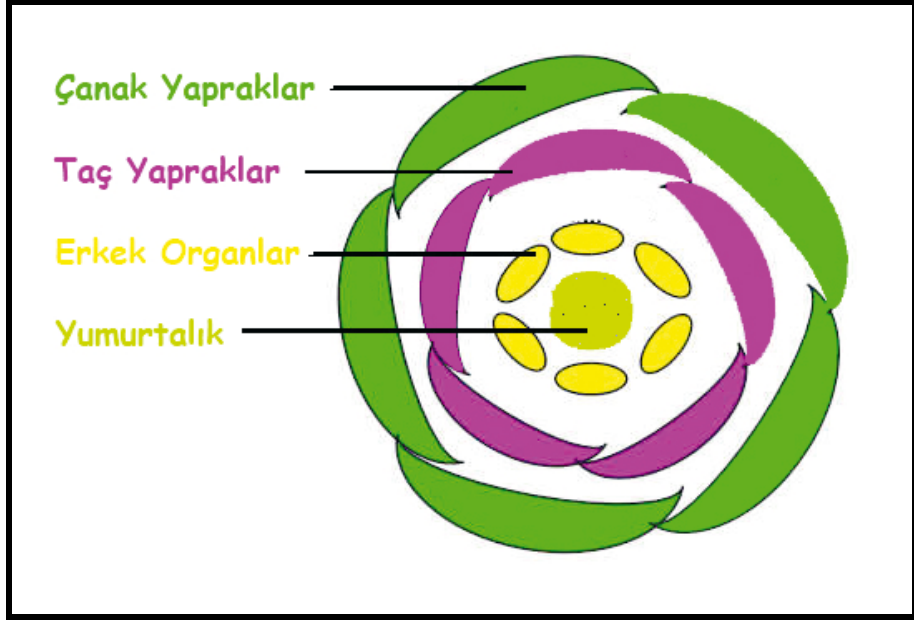
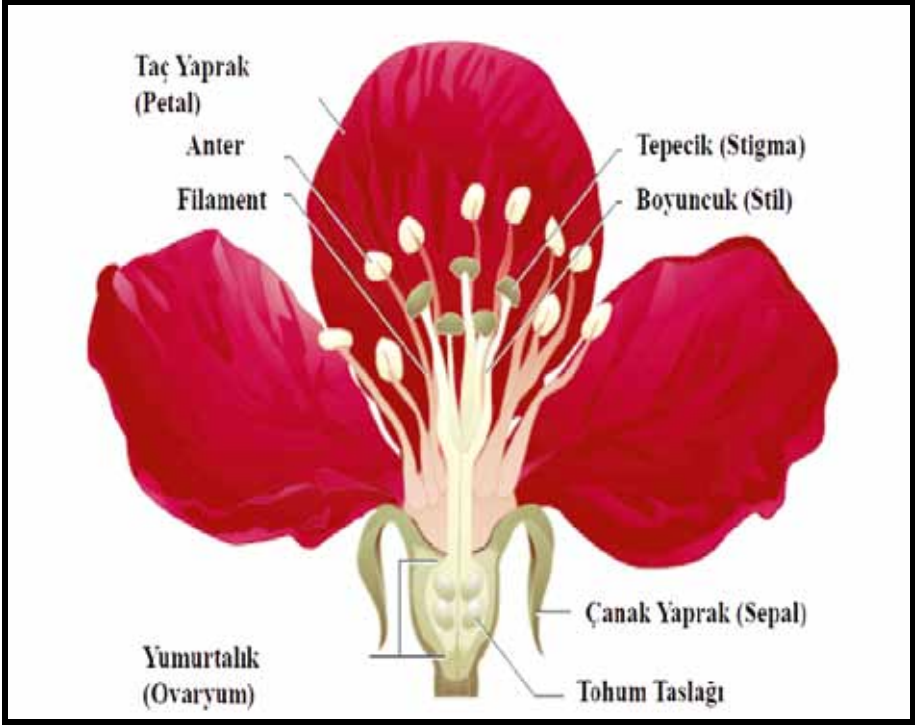


Diagram Şeklinde Çiçeğin Görünümü

Çanak Yapraklar: Çiçeğin en dış kısmında yer almaktadırlar. Çanak yapraklar, genellikle yeşil renkli olup, özellikle tomurcuk aşamasında çiçeğin iç kısmındaki öteki organları koruma görevi yapmaktadırlar. Çanak yaprakların oluşturduğu halkaya *çanak (calyx)* denir. Kaliksi oluşturan çanak yapraklar birbirinden *ayrı (chorysepal)* veya *birleşik (synsepalous)* olabilirler. Çanak halkası olmayan çiçeklere *asepalous* denilmektedir.

Taç Yapraklar: Çiçeğin dıştan ikinci halkasını oluşturan taç yapraklar, genellikle iri, gösterişli ve değişik renkli olup, güzel kokuludurlar. Görevleri, gösterişli görünüşleri ve güzel kokulan ile böcekleri çiçeğe çekerek, tozlanmanın sağlanmasında yardımcı olmaktır. Taç yaprakların oluşturduğu halkaya *taç (corolla)* denir. Korollayı oluşturan taç yapraklar da, çanak yapraklarda olduğu gibi, birbirinden *ayrı (chorypetalous)* veya *birleşik (synpetalous)* olabilirler. Korollası olmayan çiçeklere *apetalous* denilmektedir (Evert ve Eichborn, 2015).



Bir Çiçeğin Yapısı

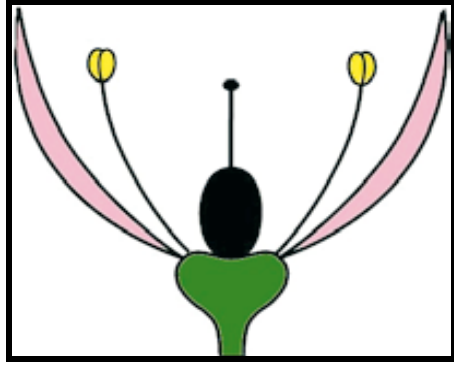
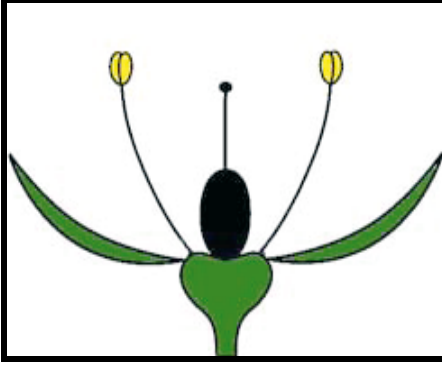
Çanak ve taç yapraklar birlikte çiçek örtüsünü oluştururlar. Üçüncü ve dördüncü halkada bulunan erkek ve dişi organları korurlar. Bazı çiçeklerde çanak ve taç yapraklar aynı özelliktedirler. Böyle çiçeklerin çiçek örtüsüne *perigon* denir. Perigonu oluşturan her bir yaprağa da *tepal* denir (Kumar ve Bhatia, 2013).

Bazı çiçeklerde taç yaprak ve çanak yaprak halkası yani çiçek örtüsü bulunmaz. Bu çiçeklere *çıplak (achlamydeous)* çiçekler denilir. Yalnız kaliks ya da yalnız korollası olan çiçeklere *monochlamydeous*, kaliks ve korollası olan çiçeklere de *dichlamydeous* çiçek denilmektedir.

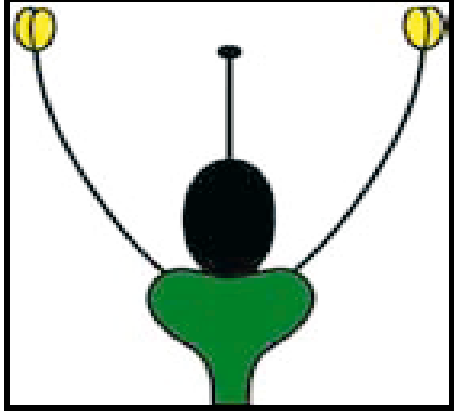
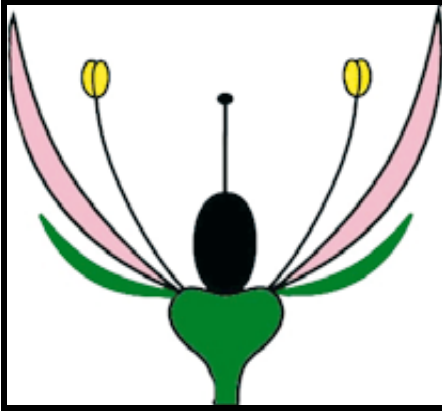
Erkek Organlar: Çiçeklerde dıştan üçüncü halkada yer alan erkek organlar, *filament (ipçik)* ve *anter (başçık)* olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Filament, ucunda anter denilen kısmı taşır. Bir anter, içerisinde 4 adet çiçek tozu kesesini bulundundur. Çiçek tozu keseleri içinde bol miktarda çiçek tozu (polen) üretilmektedir.

Bir çiçeğin tüm erkek organlarına *androecium* denir. Çeşitli türlere ait çiçeklerin erkek organları arasında şekil, büyüklük ve sayı bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, zeytinlerde 2 adet, elmalarda 15-50, armutlarda 20-30 adet erkek organ vardır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Monochlamydeous Çiçek Yapıları (Simpson, 2011)



Dichlamydeous ve Achlamydeous Çiçek Yapıları



Tepal Yapısındaki Lale Çiçeğinin Görünümü



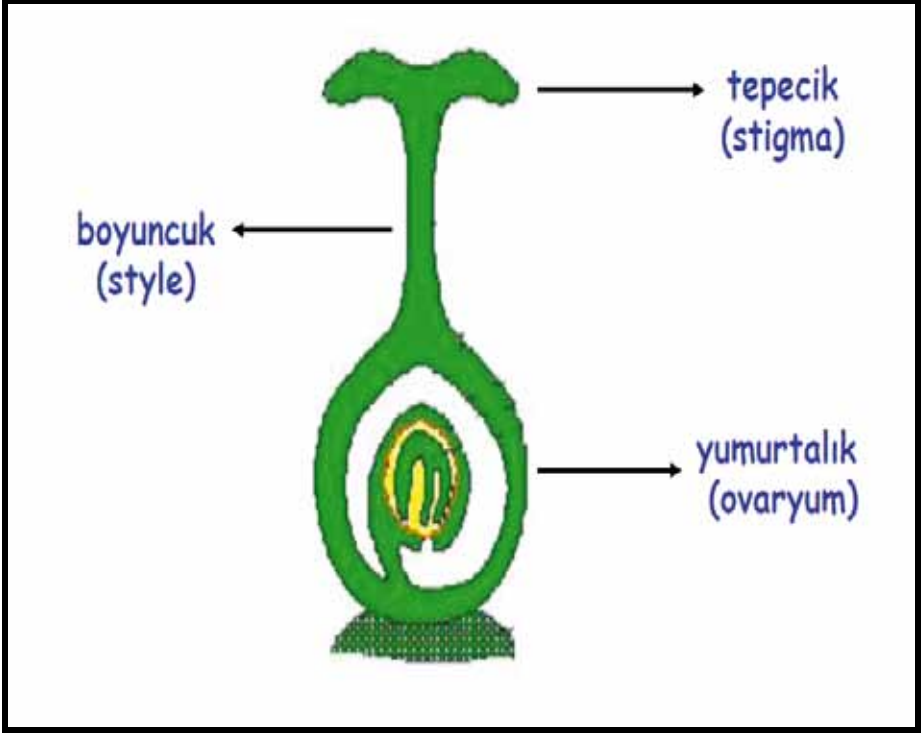
Dişi Organ Çevresinde Erkek Organların Görünümü

Dişi Organ: Çiçeklerde en ortada dişi organ bulunur. Bir dişi organ *tepecik (stigma)*, *boyuncuk (stilus)* ve *yumurtalık (ovary)* olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. Tepecik, boyuncuğun genişlemiş uç kısmıdır (Kumar ve Bhatia, 2013).

Polinasyon olayıyla tepecik üzerine ulaşan polenler, burada uygun ortam bulduğunda çimlenmektedir. Boyuncuk, tepecikten yumurtalığa doğru uzanan, uzun ve silindirik yapısı olan kısımdır. Tepecik üzerinde çimlenen polenlerin oluşturdukları çim boruları, boyuncuk içinden yumurtalığa doğru ilerlemektedir.

Dişi organın en önemli kısmı olan yumurtalık, dişi organın altı kısmındaki şişkince kısımdır. Birçok bitkide yumurtalık, döllenme olayından sonra gelişerek meyveyi oluşturmaktadır. Yumurtalık tek *bölmeli (karpel)* olabileceği gibi çok bölmeli de olabilmektedir. Yumurtalık içerisinde döllenme sonrası tohumu meydana getirecek olan tohum taslakları bulunmaktadır. Dişi organların hepsine *gynoecium* denir.

Dişi organın şekli ve boyu bitki türüne bağlı olarak önemli düzeyde değişiklik göstermektedir. Tek parça şeklinde olabileceği gibi parçalı dişi organ çeşitleri de bulunmaktadır.



Bir Çiçekte Dişi Organın Kısımları (Akgül, 2015)



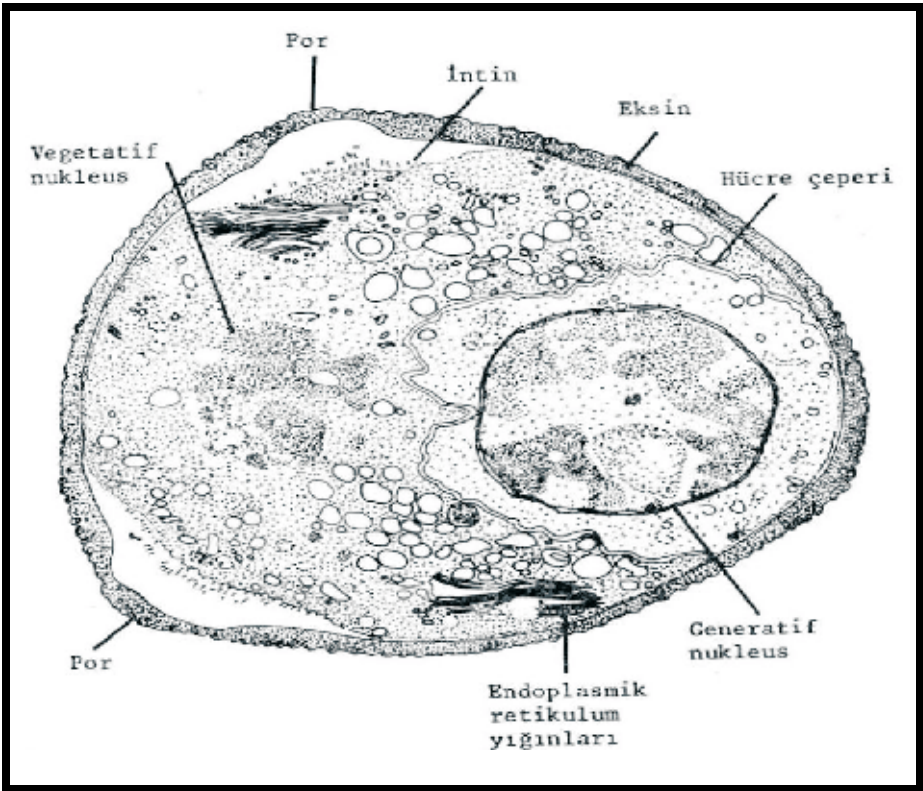
Keçiboynuzunda Dişi, Erselik ve Erkek Çiçek (Akgül, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

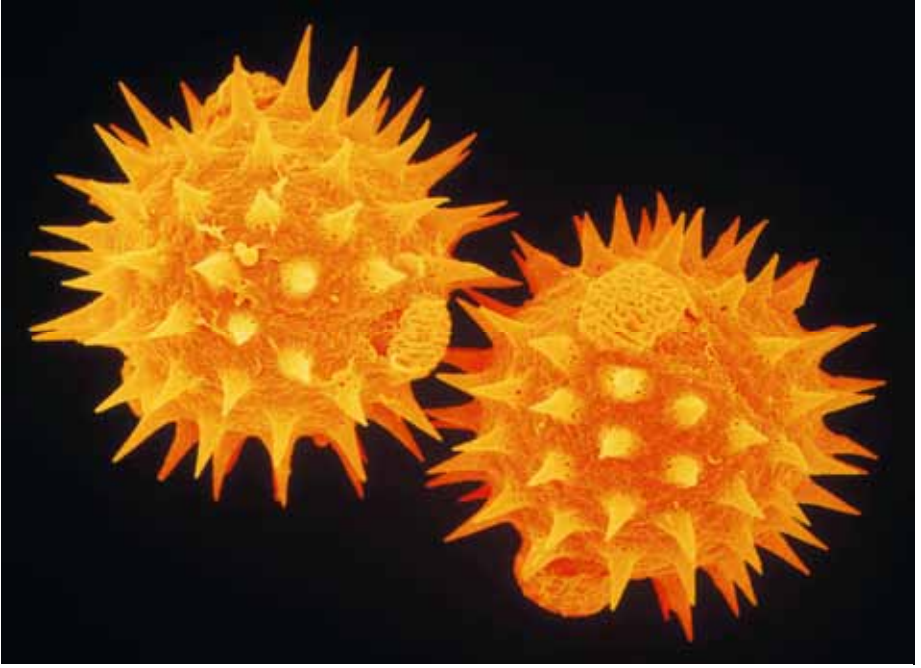
Polen: Çiçeklerin erkek organlarında arkeospor tabakasındaki polen ana hücrelerinin mayoz ve mitoz bölünme geçirerek diad ve tetrad sonucunda meydana getirdiği 4 hücreden her birine polen adı verilmektedir. Polen, içerisinde bir tek hücreye indirgenmiş *erkek gametofiti* veya *erkek organı (antheridium)* taşıyan yapıdır (Eti, 2011).

Polenin dış yüzeyi kabaca *ekzin* ve *intin* olmak üzere 2 tabakadan meydana gelmiştir. *Ekzin* tabakası çok sert, kuvvetli asitlere dahi dirençli olan sporopolenin adı verilen bir maddeden oluşmuştur. *Intin* ise peptik polisakkaritlerden ve selülozdan meydana gelmiştir. Polenin dış yüzeyinde olan bu yapının sindirimi çok güç olduğundan dolayı bal arıları tarafından da sindirilemez ve dışkı ile dışarı atılırlar. Bal arıları polenin porlarından giren enzimler sayesinde içindeki besin maddelerinin sindirilmesini sağlarlar (Dadant, 1984).

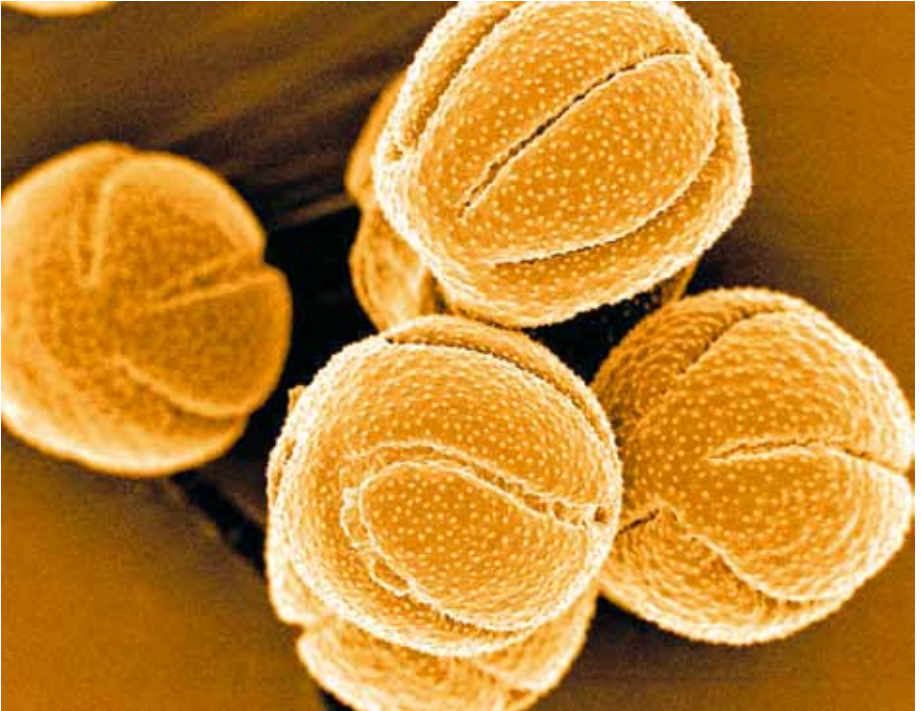
Polenler anteri terk etmeden önce tek nukleusludur. Anteri terk ettikten sonra polen içerisindeki nukleus ikiye bölünerek vejetatif ve generatif nukleusu meydana getirir. Daha sonra generatif nukleus tekrar ikiye bölünür ve bir tanesi intine doğru itilir (Eti, 2011).



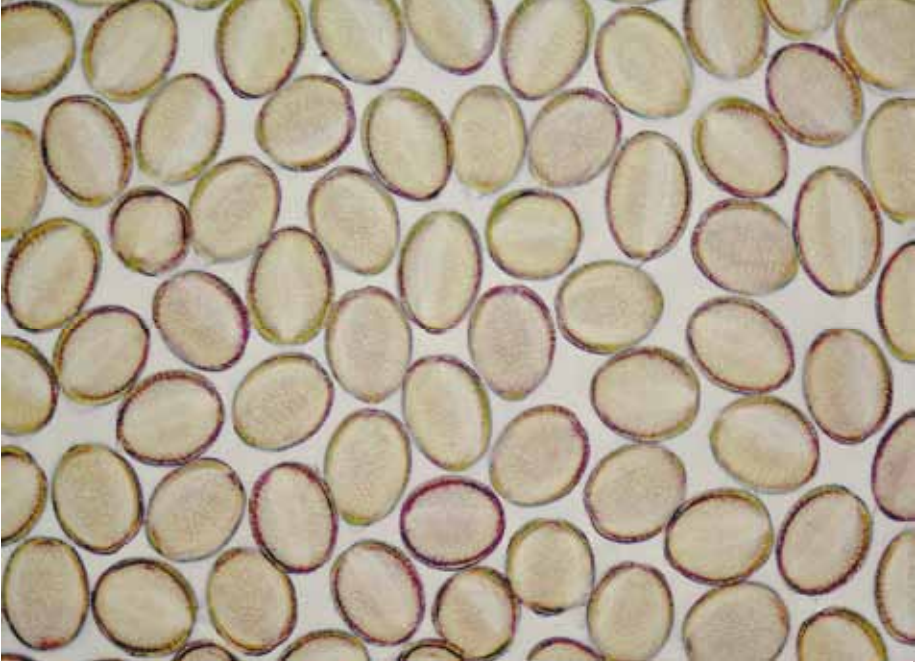
Polenin Kısımları (Akgül, 2015)



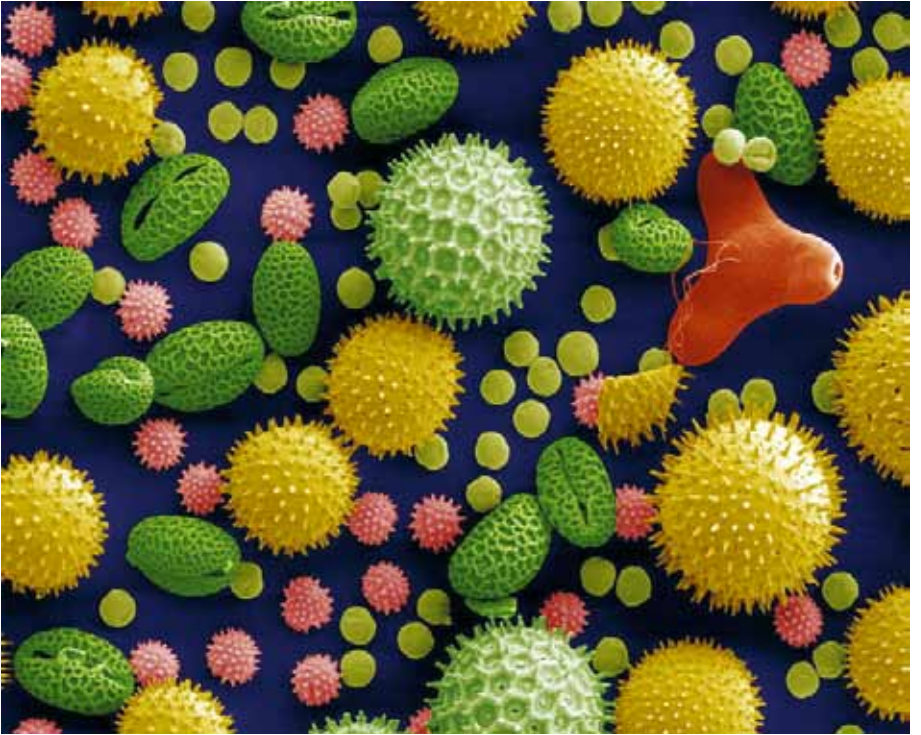
Ayçiçeği Poleninin Görünümü (Gill, 2011)



Gelincik Çiçeği Poleninin Görünümü (McDonalds, 2015)



Kolza Poleninin Görünümü (Thomas, 2014)



Çeşitli Bitki Polenlerinin Görünümü (Howard, 2011)

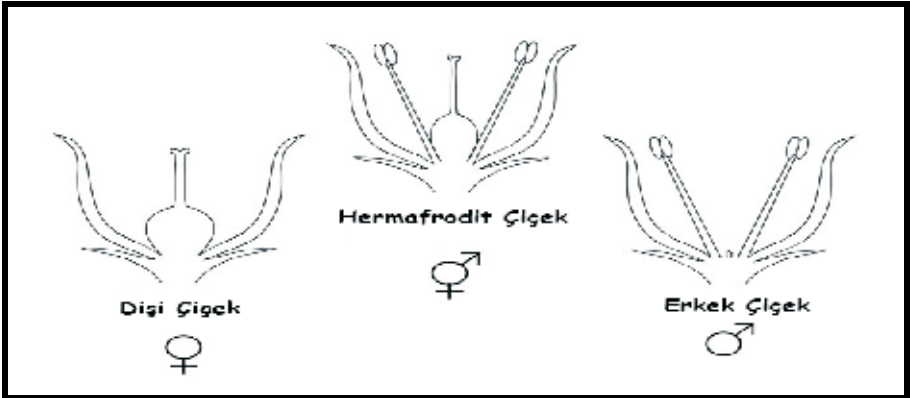
4. Çiçeklerdeki Eşeyssel Farklılıklar

Bitkisel verimliliği belirleyen temel koşul bitkilerin çiçek açması ve bu çiçeklerin çeşitli etkenlerle polinasyonunu gerçekleştirmesidir. Tohum ve meyvenin temelini oluşturan çiçek yapıları aynı zamanda bitkilerin çiçek yapılarına göre sınıflandırılmasında da kullanılmaktadır. Çiçekler, erkek ve dişi organları bulundurup bulundurmamasına göre *hermafrodit*, *erkek* ve *dişi çiçekler* olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bir çiçekte sadece dişi veya sadece erkek organlar bulunuyorsa, bu tip çiçeklere *tek eşeyli çiçekler* denir. Tek eşeyli çiçekler, erkek ve dişi çiçekler olmak üzere iki kısımda incelenirler (Eti, 2011; Kumar ve Bhatia, 2013).

Hermafrodit Çiçekler: Bir çiçekte erkek ve dişi organlar birlikte bulunurlarsa, bu tip çiçeklere hermafrodit, erselik, erdişi, iki eşeyli çiçekler adı verilmektedir. Turunçgiller, tüm sert ve yumuşak çekirdekli meyve türleri ile domates, biber, patlıcan gibi sebzeler bu gruba girmektedir.

Erkek Çiçekler: Üzerinde sadece erkek organ bulunduran, dişi organı olmayan çiçeklerdir. Bunlara morfolojik dişi kısır çiçekler de denilmektedir. Dişi organ ya tamamen kaybolmuştur ya da görevini yapamayacak şekilde küçülmüştür. Örneğin; keçiboynuzu, antepfıstığı, ceviz gibi bitkilerin erkek çiçekleri bu gruba girmektedir.

Dişi Çiçekler: Üzerinde sadece dişi organ bulunduran, erkek organ olmayan çiçeklerdir. Bunlara morfolojik erkek kısır çiçekler de denilmektedir. Erkek organ ya tamamen kaybolmuştur ya da görevini yapamayacak şekilde küçülmüştür. Örneğin; keçiboynuzu, antepfıstığı, kivi gibi bitkilerin dişi çiçekleri. Erkek çiçeklerden meyve elde edilemez, sadece tozlayıcı olarak görev yapmaktadırlar. Dişi çiçekler ise dışarıdan gelen polenler ile tozlanmaları koşuluyla, döllenerek tohum ve meyve oluşturabilmektedirler (Eti, 2011).



Hermafrodit, Erkek ve Dişi Çiçeklerinin Karşılaştırılması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Hermafrodit Yapıda Şeftali Çiçeği



Erkek ve Dişi Fındık Çiçeğinin Görünümü

5. Bitkilerdeki Eşeysel Farklılıklar

Üzerinde sadece erselik çiçekleri taşıyan bitkilere *monoklin bitki*, sadece tek eşeyli çiçekleri taşıyan bitkilere ise *diklin bitki* adı verilir. Diklin bitkiler, erkek ve dişi çiçekleri üzerinde bulundurdıkları yerlere göre *monoik bitkiler* ve *dioik bitkiler* olmak üzere iki kısımda incelenir. Aynı bitki üzerinde hermafrodit çiçeklerle beraber tek eşeyli çiçekler de bulunursa *poligam bitkiler* denir (Kumar ve Bhatia, 2013).

Monoik Bitkiler: Erkek ve dişi çiçekler, aynı bitki üzerinde fakat farklı yerlerdedirler. Bunlara *tek evcikli bitkiler* de denilmektedir. Örneğin; fındık, ceviz, pıkan, kestane, dut, huş, göknar, kabak, kavun, hıyar, kızılalağaç, sedir, servi, çam, ladin, mazı.

Dioik Bitkiler: Erkek ve dişi çiçekleri, aynı türün farklı bireyleri üzerinde bulunduran bitkilerdir. Bu tip bitkilere *iki evcikli bitkiler* de denilmektedir. Bu grup içerisinde; üzerinde sadece dişi çiçekleri taşıyan bireylere *dişi bitki (gynoik bitki)*, üzerinde sadece erkek çiçekleri taşıyanlara ise *erkek bitki (androik bitki)* denilir. Örneğin; antepfıstığı, kivi, incir, hurma, dişbudak, trabzon hurması, kavak, ardıç, ateş diken, salkım söğüt, kuşkonmaz, ıspanak, enginar.



Kivi Bitkisinde Erkek ve Dişi Çiçekler



Ceviz Bitkisinde Dişi ve Erkek Çiçekler

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Monoik bitkiler için *ara formlar* (*gynomonoik*, *andromonoik*, *trimonoik*) ve dioik bitkiler için *ara formlar* (*gynodioik*, *androdioik*, *trioik*) da bulunmaktadır (Dellaporta ve Calderon, 1993; Glawe, 2006; Eti, 2011; Deveci, 2015).

Gynomonoik: Aynı birey üzerinde hem dişi, hem de erselik çiçek bulunduran bitkilerdir. Örneğin; bazı kabakgiller.

Andromonoik: Aynı birey üzerinde hem erkek, hem de erselik çiçek bulunduran bitkilerdir. Örneğin; kavun, nar.

Trimonoik: Aynı birey üzerinde hem dişi, hem erkek, hem de erselik çiçek bulunduran bitkilerdir. Örneğin; Muz.

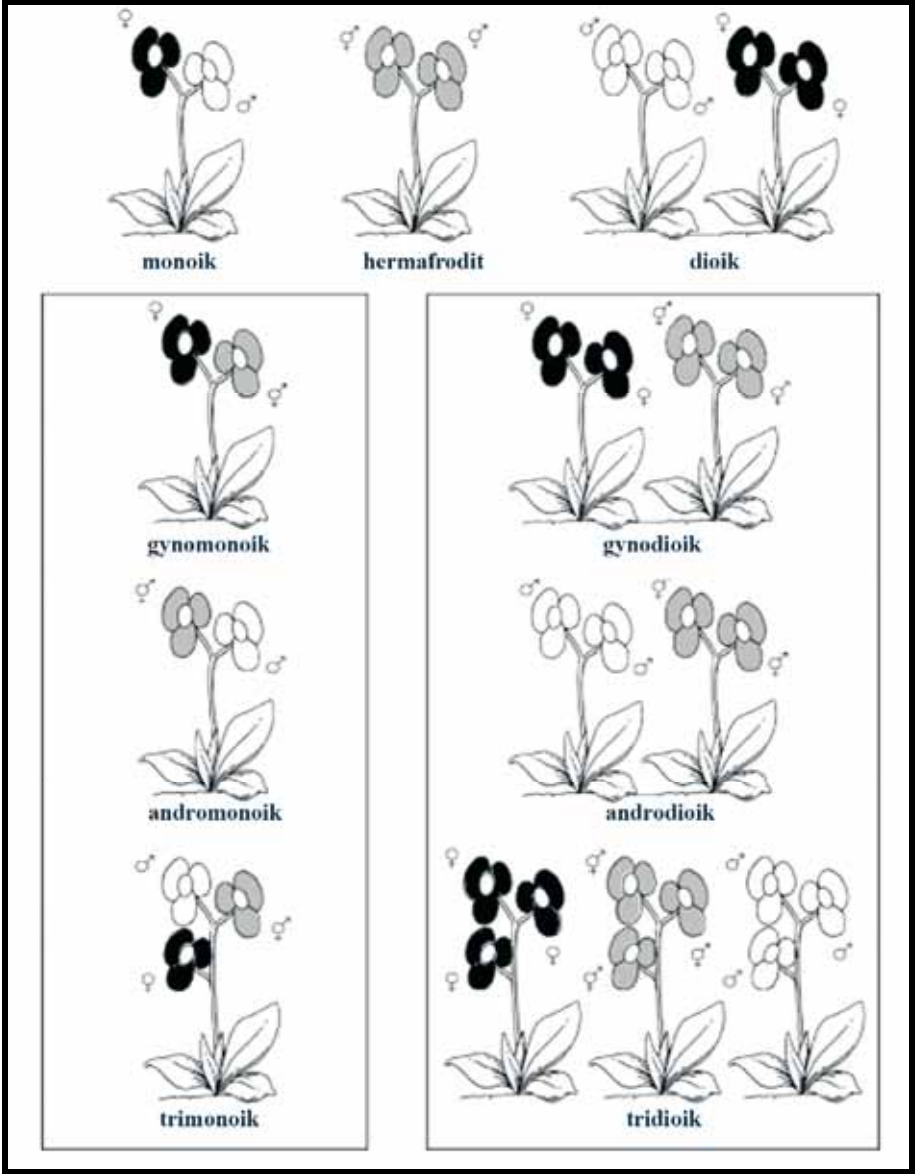
Gynodioik: Bireylerin bir bölümünün sadece dişi çiçek, bir bölümünün ise sadece erselik çiçek taşıdıkları bitkilerdir.

Androdioik: Bir tür içinde bireylerin bir bölümü sadece erkek çiçek, bir bölümü sadece erselik çiçek taşıdıkları bitkilerdir.

Tridioik: Bir tür içerisinde bireylerin bir bölümünün sadece dişi çiçek, bir bölümünün sadece erkek çiçek, diğer bir bölümünün ise sadece erselik çiçek taşıdıkları bitkilerdir.



Muzda Gynomonoik ve Andromonoik Yapılar (Akgül, 2015)



Çiçek Tiplerinin Bir Arada Görünümü (Glawe, 2016)

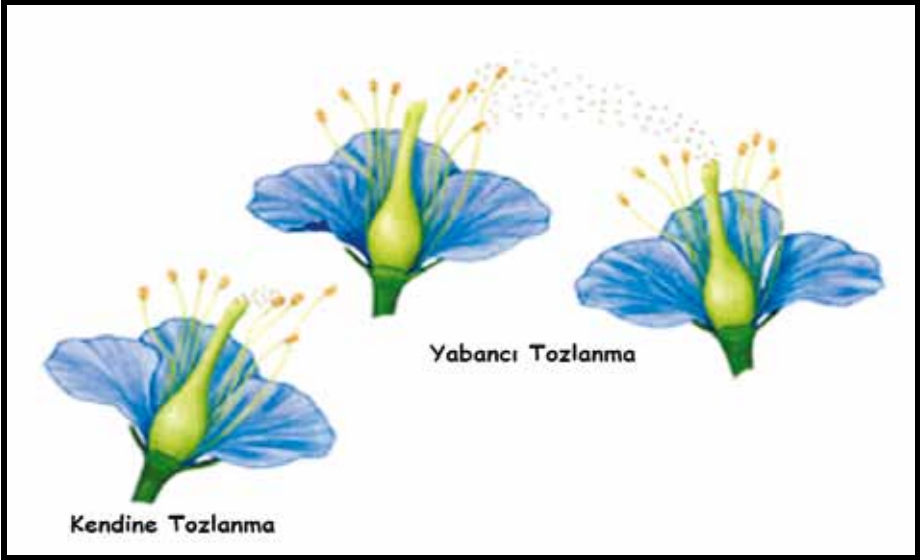
6. Bitkilerde Polinasyon

Anterlerde oluşan polenlerin herhangi bir yolla dişi organın tepesi üzerine taşınmasına polinasyon, yani tozlanma denir. Bir çiçeğin anterlerinde oluşturulan çiçek tozlarının aynı çiçeğin veya aynı bitki üzerindeki herhangi bir çiçeğin tepesi üzerine taşınmasına *kendine tozlanma* denir. Ayrıca, aynı çeşide ait bitkiler arasındaki tozlanma işlemi de yine kendine tozlanma kapsamında incelenir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Kendine tozlanma işleminin bitki ıslahı için insanlar tarafından kontrollü bir şekilde yapılmasına, *kendileme* denir. Kendine tozlanma veya kendileme sonucu gerçekleşen döllenme olayına *kendine döllenme* denir (Bauer ve Wing, 2010).

Bir bitkiye ait çiçek tozlarının farklı bir çeşit veya türün çiçeğinin tepeciği üzerine taşınmasına *yabancı tozlanma* denilir. Yabancı tozlanma işlemi ıslah amacına yönelik olarak insanlar tarafından kontrollü bir şekilde yapılırsa *melezleme* denilir. Yabancı tozlanma veya melezleme sonucu gerçekleşen döllenme olayına ise *yabancı döllenme* denir (Eti, 2011).



Bitkilerde Yabancı ve Kendine Tozlanma (Otunnu, 2004)

7. Polinatörler

Polinasyon, bitki tür ve çeşidine bağlı olarak abiyotik (rüzgâr, su) ve biyotik (böcek, yaras, kuş, insan, kelebek, güve) etkenlerce yapılmaktadır (Vanbergen ve ark., 2014; Evert ve Eichborn, 2015).

Böceklerle Polinasyon

Böceklerle tozlanan bitkilere *entomofil bitkiler* denir. Tozlanma olayında arılar, sinekler, kelebekler ve değişik böcekler görev almaktadırlar. Böceklerle tozlanan bitkilere örnek olarak sert ve yumuşak çekirdekli meyveler, turunçgiller, çilek, incir, nar ve kivi gibi meyve türleri; domates, biber, patlıcan gibi sebzeler verilebilir.

Böcekler, çiçeklere besin kaynağı olarak polen ve nektar (balözü) almak amacıyla gelmektedirler. Nektar salgısı, çoğunlukla

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

erkek organlarla dişi organ arasında ve yumurtalığın tabanındaki bölgede oluşturmaktadır. Böcekler çiçekleri dolaşırken, vücutlarına yapışan çiçek tozlarını dişi organı tepeciği üzerine taşıyarak tozlanma olayını gerçekleştirmektedirler.



Ayçiçeğinde Bal Arısı Polinasyonu (Archer, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Şeftalide Bal Arısı Polinasyonu

Rüzgâr ile Polinasyon

Anemofil bitkiler olarak adlandırılan rüzgârla tozlanan bitkilere örnek olarak antepfıstığı, ceviz, pıkan, fındık, kestane, keçiboynuzu ve dut verilebilir (Giovanetti ve Aronne, 2011).



Fındıkta Rüzgâr Polinasyonu



Çam Ağacında Rüzgâr Polinasyonu

Yarasa ile Polinasyon

Yarasalar; büyük, gösterişli, açık renkli ve geceleri açık olan bazı bitkilerin polinasyonunda görev alırlar. Genellikle çan şekilli çiçekli bitkilerdir. Bu bitkiler genellikle uzun süreli nektar salgırlar. Ancak bu nektarlar kükürt gibi itici kokulu olduğundan bal arıları tarafından tercih edilmezler (Muchhala ve ark., 2008).



Yarasa ile Polinasyon

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Su ile Polinasyon

Suda yaşayan bazı bitkilerde polinasyon su aracılığıyla olmaktadır. Bitki tarafından polenler su içerisinde salınır. Su akımları rüzgâra benzer bir etki göstererek poleni taşırlar. Çiçekleri küçük ve polen yakalamak için gerekli olan tüylü yapıda stigmalara sahiptir. Su ile tozlaşma %2 düzeyindedir. Suda yaşayan pek çok bitkinin de böcekler tarafından polinasyonu yapılmaktadır (Cox, 1993).



Su ile Tozlaşan Vallisneria Bitkisi

Kuş ile Polinasyon

Kuzey Amerika’da yaşayan ve nektarla beslenen kuşlar da polinasyon yapmaktadır. Çiçek önünde sabit ve uçuş halinde duran bu kuşlar, gün boyunca salgılanan nektarı alabilmek için büyük kırmızı veya turuncu çiçekleri ziyaret etmektedirler (Muchhala ve ark., 2008).



Sinek Kuşu ile Polinasyon

8. Böcek ve Rüzgârla Tozlanan Bitkilerin Çiçek Yapısı

Doğada var olan bitkilerin polinatörleri çiçek yapılarına bağlı olarak değişmektedir. Polinasyonun en etkili iki etkeni olan rüzgâr ve böcekler açısından bitkilerin çiçekleri arasında da büyük farklar bulunmaktadır (Eti, 2011; Friedman, 2011). Bu farklar;

1. Böcekle tozlanan bitkiler genellikle erselik çiçeklere sahip monoklin bitki grubundadırlar. Rüzgârla tozlananlar ise tek eşeyli çiçeklere sahip diklin bitkilerdir. Ancak incir ve kivi, diklin bitki oldukları halde böcekle tozlanan bitkiler grubundadırlar.

2. Böcekle tozlanan bitkilerin çiçekleri, iri, renkli, gösterişli ve çoğunlukla güzel kokulu taç yapraklara sahiptirler. Rüzgârla tozlanan bitkilerin çiçekleri, küçük, gösterişsiz ve kokusuz olup, çoğunlukla taç yaprakları da bulunmamaktadır.

3. Böcekle tozlanan bitkilerin çiçeklerinde böcekleri kendine çekmek amacıyla bol miktarda nektar salgılanırken, rüzgârla tozlanan bitkilerde nektar bulunmamaktadır.

4. Rüzgârla tozlanan bitkilerin çiçeklerinde üretilen polen miktarı, böcekle tozlananlara oranla oldukça fazladır.

5. Rüzgârla tozlanan bitkilerin polenlerinin yapısı böcekle tozlananlara göre daha küçük yapıdadırlar.

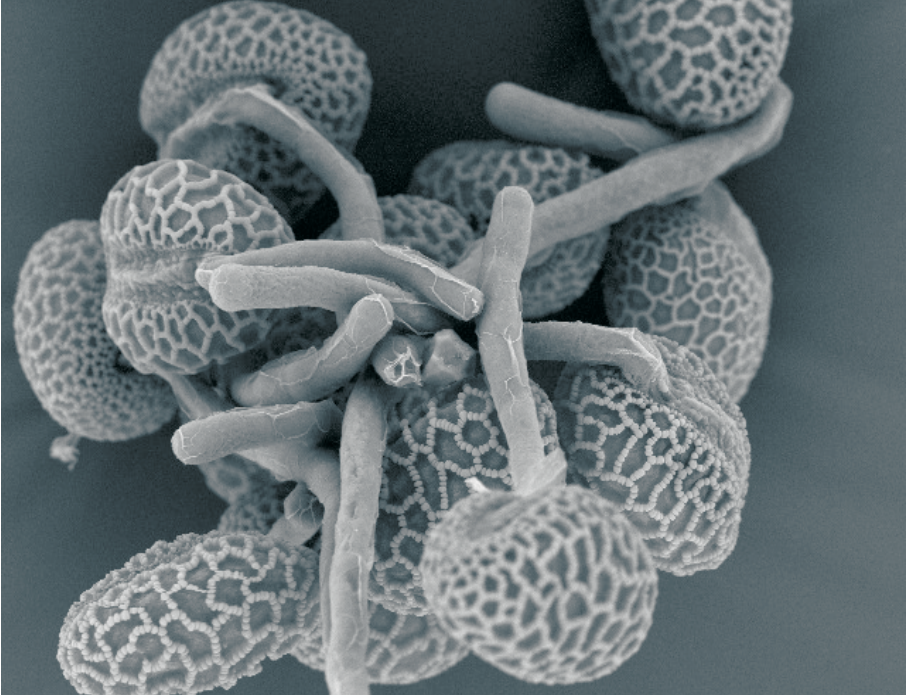
6. Böceklerle tozlanan bitkilerde polenlerin yüzeyi mumsu bir madde veya yapışkan bir sıvı ile kaplanmıştır. Bu nedenle polenler böcekler üzerine kolaylıkla yapışmaktadır. Rüzgârla tozlanan bitkilerde ise çiçek tozlarının yüzeyi kurudur.

7. Rüzgârla tozlanan bitkilerin polenlerinin havada uçabilmesi ve daha uzak mesafelere ulaşabilmesi için hava keseleri bulunmaktadır. Böceklerle tozlananlarda ise böyle bir yapı bulunmamaktadır.

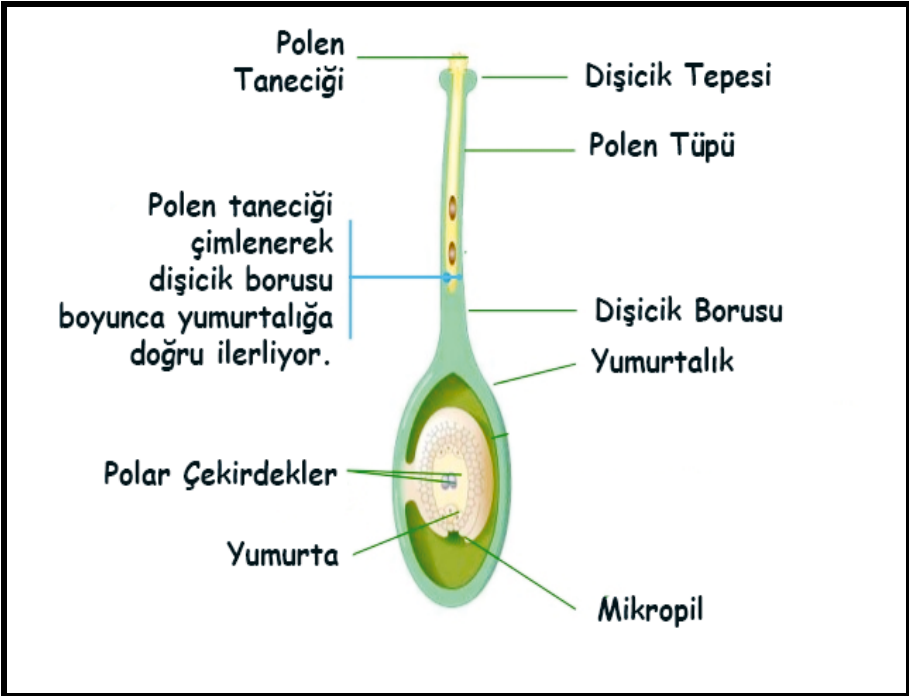
8. Rüzgârla tozlanan bitkilerde dişi organın tepecik yüzeyi geniş, boyuncuk kısmı kısa iken; böcekle tozlananlarda tepecik daha dar, boyuncuk ise daha uzun yapıya sahiptir.

9. Çiçek Tozunun Çimlenmesi

Polen taneciği dişi organın tepeciği üzerine ulaştıktan sonra, tepecik üzerinden salgılanan kıvamlı yapışkanimsi sıvı tarafından tutulmaktadır. Bu sıvı, polenin çimlenmesi için gerekli olan nemi de sağlamaktadır. Su alıp şişen polenin içinde iç basınç artar ve polenin dış duvarında bulunan *por* adı verilen deliklerin birinden dışarıya doğru bir uzantı meydana getirmeye başlar. Bu uzantıya çiçek tozu çim borusu veya polen tüpü adı verilmektedir (Sawyer, 1981; Eti, 2011).



Çimlenmiş Polenlerin Mikroskopta Görünümü (Geitmann, 2011)



Polenin Çimlenmesi (Anonim, 2012)

Çimlenme süreciyle birlikte, enzim faaliyetleri de başlamaktadır. Çiçek tozu içinde depolanmış olan besin maddeleri, ilk çimlenme için gerekli olan enerjiyi karşılamada kullanılmaktadır. Tepecik üzerindeki epidermis tabakası, çim borusu tarafından delinerek boyuncuktaki büyüme dokusu içine giriş sağlanır. Ancak, çiçek tozundaki besin maddeleri, çim borusunun yumurtalığa ulaşması için gerekli olan enerjiyi karşılayamamaktadır. Bu nedenle çim boruları, içinde ilerledikleri büyüme dokularından difüzyonla su ve besin maddesi olarak yoluna devam etmektedir.

Çimlenme olayından sonra, polen içinde bulunan ve kalıtsal materyalin sonraki nesillere aktarılmasını sağlayan generatif çekirdek ile kalıtsal özellik taşımayan vegetatif çekirdek, çim borusunun içine aktarılır. Çim borusu büyürken, generatif çekirdek de ikiye bölünerek 2 adet generatif çekirdek oluşur (Taylor ve Hepler, 1997; Mert, 2009).

10. Döllenme

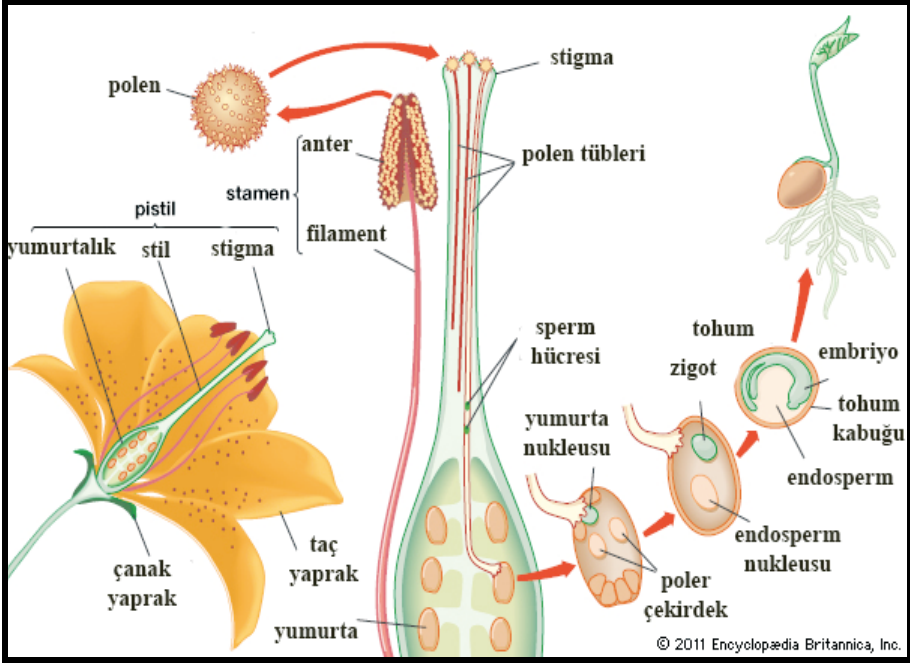
Polen tübü, boyuncuk boyunca ilerleyerek yumurtalık içindeki karpel boşluğuna ulaşır. Çiçek tozu çim borusunun tohum taslağına girişi genellikle mikropil açıklığından gerçekleşmektedir. Ancak ceviz, pıkan ve antepfıstığı gibi bazı bitkilerde çiçek tozu çim borusu, tohum taslağına kalazayı delerek girmektedir. Çiçek tozu çim borusunun tohum taslağına girişi hangi yoldan olursa olsun, embriyo kesesine giriş mutlaka sinergitler üzerinden olmaktadır. Çiçek tozu çim borusu, embriyo kesesine girdikten sonra ucu açılır ve içerisindeki 2 adet generatif çekirdek embriyo kesesi içerisine aktarılır. Bu arada, görevleri tamamlanan vegetatif çekirdek ve sinergitler ile antipodlar eriyerek kaybolur. Bu durumda embriyo kesesi içerisinde dışı bireye ait bir yumurta hücresi ile iki adet polar çekirdek, erkek bireye ait olarak da iki adet generatif çekirdek kalır.

Bu aşamadan sonra haploit generatif çekirdeklerden birisi, yine haploit olan yumurta hücresi ile birleşerek diploit yapılı zigotu oluşturur. Öteki generatif çekirdek, polar çekirdeklerle birleşerek triploit yapıdaki endosperm çekirdeğini meydana getirir. Bu olaya, *çift döllenme* adı verilir.

Çift döllenme olayından sonra zigot bir süre bölünmeden beklerken, endosperm çekirdeği hızla bölünerek *endosperm* dokusunu oluşturur. Endosperm dokusunun oluşmasından sonra zigot, embriyoyu oluşturmak üzere mitoz bölünmeye başlar. Önce belirgin bir şekli olmayan bir hücre yığını oluşur. Sonra ise sırasıyla küresel, yürek ve mekik şekillerini alır. Daha sonra, *kotiledon* (*çenek yapraklar*) adı verilen uzantılar iyice gelişerek aşağı doğru iki kanat

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

halinde uzamaya başlar. Meyve ağaçları gibi *dikotiledon* (çift çenekli) bitkilerde iki, buğdaygiller gibi *monokotiledon* (tek çenekli) bitkilerde ise tek kotiledon oluşur. Embriyodaki bu gelişmeler, endospermden beslenerek gerçekleşir. Endosperm ise sürekli büyümekte olan nusellusu tüketerek gelişmeye devam eder. Yani endosperm, bir yandan nusellusu tüketirken, öte yandan gelişmekte olan embriyo tarafından tüketilir. Nusellus dokusu ise göbek bağı içinden kalazaya kadar uzanan iletim demetleriyle beslenmektedir (Eti, 2011).



Döllenmenin Çeşitli Aşamaları

Kotiledonlar büyürken, içlerinde yoğun bir şekilde besin maddesi depolanır. Söz konusu besin maddeleri çoğunlukla yağ formunda depolanırken (Örneğin; ceviz, fındık, antepfıstığı, turuncgiller, yumuşak ve sert çekirdekli meyve türleri), bazı bitkilerde karbonhidrat (Örneğin; kestane), bazılarında ise protein (Örneğin; baklagiller) ağırlıklı olarak depolanır.

Embriyo hızla gelişerek, büyümekte olan tohum taslağının içini doldurmaya çalışır. Embriyonun uç kısmında bir çıkıntı gelişerek, tohum çimlenmesinden sonra ilk kökleri meydana getirecek olan kök taslağını oluşturur. Kotiledonlar arasında ise çimlenme sonrasında toprak üstü organları meydana getirecek olan sürgün taslağı oluşur (Eti, 2011).

Tohum gelişiminin sonunda integumentlerin içerisinde bulunan nusellus, endosperm tarafından; endosperm ise embriyo tarafından tüketilir. Dikotiledon bitkilerin çoğunda endosperm, embriyo tarafından tamamen tüketilir. Bu durumda, integumentlerin gelişerek oluşturdıkları *tohum kabuğu (testa)* içerisinde sadece embriyo kalır. Yani dikotiledon bitkilerin çoğunda olgun bir tohum, dışta bir tohum kabuğu ve içerisinde yer alan bir embriyodan meydana gelir.

Monokotiledon bitkilerde ise tohum taslağı içerisinde endosperm, embriyo tarafından tamamen tüketilmez. Bunun sonucunda da tohum olgunlaştığında, tohum kabuğu içerisinde embriyodan başka, önemli miktarda endosperm de bulunur.

11. Tohum ve Meyve Oluşumu

Bitkilerin polinasyonunun temel nedeni bitkilerin soyunu devam ettirecek olan tohum ve meyve yapılarının oluşmasını sağlamaktır. Bu sebeple sonucunda tohum üretilmeyen polinasyon çalışması başarısızlıkla sonuçlanmış demektir (Blaauw ve Isaacs, 2014). Polinasyonu izleyen süreçte ortaya çıkan döllenme olayıyla birlikte tohum taslağı, oksin, gibberellin ve sitokinin gibi büyüme düzenleyici maddelerin sentez merkezi durumuna gelir. Bu maddeler, çiçeklenme döneminde yoğun olarak bulundukları noktalara yakın doku ve organlardan su ve besin maddesi çekimini sağlar. Böylece göbek bağındaki iletim demetleriyle tohum taslağına su ve besin maddesi aktararak, neslin devamını sağlayan tohum oluşturulur. Ancak, taşınan besin maddesi miktarı, çoğunlukla tohum oluşumu için gerekli olandan daha fazladır. Birçok bitkide bu maddeler, yumurtalık veya çiçek tablası gibi dokuları besleyerek meyveyi oluşturur.

Meyve, içerisinde yer alan tohumları yüksek ve düşük sıcaklık, su kaybı, zararlı böcek ve diğer canlıların neden olacağı olumsuz dış etkilerden korumaktadır. Ayrıca, birçok canlı için besin kaynağı olduğundan, tohumların değişik canlılar tarafından çevreye yayılmasını sağlar. Ancak, tohum oluşturan her bitki meyve oluşturmaz. Örneğin; pırasa, lahana, marul ve maydanoz sadece tohum oluştururlar. Yumurtalık, öteki bazı bitkilerde etlenerek meyveyi meydana getirirken, bu gibi bitkiler tohum dışında ince bir kılıf oluştururlar (Eti, 2011).

12. Polinasyon ve Polen Çimlenmesini Etkileyen Etmenler

Bitkilerin üremesinde en önemli faktör olan polinasyon, çevresel koşullardan önemli düzeyde etkilenmektedir. Bu durum da

verimliliğin en önemli ölçütü olan meyve ve tohumun miktar ve kalitesi üzerine etkili olmaktadır (Garratt ve ark., 2014).

12.1. İklim Faktörleri

Tozlanma döneminde, ortamdaki sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr ve ultraviyole ışınları gibi faktörler tozlanma başarısını ve polenin tepecik üzerinde çimlenmesini etkilemektedir.

Hava Sıcaklığı: Düşük sıcaklık koşullarında bitki bünyesindeki enzim ve hormon faaliyetleri yavaşladığından, hücre bölünmesi de yavaştır. Bu nedenle anterlerde üretilen çiçek tozu miktarı azalırken, sağlıklı çiçek tozu oluşumunda da azalmalar olmaktadır. Bu durum, özellikle kış aylarında örtü altı yetiştiriciliğinde meyve tutumunda önemli sorunlar oluşturmaktadır (Mert, 2009). Ayrıca, düşük sıcaklıkta böcek aktivitesi de sınırlı olmaktadır. Bal arıları 12-13°C'nin altında faaliyet gösterememektedirler. Bombus arıları ise 5°C'ye kadar düşük sıcaklıklarda çalışabilmektedirler. Bu nedenle kış aylarında ısıtılmayan seralarda bitkilerin tozlanmasında bombus arılarından yararlanılabilmektedir (Sheikh ve ark., 2014).

Yine yüksek sıcaklık koşullarında (36°C) bitkilerde enzim ve hormon aktivitesi azaldığından, sağlıklı ve yeterli miktarda çiçek tozu oluşumunda sorunlar yaşanmaktadır. Oluşan çiçek tozları da yüksek sıcaklık nedeniyle hızlı solunum yaparak bünyelerindeki besin maddelerini tüketmektedirler. Bu durumda çimlenme yeteneklerini kısa zamanda kaybetmektedirler. Ayrıca, yüksek sıcaklık koşullarında böcek aktivitesi de düşmektedir (Abou Shaara, 2014).

Birçok bitkide çiçek tozlarının en uygun çimlenme sıcaklıkları genellikle 12-25°C arasındadır. Ancak, sert çekirdekli meyve türlerinde 5°C'ye kadar düşük sıcaklıklarda çimlenme gerçekleşebilirken, patlıcanlar 30°C civarında daha iyi çimlenebilmektedirler. Ayrıca, özellikle düşük sıcaklıklar çim borularının uzamasını da engellemektedir.

Hava Nemi: Hava nemi düşük olduğunda, tepecik yüzeyi kurumakta, polenlerin çimlenmesi engellenmektedir. Ayrıca, polenler az miktarda su kaybederek kuruyabilmektedirler. Çiçek tozu çimlenmesi engellendiğinde, döllenme ve buna bağlı olarak da tohum oluşumu engellenmektedir. Hava nemi yüksek olduğunda ise anterler su kaybedip patlayamaz ve çiçek tozları dışarı doğru salınamaz. Ayrıca, çiçek tozları birbirine yapışarak etkin bir şekilde dağılımı azalır. Aşırı nemli, özellikle sisli havalarda tozlayıcı böcek aktivitesi de azalmaktadır (Kosmrlj ve ark., 2014).

Yağışlar: Bitkilerin çiçek açtığı zamanda yaşanan şiddetli yağışlar, çiçek tozlarının yıkanarak kaybolmasına neden oldukları gibi, böcek aktivitesini de olumsuz etkilemektedir.

Rüzgâr: Çiçeklenme döneminde rüzgâr çiçek dökümüne neden olmakta, böcek aktivitesini olumsuz etkilemektedirler.

Ultraviyole Işınları: Ultraviyole ışınları, çiçek tozu canlılığını olumsuz etkileyerek verimliliği düşürmektedir (Eti, 2011).

12.2. Beslenme ve Bakım Koşulları

Gübreleme, sulama, budama, toprak işleme ve tarımsal mücadele vb. beslenme ve bakım koşullarının ideal bir şekilde gerçekleştirildiği ortamda yetiştirilen bitkilerin çiçek tozları da iyi beslenmektedir. Bu durumda, canlılık ve çimlenme yeteneği yüksek ve bol sayıda çiçek tozu üretimi gerçekleşmektedir.

12.3. Çiçek Yapısı

Çiçeklerin morfolojik yapısı da polinasyonun olumlu ya da olumsuz gerçekleşmesine önemli ölçüde etkide bulunmaktadır. Çanak ve taç yaprakların durumu ile erkek ve dişi organların boyları başta olmak üzere şekilleri polinasyon sürecini etkilemektedir (Dellaporta ve Calderon, 1993).

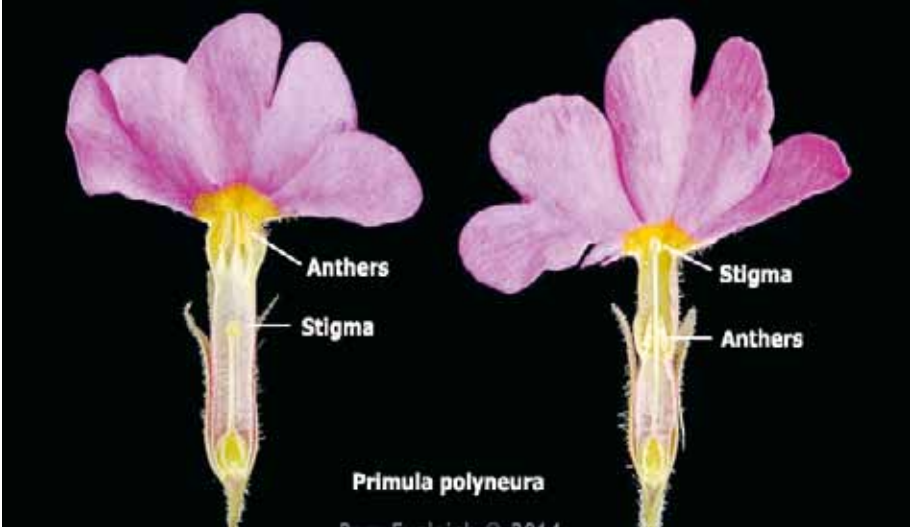
Eşey Organ Boyutları: Bir çiçekte erkek ve dişi organ boyutları birbirine yakınsa *homostili*, eşey organ boyutları arasında önemli farklılıklar varsa *heterostili* olarak adlandırılırlar. Yani, heterostili durumunda erkek organ anterlerinin, dişi organ tepeciğine oranla yüksekte olması veya tersine tepeciğin, erkek organ anterlerine göre yüksekte olması gibi iki farklı durum söz konusudur. Bu koşullarda çiçek tozlarının tepelik üzerine ulaşma şansı azalacağından, heterostili polinasyon sürecindeki olumsuz etkisinden dolayı istenen bir durum değildir.

Taç Yaprakların Yapısı: Taç yaprakları yanlara doğru açık olan çiçeklerde, böcekler yumurtalık tabanında bulunan nektara ulaşabilmek için çiçeklere üstten değil, yan taraftan yaklaşır erkek organ ipçikleri arasından balözünü alarak ayrılabilirler. Tepelik ile temas olmadığından tozlanma gerçekleşmemektedir. Oysa taç yaprakları çok açık olmayan çiçeklerde, böcekler üst kısımdan yaklaşacak ve sıkışık bölgeden geçerken tepeliğe dokunarak tozlanmayı gerçekleştireceklerdir.

Anterlerin Erken Patlaması: Bazı bitkilerde anterler, henüz çiçeklerin taç yaprakları açılmadan önce patlamaktadır. Bu durumda kapalı ortamda kendine tozlanma olayı gerçekleşmektedir. Örneğin

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

asma, biber ve baklagil çiçeklerinde görülebilen bu duruma *klaystogami* adı verilir. Klaystogami, kendi çiçek tozlarıyla döllenabilen bitkilerde herhangi bir dış etkene bağlı olmaksızın polinasyonun sağlanması açısından istenen bir durumdur. Melezleme ıslahı çalışmalarında ve uygun tozlayıcı çeşit bulmak amacıyla yapılan döllenme biyolojisi çalışmalarında istenmeyen bir durumdur. Çünkü yabancı bir tozlayıcı çeşide ait çiçek tozlarıyla kontrollü polinasyon yapma şansı önceden ortadan kalkmış olmaktadır (Gepts, 2001).



Heterostili Çiçekler



Homostili Çiçek (Eveleigh, 2007)

Klaystogami gösteren çiçekler bal arıları başta olmak üzere böcekler tarafından da ziyaret edilerek polinasyonlarına katkı sağlanmaktadır. Çiçekte bulunan özel mekanizma sayesinde polenlerin arıların üzerine bulaşması sağlanmaktadır.



Klaystogami Görülen Fasulye Çiçeğinin Görünümü

Erkek Organların Dizilimi: Erkek organların seyrek dizilimi durumunda, özellikle taç yapraklar da çok açıksa, böcekler nektar almak için çiçeğe yan taraftan yaklaşacak ve polinasyona katkıları olmayacaktır. Ancak, bazı çiçeklerde erkek organ ipçikleri çok sık dizilim gösterdiklerinden, böcekler çiçeklere üst kısımdan girmek zorunda kalacak ve bu arada zorunlu olarak polinasyon işlemini gerçekleştireceklerdir.

12.4. Zaman

Erkek ve dişi organların eş zamanlı olarak olgunlaşmaları ve aynı zaman diliminde görev yapabilir durumda olmaları *homogami* olarak adlandırılır. Erkek ve dişi organ gelişimi arasında zaman yönünden önemli bir farkın bulunması ise *dikogami* olarak isimlendirilir. Dikogami iki kısımda incelenmektedir Erkek organların, dişi organlardan erken olgunlaşması *protandri*, dişi organların erkek organlardan erken olgunlaşmasına *protogini* denir.

Her iki durumda da erkek ve dişi organların olgunlaştıkları zaman dilimleri birbiriyle hiç örtüşmeyebileceği gibi, sınırlı zamanda

örtüşme de söz konusu olabilmektedir. Protandri ve protogini durumları, tozlanma olayını zaman yönünden sınırladıkları veya tamamen olanaksız kıldıkları için, döllenme ve buna bağlı olarak tohum ve meyve oluşumu açısından istenmeyen bir durumdur. Bu durumlar, bir bitkide kalıtsal özellik olarak görülebileceği gibi; bu yönde bir eğilimin ortaya çıkması, ortam koşullarına da bağlı olabilmektedir. Örneğin, kış aylarında havaların normale göre ılık veya soğuk geçmesi, beslenme ve bakım koşullarındaki dengesizlikler, çok yıllık bitkilerde bir önceki yıldaki meyve tutma miktarı ya da hasadın geciktirilmesi gibi faktörler, dikogami durumlarının ortaya çıkmasını sağlayabilir. Hatta bazı durumlarda, bir yıl protandri gösteren bitki, ertesi yıl protogini özelliği gösterebilmektedir. Dikogami özelliği gösterebilen veya dikogamiye eğilimi olan bitkilere örnek olarak antepfıstığı, ceviz, pıkan ve enginar verilebilir (Eti, 2011).

13. Kısırlıklar

Kısırlık, bir çiçekte bulunan eşey organlarının veya eşey hücrelerinin oluşumunda meydana gelen aksaklıklar sonucunda ortaya çıkan verimsizlik durumudur. Bu olay; hem eşey organları, hem de eşey hücrelerinde görülebildiği için iki kısımda incelenir.

Morfolojik Kısırlık: Bir çiçekte bulunan erkek ve dişi eşey organlarından birinin oluşmaması ya da yeterince gelişmemesi nedeniyle ortaya çıkan tek eşeylilik durumudur. Söz konusu eksiklik veya yetersizlik dişi organda olursa, *morfolojik dişi kısırlık*, erkek organda olursa *morfolojik erkek kısırlık* olarak adlandırılır. Bu durum, daha çok rüzgârla tozlanan diklin bitkilerde kalıtsal olarak görülür. Ancak, özellikle sert çekirdekli meyve türleri, limonlar ve zeytinlerde bazı yıllar ekolojik koşullara bağlı olarak kalıtsal olmayan dişi organ kısırlığı da görülebilir.

Gamet Kısırlıkları: Erkek ve dişi eşey hücrelerinin oluşmaması ya da sağlıklı gelişmemesi sonucu ortaya çıkan gamet kısırlıklarının değişik nedenleri vardır. Örneğin, Washington Navel portakal ve Satsuma mandarin çeşitlerinde çiçek organları normal görünümde oldukları halde, genetiksel nedenlerle anterler içinde çok az sayıda ve iyi gelişmemiş çiçek tozu oluşumu görülmektedir. Aynı şekilde tohum taslakları içinde sağlıklı yumurta hücresi oluşmamaktadır. Genetiksel ve sitoplazmik nedenler dışında; bazen yaşlı bitkilerde veya gübreleme, sulama, budama ve tarımsal mücadele gibi bakım işlemlerinin yeterince yapılmadığı bitkilerde de eşey hücresi oluşumunda aksaklıklar yaşanabilir.

14. Eşeyssel Uyuşmazlıklar

Eşeyssel uyuşmazlık, bir çiçekte eşey organları ve eşey hücreleri sağlıklı geliştikleri halde, kendine tozlanma veya yabancı tozlanma sonucunda döllenmenin gerçekleşmemesi durumudur. Döllenme gerçekleşmediği için normal koşullarda tohum da oluşmaz. Uyuşmazlık olayı, aynı çeşit kapsamında gerçekleşirse *kendine uyuşmazlık*, aynı türe ait farklı çeşitler arasında gerçekleşirse *yabancı uyuşmazlık* olarak adlandırılır.



Eşeyssel Uyuşmazlık Durumunda Olası Dikim Planları

Kendine uyuşmazlık, tür bazında kirazlarda ve bademlerde; birçok elma, armut, erik, kayısı, yenidünya ve mandarin çeşitlerinde; sebzelerden bazı lahanagiller ve turplarda görülür. Bu tip bitkilerin yetiştiriciliğinde tohum ve meyve elde etmek isteniyorsa; bahçe kurarken tek çeşit kullanılmamalı, yetiştiricilik alanı içerisinde

mutlaka uygun tozlayıcı çeşitlerden yeterli miktarda bulundurulmadır. Aksi halde hiç tohum veya buna bağlı olarak meyve alınmayabilir.

Yabancı uyuşmazlık ise yine yaygın olarak kirazlarda ve bazı badem, armut ve elma çeşitlerinde görülür. Bu durumda da bahçe kurarken, aralarında uyuşmazlık sorunu görülmeyen iki veya daha fazla çeşit kullanmaya özen gösterilmelidir.

Eşeyssel uyuşmazlık görülen durumlarda uygun çeşitlerle bahçe oluşturmak çok önemli olmakla birlikte bu parsellere bal arısı konulması ayrıca önem arz etmektedir. Doğal koşullardaki polinatörlere tozlaşma işinin bırakılması büyük oranda verim kaybına yol açacaktır (Eti, 2011).

15. Partenokarpi

Döllenme olmaksızın tohumlu meyve oluşumuna partenokarpi denir. Partenokarpi; vegetatif, fakültatif ve uyartılı olmak üzere üç kısımda incelenir (Eti, 2011; Evert ve Eichborn, 2015).

Vegetatif Partenokarpi: Mutlak partenokarpi de denilen bu durumda herhangi bir dış etkiye gereksinim olmadan bitkinin genetiksel olarak kendiliğinden tohumlu meyve oluşturması söz konusudur. Bu bitkilerde çoğunlukla gamet kısırlıkları görüldüğünden, istense de tohumlu meyveler elde edilemez. Örnek olarak muz, ananas, Washington Navel portakal çeşidi, Satsuma mandarin çeşidi verilebilir.

Fakültatif Partenokarpi: Bitki üzerindeki bazı yumurtalıklar normal döllenerek tohumlu meyveler oluştururken, döllenmeyenlerin bir bölümü tohumlu meyve oluştururlar. Bu durum, dişi eşey hücresi sağlıklı olduğu halde, çiçek tozu kısırlığı görülen ve bu nedenle yabancı tozlanma zorunluluğu olan Karagevrek, Tahannebi ve Hönüsü gibi üzüm çeşitlerinde görülür. Özellikle çiçeklenme döneminde sürekli yağış, yoğun sis, yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık gibi olumsuz ekolojik koşullarda, yabancı tozlanma ve döllenme olasılığı da azalır. Ancak bu durumda bitki, depo besin maddelerini kullanarak, döllenme olmasa da meyve oluşturmaya çalışır. Sonuçta, normal döllenme yoluyla oluşmuş tohumlu meyvelerin yanında döllenmeksizin gelişen tohumlu meyveler de meydana gelir.

Uyartılı Partenokarpi: Uyartılı partenokarpide de normal döllenme yoluyla oluşan tohumlu meyvelerin yanında, tohumlu meyvelerin de oluşumu söz konusudur. Ancak, partenokarpik meyve oluşumu kendiliğinden değil, bir uyartıya bağlı olarak gerçekleşir. İyi gelişmemiş veya cansız bir çiçek tozu veya yabancı bir türe ait çiçek tozları tepelik üzerinde uyartım sağlayabilir. Bu durum, özellikle

kendine uyumsuzluk görülen çeşitlerde ve yabancı tozlanmanın da olumsuz ekolojik koşullar nedeniyle engellenmesi halinde gerçekleşir. Ayrıca, tohum taslağı veya dişi eşey hücresi gelişiminde sorun olan çeşitlerde ve triploit çeşitlerde de görülür. Bu gibi durumlarda, az sayıda sağlıklı tohum taslağı normal döllenenek tohumlu meyveler oluştururken, bazı yumurtalıklar döllenne olmaksızın tohumsuz meyve meydana getirirler.

Uyartılı partenokarpi, bazı armut, Trabzon hurması, yenedünya, sofralık incir ve mandarin çeşitlerinde yaygın olarak görülür. Partenokarpi, tüketim kolaylığı bakımından özellikle üzüm, karpuz, turunçgiller gibi çok tohumlu bitkilerde istenir. Sert çekirdeklielerde çekirdek oluşumu engellenemediğinden, tohumsuzluk tüketim kolaylığı getirmez.

16. Stenospermokarpi

Döllenne olduktan sonra, embriyo gelişiminin ilk aşamalarında meydana gelen bir aksama sonucunda görülen *tohumsuzluk* durumudur. Aslında, meyveler içerisinde gelişimini tamamlayamamış ve kabuğu sertleşmemiş tohumların bulunması söz konusudur. Tohum kabukları sertleşmemiş olduğundan, meyveler tüketilirken tohumlar ağızda hissedilmez. Stenospermokarpi, Sultani çekirdeksiz, Yuvarlak çekirdeksiz, Pembe çekirdeksiz ve Perlette gibi üzüm çeşitlerinde görülür (Kumar ve Bhatia, 2013).

17. Apomiksis

Döllenne olmaksızın tohum oluşumuna *apomiksis* adı verilir. Bu durumda embriyo, döllenne olmadığı halde ya nusellus hücrelerinden veya embriyo kesesi içindeki döllennememiş yumurta hücresi, sinergit ve antipod gibi hücrelerden meydana gelir. Ancak en yaygın olan durum, *nuseller embriyoni* de denilen bazı nusellus hücrelerinden embriyo oluşumudur (Evert ve Eichborn, 2015).

Tamamen genetik kaynaklı bu durum, birçok turunçgiller, bazı elma, üzüm, ceviz, ahududu ve böğürtlen çeşidinde görülebilmektedir. Bu olay sonucunda, tohum taslağı içerisinde bir tanesi normal döllenne sonucu oluşmuş zigotik embriyo, diğerleri nusellus hücrelerinden oluşmuş nuseller embriyoni olmak üzere bir adetten fazla sayıda embriyo meydana gelir. Bu şekilde, aynı tohum kabuğu içerisinde genellikle birbirinin gelişmesini belirli ölçüde sınırlamış 2 ile 5 tane arasında embriyo oluşabilir (Eti, 2011).

18. Meyve Tutumunu Etkileyen Faktörler

Bitkilerin polinasyonunu etkileyen tüm faktörler kontrol altına alınabilse ve polinasyon başarılı bir şekilde gerçekleşse de meyve tutum aşamasında da pek çok faktör etkili olmaktadır (Eti, 2011; Hampton ve ark., 2012). Bu faktörler;

- Çiçeklenme döneminde ortaya çıkan olumsuz iklim koşullarında; tozlanma, dölleme ve buna bağlı olarak tohum ve meyve oluşumu olumsuz etkilenir.

- Sulama, gübreleme budama, gibi bakım işlemlerinin zamanında ve gerektiği şekilde yapılması durumunda meyve tutumu olumlu etkilenir.

- Aynı bitkide kuvvetli bir dalda bulunan çiçeklerin, zayıf daldakilere oranla meyve oluşturma şansı daha yüksektir.

- Morfolojik kısırlık, gamet kısırlıkları veya eşeysel uyumsuzluk durumları, meyve tutumunu olumsuz etkiler.

- Dal üzerindeki tozlanmış çiçek sayısı, dalın meyve besleme potansiyelinden az olmaması gerektiği gibi, taşıma gücünü aşacak kadar da fazla olmamalıdır.

- Erken dönemde tozlanıp döllenen çiçeklerin, daha geç döllenenlere oranla meyveye dönüşme şansı daha fazladır.

- Çok tohumlu bitkilerde, daha fazla döllemiş tohum taslağı bulunduran yumurtalıkların meyveye dönüşme şansı daha fazladır.

- Özellikle kısırlık ve eşeysel uyumsuzluk gibi nedenlerle yabancı tozlama gerektiren durumlarda tozlayıcı ile ana bitkinin aynı zaman diliminde çiçeklenmeleri önemlidir.

- Protandri ve protogini durumlarında da tozlanma ve buna bağlı olarak dölleme ve meyve tutma şansı düşmektedir.

- Tozlayıcı bitkiye ait çiçek tozlarının canlılık ve çimlenme yeteneklerinin yüksek olması, bol miktarda üretilmesi, meyve tutumunu doğrudan etkilemektedir.

- Bitkilerin meyve tutma kapasiteleri tür ve çeşide göre değişmektedir. Kirazlarda çiçeklerin meyve tutma oranı %25-30 iken, altıntoplarda bu oran %-2'dir. Aynı türün farklı çeşitleri arasında meyve tutma düzeyinde önemli farklılık görülebilir.

- Böcek tozlanan bitkilerde böcek etkinliğinin; rüzgârla tozlananlarda hava akımının istenen düzeyde olması meyve tutumunu olumlu etkiler. Bu faktörlerin yetersizliğinde meyve tutumu azalır.

- Yetiştiricilik alanında bulunan tozlayıcı bitki sayısı arttıkça, meyve tutma olasılığı da artar. Ancak, tozlayıcı bitkilerin yetiştiricilik alanında düzenli dağılımı da önem taşır.

19. Bahçe Kurarken Dikkat Edilecek Hususlar

Polinasyonu garanti altına almak veya etkin olmasını sağlamak için aşağıda belirtilen hususlara uymak verimliliği artıracaktır. Aksi halde çalışmalar boşa gidecektir (Eti, 2011; Evert ve Eichborn, 2015).

1. Yetiştirilen çeşidin kendine uyumlu olup olmadığı bilinmeli, kendine uyumsuzluk varsa en az bir tozlayıcı çeşitle karışık dikim yapılmalıdır.

2. Seçilen tozlayıcı çeşitler ile ana çeşit arasında yabancı uyumsuzluk bulunmamalıdır.

3. Tozlayıcı çeşit diploit olmalı, triploit olmamalıdır.

4. Tozlayıcı çeşitlere ait çiçek tozlarını kalitesi, yani canlılık ve çimlenme yetenekleri yüksek olmalıdır.

5. Tozlayıcı bitki, bol çiçek tozu üretmelidir.

6. Tozlayıcı ile ana çeşit, aynı zamanda çiçeklenmeli ve çiçeklenme süreleri uzun bir zaman diliminde çakışmalıdır.

7. Tozlayıcı çeşit, düzenli olarak her yıl bol çiçek vermelidir.

8. Tozlayıcı çeşit, pazarda tutulan çeşit olmalıdır.

9. Ana çeşit böceklerle tozlanıyorsa, yetiştiricilik alanında normal koşullarda her 3-4 dekar arazi için 1 bal arısı kolonisi bulundurulmalıdır. Çiçeklenme dönemi soğuk veya yağışlı geçiyorsa, bu miktar 1-2 dekara 1 arı kolonisi düşecek şekilde artırılmalıdır.

10. Rüzgârla tozlanan diklin bitkilerde rüzgârın durumu ve yönü, bitkilerin dikim mesafeleri, tozlayıcıların çiçek tozu kalitesi ve ürettikleri çiçek tozu miktarları da göz önünde bulundurularak, 5-11 ana bitkiye 1 tozlayıcı bitki düşecek şekilde dikim yapılmalıdır.



Çiçeklenme Döneminde Bir Şeftali Bahçesi



Bölüm II

Bal Arısı Kolonisinin Yapısı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

1. Bal Arısı Kolonisinin Yapısı

Avrupa, Afrika ve Yeni Dünya bal arıları *Apis mellifera* türlerine aittir. Güney Asya'da *A. dorsata*, *A. florea* ve *A. cerana* olan 3 tür bal arısı vardır. Bununla birlikte Dünyanın farklı yerlerinde *A. mellifera* ile arılarının değiştiren birçok arıcı vardır. *A. mellifera* türü bal arıları dünyanın en önemli tozlayıcı böcekleridirler. Bal arıları çok önemli ticari bitki türlerinin çiçeklerini ziyaret etmektedirler. *A. mellifera* Dünyanın her tarafında ve geniş ölçüde yaygındır. Çünkü *Apis mellifera* türüne ait olan bal arısı kolonisi mevsimsel değişimlere kolayca uyabilecek bir yapıya sahiptirler.

Yazın bal arısı kolonisi (*A. mellifera*) 30.000-80.000 adet steril dişi işçi arı, bir adet yumurtlayabilir dişi ana arı, birkaç yüz erkek arıdan oluşmaktadır. Bu koloni içerisinde polen ve bal depolanan, yavru içeren altıgen hücrelerden oluşan mum peteklerde yaşamaktadırlar. Doğada bal arısı kolonileri ağaç kovuklarında, mağaralarda ve benzer yerlerde yaşarlar. Fakat insan yapımı kovanlarda da yaşamaktadırlar. Bal arısı kolonisinde işbölümü kастlara göredir. Erkekler sadece havada ana arıyla çiftleşme işinde görev alırlar ve diğer işlere karışmazlar. Çiçekleri ziyaret etmezler, işçi arılar tarafından koloninin besiniyle beslenirler (Collison, 2004).



Bir Bal Arısı Kolonisi

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Ana arı yumurta yumurtlamak için özelleşmiştir. Günde 1.500-2.000 civarında yumurta atabilmektedir. Ana arının yumurtlama dışında hiçbir görevi olmayıp petek örme, yavru besleme, besin toplama, savunma, temizlik gibi tüm işler işçi arılar tarafından yapılmaktadır. Yumurtalar her bir hücre tabanına bir adet bırakılır. Yaklaşık 3 gün sonra larva oluşur. Larva bal, su ve proteince zengin özel yavru besiniyle beslenirler (Morse, 1997).

Beslemenin 5. gününden sonra larva pupaya dönüşmeye başlar ve işçi arılar tarafından hücrenin üzeri mumla örtülerek tamamen kapatılır. Göz içerisindeki larva yaklaşık 13 gün sonra ergin arı olarak çıkar. İşçi arının yaşam uzunluğu farklı koşullarda ve yılın farklı zamanlarında büyük ölçüde değişir. Oysa kışın kolonilerde az veya hiç yavru olmadığında birkaç ay yaşarlar. Koloniler en geniş boyutuna ulaştığı zaman olan haziran ve temmuz aylarında sadece 4 hafta yaşarlar (Korkmaz, 2013).

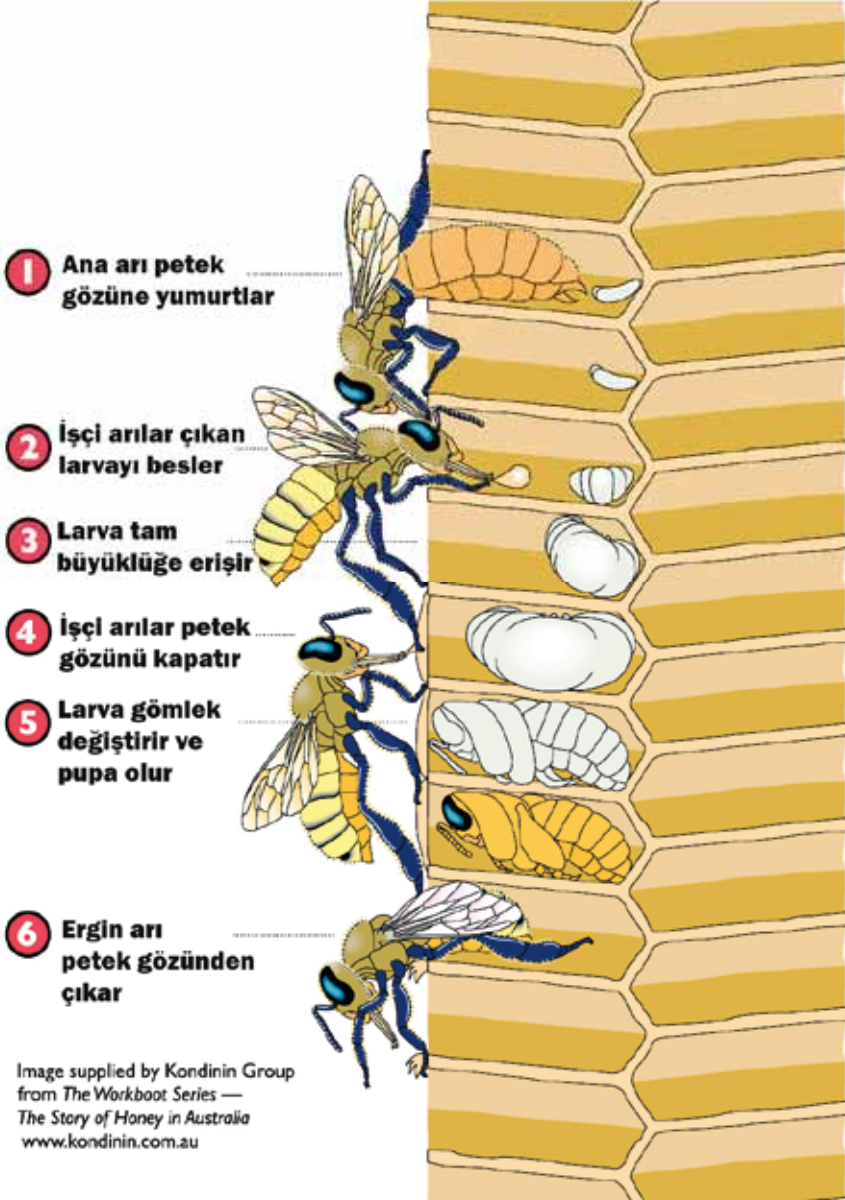
Bal Arısının Yaşam Evreleri

Dönemler	Ana Arı	İşçi Arı	Erkek Arı
Yumurta	3	3	3
Larva	5.5	6	6.5
Pupa	7.5	12	14.5
Toplam (gün)	16	21	24



Ana Arı, İşçi Arı ve Erkek Arı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



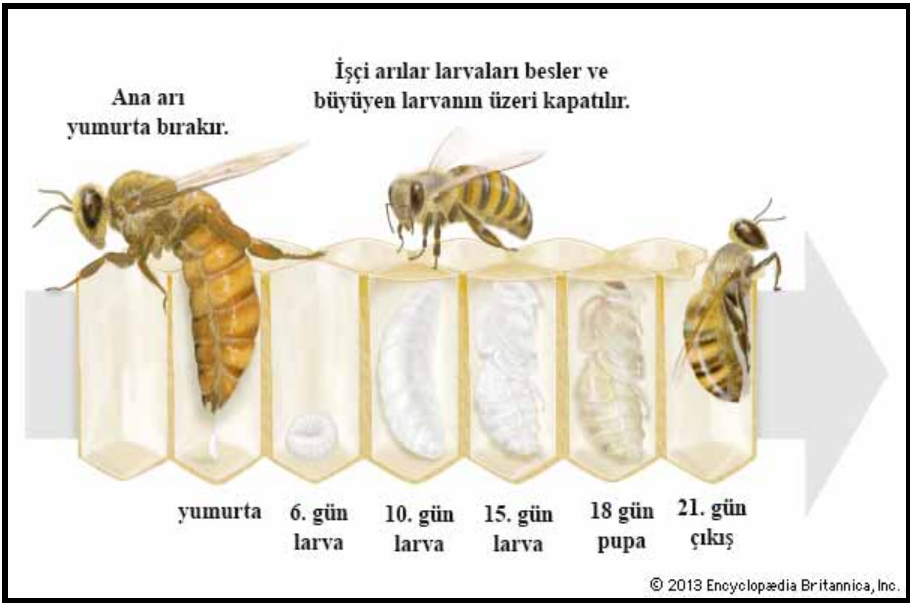
Bal Arılarının Gelişme Evreleri

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

2. İşçi Arıların Görevleri

Bireysel bir arı belli bir göreve özelleşmemiştir. Ancak kovan içinde yaşa bağlı olarak işbölümü vardır. Özellikle yaşlandıkça görevlerinde değişiklik olmaktadır. İlk gün veya daha sonraki günlerde işçi arı, çıkmış olduğu petek gözünü yeni yumurta veya besin için temizler. 6-12 günlük yaşta açığındaki larvaları sık sık ziyaret ederek başlarındaki hipofaringeal ve mandibular bezlerden salgılanan besinlerle beslerler (Harbo, 1993).

13-18 günlük yaşlarda oldukları zaman abdomenlerinin altında yer alan mum salgılama bezleri gelişir. 18-21 günlük yaşta gelen tarlacılardan nektarı alır, polen toplayan arıların hücre gözüne doldurduğu polen yüklerini dağıtırlar. Küflenmiş polenleri, ölü yavruları ve eski petek parçalarını kovandan atarlar. Tarlacı olmadan önce bekçilik yaparlar. Arılar ardarda gelen görevlerinin sorumluluğunu üstlerine almakta ve kolonilerin gereksinimlerine davranışlarını uydurabilmektedirler (Arathi ve Spivak, 2001).



İşçi Bal Arısının Gelişme Süresi

3. İşçi Arıların Çalışmalarının Düzenlenmesi

Bal arıları koloni şeklinde yaşam sürer ve tüm yaşantıları petekler üzerinde gerçekleşmektedir. Bal arıları yumurta, larva ve

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

pupa dönemlerini geçirerek ergin hale gelip petek gözlerinden çıkarlar. Petek gözlerinin açık ve kapalı olduğu kuluçka dönemi geçirirler.

Yumurta dönemi her bireyde 3 gün olup bu süre sonunda yumurta kabuğu yırtılarak larva çıkmaktadır. Larva döneminde tüm arılarda besleme yapılmaktadır. Ana ve işçi arı larvaları hipofaringeal ve mandibular bezlerden üretilen yavru besini ile beslenirler. Yavru besini hipofaringeal bezlerden salgılanan "*saydam bileşen*" yanında bal, sindirim enzimleri ve su içerir. "*Süt beyazı bileşen*" mandibular ve hipofaringeal bez salgılarından oluşur. Bu besinler ana ve işçi arı larvalarına belli oranlarda karışım halinde verilirler. Erkek arılar ise işçi arılara verilene benzer bir besinle beslenmektedirler.

Kolonilerin yavru yetiştirme ve besleme başta olmak üzere tüm faaliyetlerini petekler üzerinde yapmaktadırlar. Herbir yavrulu peteğin kenarlarında genellikle bal ve polen bulunmaktadır. Ayrıca yavrulu alanın her iki tarafında sadece bal ve polen içeren petekler vardır. En genç arılar çoğunlukla yavrulu peteklerde bulunurlar. Fakat daha yaşlı arılar bal ve polen depolanan peteklerde bulunma eğilimindedirler.



Ana Arı ve Etrafındaki İşçi Arılar

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Kovan iç hizmetinde görev alan arılar, koloni aktivitelerinin de merkezinde bulunmaktadırlar. Bal arıları arasında bir arıdan diğerine besin transferi, iletişimin meydana çıkmasının önemli bir yoludur. Bir arı dilini diğer bir arının ağız parçaları arasındaki besine uzatır. Diğer arı da mandibulalarını açarak ona uzatır. Dilini ileriye doğru iter ve besinin bir damlasını karşısındaki arıya verir.

Beslenme esnasında besin alıcı ve verici arının antenleri devamlı olarak diğerine dokunur. Bu arada bal midesinde kusulan nektar, arıdan arıya geçirilirmiş olur. Yazın bal arısı kolonisi üyeleri arasında yoğun ve hızlı besin transferi olur.

Bireysel arılar kendilerinden daha yaşlı diğer arılardan besinleri alırlar. Bundan sonra besin, tarlacılardan kuluçkalıktaki genç arılara geçirilir. Bu yolla bütün arıların kovanın içine gelen besinin kalitesini tatması olası olmaktadır. Gelen besindeki çeşit ve miktar değişimleri; yavru yetiştirme, bal olgunlaştırma, bal depolama, mum salgılama ve petek işlemeye etki etmektedir. İşçiler sadece birbirlerini beslemezler, ana arıyı da arı sütü ile beslerler. Bu olay ana arı tarafından atılan yurmurta sayısını da etkilemektedir. Ana arının yumurtlaması ona verilen besin miktarıyla ayarlanmaktadır. Ayrıca temizlenen petek gözü sayısı ile da ana arının yumurtlama kapasitesine etki etmektedirler (Abou Shaara, 2014).

Bal arısı kolonisinde iletişimin en önemli yolu kimyasal mesaj veya feromonlardır. Besinlerinde, kovan havasında ve arılar arasındaki vücut temasıyla çeşitli kimyasallar taşınmaktadır. Ana arı ürettiği feromonla işçi arıların başka ana arılar üretmesini engellemektedir. Ana arı yaşlandığı zaman feromon üretimi ve yeni ana arı yüksüğü oluşumunu engelleme gücü azalmaktadır. Bu durumda işçi arılar ana arı yüksükleri yaparak yeni ana arı yetiştirmektedirler. Yeni ana arının fazla feromon üretimi ana arı yetiştiriciliğini de olumsuz etkilemektedir. Ana arı feromonları işçi arıların yumurtalıklarının gelişimini de inhibe etmektedir (Jay, 1970; Elekonich ve Roberts, 2005).

İşçi arılar kovan içinde yaptıkları görevleri gün esasına dayalı yaşa bağlı olarak yapmaktadırlar. Uygun yaşta gerekli olan organlar gelişerek işçi arıların yapacakları görevler belirlenmektedir. Olağanüstü durum olmadıkça bu düzen bozulmamakta, ancak bazı durumlarda yaş dönemi beklenmeden iş dağılımında köklü değişikliklere gidilebilmektedir (Free, 1992).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Gün	Yaptıkları İşler
0-3	Petek gözlerini temizlerler.
4-6	Yaşlı larvaları nektar ve polenle beslerler.
7-12	Genç larvaları arı sütüyle beslerler.
13-18	Balmumu salgılar ve petek örerler.
19-21	Kovan savunması, havalandırılması, temizliği, nektarın tarlacılardan alınması ve olgunlaştırılması, polenin petek gözlerine depolanması işini yaparlar.
22-	Nektar, polen, propolis ve su toplanması için tarlacılık yaparlar.

İşçi Arıların Görev Dağılımı (Korkmaz, 2013)



Çiçek Üzerinde Bir İşçi Arı

4. Tarlacı İşçi Arıların Görevleri

Bir arı tarlacı olduğu zaman nektar, polen, propolis ve su toplamaktadır. Propolis, kovadaki çatlakları kapatmak için kullanılır. Su kovanda depolanmaz. Fakat gereksinim olduğunda ya balı sulandırmak ya da kovan içi çok sıcak olduğu zaman kovan sıcaklığını düşürmek için kullanılır.

Bazı çiçekler sadece polen ürettiği halde diğerleri nektar ve polen üretirler. Bal arısı tarlacıları pek çok türden, polen ve nektarın her ikisini de toplayabilirler. Arıların nektar ve polen toplama eğilimini belirlemek için pek çok çalışma yürütölmektedir. Kolonideki arıların önemli kısmı tarlacı olup polen ve nektar toplamaktadırlar. Ancak bir tarlacı birkaç günde, bir besin tipinden başka bir besin tipine de geçebilmektedir (Free, 1963; Abou-Shaara, 2014).

Tarlacının topladığı besin tipi kısmen besinin gerekliliğine, çiçek türüne ve aynı günün farklı zamanlarında nektar ve polenin çok bol olmasına bağlıdır (Percival, 1965). Bununla birlikte bazı arılar sadece nektar veya polen toplarlar. Bir kısmı da polen ve nektarın her ikisini de toplarlar. Bireysel tarlacılar kolonilerinin gereksinimlerine bağlı olarak ya tamamen ya da kısmen davranışlarını değiştirebilmektedirler (Dornhaus ve ark., 1998).



Petek Gözlerine Depolanmış Polen

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polen Toplayan İşçi Arı



Su Toplayan İşçi Arılar

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Todd ve Bishop (1941) kolonideki yavru miktarı ile yılın farklı zamanlarında toplanan polen miktarı arasında pozitif ilişki bulmuşlardır. Cale (1968) üç arılıkta bulunan kolonilerdeki yumurta sayısı, geç ilkbahar ve yaz aylarında toplanan polen miktarları arasında, üç arılığın ikisinde polen ve bal üretimi arasında pozitif ilişki bulunduğunu bildirmiştir. Bu durum yapılan diğer çalışmalarla da desteklenmektedir (Schmickl ve Crailsheim, 2002).

Toplanan polen miktarı, yılın belirli zamanlarında yavru yetiştiriciliğini sınırlamaktadır. İskoçya’da yapılan bir çalışmada petek gözlerinde depolanan polenin miktarı nisan ayından sonra aniden artmış, haziran, temmuz ve ağustos aylarında 1.030 cm^2 ile pike ulaşmıştır. Ekim ayından mart ayına kadar hızlı bir şekilde düşmüş ve yaklaşık 130 cm^2 polen kalmıştır (Jeffree ve Allen, 1957; Sagili ve Pankiw, 2007). Mevsimsel yavru yetiştirme eğrisinin biçimi, polen depolama eğrisine benzemektedir. Gerçekten Todd ve Vansell (1942) içinde polen bulunan şurupla beslenen küçük kolonilerin yavru yetiştirmeye sevk edildiğini, fakat yalnızca şurup beslemesiyle böyle bir sonuca ulaşamadığını saptamışlardır. Todd ve Reed (1970) ile Manzur ve ark. (2014) kolonilerdeki yavru miktarı ile polen miktarı arasında pozitif ilişki bulmuşlardır.

Bununla birlikte kolonilerdeki yavru miktarının polen toplamaya da etki ettiği görülmüştür. Koloniden yavrular çıkarıldığı zaman tarlacılıkta, özellikle polen toplamada düşüş olmuştur. Yavru miktarındaki artış, polen toplamayı da hızlı bir şekilde artırmıştır. Bütün evrelerdeki yavrular polen toplamaya etki etmektedir. Fakat larva devresi özellikle etkili olmaktadır (Keller ve ark., 2005).

Nektar toplayıcı arılar yüklerini kovan içi arılara vermelerine rağmen polen toplayıcılar yüklerini doğrudan petek gözüne boşaltmaktadırlar. Yavruların kokusu ve yavrularla arıların teması da arıların polen toplamasına etki etmektedir. Kolonideki arıların yavrulu alana girişleri çok önemli faktör olup tarlacıların yavruyla doğrudan teması onları polen toplamak için uyarmaktadır (Free, 1987).

Polen toplayıcıların yüklerini boşalttığı gözler sıklıkla yavrulu alanın yakınıdır. Bakıcı arılar larvalara vermek için polen bulmakta güçlük çektiği durumlarda, kullanmak üzere polen yüklerini doldurmak için gözler hazırlanmakta ve hazırlanan gözlerin sayısı polen gereksinimiyle birlikte artmaktadır. Toplanan polenin miktarı tarlacıların bulunduğu boş polen depolama gözleriyle de artmaktadır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Petek Ören İşçi Arılar



Havalandırma Yapan İşçi Arılar

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Ana arı tarlacılık çalışmaları üzerine doğrudan etki etmektedir. Ana arı, kolonisinden çıkarıldığı zaman koloninin polen toplama faaliyeti de hızla düşmektedir. Ana arının varlığı işçilerin besin toplama, petek örme ve yavru yetiştirmesini teşvik etmektedir. Polen toplama aktivitesinin yüksek olması bal arılarının polinasyonda olan etkinliğini de artırmaktadır (Dreller ve Tarpy, 2000; Pankiw, 2004).

Tarlacı arılar polen ve nektar toplama yanında, koloninin gereksinimi olan propolis ve su toplama işini de gerçekleştirmektedirler. Koloninin sağlıklı olması ve zararlı mikroorganizmalara karşı daha dirençli hale gelebilmesi için toplanan propolis, bitkilerin tomurcuklarındaki salgılardan oluşmaktadır. Propolis her ne kadar bitkilerden toplanmış olsa bile polinasyon üzerine etkisi bulunmayan bir faaliyettir.

Propolis kovan içinin sıvanması, petek gözlerinin temizlenmesi, çerçeveler başta olmak üzere hareketli parçaların birbirine yapıştırılması, uçuş deliğinin daraltılması gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Propolis toplama işlemi soğuk bölge arılarında daha yoğun olarak yapılmaktadır. Su toplama işlemi ise kovan içinin serinletilmesi ve katılaştıran balın yumuşatılması amacıyla işçi arılar tarafından yapılmaktadır (Khattab ve ark., 2010).



Propolis Toplamış İşçi Arı



Bölüm III

Böcek Polinasyonu

1. Bitkilerin Polinasyon Gereksinimi

Çiçeklerden nektar ve polen toplayan böcekler ile böceklerle tozlaşan bitkiler arasında mutualistik bir ilişki olup milyonlarca yıl önce birlikte evrimleşmişlerdir. Bal arıları tarımsal üretimi yapılan yaklaşık 400 türün ve dünyadaki çiçekli bitki türlerinin %16'sının polinasyonunda görev almaktadırlar (Bhalchandra, 2014). Dünya üzerinde bulunan %75'ten fazla çiçekli bitkinin üretim ve verimliliğinde 200.000'den fazla hayvan polinatör görev almaktadır (Sinnathamby ve ark., 2013).

Ekonomik öneme sahip bitki türleri ya kendini tozlayarak meyve veya tohum oluşturur ya da kendine kısırdır ve aynı türün diğer bitkilerinden polen almaya gereksinim duyarlar. Bazı kendini tozlar türler ise kendi çiçeklerinden üretilen polenlerle tozlanırlar. Ancak çiçekler ya rüzgâr etkisine ya da stigmalarına anterlerinden polen taşıyacak böceklere gereksinim duyarlar. Ayrıca kendini tozlayan bitkiler başta olmak üzere pek çok bitki yabancı polinasyon olduğu zaman daha iyi kalitede meyve veya tohum üretebilmektedirler. İyi kalitede tohum istendiği zaman bile yabancı tozlanma, kendini tozlamaya sık sık tercih edilmektedir (Garratt ve ark., 2014).

Bitkilerin çiçek yapısı ve polinasyona olan gereksinimin belirlenmesi, verimlilik ve kalitenin elde edilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu nedenle tür ve çeşitlerin polinasyon gereksinimlerini belirlemek için bir takım yöntemler geliştirilmiştir. Bu amaçla sera gibi kapalı alanlarda, kafes içlerinde veya elle tozlanma gibi çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar sonucunda ele alınan bitkinin çiçek sayısı, tohum bağlayan çiçek adedi ve oranı ile tohum ağırlığı ve besin madde içerikleri belirlenmektedir.

Polinasyonda en etkili olan etkenler, geniş uygulama sahası bulunan böcekler ile rüzgârdır. Rüzgâr, çayırların ve birkaç türün temel tozlayıcı etkenidir. Ancak pek çok tarla ve bahçe bitkileri böcek polinasyonu için adapte olmuş güzel kokulu ve rengârenk çiçeklere sahiptirler (Culley ve ark., 2002).

Böcek tozlayıcıya olan gereksinim, bitki türlerinin kendini tozlar, kısmen kendini tozlar, kendini tozlamayan veya kendine kısır olup olmamasına bağlıdır. Bu nedenle bitkilere besin ve polinasyon amacıyla tarlacılık yapan böcek sayısı, çeşidi ve oranı değişmektedir. Polinatör eksikliği durumunda bazı bitkilerde ürün artışı sağlanamaz veya düşük düzeyde artış sağlanır. Bazı bitkiler ise böcek polinasyonu

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

olmadan da tohum ve meyve verebilirler. Bu nedenle polinasyonun öneminin artmasına koşut olarak günümüzde ekonomik öneme sahip olan bitkilerde böcek polinasyonuna olan gereksinim ve katkı düzeyleri saptanmıştır (Woodcock, 2012).

Böcek polinasyonu ürün artışında olduğu gibi ürün kalitesinde ve pazar değerinde de artış sağlamaktadır. Örneğin; *Cucumis melo*. Hatta polinatörlerin bolluğu bazı bitkilerde çiçeklenme periyotunun kısılmasına neden olmaktadır. Bu durum da daha erken ve üniform ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Örneğin; *Vicia faba*. Ayrıca polinasyon, tohumların yağ içeriğini (*Helianthus annuus*), *Chrysanthemum cinerariaefolium*'un piretrin içeriğini, *Parthenium argentatum*'un kauçuk içeriğini ve *Lavandula angustifolia*'nın lavanta yağı miktarını da artırmaktadır. Polinasyonun yetersiz olduğu zaman ise küçük ve bozuk şekilli meyveler oluşmaktadır (Way, 1995; Sommerville, 2000; Yavuksuz, 2006).

Kuvancı ve ark., (2010b) bal arısı tozlaşmasına kapalı alanda kivilerde 83,99 mg/100g C vitamini saptamasına karşılık, bal arısı ile tozlaşanlarda bu değeri 111,85 mg/100 g olarak belirlemiştir.

Özellikle ticari öneme sahip tarımsal ürünler, meyve/tohum miktarını ve tüketici taleplerine uygun boyut ve kaliteyi sağlayacak tam ve yoğun polinasyona gereksinim duymaktadırlar. Bu olay doğal koşullar altında bitkiyi hayatta tutmak için de gereklidir. Ancak bitki türlerinin hayatta kalması için pek çok küçük meyve, büyük meyvelerden daha iyi katkıda bulunabilmektedir. Zira küçük meyvelerin bolluğu, daha geniş alanlara tohumların dağılma olasılığı ve tüketilme olanaklarının düşük olması, bitki soyunun devamlılığının sağlanması için fazla seçenek sunmaktadır (Free, 1992).

Ekonomik olarak önemli türlerin kendini tozlar varyetelerinin seçimi, genelde istenmeyen durumdur. Çünkü melezleme ve hibrit gücünün kaybolması, verim üzerine olumsuz etkiye sahip olmaktadır. Bu nedenle yetiştiricilikte hibrit tohuma doğru bir yönelme söz konusudur. Bu olay kendine verimsiz bitkiler ve hibrit tohumu üretimi için yaşamsal öneme sahip bir uygulamadır.

Sonuçta bitkisel üretimin sürekliliği ve verimlilik için polinasyon, pek çok bitki türünde önemlidir. Meyve ve sebzelerin pazar değerinin düşmemesi amacıyla da önlemlerin alınması ve polinatörlerin etkin bir şekilde polinasyona gereksinimi olan bitkilerde kullanılması konularında çalışılması kaçınılmazdır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

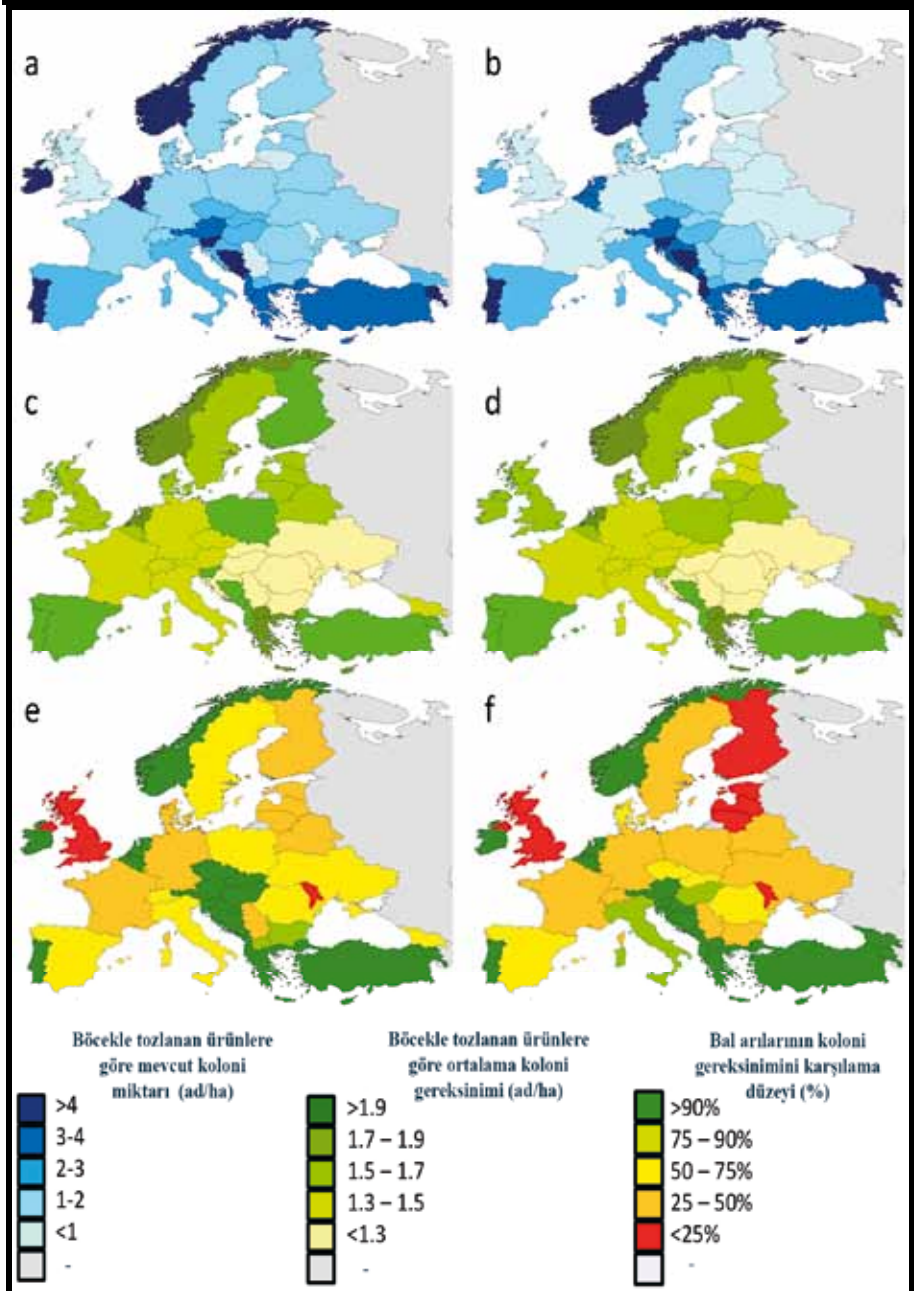


Krizantemde Piretrin İçeriği Polinasyonla Artmaktadır



Polinasyon ile Lavanta Yağı İçeriği Artmaktadır

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



2005 (a, c, e) ve 2010 (b, d, f) Yıllarında Avrupa Kıtasının Bal Arısı Koloni Sayısı ve Böcek Polinasyonu Kapasitesi Bakımından Karşılaştırılması (Breeze ve ark, 2014)

2. Polinatör Böceklerin Çeşitliliği

Birçok böceğin beslenme aktiviteleri kendinden sonrakilerin besinlerini azaltma eğiliminde olmasına rağmen polinatör böceklerin tarlacılık faaliyetleri tohum üretimini artırmaktadır. Böylece kendi türleri için gerekli olan besin kaynağını da arttırmaktadırlar.

En önemli tozlayıcı böcekler yalnız yaşayan arılar, bombus arıları ve bal arılarıdır. Arıların dışındaki böceklerin, bazı ticari ürünlerin çiçeklerini ziyaret ettikleri bilinmekte ve bu olay birkaç çeşit için yaşamsal öneme sahiptir. Örneğin; *Theobroma cacao* ve *Elaeis guineensis*. Fakat vücut tüylerinin yetersiz olması, gerekli davranış şekillerine sahip olmaması ve ziyaret ettiği çiçeklerden çok az poleni anterden stigmaya taşıması nedeniyle gördükleri işlevleri sınırlıdır.

Pek çok böcek türü de sadece zorunlu gereksinimlerini karşılamak amacıyla tarlacılık yapmaktadırlar. Çiçekten ziyade çeşitli besinlerle beslenmektedirler. Polinasyonda etkin olmamakla birlikte kısmen de olsa rol oynamaktadırlar.

Doğada pek çok polinatör böcek bulunmakla birlikte en önemli polinatörler; Diptera, Eristalis, Syrphus, Platy, Cheirus, Rhingia, Calliphara, Lucilia, Sarcophaga, Bibio, Dilophus ve Bombylius takımlarıdır. Diptera'nın bazı türleri tüylü vücutlarından dolayı arılar gibi vücutlarında polen taşımaktadırlar. Fakat onlar sürekli olarak çiçeklere tarlacılık amacıyla çalışmazlar.

Bir böceğin etkili polinatör olabilmesi için aynı türün birkaç çiçeğini ziyaret etmesi, bir çiçekten diğer bir çiçeğe hemen geçmesi, vücudunda bol polen taşıması ve çiçeklerin stigmasına poleni taşıması gerekmektedir (Free, 1992; Lau ve Galloway, 2004).

3. Bitki Deseninin Polinatörlere Katkısı

Doğal koşullarda bir yerde, bir çiçek türü çok fazla yoğunlukta genellikle bulunmamaktadır. Çiçeklerin bulunduğu yerdeki doğal böcek populasyonu çiçekleri ziyaret etmekte ve tozlamaktadırlar. Böceklerin ve çiçekli bitkilerin birlikte evrimleşmeleri sonucunda doğada her zaman birbirlerini tamamlar şekilde bulunmaktadırlar.

Birkaç hektarlık alan tek çiçekli bitki tarafından kaplandığı veya belli bölgeler özel bitki türleri yetiştirmek için tercih edildiğinde birkaç yabani polinatör olabilmektedir. Bu nedenle diğer faktörler uygun olduğunda bile polinasyon yetersizliğinden dolayı bazen tohum veya meyve verimi sınırlanabilmektedir (Bauer ve Wing, 2010).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Halictus poeyi (Raton, 2014)



Anthophora plumipes (Nicholls, 2008)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Colletes daviesanus (Early, 2015)



Colletes cunicularius (Meininger, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Tek bitki ile ekili arazilerin genişlemesi, yabancı polinatör popülasyonunun çeşitliliğinin azalması sonucunu doğurmaktadır. Bu durum nedeniyle yabancı arılar ve diğer böceklerin popülasyon düzeyi, yıldan yıla ve yerden yere değiştiğinden polinasyona olan katkılarına da güvenilememektedir (Free, 1984; Tirado ve ark., 2013; Potts ve ark., 2015).

Tek bitkiyle ekilmiş geniş alanlar, polinatörler başta olmak üzere böcekler bir mevsimde kısa bir süre geniş besin sağlamaktadır. Diğer zamanlarda ise tozlayıcı böcekler için az veya hiç besin sağlamamaktadırlar. Sürekli tahıl ekilen alanlar ise besin, yuvalama ve yabancı arı polinatörleri için yavru büyütme yerlerinden yoksundur. Bu yüzden yabancı polinatörlerin azalmasına neden olunmaktadır (Free ve ark., 1975; Venturini ve ark., 2015). Gelecekte yabancı arılarla tozlanan bitkileri yetiştirmek de çok zor olacaktır. Bitki yetiştiricilerinden büyük bir sorumluluk duyarak bu polinatörleri koruyacak ve teşvik edecek ürünleri yetiştirmelerini beklemek, pek gerçekçi değildir. Bu nedenle kamu sektörünce mümkün olduğunca yol kenarları ve boş alanların bu iş için kullanılması konusunda çalışmalar yürütülmelidir. Gerçekten yabancı çiçek kaynaklarıyla kıyaslandığında anayolların kenarları, insan etkisi sınırlı olduğu için devamlı bir bitki deseni ile kaplı olma avantajına sahiptir.

Otoyol kenarlarındaki yabancı çiçekleri ziyaret eden bal arısı, bombus arısı, yalnız arılar ve syrphidlerin pek çok türleri önemli polinatörlerdir. Bunun için yol kenarlarına fazla miktarda, nektar ve polen içeren ağaçlar ve çalılar dikmek için de çaba sarf edilmelidir (Sass, 2011; Garibaldi ve ark., 2014).

4. Pestisit Kullanımının Polinasyona Etkileri

Yoğun tarım yapılan yerlerde çalılardan oluşan çitlerin ve tarla kenarlarındaki sınırların yıkılmasıyla, birçok yabancı tozlayıcı böcek yuvaları yok olmaktadır. Ayrıca yararlı böcekler besin sağlayan bitki alanlarının çevresindeki çiçekli bitkiler de yok edilmiştir. Seçici herbisit kullanımı sonucunda, tahıllar içerisindeki çiçekli yitkiler de hızla azalmaktadır. Bazı bölgelerde baklagil otlarının pahalı oluşundan dolayı çayır bitkilerine verilen önem artmıştır. Çayır alanlarının aşırı otlatılması sonucunda da var olan doğal yetişen baklagiller de yeterli çiçek açamamış, polinatör böceklerinin çalışma alanlarının yok olmasına neden olmaktadır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Kuzey Amerika'da yabancı polinatörler, küçük ölçekteki tarım alanlarının polinasyonu için yeterli olmaktaydı. Ancak tarla işleme ve temizleme işleminin çok yoğun bir şekilde yapılması polinatörlerin yaşam alanları için boş yer kalmamasına neden olmuştur. Ayrıca insektisit uygulamaları sonucu yabancı böcek polinatörlerinin sayısında da azalma olmuştur. Pestisitlerin, hedeflenmeyen organizmalara zarar verecek etki yaptığı bilinmektedir (Kevan, 1975).

Pestisit uygulamasının hedef organizma dışında verdiği zararlara güzel bir örnek Kanada'da yapılan bir uygulamadır. Kanada ormanlarına tomurcuk kurdunu kontrol altına almak için uygulanan organofosforlu pestisitler, zararlı böcekleri ve hedeflenmeyen polinatörleri de öldürmüştür. Bu durum yakında bulunan yaban mersini bitkilerinde de polinasyon eksikliğine sebep olmuştur. Bu çalışmayla pestisit uygulamasının orman florasında daha az polinasyona, meyve ve tohum bağlamasının azalmasına neden olduğu ortaya konulmuştur (Free, 1992; Klein ve ark., 2007).

Pek çok fungusitler, fungal sporları öldürdüğü gibi polenleri de öldürebilmektedir. Etkin polinasyon periyodu sadece 2-3 gün olduğu zaman fungusitin tek uygulaması bile pek çok çiçeğin etkin bir şekilde tozlanmasını önleyebilmektedir. Bu durumda da polinasyon işlemi olumsuz etkilenmektedir (Mussen ve Brandi, 2010).

5. Bal Arılarının Polinasyonda Kullanımı

Bal arıları bitkilerden gıda olarak nektar ve polen toplamaktadırlar. *Apis mellifera*'nın 5 km alan içerisinde tarlacılık yapmasına karşılık, *Apis cerana* en fazla 1-2 km içerisinde tarlacılık yapmaktadır. Ancak polen ve nektar toplama davranışı *Apis mellifera* ile aynı olmaktadır. *Apis cerana*'nın uçuş etkinliği *A. mellifera*'ya göre daha fazladır. Bununla birlikte, tarlacılık çalışmaları daha sık ve daha kısa bir süreye sahiptir. Bu davranış, *A. cerana* arısının polinasyondaki verimliliğini artırmaktadır. *Apis cerana*'da polen toplayıcı arılar normalde nektar toplamamaktadırlar. Fakat gerektiği durumlarda nektar tarlacılığından polene, polen tarlacılığından nektara dönebilmektedirler. *A. cerana* arıları da diğer arılar gibi bitkiye bağımlılık göstermekte, yaşadığı yerlerde polen kaynağı olarak Hindistan cevizi polenini tercih etmektedir (Korkmaz, 2012).

Yapılan çalışmalar bal arılarının iklim durumuna bakmaksızın, koşullar elverdiğinde yıl boyunca polen toplama faaliyeti

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

yapabildiklerini göstermektedir. Polen toplayan arıların sayısı, yavru yetiştirme dönemi ve bitkilerin polen salınım dönemlerine bağlı olarak yıl içerisinde önemli düzeyde değişebilmektedir.

Ülkemizde genelde yıl boyu polenli bitki bulunmakla birlikte yoğun olarak şubat ve mart aylarında başlamakta ve eylül-ekim aylarına kadar devam etmektedir. Özellikle Akdeniz Bölgesinde yılın her döneminde polen toplanması olası olmaktadır. Polen toplama etkinliği, yılın çeşitli dönemlerinde ve gün içerisinde polen toplama saatlerinde önemli farklılık bulunmaktadır. Bal arıları genelde sabah ve öğle saatlerinde polen toplamaktadırlar (Korkmaz ve Gür, 2000).

Etkin polinatörler olmaları nedeniyle bal arıları, yabancı polinatörlerin çeşitli gerekçelerle popülasyonlarının azalmasına koşut olarak, polinasyon çalışmalarında özellikle kullanılmaktadırlar. Çünkü bal arıları ekonomik öneme sahip olan bitki türlerinin geniş bir kesimini ziyaret etmekte ve polinasyonlarını gerçekleştirmektedirler. Ayrıca bal arısı kolonilerinin insan eliyle kolay bir şekilde çoğaltılıp yönetilebilmesi nedeniyle kullanım kolaylığı da bulunmaktadır.

Çalılıklar, geniş ve boş alanlar, yabancı polinatörlere geniş ve uygun besin ve barınma yeri sağlamaktadır. Bunların popülasyonunun sürekli düşme eğiliminde olması nedeniyle arıcılar tarafından idare edilen bal arısı kolonileri, ılıman ülkelerde olduğu gibi pek çok tropikal bölgede de temel polinatör durumundadırlar (Free, 1984). Yonca ve meyve ağaçlarını tozlamak için yalnız yaşayan arıları kullanma metodu çeşitli ülkelerde yapılmaktadır. Bombus arıları da kafesler veya seralardaki bitkileri tozlamak için kullanılmaktadır. Ancak yabancı polinatörlerin yetersizliği ve bazı durumlarda da eksikliği pek çok bitki için sadece bal arısı kolonilerinin kullanımı ile giderilebilmektedir. Çünkü bal arısı insanlar tarafından kovanlarda pek çok yıl saklanabilmekte, polinasyon için gerektiğinde rahatlıkla kullanılmaktadır (Free, 1992; Kaftanoğlu ve ark., 1997).

Pek çok ülkede bal arısı kolonileri çeşitli gerekçelerle büyük şehir yakınlara yığılma eğilimindedirler. Bu nedenle tarımsal ürünlerin polinasyonu amacıyla kullanılmamaktadırlar. Zaman zaman polinasyon gereksinimi olan bitkilere taşınmaktadırlar. Polinasyon amacıyla bal arısı kolonisi kullanımı, uzun yıllardır ABD başta olmak üzere pek çok ülkede yaygın olarak yapılmaktadır. Ancak ülkemizde bugüne kadar polinasyon amacıyla bu tip uygulamalarda ne yazık ki büyük bir adım atılamamıştır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arısının Polinasyon Açısından Avantajları

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Apis mellifera (Gudehus, 2010)



Apis florea (Pisanty, 2013)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Apis dorsata (Shyamal, 2014)



Apis cerana (Lam, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Kuzey Amerika dahil, Dünya'nın pek çok yerine yayılan bal arısı, Avrupa ve Afrika yerli bal arıları olan *Apis mellifera*'dır. *Apis cerana* Hindistan, Çin ve Japonya'da yaşamaktadırlar. Dev arı (*Apis dorsata*) ve cüce arı (*Apis florea*)'nın ticari ölçekte kullanılabilirliği ABD başta olmak üzere henüz yaygınlaşmamıştır. Oysa bal arılarının Amerika kıtasının doğal canlı türü olmaması gerçeğinden yola çıkarak Hindistan kökenli arıların da çözüm olmayacağı ortadadır. Bu durum ülkemiz için de geçerli bir yaklaşımdır.

Dünyanın her tarafına yayılan ve adaptasyon yeteneği yüksek olan *Apis mellifera* günümüzde polinasyonda ve bal üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır. Göstermiş olduğu yüksek performans nedeniyle, Uzakdoğu kökenli arıların, kendisiyle yarışması olanaksızdır. Yapılmış olan çalışmalar da bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Ancak bal arısı dışındaki polinatörlerin yetiştiriciliği ve kullanımı konusunda çalışmalar da her geçen gün artmaktadır. Özellikle ABD'de gerek ticari gerekse hobi olarak *Osmia* cinsine ait türlerin yetiştiriciliği yaygınlaşmaktadır (Vaughan ve ark, 2015).

Polinasyon için bal arısı kolonileri mümkün olduğu kadar etkili bir şekilde kullanılmalıdır. Bu amaçla kolonileri bitkilere dağıtmak, bitkilerin nektar ve polen açısından besleyici değerlerini artırmak, arı-bitki ilişkilerini geliştirmek, polinasyon sırasında ziyaret edilen çiçek oranını artırmak ve daha etkin polen dağıtımını sağlamak için bilimsel ve uygun yöntem bulma çalışmaları sürdürülmektedir. Çekici olmayan bitkilerin polinasyonu amacıyla, onlara tarlacılık yapacak arıları sevk etmek için kolonileri etkili şekilde yönetmek hala çok önem arz etmektedir. Gübre kullanımı, sulamanın varlığı veya yokluğu, bitki ekim sıklığı ve rüzgâr kıranların kullanımını içeren çeşitli tarımsal metotlar da bitkilerin çekiciliğini geliştirmek amacıyla denenmektedir.

Etkin polinasyon sağlamak amacıyla yetiştiriciler bal arısı dışındaki yabancı polinatörleri de içeren polinatör böceklerin etkinliğini artırmak için çeşitli uygulamalar yapabilirler. Örneğin; en önemli yabancı polinatörlerin sayısındaki mevsimsel artışla çiçeklenme periyotunun pik yaptığı dönemi denk getirmek ve polinatörlerin popülasyonları artarken diğer besin kaynaklarını sağlamak, düşünülebilecek uygulamalar arasındadır. Ayrıca bitki yetiştiricilerinin polinatörlere ve özellikle de bal arılarına zarar verebilecek tüm uygulamalardan kaçınmaları da yapılması gereken çalışmalar arasındadır (Osborne ve ark., 1991).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bitki ıslahçıların son zamanlarda bal arıları için daha çekici ve daha fazla nektar sağlayan çeşitleri geliştirmeye çalışması önemli bir olgu haline gelmiştir (Shuel, 1989). Bu durum özellikle birçok bitkinin hibrit tohumlarının kullanıldığı ılıman ülkelerde önemlidir. Tropikal meyve ağaçları ıslahında verimli ağaçların seçildiği programlarda hermafrodit çiçeklere sahip ağaçların bir kısmı ile dişi çiçekler arılar için cazip değildirler. Bütün bunlar çiçek-arı ilişkisini geliştirme çabaları için önemli nedenler arasındadır. Gerçekte de birçok ürünün yetiştirildiği bölgede bitkilerin kendine özel polinatörleri olmadığı durumlarda bitkilerin kendine özel polinasyon sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu durumda da yeni bölgelere akılcı bir şekilde polinatörlerin getirilmesi, bu soruna çare olabilmektedir.

Yeni tür veya ırkların bir yerden bir yere getirilmesi de dikkat edilecek konular arasındadır. Ekolojik dengede ne tür bir tahribata yol açılabileceğinin de hesabı yapılmalıdır. Bilimsel çalışma için Afrika'dan Brezilya'ya 1957 yılında getirilen Afrika ırkı bal arıları yanlışlıkla doğaya dağılmışlardır. Oradan da Orta ve Güney Amerika ile Kuzey Amerika içlerine kadar yayılmıştır. Afrika bal arıları, Avrupa bal arılarının daha fazla ve etkili bir şekilde kolonilerini savunmaktadırlar. Arıcılar tarafından idare edilmeleri de çok zor olmaktadır (Winston, 1992). Afrika bal arıları zengin ve bol floraya sahip tropikal bölgelerde kullanılabilen ve kaliteli besin kaynaklarına çabucak uyum sağlamaktadırlar. Günümüzde ABD'de yeni ve profesyonel arıcılık tekniklerinin gelişmesiyle Afrika bal arılarının üstün besin toplama yeteneği kullanılarak bal üretimi artırılmaktadır. Ancak sokma eğiliminin çok yüksek olması nedeniyle her yıl onlarca kişinin ölümüne neden olmaktadır.

Lopar ve Danko (1991) Afrika ve Avrupa bal arılarının Güney Meksika'daki pamukların polinasyonunda eşit etkiye sahip olmalarına rağmen, Afrika bal arılarının kafeslerdeki polinasyon birimlerinde yönetiminin çok zor olduğunu bildirmektedirler. Afrika arılarının hırçın olmaları nedeniyle bitki yetiştiricileri polinasyon esnasında bitkilerde çalışma güçlüğü yaşamaktadırlar. Ayrıca Afrika bal arılarının sık oğul verme eğilimi, polinatör olarak değerlerini düşürmektedir. Afrika bal arılarının hırçınlığı, yerel popülasyonların varlığı nedeniyle zamanla azalacaktır. Geçen süreç içerisinde arıcılar polinasyon hizmeti verdikleri sırada Afrika bal arılarıyla kendi arılarının hibritleşmesini istemelikler. Ancak Afrika bal arılarının

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

yayılması pek çok arıcının bu konudaki cesaretini kırmaktadır. Afrika arılarının bu olumsuz özellikleri nedeniyle ABD'ye farklı ırkların ithali gündeme gelmektedir. Bu anlamda *Apis cerana*'nın Amerika'ya ithal edilmesi olasılığı da araştırılmaktadır. Bu arıların geniş alanlardaki tarımsal ürünleri tozlama yeteneği kanıtlanmıştır. *Apis cerana*'nın pek çok türü, oldukça uysal ve çok geniş iklim koşullarında yaşamaktadır. Hobi arıcıları tarafından kolayca yönetilebilirler. Ayrıca sakinlikleri nedeniyle saldırmazlar (Dixon, 1987). Ancak bal arısının Amerika kıtasının doğal canlısı olmadığı gerçeğini dikkate aldığımızda, uzun vadede Hindistan kökenli bal arılarının verimli olmasını beklemek de yanlış bir düşüncedir.

6. Bombus Arılarının Polinasyonda Kullanımı

Polinasyon olgusunda bal arısı kullanımından sonra en yaygın kullanılan böcek, bombus arısıdır. Bal arısının kullanımının uygun olmadığı koşullarda oldukça etkin olan bombus arısı ülkemizin doğal faunasında yaygın olarak bulunmakla birlikte her geçen yıl popülasyonunda düşme görülmektedir. Ancak bal arılarında olduğu gibi insan eliyle çoğaltımı noktasında yaygın çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizde özellikle Akdeniz Bölgesinde yaygın yetiştiriciliği yapılan örtüaltı domates yetiştiriciliğinde vazgeçilmez polinatör bombus arılarıdır. Örtüaltı yetiştiricilikte üretimi yapılan bitkilerin tozlaşmasını sağlamak amacıyla bitki gelişimini düzenleyiciler, vibrasyon, bal arısı ve bombus arıları kullanılmaktadır (Gürel ve ark., 2001). Ancak insan sağlığı ve kaliteli meyve üretimi gibi etkenler nedeniyle bombus arısı kullanımı yaygınlaşmıştır. Polinasyonda bombus arılarının kullanımının sağladığı faydalar oldukça fazladır. (Gösterit, 2015). Bu faydalar;

- Bombus arıları iri ve tüylü vücutları, uzun dilleri ve çiçek üzerindeki hareketli davranışları ile etkin polinatörlerdir. Özellikle polenini kolay bırakmayan domates gibi Solanaceae familyasına ait bitkilerde etkilidirler.
- Bombus arıları endüstri bitkileri, çayır mera ve yem bitkileri, meyve ağaçları (sert çekirdekli, üzüksü, narenciye vb.), sebzeler (domates, biber, patlıcan, bakla, kabak vb.), tıbbi ve aromatik bitkiler ve çok sayıda ağaç, çalı, maki formunda bitkileri ziyaret ederler.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

- Bombus arısı kullanımı ile sera ürünlerinde meyve bağlama oranı, meyve iriliği, meyvedeki tohum sayısı, lezzetlilik ve bir örneklik artmakta, hatalı meyve miktarı azalmaktadır. Ortalama verim artışı, domates ve biberde %10-25, patlıcanda ise %7-10 düzeyinde olmaktadır.
- Örtüaltı yetiştiricilikte tozlaştırıcı olarak bombus arısının kullanılması ile seralarda kullanılan zirai ilaçlara sınırlama getirilmekte, etki süresi daha kısa süren ilaçlar kullanılmakta, hormon olarak bilinen bitki gelişimini düzenleyici madde kullanımından kaynaklanan kalite ile ilgili sorunlar ortadan kalkmakta ve daha sağlıklı üretim yapılmaktadır.
- Bombus arıları çok çalışkandır. Bir işçi arı bir seferde 450 çiçekte polinasyon yapabilmekte ve günde 2.000'in üzerinde çiçeği tozlayabilmektedir.
- Bombus arıları saldırgan değildir. Rahatsız edilmedikçe sokmazlar. Bu nedenle örtü altı yetiştiricilikte rahatlıkla kullanılabilirler.
- Bombus arıları bulundukları yere kolayca uyum sağlamaktadırlar. Bal arıları gibi gelişmiş iletişim yöntemlerine sahip olmadıkları için daha çekici bitkilere birbirlerini yönlendirmezler.
- Bombus arıları düşük sıcaklık (5-6°C'ye kadar) ve ışık yoğunluğunda aktif olarak çalışabilmektedirler. Yağmur, rüzgâr ve bulutlu hava arıların aktivitelerini fazla etkilememektedir.
- Bombus arılarının kitlesel üretimi gerçekleştirildiği için yıl boyu temin edilebilmektedirler.
- Tozlaşmanın tamamen arılar tarafından sağlanması nedeniyle işçilik için harcanan zaman ve masraf en aza indirilebilmektedir.
- Bombus arıları çok az sayıda bal arısı hastalığından etkilenmektedir.

Özellikle *Bombus terrestris* türü bombus arısı, 1980'li yılların sonlarında seralarda yetiştirilen ürünlerde sağladığı ekonomik faydalarının anlaşılmasından sonra dünyada çok sayıda ülkede ve çok farklı kültür bitkilerinde tozlayıcı olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Dünyada kullanılan bombus koloni sayısının yılda 1 milyon adetten fazla olduğu tahmin edilmektedir. Bombus arıları domates, biber, patlıcan, kavun, karpuz, kabak, çilek, kiraz, avokado, kivi, ayçiçeği, yonca ve üçgül gibi birçok kültür bitkisinin tozlaşmasında

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

kullanılabilmesine karşın dünyada ve Türkiye’de ticari amaçla üretilen kolonilerin % 95’i örtüaltında yetiştirilen domateslerin tozlaşmasının sağlanmasında kullanılmaktadır (Gösterit, 2015).



Bombus Arısı Polinasyonu

7. Diğer Böceklerin Polinasyonda Kullanımı

Ülkemizde bal arısı ve bombus arısı dışındaki böceklerin, polinasyon amacıyla kullanımı söz konusu değildir. Ancak yurt dışında özellikle ABD’de *Osmia* cinsine ait arılar başta olmak üzere pek çok türe ait arı, polinasyon çalışmalarında ve polinatörlerin doğadaki sayısını artırmak için hobi amacıyla yetiştirilmektedir.

Osmia türlerinin meyve bahçelerinde kullanımına yönelik araştırmalar 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren başlamıştır. İlk çalışmalar *O. cornifrons* ve *O. pedicornis* türleri ile Japonya’da elma bahçelerinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda benzer çalışmalar, hem ABD’de hem de Avrupa’da badem, armut, elma, kiraz ve erik bahçelerinde *O. lignaria*, *O. bicornis* ve *O. cornuta* türlerine yönelik olarak yürütülmüştür. Ülkemizde *O. cerinthidis* ve *O. avosetta* türlerinin doğal alanlarda yaptıkları yuvaların ele alındığı, yuva yapıları ve bu türlerin biyolojileri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Özbek ve ark., 2011; Güler, 2012).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Ülkemizde Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae, Apidae familyasına ait arılar yabancı polinatörler içerisinde öne çıkmaktadırlar. Ancak bu arılar üzerine yapılan çalışmaların çoğunluğu durum tespiti ve biyolojisini anlama çabalarından öteye geçmemektedir. Diğer arılardan, iğnesiz arılar, Hint arısı, bombus arıları ve bireysel arıların tozlaşmada kullanılmaları bal arısı kadar kolay ve ekonomik değildir. Sonuç olarak, çiçek bağımlılığı bal arısı tozlaşma vektörü olarak kullanıldığında bitkisel üretimin ve kalitenin artırılmasını sağlayacaktır. Farklı ekolojik bölgelere adapte olmuş bal arısı ırklarının çiçekler üzerinde farklı yayılma taktiklerine sahip olmaları, bu arıların bitkisel üretimde özel amaçlar için kullanılabileceğini göstermektedir (Çakmak, 2004).

Ülkemizde ılıman iklimin egemen olduğu birçok ilde yürütülen bir çalışmada bal arısı ile birlikte 120 civarında arı türünün ılıman iklim meyve türlerinin çiçeklerini ziyaret ettiği saptanmış ise de daha fazla arı türünün bu görevi yaptığını düşünmek gerekmektedir. Bal arısı, meyve türlerine bağlı olarak meyve ağaçlarını ziyaret eden arıların %45-97'sini oluşturmaktadır. Türler göre değişmekle birlikte yabancı arıları da tozlaşmada çok önem arz etmektedir. Bunlar arasında kültüre alma yönünden *Osmia cerinthidis* önemli bir potansiyele sahiptir. Bunu *Osmia caerulea* izlemektedir (Özbek, 2008).



Önemli Polinatörlerden *Osmia buceana*

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

8. Polinatörlerin Tercihini Etkileyen Faktörler

Özellikler	Polinatör Tipleri							
	Yarasa	Arı	Böcek	Kuş	Kelebek	Sinek	Güve	Rüzgar
Renk	Beyaz, yeşil, mor	Parlak beyaz, sarı, mavi ve UV	Beyaz veya yeşil	Turuncu, kırmızı veya beyaz	Parlak kırmızı ve mor	Soluk veya koyu kahverengi, mor	Soluk kırmızı, mor, pembe veya beyaz	Soluk yeşil, kahverengi veya renksiz
Nektar İşareti	Yok	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Var
Koku	Geceleyin yayılan güçlü ve küflü	Temiz, hoş ve hafif	Kokusuz veya yoğun meyvemsi	Yok	Soluk fakat hoş	Kokuşmuş	Geceleyin yayılan güçlü ve hoş	Yok
Nektar	Bol ve gizlenmiş	Genellikle açıkta	Bazen hazır	Bol ve derin tüp içinde	Bol ve derin tüp içinde	Genellikle yok	Bol ve derin tüp içinde	Yok
Polen	Bol	Sınırlı, yapışkanımsı, kokulu	Bol	Sınırlı	Sınırlı	Sınırlı	Sınırlı	Bol, küçük ve pürüzsüz
Çiçek	Kâse şeklinde, gündüz kapalı	Sığ, tabla üstünde ve tüp şeklinde	Geniş ve kâse şeklinde	Geniş, huni şeklinde,	Geniş yüzey üzerinde dar tüp şeklinde	Derin olmayan huni şeklinde,	Düzenli ve tüp şeklinde	Düzenli ve küçük yapılı
								

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

9. Böcek Polinasyonu Gereksinimini Belirleme

Doğada bitki türlerinin polinasyonunda pek çok faktör etkilidir. Bu faktörlerden en önemli grubu, içerisinde bal arılarının da bulunduğu böcekler oluşturmaktadır. Arılar bitkilerin hem polinasyonuna yardımcı olarak verim artışına neden olmakta, hem de tarımsal ekosisteme büyük katkılar sağlamaktadırlar. Özellikle bal arıları polinasyonda büyük öneme sahip olduklarından yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Fakat düşük sıcaklık ve ışıktaki domates başta olmak üzere birçok bitki türünde yeterince verimli olamadıkları için bal arıları yerine bombus arıları tercih edilmektedir. Bombus arılarının tercih sebeplerinden birisi de seracılıkta etkili olarak kullanılmalarıdır.

Çeşitli ülkelerde arıların polinasyondaki verimini arttırmak amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Ülkemizde bu alandaki çalışmalar son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Arıların varlığında yapılan etkili polinasyonda ürünün kalitesinin ve veriminin arttığı araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır. Bu araştırmaların sonuçları, arıların doğal ve tarımsal ekosisteme olan katkılarının önemini vurgulamıştır (Tüzün ve Bilgili, 2013).

Böceklerle tozlanma sonucunda bitkilerde ürün artışı elde edilip edilmediğini saptamanın pek çok yolu vardır. Böcekler başta olmak üzere bal arılarının polinasyon çalışmalarındaki önemini saptamak amacıyla geliştirilen yöntemler, bir standart oluşturulması amacıyla derlenerek IBRA tarafından yayımlanmıştır (Delaplane ve ark., 2013). Çalışma yürütecek olan tüm araştırmacılar bu standartlara göre hareket etmelidirler. Böylece araştırma sonuçlarının karşılaştırılmasında isabet derecesi de artacaktır. Elbette ki tüm yöntemler de bunlardan ibaret değildir. Bilim insanlarının yaptığı ve yapacağı çalışmalarla yöntemlerin geliştirilmesi veya değiştirilmesi de söz konusudur.

Arıların polinasyondaki etkinlik düzeyini saptamak için kafes deneyleri halen geçerliliğini korumaktadır. Kafes kullanmadan, denemeye alınan bitkinin ekildiği bölgeyi böcek polinasyonundan korumak mümkün değildir. En güzel ve geniş kullanım alanı olan uygulama, böceklerin giremeyeceği kafeslerle ekili alanı kapatmak üzerine kuruludur. Bundan sonra 3 uygulamanın karşılaştırılması yapılmalıdır. a) Arılı ve kafesli, b) Arısız ve kafesli, c) Kafessiz ve böcek polinasyonuna açık parseller (Free, 1992).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Polinatör böceklerin etkisini tamamen elimine etmek için arısız kafeslerin içine insektisit uygulanmalıdır. Sadece arıların etkisi belirlenmek isteniyorsa ideal olanı arılı ve arısız her iki parsel, insektisit ile aynı uygulama yapılmasıdır. Fakat bu işlem arıları birkaç günlüğüne kovanlarına hapsettirmeyi gerektirmektedir. Bu yüzden polinasyon etkinliğinde düşüş olabilmektedir. Bazen elek telli kafesler, arılar kadar büyüklükte olan böcekleri içeri sokmamak için de kullanılmaktadır. Bununla birlikte böcek polinasyonu üzerine farklı boyutlara sahip elek telli kafeslerin etkisini tamamen bilmek çok zor olmaktadır. Değerlendirme aşamasında büyük böceklerin etkisi yok sayılabilmektedir (Free, 1992).

Kafesler, zararlı böcekler, hava hareketleri, gölge, nem ve ısı farklılığından dolayı tarla koşullarının aynısını oluşturamamaktadır. Özellikle sıcak iklimlerde ekim sahasında zıt etki yapmaktadırlar. Örneğin, Gana'da Amoako ve Yeboah (1991) bal arılı ve kafesli domates, biber ve patlıcan parsellerinde, arısız-kafesli ve açık parsellerden daha yüksek oranda verim oluştuğunu saptamışlardır. Bu durum kafeslerde oluşan açık araziden farklı ve deneme açısından olumsuz etkide bulunan koşullara bağlıdır.

Yansız ve üstsüz kullanılan kafeslerin azalan rüzgâr ve gölge etkilerini belirlemek için de bazı araştırmalar yapılmıştır. Fakat bu uygulamalar arı ziyaretlerini azaltabildiği gibi elde edilen sonuçları değerlendirmeyi de zorlaştırmaktadır. Kafeslerin bitki büyümesine, meyve ve tohum elde edilmesine olası zararlı etkisi olsa bile, kafesli alan ile kafessiz parsel karşılaştırılarak polinasyon etkinliğini belirlemede kullanılabilmektedir.

Bazen yukarıda bahsedilen üç temel uygulamanın karşılaştırılması bile tamamıyla tatmin edici olmamaktadır. Arılı-kafesli parsellerle kafessiz parseller arasındaki karşılaştırma kafesin etkisini göstermektedir. Zira kafessiz parseller, kafes içindekilerden daha etkili polinatör olan böcekler tarafından olabileceği gibi daha fazla veya az oranda bal arıları tarafından da ziyaret edilebilirler.

Arılı ve arısız kafesli parseller arasında karşılaştırma, arılı ve arısız parselin her ikisine de insektisit uygulandığı zaman yalnız bal arısı polinasyonunun etkisini belirlemeye olanak tanımaktadır. Sadece arısız-kafesli parsellere insektisit uygulandığı zaman diğer böcek ve arıların polinasyona etkileri belirlenmektedir. Ne arılı ne de arısız kafesli parsellere insektisit uygulanmadığında bal arısı dışındaki diğer

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

tüm böceklerin de polinasyona ek etkisi belirlenmektedir. Dolayısıyla ideal koşullar altında arılı ve arısız kafesler arasındaki karşılaştırmalar ancak böcek polinasyonunun etkisini göstermede geçerli olmaktadır. Ancak bu her zaman da doğru değildir. Zira kafes telinin ölçüleri kafes içerisine girebilecek farklı büyüklükteki böceklerin varlığını ve polinasyon düzeyini de etkilemektedir. Ayrıca kafes içerisindeki koşullar açığa nazaran içerideki bitkilerin üreme kapasitesini büyük ölçüde sınırlayabilmektedir.

Kafes denemelerinden elde edilen sonuçlar, tohum bağlayan çiçek oranı, her kafesteki meyve, tohum, dane ağırlığı ile adedinin bulunmasıyla değerlendirilmektedirler. Ancak arılı kafeslerde elde edilen ürün artışı ile ekiliş alanlarına koloni konulmasıyla elde edilen ürün artışı arasında az bir benzerlik bulunmaktadır. Bunun birkaç sebebi vardır. Bal arısı haricinde de tozlayıcı böceklerin bulunması en başta gelen etkindir. Ayrıca bitki, bal arıları için fazla çekici olmayabilir ve arılar diğer çiçekleri seçtiği için polinasyonu istenen bitkide tarlacılık yapmayabilirler. Kafes içerisine konulan bal arısı kolonisinde bulunan arı sayısı bulunduğu alana orana fazla sayıda olabileceği gibi, çiçekleri ziyaret eden arılardan her çiçek başına açık alandakinden daha fazla tozlayıcı arı düşmesi de bu durum üzerine etkili olmaktadır.

Arılar sadece nektar için çiçekleri ziyaret ettiği zaman çiçekleri normal bir şekilde tozlayamamaktadırlar. Çünkü kafes içerisindeki çiçekler, kafes içindeki koloni için sadece polen kaynağıdır. Bu nedenle arılar bu çiçekleri açtıktan sonra daha fazla tozlamaktadırlar. Bundan dolayı kafes deneyleri sonuçları, verim ile arıların davranışlarının karşılaştırılmasında uygulanmalıdır. Ayrıca polinasyon gereksinimi, kafes deneyindeki sonuçlar ile geliştirilen farklı yöntemlerin bir arada değerlendirilmesi durumunda daha sağlıklı saptanmaktadır (Free, 1992).

Bir alternatif metot Fries ve Stark (1983) tarafından kullanılmıştır. Yağlık kolza tarlasında deneme alanında polinasyon yapan böcekleri elimine ederek verimdeki değişimleri belirlemiştir. Bu amaçla polinatör böcekler dışındaki nedenlerle oluşan verimi ve bitişikteki açık parselden kaynaklanan etkileri ortadan kaldırmak için kafeslerle çevrilmiş parseller kullanmıştır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Kafesli ve Açık Parsellerde Polinasyon Çalışması



Bitkileri Torbaya Alarak Yapılan Polinasyon Çalışması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



İnsan Eliyle Yapılan Polinasyon Çalışması



Elle Yapılan Polinasyon Çalışması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Dal Kapatma ile Yapılan Polinasyon Çalışması

Bitkilerin bal arısı polinasyonuna olan gereksinim düzeyini saptamanın bir yolu da, bir grup koloniyi ürünün ortasına koymaktır. Üründeki bal arısı sayısının koloniler uzaklaştıkça azaldığını ve buna karşılık tohum ve meyve üretiminde azalma olduğunu göstermektir. Özellikle tek bitki ekili geniş alanlar, bu tür azalmayı gösterecek şekilde yeterince uygun olmayabilir. Ancak genelde bu tip çalışmada bal arısı kolonileri parselin sonuna konulmaktadır. Böylece tarlacı arıların sayısının bitki ekili alanın diğer tarafına doğru azaldığı net bir şekilde ortaya konulacaktır. Buna karşılık arı sayısındaki azalma ile verimdeki azalmayı kontrol etmek için bu deneme izleyen yılda koloniler tarlanın karşı tarafına konularak tekrarlanmalıdır.

Böcek polinasyonunu saptamanın diğer bir yolu da çeşitli polinatör popülasyonu varlığı ve çiçeklenmenin farklı evrelerinde çiçeklerin bir torba geçirilerek bağlanması yöntemini içermektedir. Ayrıca kontrol için bitki ekili parselin birkaç km ötesindeki bir tarla da kullanılmalıdır.

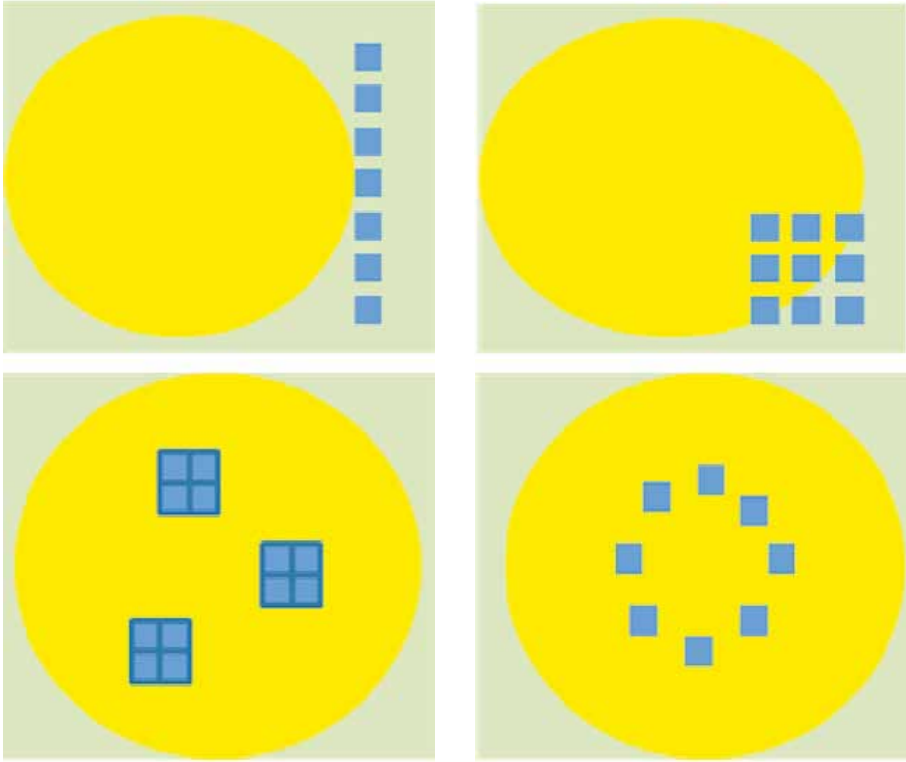
Bir çiçek ziyaretinin önemini bulmanın en emin yolu, çiçekleri tomurcuk evresindeyken kâğıt veya muslin bir torbayla sarmak, çiçekler açıldığı zaman böcekler onları ziyaret edene kadar torbaları

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

çıkarmaktır. Sonra torba ile tekrar sarılır, ne düzeyde tohum veya meyve bağladığı belirlenir.

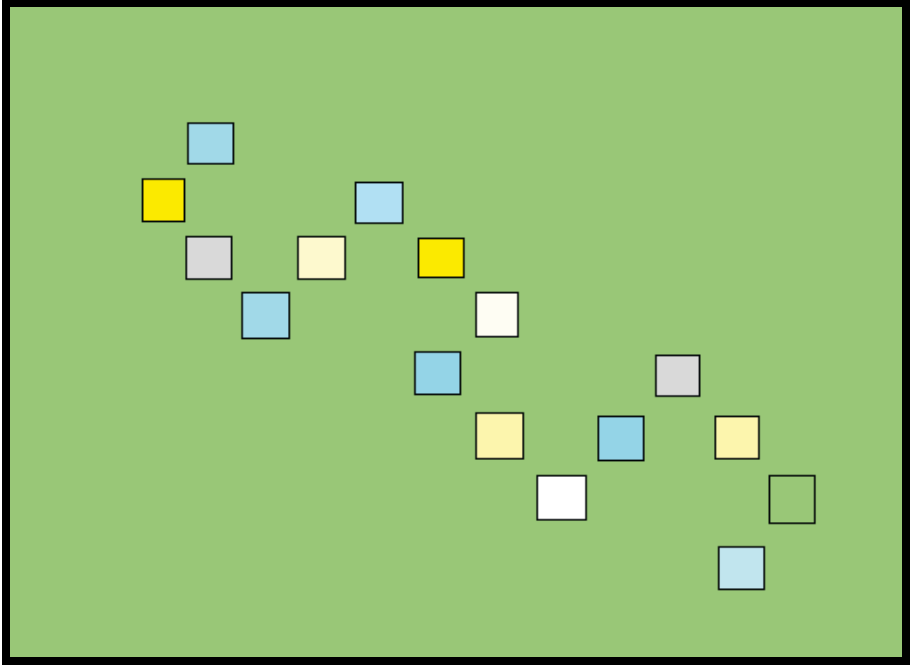
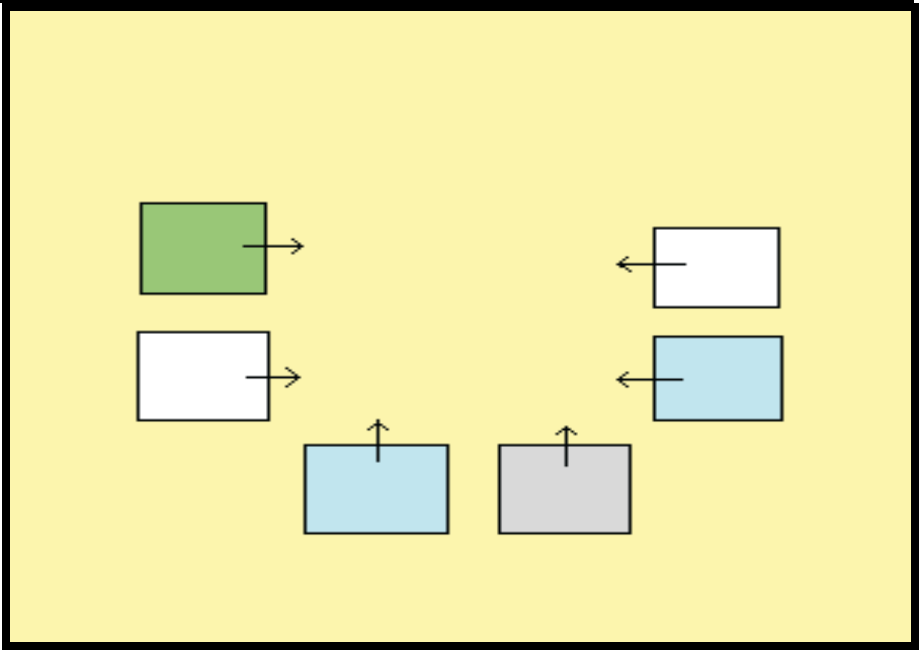
Bal arılarının ve diğer böceklerin önemini saptamak için bitki verimi, birim alandaki böcek sayısı ve tipi ile belirli bir alandaki mevcut arı kolonileri arasında ilgi kurulmalıdır. Bu tip bir çalışma çok emek ve masraf gerektirdiğinden çoğunlukla yapılmamaktadır. Bütün bu çalışmalarla birlikte ek olarak, mevcut koşullar altında olası en üst düzeyde tohum bağlama ve polinasyon düzeyini saptamak amacıyla elle polinasyon yapma işlemi gerçekleştirilmelidir.

Yukarıdaki bütün metotları değerlendirdiğimizde maksimum tozlaşmayı belirlemek için bazı çiçeklerin elle tozlanması da önerilmektedir. Polinatör olarak bal arıları ve diğer böcekleri değerlendirme çalışmaları mümkünse onların beslenme esnasındaki davranışları gözlenerek ve vücutlarındaki polenler incelenerek de desteklenmelidir (Shashaa ve ark, 1972).



Kolonileri Araziye Yerleştirme Şekilleri

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



U ve S Tipi Aralık Düzenlenmesi

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Arıların Şaşırmasını Önleyecek Arılık Düzenlenmesi

10. Polinatör Etkinlik Hesaplamaları

Polinasyon çalışmalarında karşılaştırma yapmak ve hangi polinatörün bir diğerine göre ne düzeyde etkili polinatör olduğunu ortaya koymak amacıyla bir takım hesaplamalar geliştirilmiştir. Bunların içerisinde en önemlileri “*Polinatör Etkinlik Oranı*” ile “*Polinasyon İndeksi*” değerleridir (Bohard ve Nye, 1973). Polinasyon çalışmalarında sıklıkla kullanılan bu ve benzeri kavramlar üzerinde yüzlerce araştırma çalışması yapılmıştır. Her bir çalışmada bu terimlerin hesaplanmasında, araştırmacılar tarafından öne çıkarılan farklı kriterler kullanılmaktadır (Neeman ve ark., (2009). Sonuçta elde edilen rakamlar kullanılarak bal arısı kolonilerin parsel ne kadar konulacağı ve bal arısı polinasyonu ile ne düzeyde katkı sağlanacağını bilgisi ortaya konulmaktadır.

“*Polinatör Etkinlik Oranı*”; polinatör türünün büyüklüğüne, çalışma düzenine ve yolda taşıırken kaybolan polen miktarına göre oluşmaktadır. Polinatör Etkinlik Oranı, bitkilerin her biri için ayrı bir değerdir. Türler bazında tarlacılık yapan böceklerin sayısı kullanılarak elde edilen “*Polinasyon İndeksi*” ile ele alınan böcek bakımından

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

polinasyonu istenen bitkinin “*Polinatöre Bağlılık Düzeyi*” % olarak saptanmaktadır. Bal arısı ve bombus arılarında nektar ve polen toplayıcıların oranı ile çiçeklerin polinasyonunda görev almadan tarlacılık yapanların oranları da hesaplamada dikkate alınmaktadır (Kearns ve Inouye, 1993).

Neeman ve ark., (2009)’nın polinasyonda görev alan polinatörlerin önemini ortaya koymak amacıyla, “*Polinasyon Yoğunluğu*”, “*Polinasyon Etkinliği*”, “*Polinasyon Etkisi*”, “*Polinasyon Düzeyi*” adıyla farklı adlarda ve kriterlere bağlı olarak yapılan çalışmaları derlemişlerdir. Sonuçta her bir araştırmacı ele aldığı kriterler bakımından farklı bir tanımlama geliştirmiştir. Bu hesaplamalarda polinatör tarafından taşınan polen sayısı, stigmaya yapışan polen sayısı, çiçekleri ziyaret etme sıklığı, birim zamanda tarlacılık yapılan çiçek sayısı gibi birbirinden oldukça farklı teknik ayrıntılar kullanmışlardır. Mensah ve Kudom (2011) ise polinasyon etkinliğini meyve tutma ve büyüklüğü üzerinden tahmin etmişlerdir.

Bal arısı kolonilerinin önemini ortaya koymak amacıyla, tarımsal verimlilik anlamında en anlamlı kriter, ele alınan üründen elde edilen tohum ve meyve miktarı ile kalitesidir. Bu konuda ele alınan böcek türü bakımından Spears (1983) tarafından ortaya konulan “*Polinatör Etkililiği*” ön plana çıkmaktadır.

$$PE=(P-Z)/(U-Z)$$

PE : Polinatör Etkililiği

P : Polinatör etkililiği saptanmaya çalışılan ve tarlacılığına izin verilen böceklerce ziyaret edilen çiçeklerden tohum/meyve bağlayan sayısı

Z : Böceklerce tarlacılık edilmeyen çiçeklerin tohum/meyve bağlayan sayısı

U : Açık alanda böceklerce serbestçe tarlacılık edilen çiçeklerin tohum/meyve bağlayan sayısı

11. Tohum/Meyve Verimine Polinatör Katkısı Hesabı

Bitkilerin tohum verimine böceklerin ne düzeyde katkı yaptığını saptamak (Klatt ve ark., 2014) amacıyla da çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kafesli ve kafesiz parsellerdeki veya torbaya alınmış çiçekli dal parçaları ile yapılan çalışmalarda, bir takım hesaplama teknikleri yapılmıştır. Bu tip çalışmalarda en az üç yerde olması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

koşuluyla her bir uygulamanın yapılması gerekmektedir.

Bitkilerin tohum verimine böceklerin katkısının ne oranda olduğunun saptanması amacıyla kafes içinde ve aynı miktardaki açık alanda bulunan bitkiler hasat edilmelidir. Hasat sonunda elde edilen tohum verimleri baz alınarak metrekareye düşen tohum verimi (g/m^2) hesaplanmalıdır.

Kafesli ve kafesiz alandan elde edilen veriler kullanılarak bitkilerin tohum verimi artışıındaki böcek polinasyonu katkısının oranını (%) saptamak için aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır (Korkmaz, 2003).

$$\text{Böcek Katkısı (\%)} = \frac{[\text{Kafesiz Alandaki Verim (g/m}^2\text{)} - \text{Kafesli Alandaki Verim (g/m}^2\text{)}] \times 100}{\text{Kafesli Alandaki Verim (g/m}^2\text{)}}$$

Bu formülden elde edilen değer, böceklerin polinasyonda kullanılması durumunda tohum veriminde ne oranda (%) artış sağlanacağını göstergesi olarak belirlenmiştir. Ayrıca bitkilerin tohum veriminde böcek polinasyonunun payını (%) saptamak için aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır. Bu formülden elde edilen değer, böceklerin her 100 g'lık tohum üretimindeki payının ne kadar olduğunun göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

$$\text{Böcek Payı (\%)} = \frac{[\text{Kafesiz Alandaki Verim (g/m}^2\text{)} - \text{Kafesli Alandaki Verim (g/m}^2\text{)}] \times 100}{\text{Kafesiz Alandaki Verim (g/m}^2\text{)}}$$

Bu formülleri kullanılarak arıotu ve kolzada tohum verimine böceklerin katkısını saptamak amacıyla yürütülen çalışmada arıotundaki tohum verimi, kafesli alanda ortalama 22.15 g/m^2 ve açık alanda ortalama 59.81 g/m^2 olarak gerçekleşmiştir. Arıotunda her 100 gramlık tohum veriminin 62.96 gramı böcek polinasyonu ile gerçekleşmiştir. Ayrıca arıotunda böcek polinasyonu ile tohum verimi artışına %170.02 düzeyinde katkı sağlanmıştır.

Yemlik kolzada kafesli alandan ortalama 55.47 g/m^2 , açık alandan ortalama 120.85 g/m^2 tohum elde edilmiştir. Yemlik kolzada her 100 gramlık tohum veriminin 54.10 gramı böcek polinasyonu ile gerçekleşmiştir. Ayrıca yemlik kolzada böcek polinasyonu ile tohum verimi artışına %117.86 düzeyinde katkı sağlandığı belirlenmiştir (Korkmaz, 2015).

12. Bal Arısı Polinasyonunun Ekonomik Önemi

Bal arılarının polinasyon hizmetlerinin değerini saptamak son derece zordur. Fakat bal arılarının polinatör olarak önemi, bal ve balmumu üreticisi olarak sağladığından birkaç kat daha fazla olduğu da bilinen bir gerçektir. Bal arıları tarımsal ekonomiye son derece önemli katkı yapmaktadırlar (Klatt ve ark., 2014). Bir bal arısı kolonisinin polinasyon potansiyeli bu konu için iyi bir kanıttır. Ortalama bir bal arısı kolonisi bir yılda 4 milyon sefer yapar. Her bir bal arısı, bir sefer sırasında ortalama 100 çiçek ziyaret eder.

Melnichenko (1976) yoğun tarım yapılan yörelerde devlet çiftçiliklerindeki arılıklardan elde edilen kazançların yalnızca bal üretimi üzerine kurulduğunu ve bitki polinasyonunda bal arısının kullanılmadığına işaret etmiştir. Ancak günümüzde tarımı ve arıcılığı ileri gitmekte olan ülkelerde polinasyonun önemi kavranmış, bal yanında polinasyon katkısı da dikkate alınmaya başlanmıştır.

Soldatov (1976) USSR'de arı polinasyonu yapılan 15.6 milyon hektarlık alanın 13.1 milyon hektarlık kısmının yabancı tozlanmaya olan gereksinimini bal arılarının karşıladığını bildirmiştir. Birkaç yıl süreyle yürüttüğü çalışma sonucunda, bal arısı polinasyonu yoncada %65, karabuğdayda %39, pamukta %28, salatada %11, kabakgillerde %25, keten %35, üzümde %29, keten tohumunda %19, kolzada %30, ağaç ve çalı meyvelerinde %35 artış olduğunu saptamıştır.

Son yıllarda Fransa, Kuzey Amerika ve Yeni Zelanda'da bal arısının polinasyona olan katkısını saptamak amacıyla yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmaktadır. Böceklerle polinasyonu yapılan ürünlerin pazar değerinin saptanması ve sadece bal arılarının katkıda bulunduğu oran araştırmacıya göre değişmektedir. Fakat her iki durumda da sonuçlar çok etkileyicidir. Bir arı kolonisinin polinatör olarak değeri; bal, balmumu ve diğer üretimlerinin parasal değerlerinden çok daha fazla olmaktadır. Ancak polinasyonun tarımsal verimlilikteki payını hesaplamak oldukça kapsamlı bir çalışma olup bu konuda çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Tamamı bir tahmin yöntemi üzerine kurulu olup günümüzde de polinasyonun önemini ortaya koymanın en etkili yolu budur (Eardley ve ark., 2006). Tahmin yöntemlerinde ele alınan parametreler, araştırmacıya göre önemli düzeyde değişkenlik arz etmektedir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Yeterli Polinasyon Sonucunda Çilekte Meyve Oluşumu



Yetersiz Polinasyon Sonucunda Çilekte Şekilsiz Meyve

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Yeterli Polinasyon Sonucunda Mısırdaki Tohum Oluşumu



Yetersiz Polinasyon Sonucunda Mısırdaki Şekilsiz Tohum Oluşumu

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polinasyon Sonunda Elde Edilen Çeşitli Ürünler

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Mc Gregor (1976) polinasyona bağılı olarak parasal değeri 1.5 milyar dolar olan 52 bitki bildirmiştir. Levin (1983) ABD koşullarında bal arısıyla tozlanan 49 üründe, 19 milyar dolarlık yıllık gelir elde edildiğini bildirmiştir. Bu rakama tüm sebze ve meyvelerin değerleri, polinasyon sonunda elde edilen tohumlardan elde edilen diğer mallar, yonca samanı, polinasyona bağılı olarak sığır, buzağı ve süt üretimleri gibi dolaylı elde edilen ürünler de dahildir. Aynı dönemde yıllık bal ve balmumu üretiminin değeri ise 140 milyon dolar olarak saptanmıştır.

Winston ve Scott (1984) Kanada'da arı polinasyonu ile elde edilen ürünlerin değerini 390 milyon dolar, arı polinasyonuna dolaylı olarak bağılı olan süt, dana ve sığırdan elde edilen gelirin de 775 milyon dolar ve toplamda da polinasyon gelirinin 1.2 milyar dolar olduğunu tahmin etmişlerdir. Olmstead ve Wooten (1987) ABD'de büyük ölçüde arı polinasyonuna bağılı 50 ürünün, 15 milyar doların üzerinde bir değer ettiğini belirtmişlerdir. Aynı yıllarda Yeni Zelanda'da bal arısının, polinasyon çalışmalarına 2.253 milyon dolar katkı sağladığı tahmin edilmiştir.

Matheson ve Schrader (1987) bal arısı polinasyonunun en önemli etkisinin, 9.4 milyon hektar otlak alanına azotu bağlayan yoncanın tohum üretiminde olduğunu hesaba katmışlardır. Bu azotun her yıl 1.746 milyon dolar değerinde yapay gübreye eşit değerde olduğunu belirtmişlerdir.

Polinasyonun önemi için yapılan bu tahminler çok yararlı olmaktadır. Bunlar bal arısı polinasyonunun çok abartıldığı ve polinasyonun tüm verime olan etkisinin şişirme olduğu şeklindeki görüşlere karşı çok iyi bir kanıt niteliğinde olmaktadır.

O'Grady (1987) yaptıkları tahmin çalışmasında sadece pazarlanan meyve ve tohumları hesaba almışlardır. Her bir bitkiyi böceklerle tozlanmaya bağılılık seviyesi açısından yüksek (%90), orta (%50) veya düşük (%10) seviyelerde olarak sınıflandırmıştır. Arılar tarafından yapılan polinasyonu %80, bal arılarının da arı polinasyonunun %80'ini yapmakta olduğunu kabul etmiş ve böylece bal arısı polinasyonuna bağılılık düzeyini hesaplamıştır. ABD'de bal arılarının ürünlerde yaptığı değer artışını, 4.6 milyar dolar olarak saptamıştır.

Robinson ve ark., (1989) tüm böcek polinasyonunun %80'inin bal arıları tarafından yapıldığını belirtmişlerdir. Böcek polinasyonu olmadığı zamanlarda oluşan verim değerlerini de dikkate alarak

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

polinasyonun üretim artışında katkısını hesaplamışlardır. Sonuçta ABD'de yetiştirilen 40 ürünün toplam değeri (saman dahil, çiftlik hayvanları hariç), 30 milyar dolar olarak saptanmıştır. Bu rakamın 9.3 milyar dolarlık kısmı (%31), bal arısı polinasyonu ile olmaktadır. Ancak bu rakamların tahmin edilenin çok altında olduğu ve buna da ABD'de yetişen küçük bitkilerdeki polinasyonun dikkate alınmamasından kaynaklandığına da vurgu yapmaktadırlar.

Robinson ve ark., (1989) bal arıları tarafından yapılan polinasyon sayesinde 3.2 milyar dolar olduğu tahmin edilen ürün değerinin, her yıl yaklaşık 2 milyon bal arısı kolonisinin kiralandığı ABD'deki polinasyon ücretlerinin toplamından 60 kere fazla olduğunu bildirmişlerdir. Polinasyonda bal arılarının bu kadar önemli düzeyde katkısının olması nedeniyle bitki yetiştiricileri arı kolonisi kiralamakta, polinasyon için arı kiralamanın bitkilerin pazar fiyatında bedeli karşılayıp karşılayamayacağının hesabını yapmaktadırlar.

Sadece kültür bitkilerinde değil, toprak korumaya yardım, erozyon kontrolü ve yabani yaşam için önemli kaynaklar sağlayan bitki türlerinin polinasyonunun gelecekte ve şimdi de ekonomik öneme sahip olduğu da hesaba katılmalıdır. Barclay ve Moffett (1984), ABD'de yabani yaşam için en önemli besin kaynağı olan bitkilerin tarlacı bal arıları tarafından ziyaret edildiği, meyve ve tohum üretimi için bal arılarına bağlı oldukları sonucuna varmıştır. Ayrıca bal arılarının polinasyonunu sağladığı pek çok bitki kışlama ve yavru yetiştirme sırasında yabani yaşayan canlılara da örtü ve korunma alanı sağlamaktadır.

Kanada Bal Konseyi tarafından, bal arılarının polinasyonu sonucunda yıllık 1.3-1.7 milyar dolarlık üretim yapıldığı tahmin edilmektedir. Her yıl, Kanada arı kolonilerinin yarısı olan 300.000 bal arısı kolonisi kolza polinasyonunda görev almaktadır. Bu çalışma ile Kanada 12.6 milyon ton kanola ile dünyanın en büyük üreticisi konumunda bulunmaktadır. Ayrıca 80,000, 35,000, ve 15,000 koloni sırasıyla hibrit kanola tohumu, yaban mersini ve elma polinasyonunda kullanılmaktadır (Melhim ve ark., 2010).

Polinasyon olgusu özellikle sanayileşen ve bilinç düzeyi yüksek olan ülkelerde öne çıkmaktadır. Artan nüfusun gereksiniminin karşılanması, birim alandan elde edilen ürünün en üst düzeye çıkarılması ve maliyetin düşürülmesi amacıyla üzerinde durulan en önemli kültürel yöntem polinasyon olmaktadır. Bu konuda çalışmaları

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

artıran İngiltere’de yapılan hesaplamalara göre, ülke koşullarında böcek polinasyonunun bitkisel verimlilikteki payı 2010 yılı itibariyle 603 milyon sterlin olarak hesap edilmiştir (Vanbergen ve ark, 2014).

İngiltere’de Polinasyon Değeri ve Polinatörlere Bağımlılık

Ürün Adı	Polinatöre Bağımlılık (%)	2010 Üretim Değeri (milyon Sterlin)	2010 Polinasyon Değeri (milyon Sterlin)
Kolza	25	674	169
Çilek	45	261	118
Elma	85	103	87
Ahududu	45	103	46
Hıyar-kabak	65	53	35
Domates	25	115	29
Fasulye	85	17	14
Armut	65	16	10
Erik	65	13	8
Diğerleri	5-85	285	88
Toplam			603

Polinasyon katkı hesabının temeli bitkinin verimliliğine etki eden polinatörlerin etki oranına göre hesap edilmektedir. Örneğin; kayısı polinasyonunun %80’i böcekler tarafından yapılmaktadır. Bu böceklerin payı içerisinde bal arılarının oranı da %70 düzeyindedir. Dolayısıyla kayısı polinasyonunun %56’sı bal arıları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu orandan yola çıkılarak yapılan hesaplama sonucunda bir kayısı ağacının verdiği meyvenin %44’ü rüzgâr, yağmur, titreşim, insan vs gibi faktörlerin etkisi altında gerçekleşirken %56’sı ise doğrudan bal arısı polinasyonu tarafından yapılmaktadır. Yapılan bu hesaba göre 50 kg meyve veren bir ağacın 28 kg meyvesi bal arıları tarafından oluşturulurken 22 kg meyvesi ise diğer polinasyon etkenleri tarafından karşılanmaktadır.

Polinasyonda bal arılarının ne düzeyde katkı sağladığını ortaya koymak için yapılan çalışmalar sonucunda farklı anlatım çeşitleri de geliştirilmiştir. Görsel açıdan desteklenen bu hesaplamalarda bal arısı polinasyonu eksikliği sonucunda ne kadar verim kaybına uğranacağı gözler önüne serilmektedir (Yıldız ve Korkmaz, 1999).

Polinasyon Katkı Hesabı

Kayısı polinasyonunda %56 bal arısı katkısı



+Polinasyon



-Polinasyon



Kayısıda Örnek Polinasyon Katkı Hesabı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Kayısıda Bal Arısı Polinasyonu



Polinasyonlu ve Polinasyonsuz Piknik Sofrası (Plumer, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polinasyon Olması Halinde Kahvaltı (Hemesath ve Wolf, 2011)



Polinasyon Olmaması Halinde Kahvaltı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polinasyon Olması Halinde Akşam Yemeđi



Polinasyon Olmaması Halinde Akşam Yemeđi

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polinasyon Olması Durumunda Manav Reyonu (Collman, 2015)



Polinasyon Olmaması Durumunda Manav Reyonu

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

13. Bitkilerin Polinasyonunda Bal Arısı Bağımlılık Oranı

Yapılan çalışmalar sonucunda ekonomik öneme sahip bitkilerin böcek polinasyonuna bağımlılığı ve bal arılarının bu polinasyondaki payı, dolayısıyla bitkilerin polinasyonda bal arısına olan bağımlılıkları da saptanmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak üretilen ürünlerdeki böcek ve arı polinasyonu katkısı hesaplanabilmektedir (Korkmaz, 2013).

Bitkiler	A	B	AXB
	Böcek Polinasyonuna Bağımlılık (%)	Polinatör Olarak Bal Arılarının Oranı (%)	Polinasyonda Bal Arısına Bağımlılık Oranı (%)
Badem	100	100	100
Elma	100	90	90
Kayısı	70	80	56
Avokado	100	90	90
Kiraz	90	90	81
Greyfurt	80	90	72
Limon	20	100	20
Portakal	30	90	27
Mandarin	50	90	45
Üzüm	10	10	1
Nektarin	60	80	48
Şeftali	60	80	48
Armut	50	90	45
Erik	70	90	63
Çilek	40	80	32
Brokoli	100	90	90
Havuç	100	90	90
Karnabahar	100	90	90
Hıyar	90	90	81
Kavun	80	90	72
Soğan	100	90	90
Karpuz	70	90	63
Yonca	100	60	60
Pamuk	20	80	16
Fıstık	10	20	2
Soya fasulyesi	10	50	5
Şeker pancarı	10	20	2
Ayçiçeği	100	90	90



Bölüm IV

Bal Arısı - Bitki İlişkisi

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

1. Bal Arılarının Besin Kaynakları

Polinasyonun en önemli vektörü olan bal arıları, birlikte evrim geçirmiş olduğu çiçeklerle karşılıklı bir yarar ilişkisine sahiptir. Çiçeklerin bal arıları tarafından polinasyonu gerçekleştirilirken çiçekler de bal arılarına enerji kaynağı olarak nektar, protein kaynağı olarak da polen vermektedirler. Bal arıları polinasyonun ödülü olarak ortaya konulan nektarı alırken polinasyonu sağlamakta, tozlaşma fazlası olan polenleri de kendisi ve yavrularının gereksinimi için toplamaktadır (Dadant, 1984).

1.1. Nektarın Yapısı ve Etki Eden Etmenler

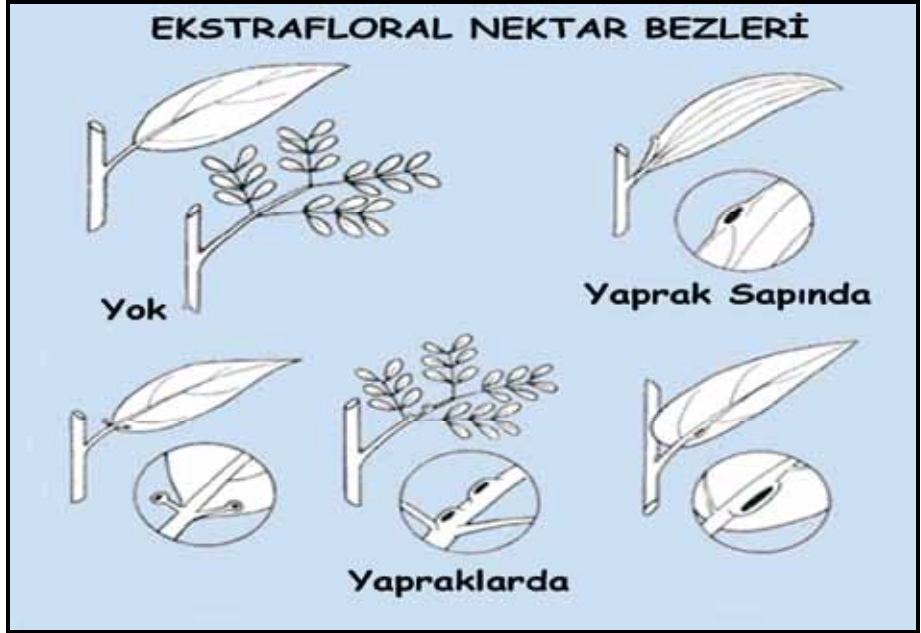
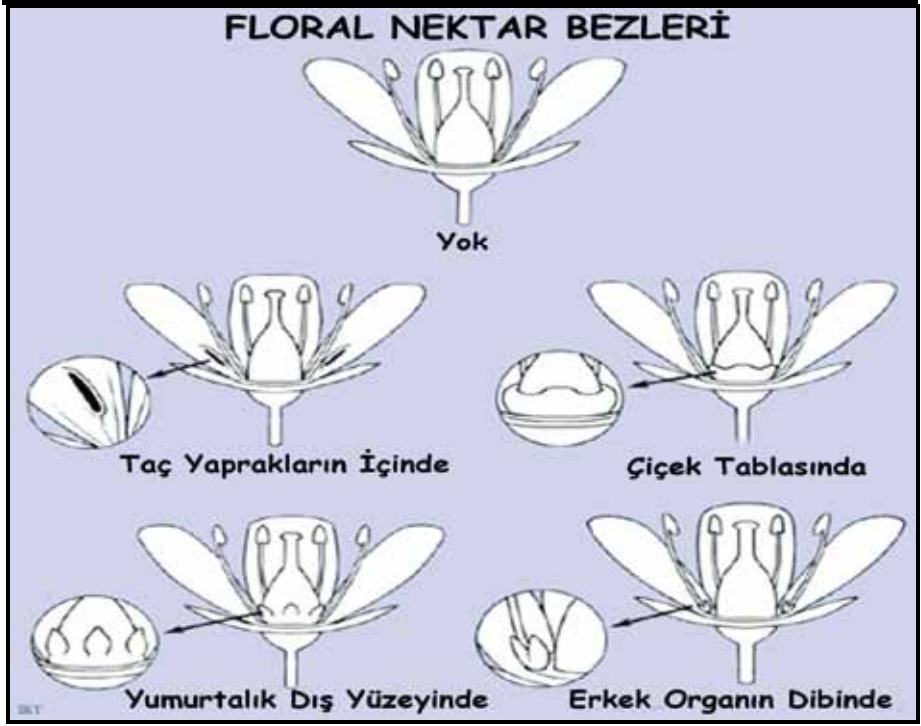
Nektar üreten dokular; filamentler, pistil, sepaller ve petallerden meydana gelen çiçekte bulunurlar. Karakteristik olan, aktif metabolizmaya sahip salgı bezleridir. Ancak diğer organlarda da bulunabilirler (Shuel, 1956). Nektar salgılamasına stigma ve stamenlerin olgunlaşması ile çiçeğin yaşı etki etmektedir. Genellikle ilk birkaç gün nektar salgısı fazladır. Bazı bitki türlerinin nektar salgısı ise çok sınırlı sürelidir. Nektar salgılama genelde çiçeğin açması ile başlar, solana kadar yavaş yavaş azalır. Tozlaşma ve döllenme sonunda nektar salgısı durur (Shuel, 1961)

1.1.1. Nektarın Yapısı

Bal arıları, bitkilerin çiçeklerinden veya çeşitli kısımlarından salgıladıkları nektardan bal yaparlar. Nektar salgılayan bu kısımlara nektar bezi denmekte olup bitkide bulundukları yere göre iki çeşittir *Floral nektar bezler*, çiçeğin çeşitli bölgelerinde bulunurlar. *Ekstrafloral nektar bezleri*, bitkinin çiçeği dışında gövde, yaprak veya diğer organlarında bulunurlar (Koptur, 1992; Mizell, 2012).

Çiçeklerin renkleri çekicilikte büyük önem taşımaktadır. Çiçekler insanların görebildiğinden farklı renk vizyonuna sahiptirler. Renkler ışığın spesifik dalga boylarına bağlıdır ve böceklerle tozlaşan bazı çiçekler sadece ultraviyole aralığında görülebilen renk öğelerini göstermektedirler. Ayrıca bazı türler “*hedef merkezi*” olarak bilinen bir renk öğesi kullanırlar. Hedef merkezi olan benekler ve nektar rehberleri, bir polinatörün görmesine yardımcı olarak sadece belirli renklerde olan ve polinatörlerin ziyaretini yoğunlaştıran faktörlerdir. Örneğin; Rudbecki cinsinde hedef merkezi siyahtır ve çiçeğin daha iyi görülebilmesi için sarı halkalarla çevrilidir (Silici, 2005).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bitkilerde Floral ve Ekstrafloral Nektar Bezleri (McCusker, 2007)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

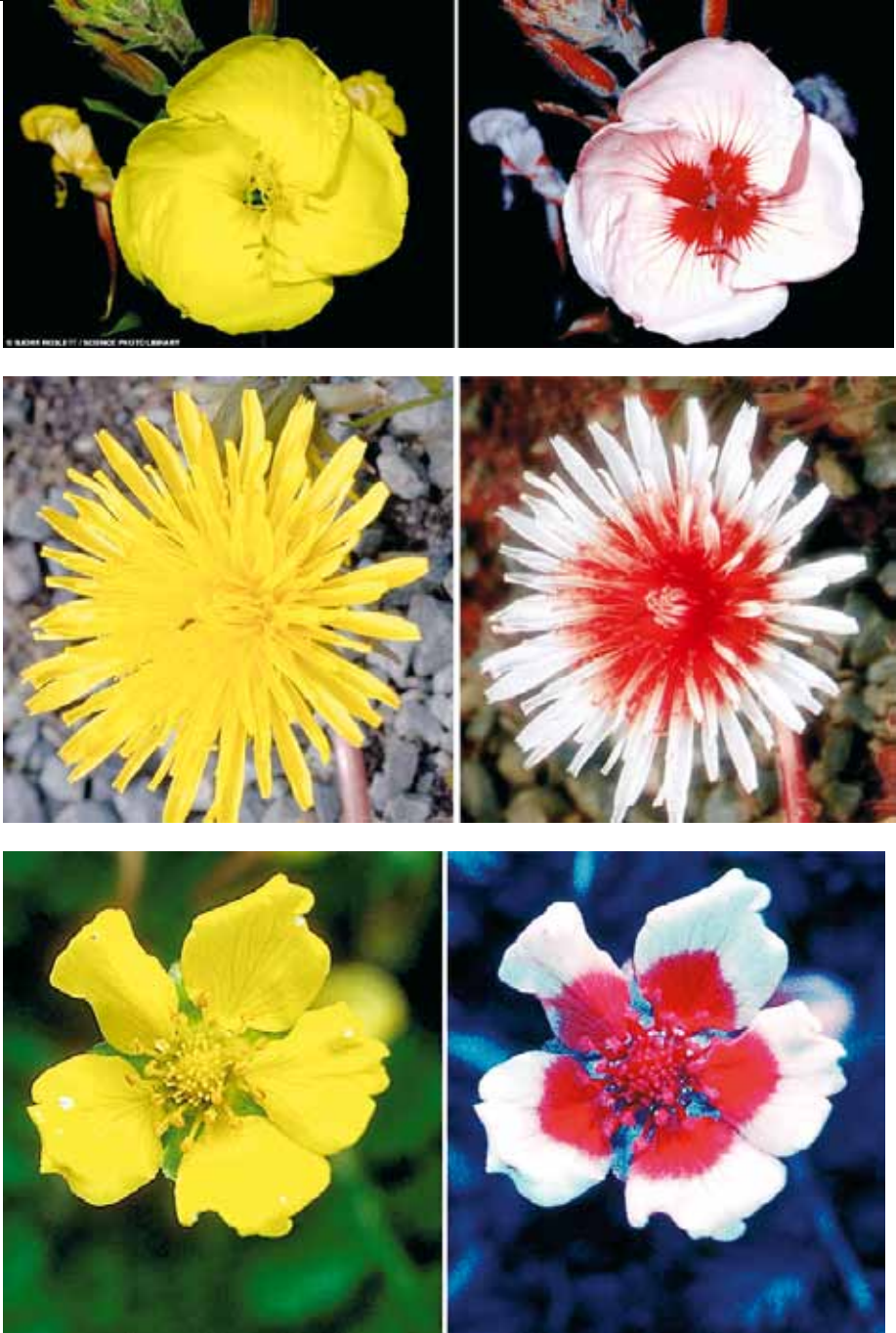


Çiçeklerdeki Nektar Rehberleri

Papatya (*Aster spp.*) bitkisinde çiçeğin hedef merkezi arıların görebileceği tüm renkleri yansıtmaktadır. Bu nedenle insanlar ve kelebekler tarafından kırmızı/sarı renklerde görülen çiçek, arılar için beyaz/sarı görülmekte ve bu sayede çiçek her iki polinatör tarafından kullanılabilir (Horn, 1997).

Polinatörleri cezbedebilmek için diğer bir yol menekşe (*Viola spp.*) çiçeğinde görülen nektar rehberleridir. Nektar rehberleri nektar kaynağından ışın yayan renk öğeleridir. Menekşe bitkisinin çiçeklerinde nektar rehberi mavi/sarı bir öğedir. Hedef merkezindeki çukur, petallerin birindeki nektar mahmuzuna bağlanmakta ve bu mahmuz nektar damlası içermektedir. Tozlaşmayı sağlayan arı, nektar mahmuzunun dibi ve çiçeğin merkezine probosisini sokmasıyla mahmuzun tabanındaki damlayı çekebilmektedir (Silici, 2005).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



İnsan ve Bal Arısı Gözüyle Çiçekler (Hanlon, 2007)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Yaprak Altında Nektar Bezi (Donoghau, 2010)

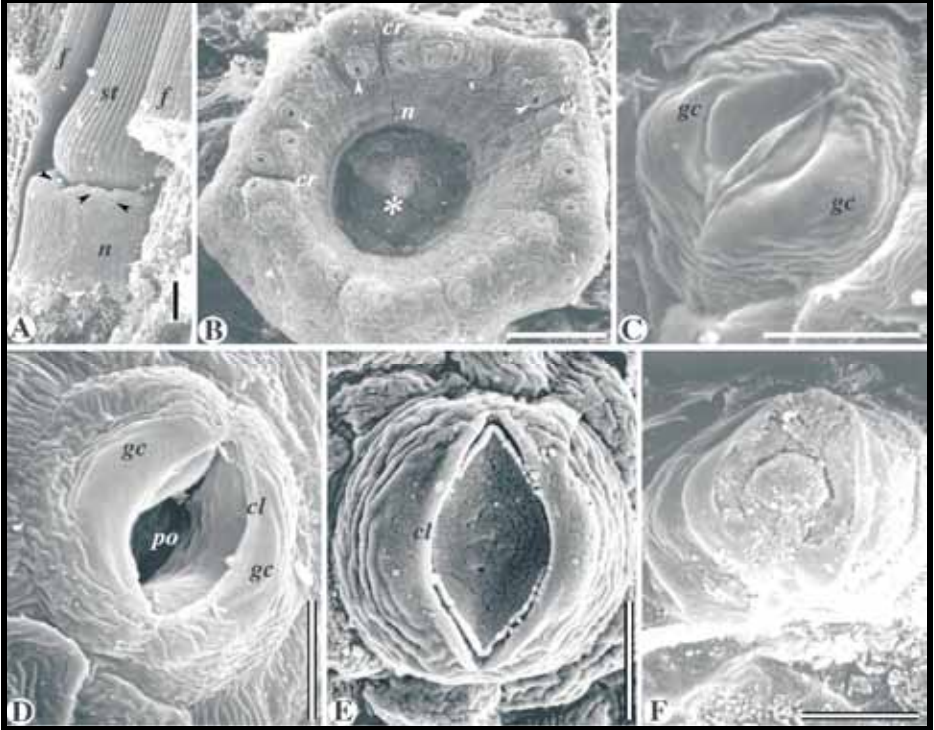


Kırmızı Nektarlı *Jaltomata umbellata* Bitkisi (Mione, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Yumurtalıgın Dip Kısımında Nektarın Görünümü (Kessler, 2014)



Mikroskopta Nektar Bezlerinin Görünümü (Zhang ve ark., 2014)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arısı Nektar Emerken



Bal Arıları Kovan İçinde Nektarı Paylaşıırken

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Nektarın üç temel şekeri sukroz, fruktoz ve glukozdur. En az şekerler ise türlere göre değişmekle birlikte maltoz, malibioz, trihaloz ve melezitozdur. Wykes (1952) 60 çeşit nektarı analiz ederek herhangi bir tür için farklı şeker aromalarının sabit kaldıkları sonucuna varmıştır. Bu görüş Percival (1961) tarafından 828 türün sabit kompozisyonlu nektarlara sahip olduğunu göstermesiyle güçlenmiştir.

Derin korollaya sahip çiçeklerin nektarı glukoz ve fruktozla birlikte çoğunlukla sukroz içermektedir. Oysa derin korollaya sahip olmayan çiçeklerin nektarı çoğunlukla glukoz ve fruktoz biraz da sukroz içermektedir. Arılar tarafından ziyaret edilen en önemli nektar üretici bitkilerdeki nektarın karakteristikleri Crane ve ark., (1984) tarafından özetlenmiştir.

Farklı türlerin nektarlarının ortalama şeker yoğunluğunda büyük farklılıklar olabilmektedir. Fakat farklı tür ve varyeteler farklı şeker yoğunluklarına sahip olmalarına rağmen; sıcaklıktaki ve göreceli nemdeki değişimler, rüzgâra ve yağmura maruz kalmanın bir sonucu olarak dikkate alınacak derecede şeker yoğunluğunda dalgalanmalar olabilmektedir. Ayrıca türlerin çekiciliğine, çiçeklenmenin farklı evreleri ve günün farklı zamanları da etki edebilmektedir. Aslında çiçek türleri karakteristik günlük salgı ritmi ortaya koyabilmelerine rağmen, bu ritim göreceli nemdeki değişimlere bağlı olarak değişebilmektedir (Free, 1992).

1.1.2. Nektar Verimine Etki Eden Etmenler

Bal arılarının doğadan topladığı besin maddeleri nektar ve polenden oluşmaktadır. Kovanda enerji kaynağı olarak toplanılan ve bala dönüştürülen nektar, çiçeklerde bulunan ve bal arısını çiçeğe yönlendirmek için kullanılan bir armağandır.

Nektarı almak amacıyla çiçeğe konan bal arısı aynı zamanda polinasyonu gerçekleştirerek bir nevi alışveriş yapmaktadır. Bal arısının bu işlemi gerçekleştirmesine etki eden en önemli faktör, nektarın miktarı ve kalitesidir. Ancak nektarın kalitesi, pek çok iç ve dış etmen tarafından etkilenmektedir. Sonuçta doğrudan olmasa da bitkinin yetiştiği ve bulunduğu ortam nektar verimini, dolayısıyla da bal arısı ziyareti ve polinasyonunu da önemli düzeyde etkilemektedir.

İç Etmenler: Bitkinin genetik yapısı; fotosentetik etkinliği düzenleyici olarak nektar üretimine, şeker iletim sisteminin genişliğine, salgı organlarının nitelik ve niceliğine etki etmektedir. Bu

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

nedenle aynı bitki türünün çeşitli varyeteleri ve hatta hatları arasında ayırma neden olmaktadır. Kalıtım dışında nektar üretimine etki eden iç etmenler olarak çiçek genişliği, salgı organının yüzeyi, çiçek yaşı ve olgunluğu, bitki konumu, bitki türü ve varyetesi gösterilebilir.

Bazı türlerde farklı olsa da çiçeklerin açmasıyla birlikte nektar salgılama başlamaktadır. Çiçek açtığı müddetçe nektar salgısı yükselmeye devam eder. Çiçeğin polinasyonunun gerçekleşmesi sonucunda nektar salgılaması da biter. Bu durum nektarın polinatörleri kendine çekmek ve polinasyonunu sağlamak için nektarı bir ödül veya cezbedici olarak kullandığını kanıtlamaktadır (Koptur, 1992).

Erkek ve dişi çiçeklerin aynı bitkide bulunması durumunda erdişi bitkiler erdişi olmayan bitkilere oranla daha çok nektar salgılamaktadır. Hıyarda dişi çiçek erkek çiçeklere oranla daha çok nektar salgıladığı halde, muzda erkek çiçekler dişi çiçeklere oranla daha çok nektar salgılamaktadır. Bu değişim bütünü ile nektaryumların çiçek yapısına göre değişik büyüklük göstermesi ile açıklanmaktadır.

Çiçeklenme sırasında bitkide meydana gelen hormonal aktiviteler sonucunda çiçekte bir takım değişimler olmaktadır. Çiçeğin açmasıyla birlikte çiçekte nektar salgılaması başlar. Polenler olgunlaşır ve dişik tepesi olan stigma, poleni kabul edilebilecek düzeye gelir. Daha sonra oluşan tozlanma ve dölleme ile nektar salgılanmasında bir geri itme düzeneğinin işlediği görülür (Heil, 2011). Bu olgu, arının konmasından hemen sonra lavanta çiçeklerinin nektar salgılamayı kesmesi ile kanıtlanmaktadır. Benzer olay yonca çiçeklerinde daha belirgin bir şekilde görülmekte ve çiçeklenme düzeyi hangi çağda olursa olsun arının konmasından hemen sonra nektar salgılanması kesilmektedir (Doğaroğlu, 2013).

Dış Etmenler: Nektar salgılamayı etkileyen dış etmenler hava ve toprak bütünlüğü içerisindeki çeşitli etmenlerden oluşmaktadır. Çevresel koşulların etkilerini birbirinden ayırmak oldukça güçtür. Nektar salgılama mekanizması üzerine fotosentezin en önemli unsuru olan güneş ışığı, birinci derecede etkili olmaktadır. Güneş ışığının yoncada nektar verimini oluşturan en önemli çevresel etmenlerden biri olduğu bilinmektedir. Geceleri düşük ve gündüzleri yüksek sıcaklıklar, nektar üretimini olumlu yönde etkilemektedir. Günlük sıcaklık değişiminin bu destekleyici etkisi özellikle yazın gündüzleri

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

güneşli hava, geceleri açık gökyüzü ile daha da belirgin duruma gelmektedir (Heil, 2011).

Nektarın salgılanmadığı veya çok düşük düzeyde salgılandığı ısınma eşiği salgılamayı etkileyen enzimlerin etken duruma geldiği en düşük sıcaklık düzeyi olup çeşitli bitki türleri için bu değer ıhlamurda 8°C ve hıyarda 17-21°C dolayındadır. Ancak çeşitli ıhlamur türleri üzerinde yapılan çalışmalar aynı türlerin çeşitli sıcaklık bölgelerinde değişik ısınma eşiğine sahip olduğunu göstermektedir (Nicolson ve ark., 2007).

Gittikçe yükselen sıcaklıklar yetersiz yağışla birlikte bitkide su stresi oluşturması nedeniyle, nektar üretimini azaltıcı yönde etkilemektedir. Bu olgu sürgünlerde yitirilen su ölçüsünün köklerce taşınabilen su ölçüsünü aştığı durumda gerçekleşir. Su stresi altında bulunan bitkilerde doku hücreleri su ile doyum noktasına ulaşmadığından fotosentezde gerileme ve dolaylı olarak şeker üretiminde düşme görülmektedir. Bu ise nektar üretimini doğrudan etkileyen etmenlerden birisini oluşturmaktadır (Radhika ve ark., 2010).

Pamuk üzerinde yapılan çalışmalar, oransal nemin sürekli olarak düşmesi ile nektar üretiminin de düştüğünü göstermektedir. Nektar verimindeki bu düşmeye karşılık nektarın şeker içeriği yükselmektedir. Yüksek oranda buharlaşma açık arazi bitkilerini su stresine götürür. Ancak buna karşılık kültür bitkilerinde herhangi bir stres görülmediği gibi şekerin nektaryumlara iletim hızı da yükselir. Bu olgular yüksek nemin nektar verimini yükselttiğini, ancak şeker yoğunluğunu düşürdüğünü göstermektedir. Daha çok fiziksel olan bu etki, hava basıncı ile dengeleninceye değin nektar salgılamaya zorlamadan kaynaklanmaktadır (Nicolson ve ark., 2007; Heil, 2011).

Hava nemi düştükçe aynı fiziksel etki ile nektarda su kaybı yükselir. Nektar şekeri yoğunluğundaki artış oranının elma ve armut gibi nektarı açıkta bulunan bitki türlerinde hızla yükselmesi bunu kanıtlamaktadır. Toprak suyu, iyi bir nektar oluşumu için gerekli olan yeterli düzeyde gelişmiş bitkileri sağlaması açısından önem kazanır. Nektar verimi ile ilgili çalışmalar, çiçeklenme döneminde düşük, diğer dönemlerde yüksek yağışın en uygun olduğunu göstermektedir.

Kuru toprakta nektar salgılanması ve çiçek sayısı azalma göstermektedir. Nektar salgılama süresi ile kullanılabilir toprak suyu ve hava nemi arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Köklerde

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

sıcaklığın düşmesi bitkide şekerin yukarı iletimini azaltır ve nektar üretiminin düşmesine neden olur.

Gerek nektar gerekse çiçek üretimini etkileyen toprak verimliliği, çok yönlü ve karmaşık bir çevresel etmeni oluşturmaktadır. Karşılaştırmalı olarak yapılan çalışmalar, gübreleme ile birim alandaki bitki sayısının ve her bitki üzerindeki çiçek oluşumunun desteklendiğini göstermektedir. Toprakta bazı bitki besin maddelerinin bulunmaması veya azalması durumunda çiçeklenme oranı ve süresi azalmakta ve birim alandan elde edilen nektar üretimi düşmektedir (Carroll ve ark., 2001).

Azot, fosfor ve potasyumun karşılıklı etkileri üzerindeki çalışmalar, büyümenin potasyum ile sınırlandığı zamanlarda nektar üretiminin azaldığını, azot ile sınırlandığı zaman veya fosforun potasyuma oranı yükseldiği zaman nektar üretiminin yükseldiğini göstermektedir. Genellikle zayıf nektar üretimi topraktaki potasyum eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Potasyumun fosfora oranı büyüme ve çiçeklenmeyi düzenlediğinden, nektar üretimi açısından bu iki madde arasında iyi bir dengenin bulunması gerekir. Toprakta aşırı azot birikimi büyümeyi artırmakta nektar salgısını olumsuz etkilemektedir (Nicolson ve ark., 2007).

Kireçli topraklarda yetişen bitkilerde nektar, veriminin yüksekliği, kalsiyum, magnezyum ve toprak pH'sının etkisi ile oluşmaktadır. Çayır üçgülünde nektar veriminin toprak kireçlenmesi ile artma gösterdiği ve bu etkinin toprak pH'sından kaynaklandığı saptanmış bulunmaktadır. Aynı bitkinin kumlu topraklarda magnezyum ve kalsiyum gübrelemesi ile nektar üretiminin %100-300 düzeyinde artırıldığı ve bu etkinin magnezyum ile kalsiyum ortak etkisinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bor eksikliği görülen topraklarda bor verilmesi ile melez üçgülde arıları çekme özelliği artmaktadır. Bor verilmesi ile nektarın fruktoz içeriğinde de yükselme saptanmıştır. Ancak çayır üçgülü ile yapılan çalışmalar, borun en verimli olduğu düzey ile zehirli olduğu düzey arasında çok dar bir aralığın bulunduğunu göstermektedir (Akyol, 2012).

1.2. Polenin Yapısı ve Etki Eden Etmenler

Bal arıları koloninin besin madde gereksinimi karşılama amacıyla, ana besin kaynaklarından olan nektar ve polen için tarlacılık çalışmalarına yoğunlaşmaktadırlar (Silva ve ark., 2013). Polenin

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

sindirilebilen kısmı; asıl olarak protein, yağ ve değişik inorganik maddelerle karbonhidratlardır.

Polen, çeşitli ergin böcekler, özellikle de Hymenoptera, Diptera ve Coleoptera tarafından yenilmektedir. Polen, polen toplamak için iyi adapte olmuş tüylü bedenlere sahip sosyal ve yalnız böceklerin larval besinlerinin en önemli parçasıdır. Farklı bitkilerden elde edilen polenlerin bal arıları için çekiciliği ve besleyiciliği oldukça yüksektir (Suwannapong ve ark., 2012).

1.2.1. Polenin Yapısı

Polen insan metabolizması için çok değerli besin maddeleri içermektedir. Polen protein ve karbonhidrat kaynağı olmakla birlikte zengin vitamin ve mineral madde deposudur.

Polende bulunan vitaminler; Provitamin A (karotenoidler, %5-9 mg), B1 Vitamini (thiamine, %9,2 µg), B2 Vitamini (riboflavin), B3 Vitamini (niacin), B5 Vitamini (pantotenik asit), B6 Vitamini (piridoksin, %5 µg), B12 Vitamini, C Vitamini (askorbik asit), D Vitamini, E Vitamini, Vitamin H (biotin), Vitamin K (kolin, inositol), folik asit (%5 µg), pantotenik asit (20-50 µg/g)'tir. Mineraller ise; kalsiyum, fosfor, demir, bakır, potasyum, magnezyum, mangan, silis, sülfür, sodyum, nikotinamid, iyot, klorin, bor ve molibden'dir (Schmidt, 1996).

Alanin, arginin, sistin, glisin, histidin, izoleüsin, lösin, lisin, fenilalanin, metiyonin, prolin, serin, threonin, triptofan, trisin ve valin gibi değerli toplam 22 çeşit aminoasit bulunan polende, 27 çeşit madensel tuz, karotenoidler, steroidler, flavonoidler, esansiyel yağ asitleri ve hormon benzeri büyüme faktörleri, diastaz, fosfotaz ve amilaz gibi değerli enzimler, renk maddeleri de tespit edilmiştir (Brodschneider ve Crailsheim, 2010).

Polene koku veren bileşenler muhtemelen polenkit adı verilen yapıda taşınmakta ve yoğunluğu değişmektedir. Ayrıca polen taneciklerinin dış kısmında bulunan ve koku üreten bileşikler havada kolaylıkla dağılmakta, bu nedenle hayvanlar ve insanlar tarafından kolaylıkla algılanmaktadır. (Szalai, 2000).

Polende bulunan iz elementler ise alüminyum, titanyum, çinko ve nikteldir. Polenin bileşenleri ve besin değerine ait bilgiler tabloda verilmektedir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bileşenler	Değerler	Bileşenler	Değerler
Enerji	2,46 kcal/gr	Bakır	14 ppm
Protein	%23,7	Nikel	4,5 ppm
Karbonhidrat	%27	Tiamin	9,4 ppm
Yağ	%4,8	Niasin	157 ppm
Fosfor	%0,53	Riboflavin	18,6 ppm
Potasyum	%0,58	Pantotenat	28 ppm
Kalsiyum	%0,225	Pridoksin	9 ppm
Magnezyum	%0,148	Folik Asit	5,2 ppm
Sodyum	%0,044	Biotin	0,32 ppm
Demir	140 ppm	Karotenler	95 ppm
Manganez	100 ppm	Vit. E	14 ppm
Çinko	78 ppm	Vit. C	350 ppm

Polenin Kimyasal İçeriği (Silici, 2005)

Polen özellikle kınkanatlılar ve arılar için temel protein kaynağıdır. Bu nedenle bazı bitkiler polen üretimiyle birlikte gelişen birtakım yapılarla tozlaştırıcıları kendilerine cezbetmektedirler. Entomofil bitkilerin polen tanecikleri diken, çengel ve kraterlere sahip yüzey özellikleriyle birlikte, tipik olarak yağlı, yapışkan ve çoğunlukla sarı renkli *polenkit* olarak ifade edilen bir yapıyla kaplıdır. Bazı bitkilerin polenleri, çiçeklerden polen toplayan böceklerle yol göstermede önemli rol oynayan karakteristik bir kokuya sahiptir. Gerçekten polenin aroması evrimsel olarak, görsel işaretlerden de önce belirlenen en eski cezbedici özellik olarak görülmektedir. Evrimsel süreç içerisinde ilk böcek polinatörler polenle beslenmek amacıyla çiçekleri ziyaret etmişlerdir.

Polene koku veren bileşenler, büyük olasılıkla polenkit adı verilen yapıda taşınmakta ve yoğunluğu bitki türüne bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca polen taneciklerinin dış kısmında bulunan ve koku üreten bileşikler havada kolaylıkla dağılmakta ve bu nedenle hayvanlar ve insanlar tarafından kolaylıkla algılanmaktadır. (Szalai, 2000).

Polende bulunan nötral lipidler sadece steroller ve enerji deposu gliseridler değildir. Esansiyel yağlar da önemli miktarda bulunmaktadır (Robinson, 1980). Ayrıca polenkitin yapısında bulunan hidrokarbonlar, karetenoid pigmentler, asitler, alkoller, aldehytler, keton ve esterlerin bulunması, polenkitin polenin aromasını

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

oluşturduğu fikrini desteklemektedir. Bu nedenle polenkitte bulunan kimyasal bileşikler polen toplayan arılara tanımlama işareti olarak hizmet etmektedir. Nitekim böceklerin polen tercihinde ve koku bileşenleri arasındaki sinerjik ilişkide anahtar kimyasallar önemli rol oynamaktadır. Polenkitler ve özellikle staminal salgı bezlerindeki salgılar başta olmak üzere diğer floral organlardan salgılanan esansiyel yağlar polinatörlerin çekilmesinde benzer işlev görmektedirler. Bitki türlerinin çoğu, nektar ve polen tarlacılığı yapan arılarla tozlaşmaktadır. Fakat polen dışında nektar arayan hayvanlar da bulunmaktadır. Bunlar sinek kuşları ve Lepidopteralar gibi tozlaştırıcılardır. Sayıları az olmakla birlikte bu polinatörlerle tozlaşan bitkilerin polenkitleri nispeten daha az lipit içermekte ve daha az kimyasal salgılamaktadırlar. Benzer şekilde arılarla tozlaşan bitkilerden alınan polen örnekleri, kuşlarla tozlaşan bitkilerin polenlerine göre hem daha güçlü, hem de insanlar ve bal arıları tarafından daha fark edilir kokulara sahiptirler (Silici, 2005).

1.2.2. Polen Verimine Etki Eden Etmenler

Türlerin karakteristiği olan polen salınımının düzenli ritmi bulunmakta olup nektara göre daha az değişken bir yapıya sahiptir. Meteorolojik faktörler sadece arıların uçuşunu engellemektedir. Aynı zamanda çiçeklerin nektar ve polen üretimine de etki etmektedir. Sıcaklık faktörü, arıların uçuşu ve polenin hazır olmasının her ikisini de sınırlayan faktör olarak özellikle önemlidir.

Doğal koşullarda nektar verimini etkileyen etmenler, polen verimi üzerine de etkili olmaktadır. Ancak polen verimi, nektar verimi kadar anlık değişimlerden etkilenmemektedir. Çiçek açılmadan önce erkek organlarda polen oluşmuş ve polinasyona hazır bekler durumdadır. Bazen çiçek açmadan tekalar patlamakta, bazen de açtıktan sonra patlayarak polenleri salmaktadır.

Nektar ve polenin her ikisi de önceden salınmış olsa bile çiçeğin açması sonucunda kullanılabilir hale gelmektedir. Nektar, çiçek açtıktan sonra kullanılabilir hale gelse bile nektar salgısının miktar ve yoğunluğunu kuru hava veya nem etkilemektedir. Polen salınımında ise bu etkenler fazla etkili değildir. Polenin çiçekteki üretim aşamasında ise bitkinin gelişimi ve nektar verimi üzerine etkili olan tüm faktörler, polen üretimini de sınırlandırabilmektedir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Anterlerin Patlaması ve Polenin Salınımı



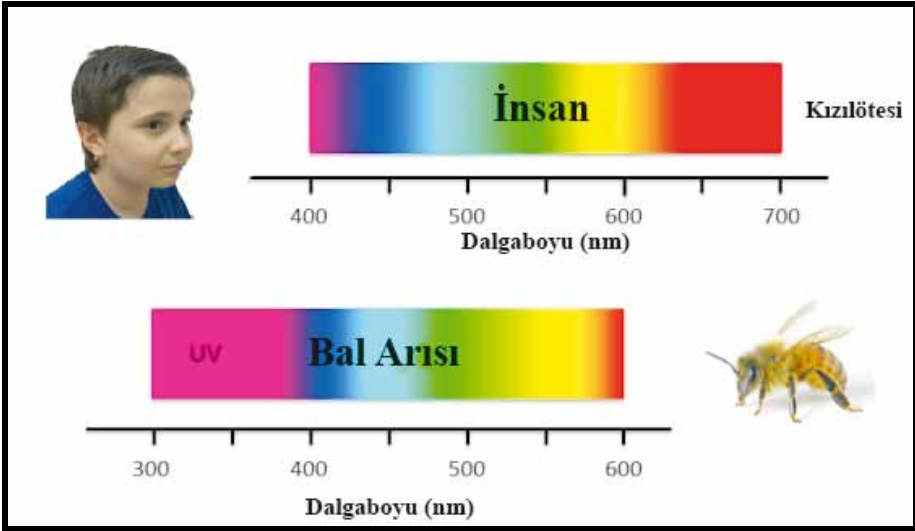
Anterler Üzerinde Polenler

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

2. Bal Arılarının Tarlacılık Davranışları

Tarlacılık uçuşları erken ilkbaharda 12-14⁰C'de ortaya çıkmaktadır. Yoğun ışık, yağmur ve göreceli nem de tarlacılık etkinliği üzerine etkide bulunmaktadır. Bununla birlikte arazide diğerlerinden bağımsızca bu faktörlerden birisinin etkisini belirlemek oldukça zordur.

Arılar nektar ve polen toplamak için çiçekleri ziyaret etmektedirler. Bal arıları, çiçekler tarafından nektar ve polen kokusu başta olmak üzere çeşitli yöntemlerle çekilirler. Arılar çiçekleri renk, şekil ve kokularından tanımaktadırlar. Bu nedenler arılarda görme olayı çok gelişmiş ve çiçeklerle uyumlu bir hal almıştır. Arılar tarafından görülen morötesi ışınlar insanlar tarafından görülememektedir. Bu nedenle insanlara kovanın içi karanlık gibi görünse de arılar tarafından aydınlık olarak algılanmaktadır. Arılar kırmızı rengi algılayamamakta, turuncu ile kırmızı arasındaki renk tonlarını algılayabilmektedirler.



Bal Arıları ve İnsanın Görme Olayı (Glover, 2015)

Bal arıları sarı, mavi-yeşil, mavi ve morötesi ışınları kolaylıkla görebildiğinden dolayı doğada var olan çiçeklerin önemli bir kısmı bu renkte çiçeklere sahiptirler. Tek renkli çiçeklere çalıştıkları zaman onlara alışırlar ve alıştıkları çiçeğin dışındaki farklı renkteki çiçeklere tarlacılık yapmazlar. Bununla birlikte besin gereksinimi olduğu

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

durumlarda bitkiler birden fazla ve farklı renkteki çiçeklere de tarlacılık yapabilirler (Free, 1992). Koloni içerisinde tarlacı arılar iki kısma ayrılırlar. Besin kaynağını arayan kâşif arılar ile onlar gelinceye değin kovanda bekleyen, yaptıkları dansı izleyip besin toplamaya gitmek için bekleyen tarlacı arılar. Bu organizasyon, zamanı etkin kullanmak ve birim zamanda daha az emekle daha fazla besin toplamak için çok önemlidir (Nest and Moore, 2011).

Bal arılarının tarlacılık davranışları üzerine çevresel koşullar ile birlikte arının genetik özellikleri birlikte etki etmektedir. Ancak arının duyu organları bu noktada önemli bir yere sahiptir.

Görme: Her birinde binlerce basit göz bulunan bileşik gözlerin yapısı, bal arılarının görme olayının gerçekleşmesinde birinci derecede rol oynamaktadır. Çiçeklerin taç yapraklarının renkli yapısı arıların görebileceği, dikkatlerini çekeceği yapı ve renktedir. Gözlerinin morötesi ve polarize ışığa duyarlı olmaları bulutlu havalarda dahi güneşin yerini bilebilmelerine olanak tanımaktadır. Ayrıca kafa kısmının tam ortasında üç adet basit göze de sahiptir. Basit gözler uçuş esnasında istikrar ve yön bulma işlemlerinde kullanılmaktadır.



İşçi Bal Arısının Bileşik Gözünün Görünümü (Krebs, 2005)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Koku: Bal arısının koku alma duyusu insandan 40 kere daha duyarlı ve gelişmiştir. Her bir anteninde 5.000-6.000 adet koku alıcı yapılar bulunmaktadır.

Tat: Bal arılarının tat alma organları ağız parçaları ve ayaklarında bulunmaktadır. İnsanların algılayabildiği pek çok tat, bal arıları için anlam ifade etmemektedir. %2 kadar düşük yoğunluktaki nektarı ayırt edebilme yeteneğine sahiptirler. Ancak %30 ve üzeri yoğunluktaki nektarı bulduğunda bu nektarlara ilgi göstermezler.



Bal Arısının Anten ve Dilinin Görünümü (Lenke, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bal arılarının çalışma hızı ve bir çiçeğe tarlacılık için ayırdığı zaman farklı olmaktadır. Bir çiçekte tarlacılık süresi; kayısıda 10, elmada 68, kirazda 82, ahudududa 116 saniye sürmektedir. Tarlacılık süresi nektarın varlığı ve süresi ile ilgilidir. Ancak polen toplama işlemi yaklaşık iki katı kadar zamanda yapılmaktadır.

Arılar çiçeklerle bitkilerin genel şekil ve görünüşlerini öğrenebilmektedirler. Aynı türün bitkilerini ziyaret eder, farklı evrelerde açılmış çiçekleri arasında hareket ederler.

Yüksek derecede gelişmiş koku duyusuna sahip olduğu için koku karışımı şurupla beslemek suretiyle eğitilebilirler. Koku kavrayış eşiği insanlara göre çok düşük olduğu için bal arıları ve bombus arıları insanların kokusunu alamadığı çiçeklere de alıştırılabilirler. Bitki veya çiçeğin genel formu yanında özellikle çiçeklerin rengi de uzak mesafeden arılara kılavuzluk ederler. Taç yaprakları, entomofil çiçeklerin en göze çarpan organlarıdır. Taç yapraklarının büyümesi, nektar salgılama ve koku üretiminin en üst düzeye ulaşması, anter patlamasıyla aynı zamana rastlamaktadır. Böylece nektar tarlacılığı yapan arılar vücutlarına bulaşan polenleri de toplamaktadırlar (Giovanetti ve Aronne, 2011).

2.1. Nektar Tarlacılığı

Bal arılarında nektar tarlacılığının temel nedeni bal arısının kendisi ve kolonisinin enerji, yani karbonhidrat gereksinimini karşılamaktır. Bu amaçla nektarlı bitkilere giden bal arısı hortum şeklindeki dili aracılığıyla çiçeğin dip kısmında bulunan nektarı emer ve bal midesine biriktirir.

Bal ilk toplandığı aşamada çok fazla su içeriğine sahip olmaktadır. Dolayısıyla %20'den fazla düzeydeki su uçurulmalıdır. Yani olgunlaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla nektarı kovana getiren tarlacı arı, kovan iç hizmetlerini yapan arılara nektarı paylaştırmaktadır. Kovan içi hizmetinde bulunan arı, tarlacı arıdan nektarı almakta ve kovanda bir yere giderek yüzeye dik bir pozisyonda tutunmaktadır. Daha sonra çenesini açarak dilini aşağı yukarı hareket ettirmektedir. Bu işlem esnasında ağzında oluşan damla halindeki nektarı 5-10 saniye sonra tekrar içine geri çeker. Nektarı defalarca havaya temas ettirerek suyunun bir miktarının uçmasını sağlar. Bu dışarı çıkarma ve içine çekme hareketini 80-90 kez ve 15-20 dakika boyunca yaptıktan sonra, suyun rahat uçuşması için, ince bir

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

film tabakası halinde, boş bir petek gözünün dibine serer. Bu işlem esnasında nektar yarı olgunlaşır ve %50-60 kurumadde içermektedir.

Nektar akışının yoğun olduğu dönemlerde bu uygulama yapılmadan petek gözleri hızla doldurulduğu için, suyun uçurulması daha zor olmaktadır. Nektar akışının zayıf olduğu dönemlerde ise arıların hammaddeyi, suyunu rahat uçurmak amacı ile birden fazla gözün dibine serdikleri ve ağızları ile su uçurma işlemini yaptıkları görülmektedir. Bu aşamadan sonra arılar yarı olgunlaşmış balı, petek gözlerinde olgunlaştırmaktadırlar. Bir kural olarak hücrelerin $\frac{1}{4}$ 'ü veya $\frac{1}{3}$ 'ü doldurulur. Ancak yoğun bir akış söz konusu ise ya da yer yetersizliği varsa o zaman hücrelerin $\frac{1}{2}$ 'si veya $\frac{3}{4}$ 'ü doldurulur. Normalde bal olgunlaştığında arılar yerini tekrar değiştirirler ve gözlerin $\frac{3}{4}$ 'ü doldurulur.

Suyunu uçurmak amacıyla ballar ilk aşamada kuluçkalığa serilir. Sonra ballıktaki uygun gözlere depolanmaktadırlar. Eksik doldurulan bu gözler üzerinde arılar kanat çırparak bir hava akımı oluştururlar. Bu şekilde ham balın suyu uçurularak olgunlaşma tamamlanır.

Son olgunlaşma, balın göze ilk konduğu andaki nemine, gözün doluluğuna, koloninin gücüne bağlı kovandaki hava hareketine, sıcaklığa ve havanın bağıl nemine bağlı olarak 1-3 gün sürer. Bal tamamen olgunlaştığı zaman, %20 veya daha az nem içerdiğinde, arılar gözleri tamamen doldururlar ve hava kalmayacak şekilde balmumu ile kapatırlar (Doğaroğlu, 2013).

Bal arısının tüm bu işlemlerin başlangıcında kullandığı en önemli organı, bal midesidir. Bal arısının bal midesinin maksimum nektar taşıma kapasitesi yaklaşık 70 miligramdır. Fakat ortalama nektar yükü arının önceki deneyimine, sıcaklığa, nektarın çekiciliğine bağlı olarak yaklaşık 20-40 miligramdır.

Nektarın şeker yoğunluğu %20 düzeyinin altında olduğu zaman bal üretmek amacıyla su içeriğini uçurmak için gereksinilen enerji miktarı nektarın toplanmasını ekonomik yapmayabilir. Mümkün olduğu kadar çabuk bir şekilde yüksek miktarda şeker içeren nektar toplamak arıların avantajıdır. Bundan sonra nektarın çekiciliğine etki eden en önemli faktör, nektarın bolluğudur (Free, 1992; Sanderson ve Wells, 2005).

Arılar, özel türlerin günlük periyodik nektar üretim zamanına şartlanabilmektedirler. Nektar salgı zamanı yaklaştığında kovan girişi

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

yanında bir araya toplanmaktadırlar. Park (1932) bal arıları tarafından bal midesinde biriktirilen nektarın kovana gelinceye değin, yoğunluğunun sadece çok az değişime uğradığını, ortalama değişimin yaklaşık %1 olduğunu, bu değişimin düşük yoğunluktan ziyade yüksek yoğunluklu nektarda daha fazla olduğunu vurgulamaktadır. Çünkü arılar nektarı tükürükle sulandırmaktadırlar. Çünkü çok yoğun besinler arılar tarafından daha fazla sulandırılmaktadır (Free ve Durront, 1966).

Bitkilerin nektar içeriğinin bal arılarının tarlacılık davranışları üzerine olan etkisini saptamak amacıyla pek çok çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmalar sonucunda çiçeklerdeki nektarın toplanması amacıyla bal arılarını bitkiye çeken pek çok faktörün olduğu ortaya konulmuştur. Kavun bitkisinde yapılan bir çalışmada nektarın şeker içeriği staminat yapıya sahip çiçeklerde %53-56, hermafrodit çiçeklerde %27-36 oranındadır. Ancak staminat çiçekte 1.2-2.7 mg nektar bulunurken, hermafrodit çiçekte 1.8-17.9 mg nektar bulunmaktadır. Hektara 2.5 koloni konularak yapılan çalışmada, 1 arının saatte 20-34 çiçeği ziyaret ettiği saptanmıştır (Adlerz, 1966).

Abrol (1992), 13 çilek (*Fragaria vesca*) çeşidi ile yaptığı çalışmada; bal arılarının tarlacılık tercihinde nektar enerji içeriğinin önemli rol oynadığını ve yüksek kalori içeriğine sahip çeşitlerin, diğer çeşitlere göre bal arılarını kendine daha fazla çektiğini saptamıştır.

Abrol (1995), 12 badem (*Prunus amygdalus* L.) çeşidine ait çiçeklerin nektar salgısı, nektar kuru madde düzeyi ile sağladıkları enerji miktarına bağlı olarak *Apis cerena* ve *Apis mellifera* tarafından tercih edilme oranlarını araştırmıştır. Araştırmacı nektar salgı miktarı (1.1-4.2 mg/çiçek/gün), nektar kuru madde düzeyi (%16-32.5) ve günlük sağladıkları enerji bakımından (3.95-13.6 J/gün) çeşitler arasında farklılıklar olduğunu, bu değişimler ile tarlacı arı sayıları arasında pozitif bir ilişki bulunduğunu; çiçeklerde bulunan nektarın sağladığı yüksek enerji içeriğine bağlı olarak tarlacı arıları kendilerine çekerek bademlerde polinasyonu artırdıklarını belirlemiştir.

Popovic (1995), karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) bitkisinde bal arısı polinasyonunun katkısını saptamak amacıyla yaptığı çalışmada; çiçekteki nektar miktarının artmasına bağlı olarak nektar tarlacılığı yapan bal arısı sayısında önemli düzeyde bir artış olduğunu ve bu değer %2.1-16.2'ye kadar değiştiğini bildirmektedir.

Roubik (1995), bal arılarının tarlacılık etkinliğini 10 km ve

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

daha uzak mesafelerde yapabilmelerine karşılık, tercihlerini genellikle kovanları yakınında kullanma eğiliminde olduklarını; koloni bireylerinin büyük bir kısmının 400-500 metre alan içerisinde tarlacılık yapmakta olduklarını, ancak çevrede çekici bir bitki olması durumunda 1.5-4 km uzaklık içerisinde de tarlacılık yaptıklarını belirtmektedir. Ayrıca bal arılarının hava koşullarının elverişsiz olduğu günlerde, kovanlarından 200-300 metre uzaklıkta yoğunlaştıklarını bildirmektedir.

Arılar ve diğer nektar toplayıcı böcekler tarafından yapılan ziyaretler nektar salgılamayı artırabilmektedir. Pederson ve Todd (1949) arılar tarafından ziyaret edilen çiçeklerdeki nektarın şeker yoğunluğunun arılar tarafından ziyaret edilmeyen çiçeklerden daha fazla olduğunu göstermişlerdir.

Wykes (1953) çiçeklerden periyodik olarak nektar tarlacılığının, şeker yoğunluğu düşük olmasına rağmen çiçeğin nektar ve şeker salgısının toplam miktarını artırdığını bildirmiştir. Pederson (1961) bu konuda yapılacak çalışmalarda, örnek olarak seçilen çiçeklerin nektar yoğunluğu ile ziyaret edilen ve tozlananların miktarının da belirlenmesini önermektedir.



Nektar Tarlacılığı Yapan Bal Arısı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Heyneman (1983) farklı türlere göre çiçeklerin nektar içeriğinin değişkenlik gösterdiğini, genellikle %26 düzeyinde olduğunu ve arıların sindirim sistemi ile de bu durumun uyum gösterdiğini saptamıştır. Bal arılarının nektar tercihinin sadece çiçekteki nektar içeriğinin etkili olmadığını, nektarı elde etmek için harcanan zaman ve enerjinin de dikkate alındığını vurgulamaktadır. Bal arıları herhangi bir çiçeğe tarlacılık yapacağı zaman bu kriterlere göre yaptığı için polinasyonu istenen bitki parselinin yanına koloni konulduğunda, çevrede daha kolay nektar elde edilebilen, ya da daha çekici nektara sahip bitkilerin bulunmamasına dikkat edilmelidir. Aksi halde polinasyon başarısızlıkla sonuçlanacaktır.

2.2. Polen Tarlacılığı

Polinatörler çiçekleri bulmak için görsel ve kokusal işaretleri kullanmaktadırlar. Bir çiçeğin renk ögesi, büyüklüğü, şekli ve yapısal düzenlemesi kadar kokusu da tozlaştırıcıya sunulan besinin kalitesi ve tipi hakkında bilgi vermektedir. Kokulu çiçekler, polinatörler tarafından görülmeden önce kokularıyla bulunmaktadırlar. Koku, nektar yakınındaki böcek tarafından güçlü şekilde algılanmakta, böylece böcek çiçeği görene kadar kokuyu izletmektedir (Horn, 1997).

Bombus ve bal arıları polen paketlemek için arka bacaklarında bulunan korbikula denilen polen sepetlerine sahiptir. Polen peletler halinde kolonilerine taşımak için özel değişimlere uğramış organlardır. Arıların bir tarlacılık seferi sırasında topladıkları iki polen peleti, bir polen yükü kabul edilir. Bir yükün büyüklüğü ve ağırlığı farklı bitkilere göre değişmektedir. Genelde 14-20 mg arasında olmasına rağmen ortalama 8-29 mg arasındadır (Maurizio, 1953; Hassanein ve Elbanby, 1956; Brodschneider ve Crailsheim, 2010)

Percival (1955), bal arılarının farklı zamanlarda farklı oranlarda polen tarlacılığı yaptıklarını, bildirmektedir. Olumsuz koşullarda polen salınımının olumsuz etkilendiğini; bal arılarının bitkilerin polen salınım saat ve sürelerine bağımlı olduklarını, polen miktarının artması ve azalmasına bağlı olarak tarlacılık yapan arı sayısının değiştiğine dikkat çekmektedir. Ayrıca her bitkinin polen salınım saatleri arasında farklar olduğunu ve bunlar içerisinde ariotunun 06:00-18:00 saatleri arasında çiçeğin açılmasıyla birlikte polen salınımı yaptığını, ariotunun 19-23°C sıcaklıklarda polen salınımında bulunduğunu ve 0.3 mg/çiçek/gün polen üretmekle

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

birlikte *Apis* cinsine dahil arılar tarafından nektarıyla birlikte toplandığını belirtmektedir.

Free ve Williams (1976), kolonide bulunan yavru kokusu ve yavru bakıcı arıların, tarlacı arıları temas yoluyla polen tarlacılığı için uyarmakta olduğunu bildirmektedirler. Bu durumda tarlacı arıların polen tarlacılığı işini birinci öncelik olarak aldıklarını, yavru yetiştirmek amacıyla polen tarlacılığı yaptıklarını ve petek gözlerinde bol polen depoladıklarını saptamışlardır.

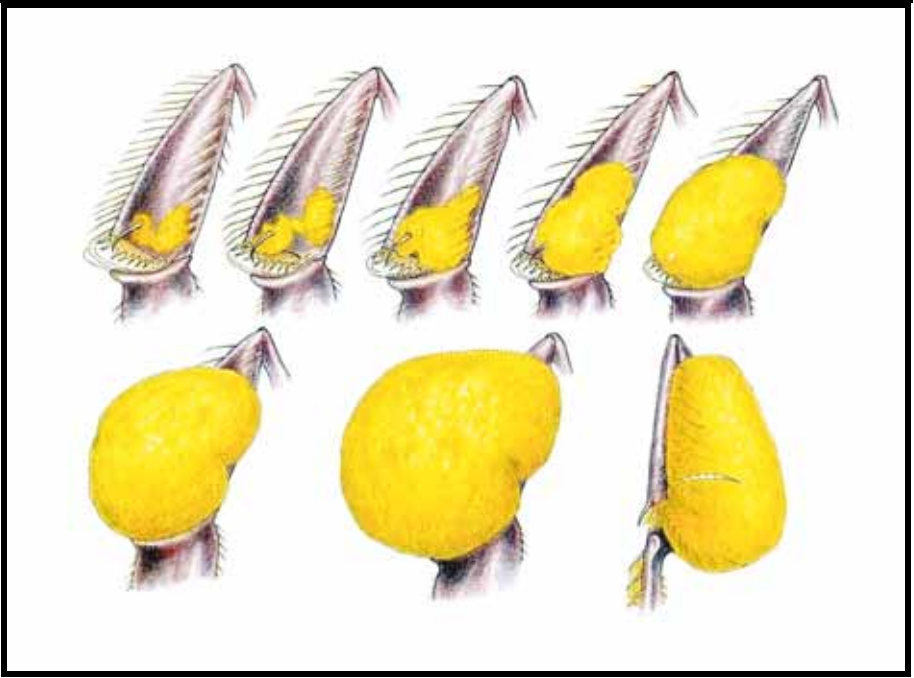
Todd ve Bishop (1941), 10 adet orta büyüklükteki polen yüklerinin bir adet bal arısı yetiştirmek için gerekli olan proteini sağladığını bildirmektedirler. 2 milyon polen yükü veya 20 kg polen kuvvetli bir koloninin 1 yılda yavru yetiştirmek için yeterli olan polen gereksinimini karşılamaktadır. Başka araştırmacılar benzer sonuçlar bulmuşlar ve bir koloninin gereksinimini yıl başına 18-23 kg ve 25-30 kg polen olarak tahmin etmişlerdir (Louveaux, 1954).

Levin ve Bohart (1955) arılara herhangi bir polen verilmeden önce polen seçimi sağladıkları çalışma yürütmüşlerdir. Farklı türlerin polenlerinin tercihinde farklar görüldüğünü saptamışlardır. Sonuçta *Medicago sativa* poleni çok az çekici iken *Brassica alba* ve *Trifolium pratense* polenleri çok çekici olmuştur. Doull (1966) okalıptüsün bir türünden elde edilen polenlerin, diğer türlere ait okalıptüslerden daha az çekiciliğe sahip olduğunu göstermiştir.



Polen Tarlacılığı Yapan Bal Arısı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polen Yükünün Hazırlanışı



Polen Toplamış Bir Bal Arısı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Polen Yüğü İle Kovana Dönen İşçi Arılar



Bal Arılarının Topladığı Polen Yüğüleri

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Williams ve Christian (1991), arıotu ile yaptıkları çalışmada en yüksek çiçeklenme döneminde bitki üzerindeki arı yoğunluğunu 20 arı/m²'nin üzerinde belirlemişlerdir. Gözlemleri sırasında bombus arılarının yoğunlukla arıotu üzerinde tarlacılık yaptıklarını saptamışlardır. Bombus arılarının bal arılarından daha erken saatlerde ve daha uzun süreli olarak bu bitkiden yararlanarak en üst düzeyde tarlacı yoğunluğunu sürdürdüklerini, arıotu üzerinde tarlacılık etkinliğinin, farklı tarihlerde ekilen parsellerin hepsinde saat 13:00'e kadar yapılmakta olduğunu, bu saatten sonra büyük oranda düşme başladığını belirlemişlerdir. Arıların arıotuna çiçek ziyaretlerinin nedeninin polen tarlacılığından ziyade nektar tarlacılığı amaçlı olduğunu, bal arılarının %22'si ve bombus arılarının sadece %3'ünün polen için tarlacılık yaptıklarını saptamışlardır. Bombus ana arılarının bu bitkiyi sadece nektar için ziyaret etmekte olduğunu, arıotunun kullanımının bombus arıları gibi diğer arı türlerinin de hayatta kalabilmesi için özellikle geliştirilmesi gerektiğini bildirmektedirler.

Synge (1947) arıların farklı türlerin polenlerini seçimini belirlemek için yaptığı çalışmada arıların 4/5'i, sunulan *Trifolium repens* ve *Trifolium pratense* polenlerinden *T. repens* polenlerini tercih etmişlerdir. Sadece bir koloni tarlacılık tercihini *T. pratense* yönünde göstermiştir.

Arılar poleni toplarken kolaylığına aldırmamaktadır. Polenlerin seçimi çiçeklerin yaşı, rengi, nemi veya protein içeriği tarafından etkilenmiyor gibi görünmektedir. Besleyici değeri için arıların polen seçtiğine dair kanıt yoktur. Ancak Levin ve Bohart (1955) polenin seçimi ve polenin kokusunun yoğunluğu arasında ilişki olabileceğini belirtmektedirler. Kokunun yoğunluğu polenin çekiciliğine etki ediyorsa ve bu koku sentez edilebiliyorsa, sadece bitkilerin çekiciliğini artırabilmek için değil kıtlık şartlarında kolonileri beslemek için polen yerine geçen maddelerde bu maddeyi kullanmak da olasıdır.

Louveaux (1959) polenlerin içerdiği fitosterollerin arıları çektiğini bildirmiştir. Taber (1963) tarafından yapılan deneyler polenin içerdiği hekzan ve etil eter ekstraktın tarlacı arılar için çok çekici olduğunu ve korbikulaya polen paketlenme davranışını başlattığını göstermiştir. Polenden bu etki uzaklaştırıldığı zaman arılar kuru ağırlığının %97'si besleyici maddeler olduğu zaman bile toplamamaktadırlar. Yapılan çalışmalarla, polende bulunan cezbedici

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

maddeler eklenen ve besleyici değeri olmayan selülozu bile arıların topladıkları ortaya konulmuştur.

Robinson ve Nation (1968) kovanda, polenin çeşitli ekstraktlarına eklenen yapay maddelerin tüketimlerini karşılaştırmışlardır. Polene asetonda eriyebilen yağ fraksiyonu ekleme neticesinde besin alımı önemli düzeyde artmıştır. Hopkins ve ark., (1969) arıların topladığı polenlerden C18 düz zincirli trienoik asiti izole etmişlerdir. Bu asit selüloz tozuna eklenerek arılara verildiğinde, tarlacı arılar tarafından sadece selüloz tozu bulunan kontrol tabaklarına oranla 15 kere daha fazla ziyaret edilmişlerdir.

Arılar, poleni bir günün farklı zamanlarında farklı bitkilerden toplamaktadırlar. Polenin arılar için kullanılabilir olması için önce çiçeklerin açması ve anterlerin patlaması gerekmektedir. Bazı türlerin anterleri tomurcukta (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Vicia faba*) iken patlamaktadır. Bazı bitkilerin anterleri ise çiçek açıldıktan sonra (*Cucurbita pepo*) patlamaktadır. Bazılarının çiçek açması ile anter patlaması hemen hemen aynı zamandadır (*Brassica alba*). Polenin serbest bırakılmasının pik zamanı büyük ölçüde farklı olup türlerin karakteristiği olma durumundadır. Bal arısının polen toplaması ve polen salınımının en bol olduğu dönem arasında pozitif ve yüksek bir ilişki bulunmaktadır (Percival, 1955).

Anterler patladığı zaman ile çiçeğin ilk açıldığı zaman, polenin kullanılabilirdiği zamandır. Bazı çiçekler sadece bir gün çiçek açmaktadırlar. Bazıları ise artarda günlerde açmakta ve her gece kapanmaktadır. Açılma zamanı çiçeğin yaşına göre değişebilmektedir. Örneğin; *Vicia faba* çiçekleri ilk gün yaklaşık 14:00'da, 2. gün 11:00'de, 3. gün 08:00'da açılmaktadır. Pek çok *Vicia faba* poleni çiçekler ilk açıldığında öğleden sonra kullanılabilir durumda olmaktadır. Tomurcuk içinde iken patlayan anterlere sahip türlerin çiçekleri çoğunlukla sabahleyin açılmakta ve gün boyunca açık kalmaktadır. Bu nedenle bakla bitkisi bal arıları açısından sürekli polen desteği olarak kullanılabilir. Anterin patlama zamanı polen toplama ile düzenlenmektedir. Bazen çiçeklerin bütün anterlerinde aynı zamanda patlama oluşmaktadır Örneğin; *Cucurbita pepo*, *Brassica oleracea*. Fakat bazı türlerin anter patlaması birkaç gün zaman alır. Örneğin; *Prunus cerasus* 1-2 gün, *Fragaria* *X* *Ananassa* 1-3 gün, *Rubus fruticosus* 1-4 gün, *Prunus*

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

persica 1-5 gün, *Pyrus communis* 2-7 gün, *Rubus idaeus* 2-9 gün ve *Helianthus annuus* 6-13 gün.

Çiçek başına üretilen polen miktarı türlerin farklılığına bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Fakat çiçek başına polen miktarı ile var olan poleni toplayan arıların eğilimi arasındaki ilişki belli değildir. Dreller ve Tarpy (2000) polen tarlacılarının topladıkları poleni kovan içinde açık yavrulu olan gözlerin yanına depolama davranışı gösterdiklerini saptamıştır. Ayrıca bal arılarının polen tarlacılığı üzerine yavru ve polenli bölge ile temas etmesinin önemli etkisi olduğunu belirtmektedirler.

Pankiw (2004), yavru feromonunun bal arısı kolonilerinde tarlacılık faaliyetini başlattığını, koloniye uygulanan yavru feromonunun polen tarlacığını artırdığını ve bu durumun da polinasyonu istenen bitkide polinasyon düzeyini artırmaya katkı sağladığını saptamıştır.

Polen toplayan arılar bazen anterlerin üzerini bilinçli bir şekilde sıyrarak polen tarlacılığı yapmaktadırlar. Fakat nektar toplarken, üstlerine bulaşan polenleri de toplamaktadırlar. Polen tarlacılığı için kovanından uçuşa başlayan arı, uçuş sırasında tüylerinin hava ile sürtünmesi sonucunda pozitif elektriklenmektedir. (Erickson ve Buchman 1983). Çiçeğin de negatif elektrik ile dolu olması nedeniyle bal arısı çiçeğe konduğunda karşılıklı elektrik çekimi nedeniyle polenler arının üzerine yapışmaktadır. Böylece polinasyon yapmadan nektarı alarak çiçekten bal arısının uzaklaşmasının önüne geçilmektedir.

Pek çok arı, üzerine bulaşan polenleri vücudundan tarayarak polen sepetlerine aktarmasına rağmen bazıları vücutlarından sıyrarak polenleri atmaktadır. Bu davranış ilk defa *Helianthus annuus*'u ziyaret eden arılarda (Synge, 1947) ve *Taraxacum officinale*, *Rubus idaeus* ve *Brassica napus*'da bildirilmiştir (Free ve Nuttal, 1968). Bu türler bol polen üretmekte olduklarından bu tip gözlemler kolayca yapılabilmektedir. Belki benzer, fakat daha az polene sahip türlerde davranış daha belirsiz bir şekilde oluşmaktadır. Aynı üründe bazı nektar toplayıcılar polen de toplamaktadırlar. Bu durumda nektar toplayıcılar poleni sepetçiklerine paketlemektedirler. Büyük polen yüklerine sahip bazı nektar toplayıcılar vücutlarından polenleri atabilmektedirler. Korbikulları tam dolmuş, fakat bal midesi dolmadığında bu tip bir davranış içerisine girebilmektedirler.

3. Tarlacılık Davranışı Çalışma Teknikleri

Bal arılarının polinasyon için bitki ile ilişkilerini saptamak amacıyla pek çok yöntem geliştirilerek bilim adamlarının kullanımına sunulmuştur (Delaplane ve ark., 2013; Scheiner ve ark., 2013).

Bitki üzerinde polinatör popülasyonunun büyüklüğünü ve etki düzeyini tahmin etmenin çeşitli yolları vardır. Bazen göreceli rakamlar yeterli olmadığından gerçek rakamlara gereksinim duyulmaktadır. Böcek tuzaklarında toplanan örneklerden tahmin yapma girişimleri çiçekleri ziyaret edememiş ve onları tozlayamamış olan böceklerin toplanması olasılığını da içermektedir. Ayrıca geniş böcek tuzağıyla böceklerin besin arama sistemini bozmak da olasıdır. Bununla birlikte her iki metot böceklerin tanınması açısından çok önemlidir (Free, 1992).

3.1. Çiçek Üzerinde Bal Arılarının Sayılması

Popülasyon büyüklüğünü belirlemenin en yaygın metodu; yaklaşık 1 m genişlik, 50 m uzunlukta olan parsel boyunca uygun adımda yürürken çiçekleri ziyaret eden polinatörleri saymaktır. Çiçek yapısı pamuk bitkisindeki gibi geniş oldukları zaman, polinatör olan ve olmayan böceklerle çiçekleri saymak olasıdır (Mc Gregor, 1959). Çünkü tarlacıların sayısı bitki ekili alanın kenarından ortasına doğru azalma eğilimindedir. Ayrıca kenarda yapılan sayımın, tarladaki polinatör popülasyonunun pek çok yönünü tam olarak vermediğini de dikkate almak gerekmektedir. Yetiştiricilik koşullarında yapılacak araştırma çalışmalarında bitkilere olası tehlikesinden dolayı yetiştiriciler bitkilerin içerisinde yapılacak sayımlar için gönüllü değildirler. Bu yüzden kenarda yapılan sayımların alternatifi bulunmamaktadır.

Bitki parseli içerisinde çalışmak mümkün olduğu zaman kullanılan yol aynı büyüklükte sınırlandırılmış bölgelerde polinatörleri saymaktır. Bir gözlemcinin bu alanları bulabilmesi için birtakım belirleyici işaretler ile sayım yerlerini işaretlemek gereklidir. Ayrıca gözlemcilerin tesadüfen seçilen 1 m²'lik alanlarda gözlem yapabileceği üç farklı yerde gözlem alanları da kullanılabilir (Smith ve Townsend, 1952; Korkmaz, 2003).

Dylewska ve ark., (1970) bir yonca alanındaki sayım için 3 metodu karşılaştırmışlardır. Bunlar 1 m²'lik sınırlı bir alanda, tarla içerisindeki bir hat üzerinde ve tarla kenarındaki bir hat boyunca

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

yapılan sayımlardır. Son iki metotta elde edilen sonuçlar benzer çıkmış ve gerçekleşen polinasyon sayısı ile de uyumlu bulunmuştur. Fakat birinci metot, polinasyon sonuçlarından büyük farklılık göstermiştir. Çiçek başına tarlacılık yapan polinatör sayısı ise esas öneme sahiptir. Bu yöntem kolayca görülebilen çiçeklerin sayısını ve ölçülen bir zaman periyotundaki polinatörlerin sayısını saptamayı içermektedir (Levin ve ark., 1968).

Bitkilerin farklı kısımlarındaki çiçekleri elle tozlama, yetersiz polinasyonun ürünün verimini sınırlayıcı bir faktör olup olmadığını ve daha fazla polinasyona gereksinimi olup olmadığını belirlemek için en güzel yoldur. Ayrıca tesadüfen seçilen çiçeklerin açması ve arılar tarafından ziyaret edilip edilmediğinin izlenerek karşılaştırılması işlemi, yeterli polinasyon oluşup oluşmadığını belirlemenin bir yolu olarak kullanılabilir (Deodikar, 1975).

Besin toplama çalışmaları yapıldığı zaman arıların hangi koloniye ait olduğunu tanıyabilmek de gereklidir. Bu metodun seçimi, yapılan çalışma ve var olan materyale göre belirlenir. Bir kolonideki bütün tarlacıları çabuk kuruyan boyalarla işaretlemek sıkıcı olmasına rağmen mümkündür. Farklı koloniler için farklı renkler kullanılabilir. Arıları sabitleştirerek 1 dakikada 20 adet arının işaretlenmesine olanak sağlayan bir metot (Mc Donald ve Levin, 1965) geliştirilmiştir. Ayrıca farklı vücut renklerine sahip arı ırk ve tipleri de kullanılabilir. Bu amaçla kullanılmak üzere bal arısının tarlacılık davranışları çalışmalarında çekinik mutantlar da geliştirilmiştir.

Koloninin arılarını işaretlemenin diğer bir metodu da koloniyi radyoaktif izotop (Fosfor 32, Altın 198 veya Karbon 14) içeren şurupla beslemek esasına dayanmaktadır. Arazide yakalanan ergin arıların bedenlerinde bu izotopların saptanması için araziden toplanan tarlacılar radyoaktivite açısından incelenirler (Lee, 1961).

Gary (1971) bal arılarının besin dağıtımıyla ilgili bir teknik geliştirmiştir. Bu yöntemde tarlacı bal arıları bitki üzerinde çalışırken yakalanır, renkli kodlu demir metal diskler yapıştırılır ve serbest bırakılır. Farklı renkli disk, farklı örnek parselleri için kullanılır. Etiketli tarlacılar kovanlarına döndüğünde, kovan girişine takılmış olan mıknaş tuzaklar etiketleri toplamaktadır. Bu yöntemle farklı bölgelerden tarlacıların dağılımını öğrenmek mümkün olmaktadır.

Tansı ve ark., (1999) ile Kumova ve ark., (2001) yaptıkları çalışmada arı ve çiçek sayımları için arazide önceden işaretlenen 0.25

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

m²'lik alanlarda sayım yaparak 1 m² alan üzerinden ifade etmişlerdir. Bireysel olarak arıları tanıyabilmek için de gözlem gereklidir. Bunun için farklı renkli işaretler, semboller, harf ve sayısal işaretlerle arıların toraks ve abdomenleri boyanır. İşaretleme anesteziyle veya 14 derecenin altında soğuğa maruz tutmakla hareketsiz bırakılan arılara uygulanır. CO₂ ile uyuşturulan arıların fizyoloji ve davranışları değişebilir. Fakat kloroform kullanımı veya soğuk uygulaması böyle bir etkiye bulunmamaktadır (Free, 1963; Delaplane ve ark., 2013).

Gözlem ve bitkilerden arı toplamadan başka, bal arılarının polen yüklerinde, vücutlarında veya bal midelerindeki nektar içerisinde bulunan polenler incelenerek ziyaret ettikleri türleri saptamak da olasıdır. Bu amaçla kovan girişinde veya çiçek üzerindeki arı yakalanarak bal midesi çıkarılır ve mikroskop altında mide içeriği incelenir. Ayrıca polen toplayıcı arıların kovanlarına girişleri sırasında polen yüklerini sıyırarak polen tuzakları da bu amaçla kullanılmaktadır (Smith, 1963). Koloninin besin toplaması hakkında bilgi elde etmek bu metotlar uygun olmakla birlikte tam bir veri sağlamamaktadır. Çünkü polen yüklerinin bir kısmı büyüklüklerine bağlı olarak tuzaklarda alınmaktadır. Küçük polen yükleri tuzaklarda alınmayabilmektedir (Nye ve Mackenson, 1965).

Diğer bir metot kovan girişinde polen toplayıcılardan örnek almak için emme aygıtı kullanımıdır. Kovan girişine gelen arılardan toplanan örnekler vakum pompasıyla uyumlu polen tuzağı ile yapılır. Bu yöntem kovan önündeki tarlacılardan çıkarılan midenin incelenmesi, toplanan besinin; nektar, polen ve su oranlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Bryant, 2014).

Arı sayımlarına dayalı arı bitki ilişkisi üzerine çalışma yürütülmüştür. Böylece saatler ve ölçüm saatleri bazında karşılaştırmalı sonuçlar elde edilmiştir.

Tansı ve ark., (1999), Çukurova'da arı merası olarak kolza, arıotu ve bakla bitkileri ile yürüttükleri bir çalışmada; 1995, 1996 ve 1997 yıllarında, mart ortası-nisan sonu periyodunda çiçeklenen kolzada, 5 dakika süreyle yapılan sayımlarda yıllara göre sırasıyla 3.7-10.4, 0-2.0 ve 2.0-9.0 ad/m² arasında bal arısı belirlenmelerine karşılık, nisan başı-mayıs ortası dönemde çiçeklenen arıotunda sırasıyla 45.4, 56.0 ve 34.2 ad/m² bal arısı belirlenmişlerdir. Fluri ve Frick (2001), arıotunda çiçeklenmenin en üst düzeyde olduğu dönemde yapılan biçimde, bitki üzerinde 26 ad/m² bal arısı saymışlardır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arılarının Metal Disklerle İşaretlenmesi



Bal Arısı Kolonilerinde Polen Tuzağı Kullanımı



Verici Takılmış Bal Arıları ile Araştırma Çalışmaları

Kumova ve ark., (2001), Çukurova Bölgesinde yetiştirilen farklı arıotu çeşitleri arasında bal arısının tercihini belirlemek amacıyla yürüttükleri bir çalışmada; Turan 82, T-98/1 ve T-98-2 çeşitlerine ait çiçekler üzerinde bulunan ortalama bal arısı sayıları sırasıyla 68.10 arı/m², 62.36 arı/m² ve 62.23 arı/m² olarak saptanmıştır. Araştırmacılar bal arılarının arıotunun üç çeşidi arasında herhangi bir tercihte bulunmadığını ve yararlandığını belirlemişlerdir.

3.2. Arıların Bedenindeki Polenlerin Saptanması

Bal arıları tüylü yapıları ve uçuş esnasında hava ile olan sürtünmenin etkisiyle elektriklenmesi nedeniyle bedenine yapışan polenleri de taşımakta ve toplamaktadırlar. Bu sebepten bal arılarının toraksında olan polenin 2 katı kadar genellikle abdomenlerinde polen bulunmaktadır. Ayrıca polen tarlacılığı yapan arılar, nektar tarlacılığı yapanlardan daha fazla polen toplama eğilimindedirler. Çünkü nektar tarlacılığı yapan arılar da sonuçta polen salınımı yapan çiçekleri ziyaret etmektedirler. Ancak polen tarlacıları evrimsel süreçteki asli

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

görevleri olan polinasyonu garanti altına almak için gerekli olan işlevi görmektedirler. Bu nedenle polen tarlacıları, polinasyon olgusunun sigortası konumundadırlar. Nektar tarlacılarının baş kısmındaki polen miktarı polen tarlacılarınıninki ile aynı düzeydedir. Ancak polinasyon için polen tarlacıları daha etkili olmaktadır (Free ve Williams, 1972).

Tarlacı arıların bedenleri birkaç bin polen taneciğiyle örtülüdür. Bir arı başının arkasını, birinci göğüs segmentinin merkezi dorsal parçasını, birinci ve ikinci abdominal segmentleri güçlükle taraklayabilir. Bu durum da her hâlükârda bedeninde polen kalmasına ve polinasyonun garanti altına alınmasına olanak tanımaktadır (Lukoschus, 1957). Jamaika'da farklı bitki türlerinde yapılan bir çalışmada, tarlacı bal arılarının vücudundaki polen tanelerinin ortalama miktarı aşağıdaki gibi saptanmıştır (Free, 1976). Bu durum polen tarlacılığı yapmasa bile nektar toplama esnasında bal arılarının bedenlerine bulaşan polenler olduğunu ve polinasyona katkı sunduklarına işaret etmektedir (Kevan ve Viana, 2003).

Bitki	Polen	Polen Yüklü Bal Arısı	Polen Yüksüz Bal Arısı
Avokado	Avokado Poleni	2.710	1.575
	Diğer Polen	315	1.690
Kahve	Kahve Poleni	12.600	5.555
	Diğer Polen	0	250
Mango	Mango Poleni	22.560	19.850
	Diğer Polen	0	1.000

Polen taneciklerinin çimlenmesi bal arılarının baş, toraks ve korbikularında başlamaktadır. Bulundukları yere göre sırasıyla %30, 44 ve 31'i çimlenirken 2 saat sonra çimlenme, sırasıyla %19, 22 ve 8 olarak gerçekleşmektedir (Mesquida ve Renard, 1989).

Ribes grossularia, *Fragaria* x *Ananassa* veya *Rubus idaeus*'un bir çeşidine yapılan bal arısı tarlacığı sayısı, aynı türlerin diğer çeşitlerine yapılandan iki katı daha fazla olmuştur. Ayrıca bal arılarının topladığı polenin miktarı, bitki türüne ve arıların çalışma şekline göre değişebilmektedir. Polen tanelerinin boyutuyla arının bedenine yapışanların sayısı arasında da negatif ilişki bulunmaktadır. Bazı türler (Örneğin; *Ribes nigrum*) öyle az polen üretir ki arılar

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

onlardan nadiren polen yükü oluşturmaktadırlar (Lukoschus, 1957; Free, 1992)

Polen yükünde bulunan yabancı polen oranı da araştırmalara konu olmuştur. Örneğin elmadan toplanan polen yüklü/yüksüz bal arılarının vücutlarındaki yabancı polenlerin oranı %20 ve 26, kirazda %9 ve 13, armutta %7 ve 20 olarak saptanmıştır (Free ve Williams, 1972).

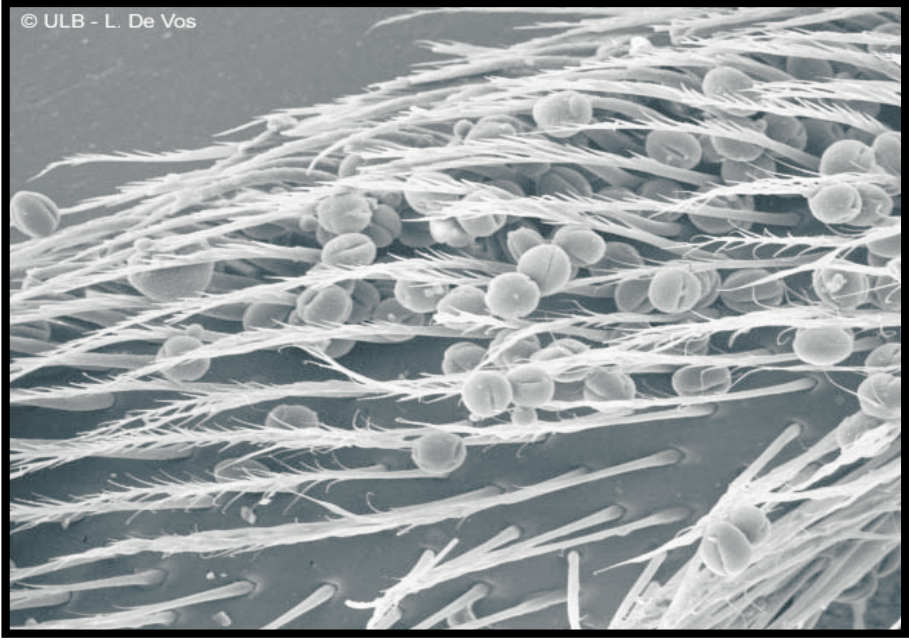
Bal arıları canlı polenlerin bir kısmıyla, ayrı yapılan tarlacılık seferlerinde farklı çeşitleri ziyaret ederlerse yabancı tozlama yapılması olasıdır. Kovandaki polen transferinden dolayı, tarlacılar birkaç seferde çeşide bağlı kalsalar bile, kovan içerisindeki polen transferi nedeniyle diğer çeşitler arasında yabancı polinasyonun gerçekleşmesi hala olasıdır. Bu olay bal arılarının meyve ağaçlarını, hibrit tohumları, meyveli bitkileri bir çeşide bağlı kalırken nasıl tozladığını da açıklamaktadır. Dolayısıyla çevrede arının tarlacılık yaptığı çeşit bulunmasa bile önceki tarlacılık çalışmalarından kalan polenlerin yabancı tozlaşmaya neden olacağı da bir gerçektir.

Tarlacı arılar tarafından çiçekte bırakılan polenin diğer tarlacı arılara da transfer edilmesi olasıdır. Rüzgârla veya böceklerle çiçeklere taşınan veya uçuş sırasında arılara yapışan yabancı polenlerin de ne kadar olduğu bilinmemektedir. Fakat bu yolla elde edilmiş ve dışarıdan gelen polenler düşük düzeydedir. Yapılacak olan bilimsel çalışmalarda tarlacılık yapan bal arısında bulunan yabancı polen miktarını saptamak için kovan içine transfer edilenler yeterli olmaktadır (Free, 1992).

3.3. Balın Kaynağının Belirlenmesinde Polenin Kullanımı

Bal arılarının hangi bitkiden nektar toplamak amacıyla yararlandığı saptamak için laboratuvar koşullarında bal içerisinde polen sayımı yapılmaktadır. Kovandan alınan bal örneği içerisinde bulunan polenlerden yararlanılarak bal arılarının toplamış olduğu baldaki bitki kaynaklarının polenin oranı (%) saptanmaktadır (Taşkın ve İnce, 2009). Elde edilen bu değerlerden yola çıkarak balın nektar kaynakları saptanmaktadır. Dolayısıyla bal arısının da hangi bitkilerin çiçeklerine tarlacılık yaptığı ve o yörede bulunan çiçek kaynaklarının neler olduğu konusunda bilgi edinilmesi sağlanmaktadır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arılarının Vücut Tüylerindeki Polenler



Ayçiçeğinde Polinasyon Yapan Arının Vücudundaki Polenler

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bu işlem için bal örneğinden Roubik (1995)'in bildirişine uygun olarak önce 10 g bal alınarak 40°C sıcaklıktaki 20 cm³ suda çözülmesi sağlanmaktadır. Eriyik 10 dakika 3000 rpm'de santrifüje edilmekte, çöktelden ayrılan sıvı çekilerek alındıktan sonra tekrar 10 ml saf su ile yeniden karıştırılmakta ve 5 dakika süreyle santrifüje edilmektedir.

Daha sonra Eti (1990)'ye göre sayım yapılmak üzere tekrar üzerindeki sıvı alınıp atılmakta ve çöktelden iki damla hemasitometrik lam üzerinde bulunan iki sayma odacığı üzerine damlatılarak üzeri lamel ile kapatılmaktadır. Polen kaynaklarının sınıflandırılmasında olduğu gibi sayım gerçekleştirilmekte, sayımlar sonucunda polenler kaynaklarına göre belirlenmektedir.

3.4. Bal Arılarının Polen Kaynağının Belirlenmesi

Bal arılarının hangi bitkiye ne düzeyde polen tarlacılığı yaptığını saptamanın bir yolu da kolonilerden polen tuzağı yardımıyla polen örneği toplamaktır. Bu amaçla araştırmanın gerekçesine uygun olarak belli saatlerde polen örneği toplanabileceği gibi, arıların yoğun tarlacılığa başladığı 06:00'dan itibaren ve saatlik periyotlar halinde akşam 18:00'e kadar tuzak kullanılabilir. Arılıkta bulunan her bir koloninin tarlacılık tercihi farklı olacağı için çalışmalarda bu durum kesinlikle göz önüne alınarak uygulamaya gidilmelidir.

Ölçüm yapılacak olan günlerde polen tuzağı kullanılarak bal arısı kolonilerinde polen toplama işlemi yapılmaktadır. Polen tuzağı takma işlemi tüm deneme süresince gruplarda bulunan kolonilere eşit bir şekilde dönüşümlü olarak yapılmalıdır.

Her bir polen tuzağında biriken polen yükleri, üzerinde kovan numarası, toplandığı yer ve saatler yazılı olan şişelere konulmalıdır. Daha sonra bu polen örneklerinde laboratuvarında mikroskop altında bitki polenlerinin sayımı yapılarak bal arısının topladığı polenlerin oranı (%) belirlenmelidir (Sawyer, 1981). Hazırlanan preparatlarda, polenine rastlanan taksonlar, % değerine bakılarak eser (% 1-5), minör (% 6-20), sekonder (%21-50) ve dominant (%50'den yukarı) olarak gruplandırılmaktadır. Elde edilen polen yüklerindeki polen taneciklerinin sayımı Eti (1990)'nin belirttiği yöntemle yapılmaktadır.

Bu yöntemle göre, polen yüklerinden alınan yaklaşık 10-20 g polen örneği üzerine 10 ml su eklenmiş ve yüzey gerilimini azaltmak için de eser miktarda sıvı deterjan damlatılacaktır. Daha sonra polen

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

örneği bir cam bagetle karıştırılmalıdır. Karışımın daha homojen bir yapıya kavuşturulması amacıyla bir cam pipetle karışım içerisine birkaç kez üflenmelidir. Pipet yardımıyla bu karışımdan alınan iki damla, hemasitometrik lam üzerinde bulunan iki sayma odacığı üzerine damlatılarak üzeri lamel ile kapatılacaktır. İki sayma odacığında rastgele seçilen 4'er büyük karede bulunan ve oküler ağ mikrometrede işaretli olan bölge içerisinde yer alan polenler mikroskopta bitki polenleri sayılacaktır.

Sonuçta bir lamda 8 ayrı yerde sayım yapılmıştır. Bu sayımlar 2 paralel lamda olmak üzere tekrarlanmış ve toplam bir örnek için 16 adet sayım işlemi gerçekleştirilecektir. Verilerin değerlendirilmesi sonucunda bal arılarının polen bakımından hangi çiçeği, ne oranda tercih ettiği % olarak belirlenmektedir. Monofloral ballarda, balın elde edildiği asıl bitki türünün polen oranı %45'in üzerindedir. Bunun altındaki oranlara sahip ballar multifloral ballar kategorisindedir (Karadal ve Yıldırım, 2012)

4. Çiçeklerdeki Polen Miktarını Saptama Teknikleri

Bahçe bitkilerinde çalışma teknikleri açısından çiçekte bulunan polen miktarının sayısı ve canlılık oranları önem arz etmektedir. Arıcılık açısından ise bu durumun önemi bulunmamaktadır. Arıcılık için polenin besin değeri yanında, çiçekte bulunan miktarının ağırlık olarak ifadesi önemlidir. Bu nedenle polenlerin ağırlık olarak saptanması yöntemleri geliştirilmiştir.

4.1. Polen Miktarının n-pentane ile Saptanması

Polenlerin anterlerden uzaklaşmasına olanak tanıyan n-pentane kullanımı her çiçekte olumlu yanıt vermemekle birlikte ön çalışma ile hangi bitkilerde etkili olduğu saptandıktan sonra üzerinde çalışma yapılan bitkiye uygulama yapılmalıdır.

Bu konuda örnek bir çalışma olarak nar (*Punica granatum*) ağaçlarından araştırma materyali olarak yararlanılmıştır. Nar ağaçlarının hangi çiçek tipine ait olduğuna bakılmaksızın tesadüfi olarak seçilen, henüz açmamış fakat açmaya yakın olan çiçeklerinden 40 adet çiçek örneği alınmış ve bu çiçekler tesadüfi olarak 20'şerli 2 gruba ayrılmıştır. Çiçeklerin taç yaprakları ile çanak yapraklarının üst kısımları koparılarak patlama esnasında olası polen bulaşmasından kaynaklanacak polen kayıpları ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra her

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

bir grup ağırlıkları önceden belirlenen petri kutuları içerisine doldurularak hafif güneş gören bir cam kenarına konulmuştur.

Cam kenarında 1 gün bekletilen çiçeklerde olgunlaşma sonucu anterlerin patlaması gerçekleştikten sonra tekalar üzerinde var olan polenlerin tamamının alınması için petri kutusu, içerisinde anterleri patlamış çiçekler bulunduğu halde hafif dik konuma getirilmiş ve aşağıda kalan kısmına bir miktar n-pentane dökülmüştür. Daha sonra anterleri patlamış olan çiçekler sap kısmından tutularak, anterleri n-pentane içerisine batırılmıştır. Bu esnada anterler üzerindeki tüm polenlerin n-pentane içerisine anında karıştığı rahatlıkla görülebilmektedir. Buharlaşma yoluyla n-pentane hızla azaldığından sırasıyla bütün çiçeklere aynı işlemin hızla yapılması gerekmektedir. Tüm çiçeklerin anterlerini n-pentana batırma işlemi bittikten sonra n-pentanin buharlaşması için petri kutuları üstü açık bir şekilde bırakılmıştır.

Kısa bir süre içerisinde n-pentane ortamdan uzaklaştıktan sonra petri kutusunun dip kısmında polenlerin tamamının biriktiği görülmektedir. Biriken polenin ağırlığını belirlemek amacıyla içerisinde polen olduğu halde petri kutusu 0.001 g duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Tartım sonucu elde edilen ağırlık değerinden petri kutusunun boş ağırlığı çıkarıldığında 20 adet nar çiçeğine ait toplam polen ağırlığı miktarı elde edilmiştir. Sonuçta elde edilen bu değer çiçek sayısına bölünerek çiçek başına düşen polen miktarı ağırlık (mg/çiçek) olarak saptanmıştır (Kumova ve Korkmaz, 2001).

4.2. Polen Miktarının Ağırlık Olarak Saptanması

Keleş ve ark., (2003)'nın geliştirdiği bu yöntem iki aşamalı şekilde gerçekleştirilmektedir. Çiçek başına polen miktarının belirlenmesinin birinci aşaması olarak bir çiçekten anter örnekleri alınan şişe içerisine 10 ml su konulmakta ve anterlerin su alarak 4-5 saatlik bir zaman içerisinde şişmeleri sağlanmaktadır. Daha sonra, şişen anterler bir baget yardımıyla şişe içerisinde ezilerek içeriklerinin tamamen suya karışmaları sağlanmaktadır. Anterlerin tamamı patlatıldıktan sonra oluşan karışım içerisine yüzey gerilimini engellemek amacıyla eser miktarda sıvı deterjan damlatılarak karıştırılmaktadır.

Karışımın homojen bir şekil alması için bir pipet yardımıyla karışım içerisine birkaç kez üflenmektedir. Elde edilen bu karışımdan

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

iki damla alınarak hemasitometrik lam üzerinde bulunan iki sayma odacığı üzerine damlatılarak üzeri lamel ile kapatılmaktadır.

İki sayma odacığından rastgele seçilen 4'er büyük kareden yine tesadüfi olarak seçilen ve oküler ağ mikrometrede işaretli alan içerisinde bulunan polenlerin tamamı sayılmaktadır. Sonuçta bir lam üzerinde 8 ayrı yerde sayım yapılmaktadır. Bu sayımlar 2 paralel lamda olmak üzere bir örnekte toplam 16 sayım gerçekleştirilmektedir. Bir çiçekteki polen miktarının hesaplanması için sayma işleminde kullanılan objektifin büyütme gücüne bağlı olarak oküler ağ mikrometrenin lam üzerinde gördüğü alan ile büyük sayım odacığının hacminin 0.2 mm^3 olduğundan yola çıkılarak oküler ağ mikrometrede görülen karenin altına düşen hacim belirlenmektedir.

Oküler ağ mikrometrede işaretli alan altında bulunan hacim içerisindeki polen miktarından da yola çıkılarak 0.2 mm^3 'lük hacimdeki polen miktarı elde edilmektedir. Bu veri, başlangıçta kullanılan 10 mm^3 hacimle orantılandığında ortaya çıkan değer bir şişede bulunan 20 çiçeğe ait tüm anterlerde var olan polenin sayısal miktarını (ad) vermektedir. Bu temele dayalı olarak yapılan sayımlarda elde edilen veriler aşağıdaki formülde yerine konularak bir şişe içerisinde bulunan polen miktarı (ad/şişe) saptanmaktadır.

$$\text{PM} = (\text{KSM} * \text{TPM} * 1000) / (\text{LS} * \text{OBG2} * \text{HLD} * \text{BKS})$$

- PM : Polen Miktarı (ad/şişe)
KSM : Örneğe Konulan Su Miktarı (mm^3)
TPM : Bir Örnekte Büyük Karelerde Sayılan Toplam Polen (ad)
LS : Bir Örnekte Sayım Yapılan Lam Sayısı (ad)
OBG : Oküler Ağ Mikrometrenin Objektif Büyütme Gücü (mm)
HLD : Hemasitometrik Lam Derinliği (mm)
BKS : Bir Lamda Sayım Yapılan Büyük Kare Sayısı (ad)

Yöntemin ikinci aşamasında kullanılacak olan polen örneğini toplamak amacıyla polen ağırlığı saptanacak bitki çiçeklerinin her birinden yaklaşık 150-200 adet çiçek örneği alınmaktadır.

Bu çiçeklerin çanak ve taç yaprakları koparılarak her bir bitkinin çiçekleri ayrı ayrı petri kutularına alınmalı ve güneş gören bir yerde anterleri patlayıncaya kadar bekletilmelidirler. Patlayan anterlerden dökülen polenler bir fırça yardımıyla toplanarak darası

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

önceden alınmış olan ayrı şişelere doldurulmakta ve 0.0001 g duyarlı terazide tartılarak polenlerin ağırlıkları saptanmaktadır.

Ağırlığı saptanmış olan bitki polenleri ile aynı birinci aşamada olduğu gibi sayım yapılmaktadır. Bu sayımda da ağırlığı önceden belirlenmiş polen yığını içinde bulunan polen taneciğinin kaç adet olduğu hesaplanmaktadır. Sonuçta elde edilen bu verilerden yararlanılarak aşağıdaki formül yardımıyla bir çiçek başına düşen polen miktarı ağırlık olarak (mg/çiçek) belirlenmektedir.

$$\text{Polen Miktarı (mg/çiçek)} = \frac{\text{Ağırlığı Saptanan Polenlerin Miktarı (mg)} * 20 \text{ Çiçeğe Ait Polenlerin Sayısı (ad)}}{\text{Ağırlığı Saptanan Polenlerin Sayısı (ad) X 20 (çiçek)}}$$

Hesaplanan bu ağırlık miktarı da bir çiçeğe ait olan anter sayısına bölünerek anter başına polen miktarı (mg/anter) belirlenmektedir.

4.3. Bitkilerin Polen Potansiyelinin Saptanması

Elde edilen polen miktarından yola çıkarak bitki ekili parsellerin polen potansiyeli de saptanabilmektedir. Bu amaçla tesadüfi olarak seçilen 1 m²'lik büyüklüğe sahip 5 adet alanda bulunan bitkiler çiçeklenmenin bitmesini takiben elle hasat edilerek tohum tutan ve tutmayan çiçek sayıları (ad/m²) belirlenir. Elde edilen *dekara çiçek sayısı* ile *bir çiçeğe ait polen ağırlığı* çarpılarak bitkilerin bir dekarda çiçeklenme süresince üretmiş olduğu polen potansiyeli (kg/da) belirlenir (Korkmaz, 2003).

5. Çiçeklerdeki Nektar Miktarın Saptama Teknikleri

Polinasyon çalışmalarında bal arılarının sağladığı katkı yanında, çiçeklerin nektar ve polen veriminin saptanması da arıcılık açısından önemlidir. Polenin saptanması konusunda pek çok teknik bulunmakta ve uygulanması da pratikte kolay olmaktadır. Ancak aynı durum nektarın miktarının saptanmasında geçerli değildir.

Nektarın ağırlık olarak saptanması konusunda da pek çok çalışma yapılmış, arazideki özellikle sıcaklık başta olmak üzere iklimsel koşulların etkisi altında ağırlık saptanması konusunda zorluklar yaşanmaktadır (Korkmaz, 2003). Ağırlığı önceden saptanmış ve cam tüp içerisinde korunan kurutma kâğıtlarına nektarın emdirilmesi, daha sonra hassas terazide tartılması sonucu aradaki

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

farkın hesaplanması ile de nektar miktarı saptanabilmektedir. Elde edilen ağırlık miktarı çiçek sayısına bölünerek bir çiçeğe ait ortalama nektar miktarı belirlenmektedir. Bu yöntem bol nektarlı çiçeklerde olumlu sonuç vermekte, sıcak havada ise nektarın kurummasına neden olduğu için dikkatli olunmalıdır. Ayrıca tartım aşamasına kadar cam tüp içerisinde saklanmaya özen gösterilmelidir. Hatta cam tüp ile kurutma kâğıdı bir arada tartılarak, cam tüp içerisinde buharlaşmadan kaynaklanacak kayıplar da dikkate alınmalıdır (Free, 1992).

5.1. İnsülin Enjektörü İle Nektar Miktarının Saptanması

Nektar salgısı gün içerisinde büyük bir değişkenlik gösterdiği için nektar ölçümlerinin gün içersine yayılmış saatlerde elde edilmesi nektardaki günlük değişimi gözler önüne serecektir. Ayrıca belli bir saatte alınan ölçümden kaynaklanan hatalar en aza indirilecektir (Nicolson ve ark., 2007). Bu amaçla henüz yeni açmış/açmakta olan ve böcekler tarafından ziyaret edilmemiş çiçeklerin dip kısmındaki nektar bezleri üzerinde bulunan nektar damlacıkları ince uçlu insülin enjektörü yardımıyla çekilmektedir.

Her ölçüm saatinde bir enjektör kullanılarak en az 20 adet çiçekten çekilen nektar biriktirildikten sonra, arazi koşullarında herhangi bir sebeple ağırlık kaybı oluşmaması için enjektörün ağzı sıkıca kapatılmalıdır. Enjektörün üzerine ölçüm tarihi ve saati ile nektarı alınan çiçek sayısı yazılan etiket yapıştırılmalıdır. Buharlaşmadan kaynaklanacak her türlü olasılığa karşı tartım aşamasına kadar serin yerde saklanmalıdır.

Bu işlem yapıldıktan sonra elde edilen nektar örneği 0.0001 g duyarlı terazinin kefesine boşaltılarak saptanan ağırlık miktarı, nektar örneği toplanan çiçek sayısına bölünerek çiçek başına düşen nektar miktarı mg/çiçek/gün olarak belirlenmektedir.

Nektarın tartım işlemi bittikten sonra aynı örneklerde refraktometre ile nektarın kurumadde düzeyi saptanmalıdır (Korkmaz, 2003). Ancak kurumadde düzeyi doğrudan arazide alınan örneklerle de saptanabilmekte ve % olarak ifade edilmektedir.

5.2. Bitkilerin Nektar Potansiyelinin Saptanması

Elde edilen nektar miktarından yola çıkarak bitki ekili parsellerin nektar ve bal potansiyeli de saptanabilmektedir. Bu amaçla tesadüfi olarak seçilen 1 m²'lik büyüklüğe sahip 5 adet alanda bulunan

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

bitkiler çiçeklenmenin bitmesini takiben elle hasat edilerek tohum tutan ve tutmayan çiçek sayıları (ad/m²) belirlenir. Elde edilen metrekaresindeki çiçek sayısı ile bir çiçeğe ait nektar ağırlığı kullanılarak bitkilerin bir dekarda çiçeklenme süresince üretmiş olduğu nektar potansiyeli (kg/da) belirlenir (Korkmaz, 2003).

Nektarlı bitkilerin potansiyelini tespit etmek için birçok çalışma yürütülmüş ve çeşitli araştırmacılar tarafından nektar potansiyeli listeleri hazırlanmıştır (Crane ve ark., 1984). En düşük kapasitedeki nektar verimi 1. sınıf ile en yüksek nektar kapasitesi de 6. sınıf ile değerlendirilmiştir. Nektar verimine etki eden su, toprak, ısı gibi değerlerin en üst düzeyde olduğu kabul edilerek bir hektar alanda kapama olarak aynı nektarlı bitki var kabul edilir ve bu alanın toplam nektar verimi değerlendirmeye alınır. Bu duruma göre;

Nektar Sınıfı	Nektar Verimi (kg/hektar)
1. Sınıf	5-25
2. Sınıf	26-50
3. Sınıf	51-100
4. Sınıf	101-200
5. Sınıf	201-500
6. Sınıf	501-

Elde edilen nektardan ne kadar bal üretildiğini saptamak olası olmakla birlikte koloni başına bal verimini bu değer üzerinde saptamak yanıltıcıdır. Zira bal arılarının nektarı elde ederken mesafeye bağlı olarak harcadığı enerji, kolonideki yavru ve ergin arıların miktarı gibi faktörler koloni içerisindeki bal birikimini dolayısıyla koloniden elde edilecek bal miktarını da etkilemektedir. Bu nedenle nektar verimi ile bal verimini karıştırmamak gerektiği gibi bulundukları alandaki çiçeklerin yapısından yola çıkarak kolonilerin bal verimini tahmin etmek de olası değildir.

Uçmakta olan bir arının enerji ihtiyacı, kilometre başına yarım gram baldır. Başka bir ifade ile 3 milyon kilometre için 1 litre bal tüketmeleri gerekmektedir. Özetle 1 kg bal üretmek için arı kolonisi 8 kg bal tüketmek ve dünyanın çevresini 6 kez dolaşacak kadar tarlacılık yapmaktadırlar. Arılar tarafından üretilen balın büyük bir kısmı üretim esnasındaki gereksinimler için tüketilmektedir. Arıların depoladıkları miktar ise gereksinimleri dışında kalan miktardır (Crane, 1979). Bu

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

nedenle bal arısı kolonilerinde toplanan 1 kg nektardan ortalama olarak 500 gram bal elde edilmektedir. Yani nektarın içerisindeki su miktarını azaltarak yoğunlaştırırlar.

6. Farklı Arı Türlerinin Çiçek Tercihi

Arı türleri, bir veya birkaç bitki türünü ziyaret edip etmemesine göre *monotropik*, *oligotropik* ve *polotropik* olarak sınıflandırılırlar. Genellikle arı ve çiçek türleri arasındaki ilişki morfolojik olmaktan ziyade davranışsal ve fizyolojiktir. Fakat bazı monotropik ve oligotropik arılar çalıştıkları çiçeklerden polen ve nektar taşımak için özel morfolojik yapılara sahiptirler.

Arı-çiçek ilişkisi özellikle Panurgidae, Amdrenidae, Melittidae, Anthophorida ve Megachilidae arı familyalarında ve Cucurbitaceae, Onograceae bitki familyalarında saptanmıştır. Arı türleri politropik olduğu zaman bile bazı çiçek türlerini diğerlerine tercih etmektedirler. Pek çok yalnız arılar sadece kısa zamanda aktiflerdir ve birkaç çiçek türü olan yörelerde ortaya çıkmaktadırlar. Fakat sosyal arılar buna zıt olarak bir generasyon yavruyla ve kısa tarlacılık periyoduyla sınırlanmazlar. Çiçeklenme sezonunda sık sık tarlacılık yaparlar.

Bombus arıları ve bal arıları bölmeli çiçekleri tercih ederler. Bunun da kanıtı iki yanlı simetrik çiçeklerin daha fazla bombus arıları ve bal arıları tarafından ziyaret edilmeleridir (Free, 1970). Bombus arılarının farklı türleri, bazen ayrı açan çiçekleri ve habitatın farklı türlerindeki çiçekleri ararlar. *Bombus pascuorum* ve *Bombus sylvarum* kolonileri *Trifolium pratense* arazisinin yanına konulduğu zaman sadece *T. pratense* poleni toplamaktadırlar. Oysa *Bombus lucorum* kolonisi diğer türlerin poleninden %43 oranında toplamaktadır (Free, 1955). Bazı bombus arı türleri diğerlerinden daha az bitki türlerinden polen toplama eğilimindedirler.

Bawa (1983), polinatörler arasında var olan yarışın polinatörlerin tarlacılık etkinliğine, bitkilerin dağılımına ve miktarına bağlı olmadığını bildirmektedir. Ancak besin kaynaklarının az olduğu durumlarda türler arası bir yarışın ortaya çıkmaya başladığını, diğer taraftan polinatörleri kendine çekecek düzeyde fazla çiçeklenen bitkilerin farklı böcek türlerini kendine çekmekte olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca bu böceklerin bitkilere bağımlılık gösterdiğini ve besin tükenene kadar bu bitkiler üzerinde tarlacılık

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

yapmakta olduklarını belirtmektedir.

Erickson (1983), polinatörlerin tarlacılık etkinliklerinin temelinde çiçek rengi, kokusu, nektar ve polen gibi ipucu ve ödül olacak özelliklerinin rol oynadığını belirtmektedir.

Estes ve ark., (1983), polinatörlerin tarlacılık etkinlikleri üzerine, çiçeklerde bulunan çekici bileşenlerin, besin kaynağının bolluğu ve besleyici düzeyinin, tarlacının duyu ve hatırlama yeteneğinin, tarlacılık fizyolojisi ve morfolojisinin etkili olduğunu belirtmektedir.

Currie ve ark., (1990), bitkilerin yetiştirme ortamı ve çiçeklerin rengi gibi etmenlere bağlı olarak tarlacı arıların bağımlılığının büyük değişim gösterdiğini saptamışlardır. Baklada bal arısının %43 düzeyinde tarlacılık yapmasına karşılık yaprakkesen arısının %22 düzeyinde tarlacılık yaptığını, ayrıca bal arılarının sabah erken ve öğleden sonra nektar tarlacılığı, öğle saatlerinde nektar ve polen tarlacılığı yaptıklarını vurgulamaktadırlar.

Williams ve ark., (1991), yoğun toprak işleme nedeniyle pek çok polinatör türlerinin zaman içerisinde yok olduğunu bildirmektedirler. Yoğun olarak bulunan bal arısı popülasyonu nedeniyle yabancı arıların nektar ve polen için yapılan paylaşımda zarar görmekte olduklarına da vurgu yapmaktadırlar. Bu açıdan küçük çaplı yapılacak arıcılık faaliyetleri ile şehirleşmeye bağlı olarak sayıları gittikçe azalan yabancı arı popülasyonu üzerindeki bu baskının kalkacağına da işaret etmektedirler.

Williams ve Christian (1991), arıotu ile yaptıkları çalışmada en yüksek çiçeklenme döneminde bitki üzerindeki arı yoğunluğunu 20 arı/m²'nin üzerinde belirlemişlerdir. Bombus arılarının bal arılarından uzun süreli olarak bu bitkiden yararlanarak en üst düzeyde tarlacı yoğunluğunu sürdürdüklerini, arıotunda tarlacılığın, farklı tarihlerde ekilen parsellerin hepsinde saat 13:00'e kadar yapılmakta olduğunu, bu saatten sonra büyük oranda düşme belirlemişlerdir. Arıların arıotu ziyaretinin nedeninin polenden ziyade nektar amaçlı olduğunu, bal arılarının %22'si ve bombus arılarının %3'ünün polen için tarlacılık yaptıklarını saptamışlardır.

Bauer ve Engels (1992), içerisinde %40 oranında arıotunun bulunduğu 11 bitki çeşidiyle oluşturulan arı merasında 7 Bombus türü, Psithyrus, birkaç Andrena türü, Sphecodes, Hylaeus ve Halictidae familyasına ait birkaç tür ile bal arılarının tarlacılık yaptıklarını, fakat

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

aralarında bir yarışın olmadığını bildirmektedirler.

Free (1992), bir böcek çiçek üzerinde tarlacılık yaparken çiçeğin büyüklüğüne bağlı olarak başka bir böcek geldiğinde ya ikisi ya da bir tanesinin uzaklaşıp gittiğini, bu durumun da diğer çiçeklerin tozlanma şansını artırdığını öne sürmektedir. Ayrıca diğer polinatörlerin doğadaki eksikliğini gidermek amacıyla bal arılarının kullanılmasının zorunlu hale geldiğini bildirmektedir.

Zandigiaco ve ark., (1992), ayçiçeğinin asıl polinatörlerinin bal arısı (%68), bombus arısı (%27) ve diğer arılar (%5) olmasına karşılık, arıotunda bal arısının %60, bombus arısının %33 ve diğer arıların %7 düzeyinde tarlacılık yaptıklarını saptamışlardır.

Patten ve ark., (1993), arıların tarlacılık yaptığı 21 tür bitkiyle yaptığı çalışmada; *Nepeta mussinii*, *Borago officinalis* ve *Phacelia tanacetifolia* bitkilerinin kısa dilli bombus arıları için çekici olmasına karşılık bal arılarının *B.officinalis*, *Raphanus sativus* ve arıotu bitkileri tarafından daha fazla çekildiğini bildirmektedirler. Tarlacılık etkinliği bakımından bal arılarının saat 15:00'de en üst düzeyde tarlacılık yapmalarına karşın bombus arılarının gün içerisine dağılmış bir şekilde tarlacılık yaptıklarını belirlemişlerdir.

Becker ve Hedtke (1995), temmuz ve ağustos aylarında çiçeklenen bitkiler üzerinde tarlacılık yapan böceklerin %79.5'inin bal arısı, %14.2'sinin bombus arısı olduğunu, ayrıca bitkiler içinde arıotunun %91.6, beyaz hardalın %4.6 oranında ziyaret edildiğini; çevrede yabani çiçekler üzerinde 41 yalnız yaşayan arı türü bulunmasına karşılık sadece 13 türünün bu bitkiler üzerinde tarlacılık yapmakta olduklarını saptamışlardır.

Kahl (1996), arıotunun böcekleri çekme özelliği nedeniyle yapılan biyolojik kontrol çalışmaları sonucunda bazı avcı böceklerin zararlıın bulunduğu yere çekilmesinde kullanıldığını bildirmektedir.

Buchmann ve Water (1998), *Osmia* arılarının elma ve badem ağaçlarının çevresinde arıotu bulunduğu arıotuna tarlacılık yapmakta olduklarını saptamışlardır. Arıotunun bulunduğu ortamlarda serbest uçuş yapan *Osmia* kolonilerinde %115'in üzerinde bir popülasyon artışı saptandığını, bu durumda ticari anlamda elma ve badem üretimi amacıyla *Osmia* arısı kullanılacağına yakın çevrede arıotu ekili alanın olmamasına dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Colley ve Luna (2000), sarı ve beyaz çiçeklerin *Diptera*

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

tarafından beslenme amaçlı olarak tercih edildiklerini, bitkilerin çekiciliğinin böcekler üzerine önemli düzeyde etki ettiğini, arıotunun bu böcekler için oldukça derin bir tüpe sahip olmasına karşın polenlerinin bu böcekleri çektiğini vurgulamaktadırlar.

Dewenter ve Tscharntke (2000), polinatörler arasındaki yarışın; çevresel koşulların değişimine, yarış yapan polinatörlerin varlığı ve sayısına bağlı olarak ortaya çıkabildiğini bildirmektedirler. Çiçekleri ziyaret eden yaban arılarının sayısının çiçeklenen bitki sayısının artmasına paralel olarak arttığını ve bal arılarının yaban arı türlerinden etkilenmeden tarlacılık yaptıklarını saptamışlardır.

7. Farklı Bal Arısı Kolonilerinin Çiçek Tercihi

Bir bal arısı kolonisi tarlacıları bir sezon boyunca birçok çiçek türünü ziyaret etmektedir. Fakat şüphesiz ki bu durum, bal arılarının iyi besin kaynaklarıyla sağladığı ilişki yeteneğine bağlıdır. Bu besin kaynakları bal arılarının besinlerinin çoğunu topladığı birkaç bitki türüne ait olduğunda tarlacılık artmaktadır. Buna karşılık diğerlerinden de az miktarda polen toplarlar. Eckert (1942) bazen yan yana bulunan koloniler tarafından toplanan polenlerin, büyük ölçüde farklı kaynaklardan geldiklerini belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar Schvan ve Martinous (1954) tarafından da bildirilmiştir. Koloniler arasındaki bu farklılığın kısmen öncü arıların yeni ürün araştırırken bu kaynağı keşfetmesinden kaynaklandığı görülmektedir. Bal arılarının çoğunluğu besin kaynaklarını kendileri araştırmamakta ve dans eden arılar tarafından yönlendirilmektedirler. Belirli polen tiplerine yönelmedeki farklılıklar, kolonilerin beslenme alışkanlıklarındaki farklılıkları açıklamaya yardımcı olmaktadır.

Louveaux (1954) iki türün çiçeklenme periyodu arasında 10 gün fark olmasına rağmen çoğunlukla *Brassica napus* polenleri toplayan kolonilerin aynı zamanda *Brassica napus* polenleri topladığını da saptamıştır. Belirlenen koloniler Cruciferous polenini seçmişlerdir. Bu olay Free (1963) tarafından desteklenmiş ve koloni *Brassica alba* arazisine taşındığı zaman önceden toplanmış diğer Cruciferous polenleri toplayan arılar, *B. alba*'ya daha severek alışmışlardır. Koloniler arasındaki bu farklılıklar kısmen genetiksel farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Komşu koloniler tarafından toplanan belirli türlerin polenlerinin miktarı göreceli olarak sabit kalmaktadır. Ancak hava koşullarına ve polen varlığına bağlı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

olarak düşme ve artma olabilmektedir. Çiçeklenmenin erken evresinde bir polen çeşidinden az miktarda toplayan koloni, daha sonraki dönemde komşu kolonilerden aynı polenden daha fazla toplayabilmektedirler. Bir türün poleninden büyük oranda toplayan koloniler ise daha sonra daha az oranda toplayabilmektedirler.

Bir koloninin ziyaret ettiği türlerin sayısı yöreye de çok bağlıdır. Free (1959) İngiltere'de kolonilerin ortalama 30-40 civarında bitki türünü poleni için ziyaret ettiklerini bildirmiştir. Fakat polen toplama düzeyinde büyük değişkenlik ortaya çıkmış ve bazı koloniler diğerlerinin iki katı kadar yüksek oranda bitkileri ziyaret etmişlerdir. Bu farklılığın çoğu, koloninin toplam polen gereksiniminin sadece küçük bir oranını sağladıkları bitki türlerinin olduğu durumda ortaya çıkmaktadır. Arının bol polen topladığı bitki türleri genellikle bütün koloniler tarafından sevilen polenlerdir. Bu türler ya kültür bitkileri ya da çok yaygın yabani bitkilerdir.

Bal arılarının arıotu çeşitleri arasındaki tercihini saptamak için, Turan 82, T-98/1 ve T-98/2 çeşitlerinin ekili olduğu 3 parselde çalışma yürütülmüştür. Çiçeklenme periyodu boyunca her bir çeşide ait parselde belirlenen üç ayrı noktada haftada bir gün, bitkide bulunan çiçek ve tarlacılık yapan bal arısı sayımı yapılmıştır. Bu sayımlarda çiçek yoğunluğu Turan 82, T-98/1 ve T-98/2 çeşitlerinde sırasıyla ortalama 1077.60, 971.10 ve 1021.10 çiçek/m²; bal arısı sayısı ise ortalama 68.10, 62.36 ve 62.23 bal arısı/m² olarak belirlenmiş ve çeşitler arasındaki farklılık da önemsiz bulunmuştur. Çukurova Bölgesinde ekilen arıotu çeşitleri arasında bal arısı tercih yapmamakta ve her üç çeşitten çiçeklenme periyodu boyunca yararlanmaktadırlar (Kumova ve ark., 2001).

8. Adaptasyonu Zayıf Polinatörler ve Çiçekler

Çiçek ve tarlacı böcek birbirine iyi adapte olmadığı zaman, böcekler ziyaret etse bile polinasyon oluşmayabilmektedir. Genellikle böcekler poleni, iyi saklanmış olan nektardan daha kolay elde etmektedirler. Arı ve çiçeğin uyum yeteneği tam olmadığı zaman nektar toplayıcılar polinasyonu yapamamaktadırlar. Bal arıları çok sefer yapmasa da çiçeğin polinasyon mekanizmasına alışmakta ve katkı sunmaktadır. Ancak nektar toplarken de anterlere dokunarak polinasyona katkıda bulunmaktadırlar (Free, 1992).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bazı arı türlerinin dilleri, uzun korollaya sahip nektar bezlerine erişmek için çok kısa olduğundan dolayı çiçeklerden sadece polen toplamaktadırlar. Aslında birkaç istisnaya birlikte polen toplayan bal arılarının davranışı, nektar toplayanlardan daha fazla polinasyona yardım etmektedirler. Kısa dilli türlerin bazıları (Örneğin; *B. lucorum*, *B. terrestris*) genellikle korollanın tabanına yakın yeri ısırarak deler ve çiçeklerin içine girmeden deliğin içerisinden nektarı alır. Bal arısının çeneleri ısırarak böyle delik oluşturmaya uygun olmamasına rağmen onlar da bombus arılarının ısırdığı yerleri kullanabilmektedirler. Bu nedenle bombus arıları ve yağmacı bal arıları, polinatör olarak kullanışlı değildirler.

Pek çok bitki (Örneğin; *Vicia faba*, *Ricinus communis*, *Helianthus annuus*, *Cannabis sativus* ve *Gossypium spp.*) ekstrafloral nektar bezlerine sahiptirler. Şüphesiz ki bulundukları yerde yararlı biyolojik fonksiyon olarak hizmet etmesine rağmen, özellikle çiçekler açılmadan nektar salgıladığı zaman polinasyonda bazen zararlı etkiye sahip olmaktadır. Çünkü arılar polen toplamak amacıyla onları ziyaret etmemeye şartlanır ve bu durumda da etkin bir polinasyon gerçekleşemez (Free, 1992).

9. Bir Tarlacılık Seferinde Çiçeğe Bağımlılık

Arı türleri politropik olabilmesine rağmen bir sefer sırasında sadece bir çiçek türüne bağlı olarak bireysel davranmaktadırlar. Arının bağımlılığı erken zamanlarda dikkatleri çekmiştir. Darwin (1876) çiçek türlerine bağlı kalmanın yabancı polinasyon için bitkilere avantaj sağladığını bildirmiştir. Bu durum arılar için de yararlıdır. Ziyaret ettiği her bir çiçekteki nektar bezlerinin yerini öğrendiklerinden dolayı daha çabuk besin toplayabilmektedirler. Böylece türlerin nektar ve polen verimini devam ettirmesini ve artırmasını da sağlamaktadırlar.

Arıların çiçeğe bağımlılığı, arılar çiçek üzerinde beslenirken veya tarlacılık yaparken bunları gözlemek suretiyle çalışılmıştır. Birçok çiçek türleri birlikte yetiştirildiği zaman bal arıları genellikle istikrarlıdır. Bu istikrar bombus arılarında daha az, kelebeklerde nadirdir. Bombus arılarının bağımlılığının bu yönü özellikle Spencer (1965) tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmacı çiçek ve sebze bahçelerinden polen toplayan bombus arılarının topladıkları polenin

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

%17 saf olduğunu, buna karşılık homojen üründen toplanan polenin de %49 saf olduğunu saptamıştır.

Saf polen yüklerin oranını belirleme işlemi, çiçeğe ve bitkiye bağımlılığı belirlemede tamamen doğru bir yol değildir. Oysa çok karışık yükler sekiz tane olabileceği kadar sadece iki tür polen de içerebilmektedirler (Free, 1970). Ayrıca bir polen yükü arılar çiçekleri ziyaret ettikleri zaman farklı polen içerebileceği gibi rüzgârla taşınan başka bir polenin birkaç tanesini de içerebilmektedirler.

Michener (1974), bal arılarının nektar veya polen tarlacılığı amacıyla bitkiye geçici bir bağımlılık gösterdiğini, nektar veya polen tarlacılığı yapan arıların diğer günlerde çeşitli nedenlerle tarlacılık tercihlerini değiştirebileceğini bildirmektedir. Koloni içerisinde çok fazla türde çiçekten besin toplayan bal arısı bulunmasına karşılık, bal arılarının tarlacılık çalışmalarında bireysel olarak bir tür bitkiye ait çiçeğe bağımlılık gösterdiğini vurgulamaktadır. Bal arılarının genellikle kovanların çevresinde tarlacılık yapma eğiliminde olduklarını; bal arılarının bitkilere olan bağımlılığına çiçeğin şekil, renk ve kokusu başta olmak üzere, tarlacılık alanına bağımlılığın günün belirli zamanının etkili olduğunu bildirmektedir. Bal arılarının uçuş etkinliği üzerine sıcaklık, ışık yoğunluğu, rüzgâr, yağmur, çiy, koloni büyüklüğü, besin stoku, besinin elde edilmesinin kolaylığı, nektarın bolluğu, nektardaki kuru madde düzeyi gibi etmenlerin de etkili olduğuna işaret etmektedir.

Carpenter (1983), Heinrich (1983) ve Abrol (2012), nektar tarlacılığı yapan böceklerin besinin miktarı ve enerji içeriğine bağlı olarak tarlacılık tercihinde bulunduklarını ve besin toplama işlemini gerçekleştirdiklerini bildirmektedirler.

Winston (1987), bal arılarının nektar ve polen tarlacılığı davranışının, iklim ve diğer çevresel koşullar tarafından etkilenmekte olduğunu; özellikle hızlı rüzgâr ve aşırı yağmurun tarlacılık yoğunluğunu azalttığını bildirmektedir.

Al Fattah (1991), kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkisi polinasyonunda bal arılarının tarlacılık etkinliğini saptamak üzerine yaptığı çalışmada; kabak bitkisinin nektar salgısı ile bal arısının tarlacılık etkinliğinin; nispi nem, hava sıcaklığı ve rüzgar hızı tarafından etkilendiğini saptamıştır.

Poulsen (1973), bal arılarının topladığı 2.207 polen örneğinde yaptığı analiz sonucunda bal arılarının %13 kırmızı üçgül, %23 beyaz

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

üçgül, %27 bakla, %29 kolza ve %8 diğer bitkilerden polen tarlacılığı yaptığını saptamıştır. Kırmızı üçgül poleni genellikle öğleden önce ve sonra, beyaz üçgül poleni tüm gün boyunca, bakla poleni öğle ve öğleden sonra toplamışlardır. Arıların kolza poleninden sabah ve öğle saatlerinde yararlandıklarını ve bu duruma bağlı olarak tarlacı arı sayısında 12:00-18:00 saatleri arasında sabah saatlerine göre artış olduğunu belirlemiştir. Polen tercihi üzerine kolonilerin genotipik yapısının etkili olduğu ve salınan polen miktarı bakımından bitkiler ile saatler arasında önemli bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Kolonilerin bitkilerden topladığı polen oranı, koloni bazında değişiklik göstermekle birlikte kolza poleni toplama bakımından herhangi bir farklılık saptanamamıştır.

Tansı ve ark., (1996), arı merası olarak arıotunun kullanımı konusunda yürüttükleri çalışmada 15 Eylül, 30 Eylül, 15 Ekim, 30 Ekim ve 15 Kasım'da ekim yaptıkları parsellerde, çiçeklenmenin en üst düzeyde olduğu dönemlerde, sırasıyla 130, 91, 66, 201 ve 183 ad/m² bal arısı bulunduğunu saptamışlardır. Bal arılarının bu derece yoğun tarlacılık yapmaları ve arıotunun erken ilkbahar döneminde çiçeklenmesi nedeniyle, monokültürel ve yoğun tarımın doğal mera ve eğimli arazilerdeki bitki popülasyonlarını da azaltması sonucunda ortaya çıkan boşluğu doldurarak, bal arısı kolonilerine destek olabilecek bir bitki konumunda bulunduğunu belirtmektedirler.

Camazine ve ark., (1998), bal arılarının polen tarlacılığı tercihine kolonide azalan polen miktarına bağlı olarak bakıcı arıların sentezlediği C-phenylalanine içeren proteini geniş oranda tarlacılara vermesinin etkili olduğunu bildirmektedirler.

Korkmaz ve Kumova (1998), arıotu ekili parsele 0, 150, 300 ve 2.500 m uzaklıkta bulunan kolonilerden toplanan polen içerisindeki arıotu poleni oranlarını sırasıyla %5.19, %1.39, %2.61 ve %0 olarak belirlemişlerdir. Polen tuzağı kullanılan kolonilerden toplanan polen örnekleri içerisindeki arıotu poleni miktarları üzerine, kolonilerin arıotu alanına olan uzaklığının ve çiçeklenme süresinin etkisinin önemli olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bal arılarının kovanları yakınında bulunan çiçeklerden yararlanma eğiliminde olduklarını ve arıotu ekili parselden uzaklaştıkça yararlanma düzeyinin düştüğünü belirlemişlerdir. Araştırmacılar toplanan polen içerisindeki arıotu poleni oranının çiçeklenme süresince %14.39 düzeyine kadar çıktığını, ancak tüm dönem boyunca ortalama %3.06 olduğunu; bal

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

arılarının kovanları çevresinde önemli ölçüde besin kaynağı bulunmasına karşın koloni gereksinmesini karşılayabilecek düzeyde besin maddeleri içeren polen karışımını tercih ettiklerini saptamışlardır. Bu tercihe o dönemde çevrede bulunan hardal (*Sinapis alba* L.) bitkisinin etkide bulunduğunu belirtmektedirler.

Pankiw ve ark., (1998) bal arılarının polen tarlacılığı etkinliğinin çevredeki besin kaynaklarının elverişli olması yanında, arıların genotipine, kolonide depolanan polen ve bulunan larva miktarına bağlı olduğunu bildirmektedirler. Arı larvasında bulunan hekzan eksraktlarının bal arısının tarlacılık etkinliğini artırıcı yönde uyardığını ve dışardan bu maddenin verilmesi ile polen tarlacılığının artırılabilirdiğini vurgulamaktadırlar.

Dreller ve ark., (1999) koloni gereksinimine göre polen tarlacılığının artması veya azalmasına bağlı olarak ayarlandığını; nektar tarlacılığı yapan arıların koloni içerisinde nektarın yeterli olup olmadığı dikkate alınmadan çalışmalarına karşın polen tarlacılığı yapan arıların kolonideki larva miktarı ile petek gözlerine depolanan polen miktarına bağlı olarak polen tarlacılığı yaptıklarını belirtmektedirler.

Karışık yükte ortaya çıkan farklı polenlerin biçimleri, arının davranışını da göstermektedir. Sonuçta pek çok bal arısı ve bombus arısı, birkaç seferde polen toplamaktadırlar. Bununla birlikte bu dezavantajlara rağmen polen yüklerinin incelenmesi bal arısının tercihi noktasında çok güvenilir ve bağımlılığı saptamanın objektif yoludur.

Nektar toplayıcıların çiçeğe bağımlılığı, sadece onları gözlemekle belirlenebilmektedir. Arıların nektar yüklerindeki polen tanelerini incelemek, bağımlılığı belirleme çalışmalarında güvenilir olmayabilmektedir. Çünkü bal arılarının bal mideleri tarlacılık amacıyla kovandan ayrılırken boş değildir. Bununla birlikte bu teknik, çiçekleri ziyaret eden diğer böceklerin bağımlılığını belirlemek için yararlı bir yöntem olmaktadır.

Sonuç olarak bal arıları evrimsel süreç içerisinde bitkilerin polinasyonunun garanti altına alınması ve polenlerin ziyan olmaması ilkesi polinasyonda temel ilkedir. Bu yaklaşıma paralel bir şekilde bal arısı, bir tarlacılık seferinde polen toplamaya başladığı çiçeği değiştirmemekte, yaptığı tarlacılık seferi süresince aynı tür bitkinin çiçeğine polen ve nektar tarlacılığı yapmaya devam etmektedir.

10. Ardışık Seferlerde Çiçeğe Bağımlılık

Bal arısının tarlacılık çalışmalarındaki davranışını ortaya koymak amacıyla yapılan gözlemler, bitkiyi ziyaret eden arıların işaretlenmesi ve yakalanması suretiyle yapılmıştır. Bal arıları art arda gelen seferler sonunda kovanlarına dönmektedirler. Bununla birlikte bu gözlemler genelde arıların bağımlılığının küçük bir belirleyicisidirler. Çünkü işaretlenmiş arılar bitkide besin aramadığı zaman başka bir yerde aynı veya başka türleri ziyaret etmiş olabilirler.

Art arda seferlerde veya günlerde bal arılarının genel tarlacılık bağımlılığını bulmak için Free (1963) polen tarlacılığı yapan arıları işaretlemiş ve salmıştır. Arılar kovanlarına döndükleri zaman da polen yüklerini alarak tanımlamıştır. Ancak polen tarlacılarının oranını bulmak için izleyen günlerde işaretlenen arılar azalmıştır. Bir gün sonra polen toplayıcıların %70-90'ı orijinal polenlerden toplamışlardır. Fakat bir hafta sonra sadece %40-60'ı öyle yapmıştır. Yapılan çalışma sonucunda çok yaygın polenleri toplayan arıların, bu çiçeklere çok bağımlı olmaya eğilimli olduklarını ortaya koymaktadır.

Bal arıları normal koşullarda bağımlı olduğu poleni toplama eğiliminde iken zamanla tarlacılık tercihinin değişebilmektedir. Birkaç çiçekte (Örneğin; *Pyrus malus*, *Helianthus annuus*) polen tarlacılığından nektar tarlacılığına geçiş çok kolay olup bireysel arılar, bir davranış şeklini isteyerek diğerine değiştirirler. Polen yüklü arıların çoğu nektar toplamış da olabilirler. Bu arada polen de toplayabilirler. Diğer çiçeklerden (Örneğin; *Vicia faba*, *Trifolium pratense*) ya sadece nektar ya da sadece polen de toplarlar. Karışık polenlerin arı davranışları tarafından belirlenmesi de olasıdır (Free, 1963). Karışık polen toplayan bal arılarının, aynı karışımı tekrar topladıkları saptanmıştır. Percival (1947) bir polen yükünün tabakaları arasında başka bir polen tabakası olduğunu bildirmiştir. Belki de bu seferlerde arılar yeni bir polen toplamış, fakat orijinal polene tekrar geri dönmüşlerdir.

Bombus arıları ortalama olarak bir seferde bal arılarından daha az polen veya nektar tarlacılığına bağımlı olmalarına rağmen, (Free, 1970) bazı *bombus* türlerinin bal arılarından büyük ölçüde farklı olmadığını saptamıştır. Örneğin, *B. lucorum* polen tarlacılarının %70'i 10 günlük periyotta bağımlı kalmışlardır. Bal arılarına zıt olarak *bombus* arısı tarlacıları art arda gelen birkaç seferde aynı kombinasyonda polen toplamışlardır. Bununla birlikte bal arılarında

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

olduğu gibi karışık yüklerin varlığı bazen bombus arısının ilişkide olduğu bir türden bir türe taşıdığını, intikalin aniden ortaya çıktığını, fakat genellikle polen toplanan her iki türe bir veya daha fazla sefer yapıldığını göstermektedir. Yukarıdaki sonuçlar ortaya koymaktadır ki, bir tarlacı bal arısı bir türe bağımlı kalma eğilimi göstermektedir. Ancak bir türden yeterince yararlanamazsa o türü terk edip yeni ve daha yararlı bir türden yararlanmayı gerektirecek şekilde yeni bir türe adapte olmaktadır.

Ribbands, (1949) bir arının tarlacılık bağımlılığının ziyaret edilen ürünün mevcut verimi ve geçmiş verimi hakkındaki izlenimi tarafından belirlendiğini bildirmektedir. Bir çiçek başka bir çiçekten beslenmek için terkedildiğinde bu arı terk ettiği ürünü belli aralıklarla ziyaret edebilmektedir. Adapte olma özelliği koloniler yeni alanlarına taşındığı zaman dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Free (1963) eski ve yeni alanların bitki örtüsü aynıysa arıların çoğunun her iki tarafta da aynı bitki türünü ziyaret ettiğini bildirmektedir. Bu ziyaretlerdeki davranışsal değişiklik, eski ve yeni alanlardaki farklı türlerin ortamda baskın olduğu durumda oluşmaktadır. Gerçekte bağımlılık, başka alanlara taşınmayan kolonilerde de benzerdir. Sonuçta bal arıları yeni besin kaynağı arama ve tanımda zaman harcamamak amacıyla, ardışık seferlerde de var olduğu müddetçe bir çiçek kaynağına bağımlılık göstermektedirler (Korkmaz, 2003).

11. Bal Arılarının Tarlacılık Uzaklığı

Polinasyon için bal arısı kolonileri mümkün olduğu kadar etkili bir şekilde yönetilmelidirler. Bu işin nasıl yapılacağı konusunda pek çok çalışma yapılmış olup gelecekte dikkate değer gelişmeler de sağlanacaktır. Bununla birlikte bal arısı kolonileri geçmişten daha ekonomik ve daha etkili bir şekilde polinasyonda kullanılmaktadırlar.

Pek çok arıcılık uygulamasının konusu, fazla miktarda nektar üreten bitkilerin çiçeklenme zamanında yeterli büyüklükte koloniler elde etmektir. Ayrıca bitki polinasyonu için yeterli büyüklükte kolonilere sahip olmak da büyük bir öneme sahiptir. Koloni gelişiminin iklim ve yöreye bağlı olarak değişim gösterdiği gerçeği bu noktada önem arz etmektedir. Sıcak iklimlerde yavru yetiştiriciliği önemli ölçüde azalır, kış esnasında durur ve yaz ortasında en üst noktaya çıkar. Bu durum göz önüne alınarak uygun mevsimde uygun koloniye sahip olmak polinasyon başarısının temel koşuludur.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Koloni büyürken tarlacı arıların sayısı, koloni büyüklüğü ile birlikte orantılı olarak artmaz. Fakat yumurtlama en üst düzeye ulaştığı zaman besin gereksinimi nedeniyle tarlacı sayısı da artmaktadır. Yavru ve ergin arı oranı ile birlikte tarlacılıkta kullanılan ergin arıların oranı da büyük ölçüde artar. Büyük boyutlu kolonilerde onların büyüklüğüne bağlı olarak daha fazla bal depolanır (Moeller, 1961). Bununla birlikte geniş koloniler bütün zamanlarında daha büyük tarlacı popülasyona sahiptirler ve polinasyon çalışması için de tercih edilmektedirler. Ancak bazı durumlarda küçük koloniler daha kullanışlı olmaktadır. Çünkü tarlacılık şartlarındaki bozulma durumunda büyük koloniler küçük kolonilerden daha fazla zarar görmektedirler (Free ve Preece, 1969).

Büyük olasılıkla tarlacılığı teşvik eden ana arı feromonlarıdır. Geniş kolonilere göre küçük kolonilerde feromonun yoğunluğu daha azdır. Bu nedenle küçük kolonilerde daha büyük yavru/arı oranı bulunduğundan bu durum küçük kolonilerde daha büyük oranda arıyı tarlacılığa teşvik etmektedir. Bu olay Todd ve Reed (1970)'in her yavru birimi için toplanan polen miktarının mevcut yavru miktarıyla azaldığını açıklamamıza da yardım etmektedir. Böylece küçük koloniler, beslenme koşulları geliştiği zaman oransal olarak beslenme kapasitelerini daha az geliştirebilmektedirler. Koloni kuvvetiyle, kolonilerin tarlacılık yapanlarının sayısı doğrusal olarak artmaktadır. Bu nedenle bizim var olan bilgilerimize göre geniş popülasyona sahip koloniler için kiralama ücreti arıların her bir ek peteği için aynı miktarda artırılmalıdır.

Polinasyon için koloniler kiralandığında bunların minimum ölçüde gereksinimi karşılamaları önemlidir. Bu ölçü mevsime göre değişmekte ve genelde meyve ağaçlarının çiçeklenmesi geç olduğunda daha az olmaktadır (Connor, 1975). Polinasyon amacıyla kolonileri değerlendirme, peteklerde bulunan arı veya yavru sayısına göre yapılmaktadır. Todd ve Reed (1970)'e göre kolonideki yavrulu bölge koloninin polinasyon değerini belirlemede geçerli bir ölçüttür.

Matheson (1991) kivi polinasyonu için bal arısı kullanımını tavsiye etmektedir. Polinasyon için kullanılan bir kovan en az 7.000 cm²'lik yavrulu alan içermelidir. Bu alanın en az %25'i larvalı ve yumurtalı olmalıdır. Ayrıca yavruların çoğu kovanın alt kısmında olmalı, verimli genç ana arı bulundurmalıdır. Ergin arıyla kaplı 12

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

çerçevesi, arının yayılması için yeterli boş petekler ve polinasyon yaparken beslenmesi için yeterli bal ve polen de bulunmalıdır.

Mc Gregor (1981)'un önerdiği metoda göre standart bir koloni, arılarla örtülü 17 petek ve bu peteklerin de sekizi kapalı yavru içermelidir. Kolonilerin büyük ve küçük olmasına göre kiralama ücreti artabilir veya azalabilir. Ayrıca kiralama ücreti, bitki ekili alana konulacak koloni yoğunluğuna bağlı olarak da artırılmalıdır.

Mümkün olduğu her zaman arılar besin toplamak için kovan yakınına tercih etmektedirler. Bu tercih, başarılı tarlacıların daha fazla taraftar arı toplamak için dans etmeleri ile artırılmaktadır. Örneğin, Vansel (1942) *Pyrus communis* ağacındaki arıların sayısının bahçenin yakınındaki kolonilerden 60-90 metrede büyük ölçüde azaldığını, 120-150 metre uzakta ise birkaç arı bulunduğunu saptamıştır.

Butler ve ark., (1943) kolonilerden 146 metre uzaklıktaki şeker şurubu tabaklarında, 365 metre uzaktakinden daha fazla ziyaretçi olduğunu gözlemlemişlerdir. Braun ve ark., (1953) bombus arısı ve bal arısının eşit bir şekilde *Trifolium pratense*'den oluşan küçük arazide dağıldığını, sayılarının çevreden geniş sahaların merkezine doğru azaldığını göstermiştir. Haragsim ve ark. (1965) *Medicago sativa* arazisinde radyoaktif altınla kolonileri işaretlemiş ve uzaklık arttıkça azalan radyoaktifli arıları 100-200 metrede %48, 200-300 metrede %42, 300-400 metrede %38, 400-500 metrede %28 olarak bulmuştur.

Özellikle uygun olmayan hava koşullarında arılar kovanları yakınında besin toplama eğilimindedirler. Bu olayın genellikle meyve bahçelerinde olduğu saptanmıştır. Nevhryta (1957) 12-15°C'de arıların, kovanlarından 125 metreden daha uzakta bulunan *Prunus avium* ağaçlarını ziyaret etmediklerini bildirmiştir. Butler ve ark. (1943) uygun olmayan hava koşullarının arıların uzak mesafelerdeki şeker şurubu tabaklarını ziyaret etmesini engellediğini bildirmişlerdir. Ayrıca arıların kovan yakınındaki tabakları sabahleyin erkenden veya akşamleyin geç vakitlerde ziyaret ettiklerini saptamışlardır.

Bal arısı kolonilerinin ariotu poleninden yararlanma düzeylerini belirlemek amacıyla bitki parseline 0 m, 150 m, 300 m ve 2500 m uzaklıkta bulunan arı kolonilerinden toplanan polen miktarı sırasıyla ortalama 16.19 g, 23.18 g, 17.39 g ve 11.74 g olarak; deneme süresince polen tuzaklarında bulunan ariotu polenin oranı sırasıyla %5.19, 1.39, 2.61 ve % 0 olarak saptanmıştır (Korkmaz, 1998).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Arıotunda Bal Arısı Kolonilerinin Polinasyonda Kullanımı



Badem Polinasyonunda Bal Arısı Kolonileri

12. Bireysel Bal Arılarının Beslenme Alanları

Birçok araştırmacı, bal arısı kolonilerinin çiçekli bitkiye taşındığı zaman arıların tarlacılık alanının ilk önce kovanlarının çevresi olduğunu ve tedrici olarak genişlediğini bildirmişlerdir. Weaver (1957) *Vicia villosa*'da tarlacılık yapmalarına izin verilen kolonilerin arılarının, ilk birkaç saatlik zaman esnasında büyük miktarının kovan yakınında yoğunlaştığını bildirmiştir. Karmo (1958) arı kolonilerini *Vaccinium angustifolium*'a koymuş ve tarlacılık sahalarının ilk yarım günde tedrici olarak 137 metreye, ikinci günde 686 metreye genişlediğini saptamıştır. Levchenko (1959) koloniler yeni bir bölgeye yerleştirildikleri zaman arıların tarlacılık bölgeleri ilk günde 200 metreye, ikinci ve üçüncü günde 300 metreye, dördüncü ve beşinci günde 800 metreye genişlemiştir. Ayrıca kuvvetli kolonilere ait arıların tarlacılık alanlarını, zayıf kolonilerdeki arılardan daha hızlı bir şekilde genişlettiklerini belirlemiştir.

24 hektarlık alana sahip *Brassica alba* parselinin her bir kenarının ortasına bir koloni yerleştirilmiş ve merkeze doğru tarlacı arı sayılarının azaldığı saptanmıştır. 11 gün sonra koloniler tarlacılık alanlarını genişletmemişlerdir. Daha önce var olan kolonilerin yanına iki koloni daha eklenmiştir. Sonraki üç günde yeni gelen kolonilerin arıları daha önceki kolonilerin arılarına oranla tarlada daha dengeli bir dağılım göstermişlerdir. Belki de orijinal kolonideki arılar tarlanın diğer alanlarında daha iyi beslenme alanları olmasına rağmen kovan yakınlarındaki beslenme alanlarına bağlı kalmışlardır. Diğer sonuçlar da göstermiştir ki, tarladan farklı uzaklıklara yerleştirilen koloniler tarla yanında olan kolonilerin arılarından daha fazla, en iyi beslenme alanı seçme eğilimindedirler. Bu durumda kolonilerin yoğunluğu ve yakındaki çiçeklerin beslenme ile tüketilme hızı, göz önüne alınması gereken önemli faktörlerdir (Free, 1992).

Genellikle bitkilerin yalnızca bir kısmı aynı anda çiçek açmaktadırlar. Bu da yabancı polinasyon için tercih edilen bir durumdur. Arılar tüm besinlerini bitkilerden toplayıncaya kadar bitkiye bağımlı kalmazlar. Fakat normal olarak yalnızca her bir çiçeğin (*Fragaria X Ananassa*) küçük miktarını ziyaret ederler. Bazen de her çiçek grubundaki (*Helianthus annuus*) çiçeklerin az bir kısmını ziyaret ederler. Bu davranış yabancı polinasyon için yararlıdır.

Besin toplamak amacıyla bir bitkiden bir bitkiye hızla hareket etmelerine rağmen, arılar nispeten küçük bölgelerde tarlacılık yapma

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

eğilimindedirler. Yapılan araştırmalarda pek çok bal arısının işaretlenen bitkilerin yakınına art arda sefere çıktıkları gözlenmiştir. Macdaniels (1930) meyve bahçelerindeki arıların çok lokal çalıştıklarına, bir tarlacılık seferinde bir ağaçta çalıştığını ve kendine kısır ağaçların meyve tutumunda tarlacılık bölgesinin büyüklüğünün pratik önemi olduğuna vurgu yapmıştır.

Minderhoud (1931) *Brassica juncea*, *Trifolium pratense*, *Taraxacum officinale* ve *Reseda lutea* parsellerinde işaretlenen bal arılarının 10 m²'lik alanda tarlacılık yaptıklarını saptamıştır. Buzzard (1936) işaretlenen arıların *Helianthemum*, *Doryenium* ve *Melilotus*'un aynı parseline veya *Cotoneaster horizontalis*'in çiçekler solana kadar aynı dalına devam etme eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Fakat çalışılan bölge kullanılan çiçeklerin sayısı ile değişmektedir.

Butler ve ark., (1943) *Epilobium angustifolium*'un 5X7 metrelik küçük parçasını ziyaret eden işaretli arıların 24 saat sonra %90'ının bu bölgede hala tarlacılık yaptığını, %10'unun ise merkezden 5 m uzakta tarlacılık yaptığını bildirmişlerdir. İzole edilmiş *Echinops sphaerocephalus*'u ziyaret eden işaretli arılar nadiren 17 m uzaktaki komşu parselleri ziyaret etmişlerdir. Ancak işaretlenmiş arıların sayısı her geçen gün azalmıştır.

Butler ve ark., (1943) yapay bitki şekli verilmiş ve içerisine şeker şurubu konulan 112 petri kutusunda bal arılarının tarlacılık bölgelerindeki davranışları konusunda çalışmışlardır. Şeker şurubu vermek suretiyle bir tabağa tarlacılık yaptırarak, bir arının beslenme alanını sınırlamayı başaramamışlardır. Bununla birlikte arılar, şartlandığı tabaklar boş olunca komşu tabaklardan besin bulma ve tarlacılık yapana kadar aramaya devam etmişlerdir. İzleyenler de boş tabakları ziyaret etmelerine rağmen zamanla arama eğilimlerini azaltmışlardır. Bunun için bölgeye bağımlılık, çiçek türüne bağımlılık gibidir. Doğal bitkilerde bu çalışmaların bir sonucu olarak Butler (1945) nektar varlığı veya yokluğu çiçeklerin ziyaret edilip edilmediğini, nektar bolluğu ise ziyaret eden tarlacıların oranına etki eder sonucuna varmıştır. Fakat sahada bu iki faktörü birbirinden ayırmanın zorluğuna da işaret etmiştir.

Singh (1950) *Malus domestica*, *Fagopyrum esculentum*, *Taraxacum officinale*, *Lotus corniculatus* ve *Trifolium hybridum* parsellerinde tarlacılık yaparlarken bireysel arıların davranışlarını gözlemiştir. Tarlacılık bölgesi, özellikle durgun ve güneşli havada, bol

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

nektar ve polen olduğu zaman sınırlı olmaktadır. Fakat besin miktarı çok az olduğu zaman tarlacılık alanı çok genişlemekte, arılar her çiçek için daha az zaman harcamakta ve araziye daha kolay dağılmaktadırlar.

Ribbands (1949) *Eschscholtzia* spp., *Tropaeolum majus* ve *Papaver rhoeas*'ı ziyaret eden işaretlenmiş arıları gözlemiştir. Tarlacılık bölgesinin boyutlarının çok değişken olduğunu ve bu durumun çiçek sayısı, nektar ve polen içeriğince etkilendiği sonucuna varmıştır. Tarlacı arılar, dinlenmeden bir tarlacılık bölgesinden diğerine ve ötelere hareket etmektedirler. Bal arılarının tarlacılık bölgesinde artarda süren seferlerde aynı yere veya yakınına gitme eğiliminde olduğunu saptamışlardır.

Weaver (1957) *Vicia villosa* bitkisinde aynı bölgede bireysel arının defalarca tarlacılık yaptığını gözlemiştir. Seferlerinin sonunda arılar kovana dönmeden önce birkaç çiçeği de ziyaret etmektedirler. Araştırmacı geliştirilmiş veya belirlenmiş beslenme alanlarında hassas bir denge olduğunu, fakat mevcut nektar miktarı azaldığı zaman arılar tarafından beslenme alanlarının genişletildiğine vurgu yapmıştır.

Free (1966) meyve bahçelerinde var olan polen ve nektar miktarının etkisi hakkında da benzer sonuçlara varmıştır. Besin varlığındaki dalgalanmalar, bir arının geniş bir alandaki çiçekten daha fazla beslenmesini açıklamaya yardım etmektedir. *Trifolium hybridum*'da bal arısının tarlacılık alanının büyüklüğü tek bir seferde 7 m²'dir. Fakat bir günlük tarlacılık sırasında 12-46 m² arasında ve 13 günde 122 m²'ye artış göstermektedir. Free ve Spencer (1964) kısa boylu *Malus domestica* ağaçlarının olduğu bahçede bir sefer sırasında bal arılarının 2 günde 340 m² ve 8 günde 996 m²'ye yayıldığını saptamıştır.

Kikuchi (1963) bir böcek, üzerinde çalışan başka bir böcek olan bir çiçeğe vardığında genellikle ya ikisi veya onlardan birinin uçup gittiğini bildirmektedir. Tarlacılık bölgesinde ortaya çıkan bu durum, bitkide artan böcek yoğunluğunun azalmasına ve rekabetin olduğu diğer çiçeklere arıların dağılmasına neden olmaktadır. Buna karşılık bu davranış çiçeğin büyüklüğüne de bağlıdır. Çiçek geniş olduğu zaman (Örneğin; *Helianthus annuus*, *Allium fistulosum* ve *A. odorum*) iki veya daha fazla böcek aynı çiçekte çalışmaktadırlar.

Weaver (1956) *Vicia villosa* üzerinde çalışan arıların dağılma eğiliminin beslenme alışkanlıklarına bağlı olduğunu göstermiştir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Çiçek tablasından nektar alan arıların gözleri ve antenleri, her zaman ve tamamen besine maruz kalmaktadırlar.

Bombus arıları bir ürünün yaygın olduğu geniş alanlarda beslenme alanlarını sınırlama eğilimindedirler (Free ve Butler, 1959). Genellikle bombus arılarının daha geniş beslenme alanlarına sahip oldukları ve bitkiden bitkiye bal arılarından daha sık uçtukları kabul edilir. Buna karşılık bombus arılarının her seferde bal arısının ziyaret ettiğinin iki katı kadar çiçek ziyaret etmelerine karşın bunların beslenme alanlarının birbirine benzer olduğunu göstermiştir (Free, 1968).



Tarlacılık ve Besleme Denemesinde İşaretlenmiş Bal Arıları

13. Bal Arısı Kolonilerinin Beslenme Alanları

Polinasyonu istenen bitki ekili alanlarda kolonilerin araziye dağılımının düzenlenmesi, tarlacı arıların üniform dağılımını sağlamada çok önemlidir. Kolonilerin beslenme alanlarının büyüklüğü ve dağılımı pek çok faktöre bağlıdır. Birim alandan elde edilebilen polen ve nektar miktarı, hava şartları ve bölgenin fiziksel özellikleri bu faktörlerin başındadır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Koloniler polinasyonu istenen bitkilerin ekili olduğu alanın ortasına konulduğu zaman, arıların beslenme alanı kolonilerden uzaklıkla artmaktadır. Bununla birlikte tarlacı arılar yaptıkları danslarla, uzaktaki besin kaynaklarından ziyade yakınlardaki besin kaynaklarına taraftar toplamaktadır (Boch, 1956). Uzak çiçeklere besin toplamak için gitmeye şartlanmış olan pek çok arı, kötü hava koşullarında kolonide kalmaktadırlar. Bu fazla arılardan dolayı genellikle birim alanın en yakınında kolonilerin bulundurulması gerekmektedir. Çünkü tarlacı popülasyonu kolonilerden uzaklaştıkça azalmaktadır (Levin ve Glowka, 1963). Polinasyon amacıyla yeterli büyüklükte düzenlenmiş koloni gruplarından uzaklık arttıkça, ürünün birim alanında daha az arı olmaktadır. Bu nedenle ideal olanı, gruplar halinde koloniler yerleştirmek yerine kolonilerin tek tek araziye dağıtılmasıdır. Fakat arıcı ve yetiştiriciler için mümkün olduğu kadar geniş bir ölçüde gruplar halinde kolonileri koymak, en doğru yoldur. Bu durumda problem, ürün boyunca eşit biçimde grupların maksimum büyüklüğünü bulmaktır. Öyle ki komşu gruplar arasındaki tarlacılık alanlarının üst üste binmesi, aralarındaki alanda azalan tarlacıların sayısını önlemek için yeterlidir.

Hutson (1925) *Malus domestica* bahçesinde, arasında 183-274 metre uzaklık bulunan 10-12 koloni ve diğer bir bahçede de 91-183 metrelik aralıklarla 4-5 koloni içeren gruplarla bir çalışma yürütmüşlerdir. Gruplarda 23, 46, 69 ve 91 metredeki ağaçlardan arıları saymıştır. Arıların sayısı ilk uygulamada mesafeyle birlikte azalmıştır. Oysa ikincide farklı bölgedeki arıların dağılımı yaklaşık olarak eşit belirlenmiştir. Bu duruma komşu grupların tarlacılık bölgelerinin üst üste gelmesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Bir meyve bahçesinde her 61 metreye bir koloni tek olarak yerleştirilmiş ve arıların ağaçlara üniform bir şekilde dağıldığı saptanmıştır. Oysa yakındaki meyve bahçesinde 5 koloni içeren grup konulmuş, ağaçlardaki arıların sayısı, kolonilerin parsel kenarından içeri doğru uzaklığı artmasıyla hızlı bir şekilde azalmıştır.

Free ve Spencer (1963) 4.4 ha *Prunus domestica* meyve bahçesinin merkezine konulan 18 koloniden arıların dağılımını araştırmışlardır. Pik çiçeklenmeye kadar ve pikte, kolonilerden uzak mesafede her bir ağaçtaki arıların sayısı önemli ölçüde düşmüştür. Bununla birlikte çiçeklenmenin sonuna doğru daha fazla arı tarlacılık yaptığı zaman ağaçlardaki arıların dağılımı yaklaşık olarak birbirine

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

eşit olarak saptanmıştır. Bu nedenle tarlacı popülasyonu meyve bahçesi çevresine doğru artmıştır. *Prunus domestica* ağaçlarına yakın kolonilerden tarlacılık yapan arıların sayısı, büyük oranda arı çalıştığından dolayı daha az çekici olduğundan azalmıştır. Koloniler 12 ha'lık *Malus domestica* bahçesine de konulmuştur. 4'lük iki grup ve 9'luk iki grup, sırasıyla meyve bahçesine 0.4, 1.6 ve 3.6 ha'lık bölgenin ortasına yerleştirilmiştir. Her bir koloninin tek tek konulduğu meyve bahçesi kısımlarında veya dörtlü grupların yakınlarındaki ağaçlarda olduğu gibi, gruplar arasındaki ağaçlarda pek çok arı saptanmıştır. Fakat 9 koloni içeren grupları içeren 7.3 ha'lık kısmında arılar, gruplar arasındaki yolda, yakındaki kolonilerden daha az saptanmıştır. Sonuç, her bir hektara 2.5 koloni yoğunluğuna göre 9 koloninin bir grup için çok fazla olduğunu göstermiştir. Oysa dörtlü grupların tarlacılık bölgesindeki üst üste gelmesi tam dağılım sağlamak için yeterli olarak saptanmıştır. Bir meyve bahçesinde kolonileri yerleştirmek mümkün değilse koloniler yaklaşık olarak kare şeklinde olan meyve bahçesinin kenarları boyunca eşit şekilde dağıtılmalıdır. Fakat meyve bahçesi dikdörtgense kolonilerin çoğu bitki üzerine tarlacı arıların eşit dağılımını sağlamak için uzun kenarın ortasının yakınına yoğunlaştırılmalıdır.

Todd ve McGregor (1960) kolonilerin 91 metre yakınındaki *Medicago sativa*'nın polinasyonunu büyük ölçüde yapmışlardır. Ayrıca 137 metrede elde edilen %42'ye karşılık ortalama %55 oranında meyve bağlama elde edilmiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda bal arısı kolonilerinin 183 metreden daha az aralıklarla yerleştirilmelerini tavsiye etmişlerdir. Ayrıca kolonilerin parsel kenarından ziyade iç sıralara yerleştirilmesinin yararı vardır. Çünkü tarla sınırlarına yakın yerleştirilen kolonilerin komşu ürünlerden beslenme eğiliminin daha fazla olması ve polinasyonu istenen ürüne yoğunlaşmaması olasıdır.

Levin ve Glowska (1963) koloni gruplarının tarlacılık alanı, komşu arılığın yönündeki tarlacılık alanına da giriyorsa aralarındaki yarış sebebiyle koloni yararlanma düzeyinin azaldığını bildirmektedirler. Bu azalma komşu arılıktaki arı kolonisi sayısı ile doğrudan ilgilidir. Ayrıca kolonilerin tarlacılık bölgelerinin, bölgede var olan kolonilerin sayısı ile etkilendiğini de saptamışlardır. Genetik olarak işaretli koloniler *Medicago sativa* sahasının merkezine konulmuş ve tarlacıların arazide dağılımını belirlemişlerdir. Arı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

kolonileri sahanın her tarafına dağıtılmıştır. Koloniler hektar başına 2.5, 5 ve 7.5 koloni/ha olacak şekilde sırasıyla artırılmıştır. Bitkide tarlacılık yapan arı popülasyonu arttığı gibi orijinal kolonilerin tarlacılık bölgeleri de azalmıştır. Arıların çoğu kolonilerinin 91 metre yakınında, bir miktarı da 183 metreden daha uzak mesafede tarlacılık yapmışlardır.

Gary ve ark., (1973) Kaliforniya'da 65 ha'lık yonca sahasında 29 arılıktan elde edilen bal arısı tarlacılarının dağılımı konusunda çalışmışlardır. Çalışma sonucunda bal arısı tarlacılarının, arılıklarının yakınında yoğunlaşma eğiliminde olduğunu saptamışlardır. Bu mesafe nektar tarlacıları için 198 metre, polen tarlacıları için 240 metre olarak belirlenmiştir. Herhangi bir arılıktan elde edilen arıların, arılık bölgesinden yaklaşık 100-200 metre içerisinde etkin durumda olduklarını saptanmışlardır. Tarlacılığın bu genel kuralı soğan, havuç ve kavunda (Gary ve ark., 1975) elde edilen bilgilerle de desteklenmektedir. *Apis cerana* arılarının tarlacılık alanları ise *Apis mellifera*'dan daha küçüktür. Hindistan'da 2 yıl süreyle karnabaharda *Apis cerana*'nın polinasyon tercihini saptamak amacıyla yürütülen çalışmada, yıllar itibariyle %50 ve 54'ünün tarlacılık alanının 200 metre içerisinde olduğu belirlenmiştir (Dhaliwal ve Sharma, 1973).

Kovanlar arıların rüzgârlara karşı uçabileceği ve kovanlarına tekrar dönebileceği şekilde araziye yerleştirilmelidirler. Özellikle meyve bahçesi polinasyonu için koloniler, etkin rüzgarlardan korunan yerlere konulmalıdırlar. Koloniler, özellikle sabahın erken saatlerinde olmak üzere her fırsatta güneş ışığı almalıdır ki uçuşu başlatabilsinler. Polinasyonda rüzgâr kıranların etkisini belirlemek için de çalışmalar yapılmıştır. Fomina (1961) rüzgâr kıranlardan 10-20 metre uzaktaki *Helianthus annuus*'un 400-470 metre uzaktakilere göre daha fazla nektar ve 3 katı tohum ürettiklerini, *Onobrychis sativa* çiçeklerinin arazi koşullarından kaynaklanan nedenlerle 10-90 metrede, 100-470 metrede yetişenlere göre daha fazla nektar salgıladığını, bu nedenle daha fazla arı tarafından ziyaret edildiğini ve daha fazla tohum üretildiğini belirlemiştir.

Smith (1970) meyve bahçelerinde rüzgâr kıranların tarlacılık yapan böceklerin dağılımını büyük ölçüde etkilediğini ve korunan bölgenin korunmayan bölgeye göre 3 katı daha fazla polinatör böcek içerdiğini saptamıştır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

**Kovana 5 km uzaklıkta,
78.50 km² alanda tarlacılık yapılır.**

**Kovana 4 km uzaklıkta,
50.24 km² alanda tarlacılık yapılır.**

**Kovana 3 km uzaklıkta,
28.26 km² alanda tarlacılık yapılır.**

**Kovana 1 km uzaklıkta,
3.14 km² alanda tarlacılık yapılır.**

**Kovana 500 m uzaklıkta,
0.78 km² alanda tarlacılık yapılır.**



Bal Arısı Kolonilerinin Tarlacılık Uzaklığına Bağlı Alanları

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Webster ve Wilson (1966) yaptığı çalışmalar sonucunda rüzgar kıranları önermektedirler. Böylece böceklerin tarlacılık faaliyetlerinde rüzgarın etkisi azalmakta ve bazı tropikal bitkilerin (*Theobroma cacao*, *Coffea spp.*, *Camellia sinensis*, *Citrus spp.*, *Musa spp.*) polinasyonunun gerçekleşmesi mümkün olmaktadır. Rüzgâr kıranlar, nektar salınımını ve polen oluşumunu teşvik eden daha sıcak, daha durgun mikroklimalar oluşması için yararlı olmaktadır.

14. Bal Arısı Kolonilerinin Yoğunluğu

Polinasyon için gerekli bal arısı kolonisi miktarının hesaplaması, arıcı ve yetiştiricinin her ikisinin özel çalışmalarıyla yapılmalıdır. Arıcı ya kolonilerini kiralamak için sabit bir kira bedeli almalı ya da üretilen üründen anlaşarak arıcıya bir pay verilmelidir. Kullanılacak metot hangisi olursa olsun, son karara varılmadan önce birkaç faktör hesaba katılmalıdır. Bunlar kolonilerin ergin arı ve yavru mevcudu, etkin polinasyon için gereksinim duyulan koloni sayısı, kolonilerin polinasyonu istenilen bitki alanına taşınma mesafesi, kolonilerin ürüne dağıtım şekli ve zamanı, kolonileri beslemek amacıyla gereksinim duyulacak protein ve karbonhidrat desteği, nektarlı bitkilerdeki olası kayıp ve artışlar ile insektisitlerin kolonilere vereceği zararlar (Abou Shaara, 2014).

Polinasyon için kolonilerin etkin yönetimine, her birim alan için gereksinim duyulmaktadır. Hektar başına ürünün gereksinim duyduğu tavsiye edilecek koloni sayısını sınırlayıcı faktörler de bulunmaktadır. Bu faktörler doğal koşullarda zaten var olan bal arısı ve diğer polinatörlerin varlığı, ekili bitki alanının büyüklüğü ile aynı ve farklı polinatör türlerinin yarışdır. Polinasyonuna gereksinim duyulan bitki ekili bölgeye konulması gereken koloni sayılarının miktarı genellikle araştırma çalışmaları sonucunda hesaplanmaktadır.

Hektar başına 2.5 koloni oranı meyve bahçelerinin polinasyonu için Hendrickson (1916) ve Tuftys (1919) tarafından bildirilmektedir. Bununla birlikte bal arısı popülasyonu gereksinimi açık bir şekilde çiçek yoğunluğuna, çiçeğin çekiciliğine, böceklerin ve bitkilerin yarışına, türden türe ve yerden yere değişmektedir. Ayrıca çiçeklenme periyotunun farklı evrelerinde büyük ölçüde farklılık göstererek açan çiçeklerin oranına bağlı olarak gereksinim duyulan koloni sayısı da değişecektir. Bir bitkinin gerek çiçek yapısındaki farklılık gerekse başka nedenlerden dolayı zor bir şekilde tozlandığı bilindiği zaman

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

genellikle hektar başına 2.5 koloniden daha fazlası (sıklıkla 3-6) tavsiye edilmektedir. Bitki bal arıları için çok çekici olduğu zaman hektar başına 2.5 koloniden daha azı da önerilebilmektedir (*Cucumis melo*, *Trifolium repens*).

Polinasyon için arı kolonisi gereksinim miktarını saptamanın bir yolu da, koloni yoğunluğunu bitki üzerinde tarlacı arı yoğunluğuna bağlı olarak kademeli olarak artırmaktır. Levin ve Glowska (1963) tarafından yapılan bir çalışmada, *Medicago sativa* sahasında koloni sayısı hektar başına 5 koloni olduğu zaman arı sayısı yeterli olarak saptanmıştır.



Koloniler Parsellere Gruplar Halinde ve Dağınık Konulmalıdır

Özellikle baklagillerde olmak üzere bazı bitki yetiştiricileri polinasyon miktarı için çiçeklerin görünüşüne göre karar vermektedirler. Ancak polinatör miktarını artırmak gerekli olduğunda bazen ürünün tohum bağlaması için çok geç kalınabilir. Bu durumda her bir bitki türünde farklı olacağı gerçeğini göz ardı etmeden, bitki yetiştiricinin kendi ürününün polinasyonu için gerekli olabilecek bal arısı kolonisinin en az miktarını saptamak için bir formül belirlemesi gerekir. Hesaplamalar, bazen her bir metrekaaredeki tarlacı bal arısı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

sayısına göre ya da tohum veya meyve bağlaması için polinasyona gereksinimi olan çiçeklerin sayısına göre yapılır. En doğru olanı ise ziyaret edilen çiçeklerin oranı, tam polinasyon oluşması için her bir çiçeğe gerekli ziyaret sayısı, polenin varlığı ve stigmanın poleni kabul ediş zamanı dikkate alınarak çiçeklerin etkin polinasyon periyotuna dikkat edilmesi sonucunda saptamaktır. Ayrıca bitkinin kendine tozlanır veya yabancı tozlanır olup olmadığını, çiçekler ile bitkiler ve türler arasında bal arısının hareketleri, tarlacılığın ortaya çıktığı gündeki uygun süre ve farklı çevre şartlarının bilinmesi gerekmektedir. Çiçeklerin ziyaret edilme sayıları büyük oranda kalitesine, nektar ve polen miktarına bağlıdır. Hesaplamalar genellikle çiçeklenme zamanında tarlacılığa izin veren hava koşullarının olduğu zamanlarda tahmin edilmişlerdir. İhtiyaç hissedilen bal arısı kolonilerinin miktarının tahmini, var olan diğer polinatör böceklerinin sayısına, koloni popülasyonunun tarlacı yüzdesine, nektar ve polen toplayıcılar oranına, hedef bitki türünü ziyaret eden bal arısı tarlacılarının oranına ve hedef bitkinin arazideki oranına göre yapılır. Ayrıca bu durum aynı bitkinin komşu parselinde bulunan bal arısı popülasyonuna da bağlıdır. Bu nedenle aynı bölgede aynı bitki yoğun bir şekilde yetiştirildiği zaman polinasyon uygulamaları toplu bir şekilde yapılmalıdır (Free, 1992). Ancak unutulmaması gereken bir gerçek vardır. Bitki yetiştiricilerinin tüm bu faktörleri bilmesi, kontrol etmesi ve doğru hesaplama yapabilmesi olası değildir. Bu nedenle polinasyonu gereken bitkiye konulacak bal arısı kolonisi sayısı için en doğru yaklaşım, araştırmacılar tarafından saptanmış olan gerekli koloni gücü ve miktarına göre bal arısı kolonisi kiralamaktır.

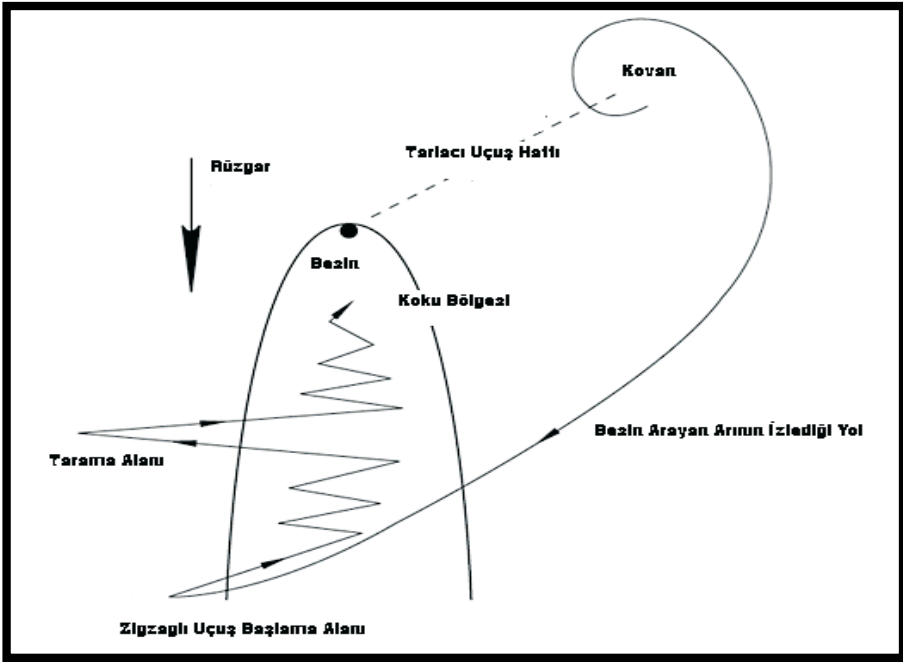
15. Kolonilerin Tarlacılık Etkinliği

Bal arıları gereksinim duydukları takdirde kovanlarından epeyce uzakta besin toplayabilmektedirler. Örneğin, Eckert (1933) ekstrem koşullarda bal arılarının kovanlarından 11.3 km uzaklıktaki bitkiden besin toplayarak bal biriktirdiklerini saptamıştır. Fakat yapılan çalışmalar, kovan yakınında bol besin bulunduğu zaman bal arısı tarlacılarının kovanın 0.8 km yakınında yoğunlaşmakta olduklarını ortaya koymaktadır. Dış görünüş olarak özelliği bilinen arılarla yapılan çalışma sonucunda, arıların kovanlarından 5.6 km uzakta, fakat daha çok 4 km yarıçaplı bir alan içerisinde tarlacılık yaptıklarını gözlemiştir. Lecomte (1960) pek çok arının kovandan 600

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

metreden ötede tarlacılık yapmadığını saptamıştır. Sonuçta arıların, uçuş etkinliği ve tarlacılık için daha az zaman ve emek harcama esasına dayalı bir çalışma yaptıkları ortaya konulmaktadır.

Eckert (1933) kolonileri sulanan araziden 3.2 km mesafeye yerleştirmiştir. Çalışma sonucunda bu bölgede bulunan kolonilerin çok fazla bal ürettikleri, ancak sulanan bölgeden 3.2 km'den daha uzakdaki kolonilerin ağırlığındaki artışın mesafe arttıkça azaldığını saptamıştır.



Bal Arısının Besin Arama Uçuşu

Ribbands (1951) bazı durumlarda bitkiler ile koloniler arasındaki mesafede daha küçük farkların bile büyük ölçüde bal üretimini etkileyeceğini belirlemiştir. Örneğin, *Malus domestica* bahçesinin kenarına ve 0.6 km uzaklığına konulan iki koloni grubu, sırasıyla ortalama 6 ve 4.8 kg ağırlık kazanmıştır. Fakat parselden 12 km uzaklıktakiler ise sadece ortalama 0.9 kg ağırlık kazanmışlar. Svendsen (1964) kolonilerin polen veriminin, üründen (*Crucifera spp.*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* ve *Centaurea cyanus*) uzaklaştıkça azalış gösterdiğini belirtmiştir. Ribbands, bu sonuçlarla

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

bal üretimi arasındaki ilgiyi araştırmış ve nektar toplamak için ekonomik mesafenin bazı durumlarda 0.4 km'yi aşmaması gerektiğini saptamıştır. Free ve Williams (1974) bir ürüne 0.5, 0.8 ve 1.1 km uzaklıklarda yerleştirilen kolonilerin bitkileri ziyaret eden tarlacılarını saptamışlardır. Hedeflenen üründen kolonilerin ilk gününde toplanan polen oranı aşağıda verilmiştir.

Koloniden Uzaklık	Tarlacılığın İlk Gününde Toplanan Polen (%)		
	Lahana	Bakla	Üçgül
Üründe	71	86	85
0.5 km uzakta	50	61	85
0.8 km uzakta	36	53	-
1.1 km uzakta	-	-	43

Koloniler üründen kısa mesafe uzaklıkta yerleştirildiği zaman bile tarlacılık yapan arıların oranı önemli ölçüde azalabilmektedir. Kovan yakınında besin toplama eğilimi, nektar toplamak için olduğundan daha fazla polen toplama yönünde olmaktadır. Çünkü bir arı genellikle bir polen yükünü bir nektar yükünden daha çabuk toplamaktadır. Aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi *Malus domestica* bahçesindeki arı kolonilerinin parsel uzaklıklarındaki artışla birlikte meyve veriminin azalmakta olduğu saptanmıştır (Yakovlev, 1959).

Koloni ve Bahçe Arası Mesafe (km)	Meyve Verimi (kg/ha)
0.3	5.100
0.9-1.2	2.700
1.5-1.9	2.300

16. Bal Arılarının Besin Kaynaklarını Haber Vermesi

Başarılı tarlacı bal arısının yeteneği, iyi bir besin kaynağı bulmak ve koloninin diğer üyelerine besin kaynağını ve bulunduğu yöreyi haber vermektir (Frisch, 1968). Bu haberleşme ve taraftar toplamadan dolayı zengin besin kaynağını ziyaret eden arı sayısı hızla artabilmektedir. Doğal koşullarda dansla bildirilen yere birkaç bal arısının toplanması olasıdır. Besin kaynağı dikkate alınmaya değer özellik ve miktarda ise daha fazla bal arısının bu ürünlerden yararlanması mümkündür.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Besin kaynağı için ilk defa tarlacılık yapan arılar ya daha önce bu besin kaynağına hiç deneyimleri yoktur, ya da daha önce gelmiş olmalarına rağmen polen ve nektar toplamak için uygun koşullar olana kadar kovanda beklemektedirler. Ayrıca bu arılar başka bir besin kaynağından yeni dönmüş arılar tarafından yeni besin kaynağına da dans yoluyla yönlendirilebilirler. Bu tür bir taraftar toplama işine; besin toplayan arının kovana dönüş yaptığındaki heyecanı, arının üzerindeki besin kaynağının kokusu, antenleriyle dokunması başta olmak üzere besinle ilgili pek çok faktör etkili olmaktadır.

Şeker şurubu gibi zengin besin kaynaklarından beslenen bal arıları, 5. ve 6. abdominal tergitler arasında bulunan Nasanof bezi salgısını meydana çıkarırlar. Böylece besin alanına yakın çevrede bulunan ve besin arayan arıları çekme potansiyeline sahip bir feromon yayarlar (Free, 1987). Sera koşullarında çok az miktarda nektar olduğunda da bal arısının Nasanof salgısı salgıladıkları görülmüştür. Bal arısının şurup üzerine Nasanof salgısı bırakma nedeni, bu şurubun ayrıacı bir kokusunun olmamasındandır. Böyle bir besin kaynağına bitkisel koku eklendiğinde Nasanof salgı kokusu miktarı azalmaktadır.

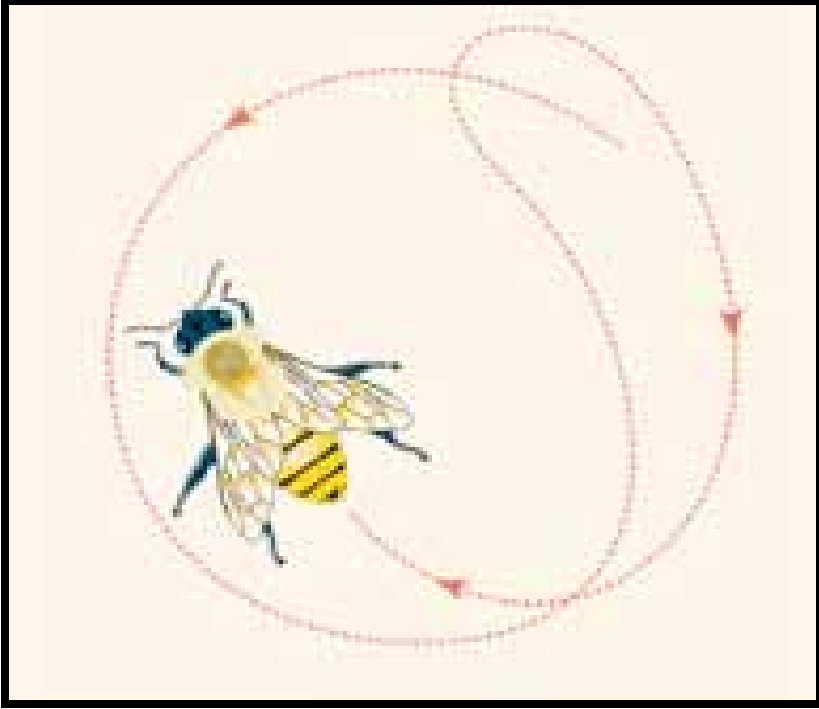
Arılar temiz tabaklardan su toplarken de Nasanof salgısı salgılamaktadırlar. Muhtemelen su kaynaklarına ulaşmada, doğal çiçek kaynaklarına ulaşmaktan daha fazla dikkatli olmaları gerekmektedir. Nasanof salgı feromonunun salgılanması da bu amaca hizmet etmektedir. Doğal koşullar altında beslenme süresince Nasanof bezi feromonunun esas görevi budur. Bal arıları iz feromonu da bırakırlar. Bu feromon, beslendikleri kaynak üzerine bırakılır ve diğer arıları cezbedici özelliğe sahiptir (Frisch, 1968).

Bal arıları besin kaynaklarının yerini haber vermek amacıyla dansla iletişim kurmaktadır. Arazide tarlacılık yaparken besin kaynağını bulan işçi arılar bu besinin yerini, çeşidini ve miktarını petek üzerinde yaptığı dans ile diğer arılara bildirmektedirler. Bal arıları temelde, besin kaynağını birbirlerine bildirmek için *Dairesel Dans* ve *Kuyruk Sallama Dansı* yapmaktadırlar. Bu danslar dışında Geçiş Dansları ile birlikte pek çok dans da bulunmaktadır. Irklara göre değişmekle birlikte bal arıları kovandan 100 m uzaklığa kadar olan besin kaynaklarını koloninin diğer bireylerine bildirmek için petek üzerinde Dairesel Dans yapmaktadırlar.

Dairesel dansla besin kaynağının yönü hakkında bilgi ya hiç yok ya da çok azdır. Dansı izleyen arılar kovanın 100 m uzağında

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

herhangi bir yöne uçuşa geçebilirler. Bal arıları kovana 100 m'den daha fazla uzaklıkta olan besin kaynaklarını koloninin diğer bireylerine bildirmek için petek üzerinde Kuyruk Sallama Dansı yaparlar. Bu dansa düz koşu ile sağa doğru bir yarım daire yapılır ve geri dönlür. Sonra düz koşu yapılarak sola doğru yarım daire yapılır ve başlama noktasına geri dönlür.

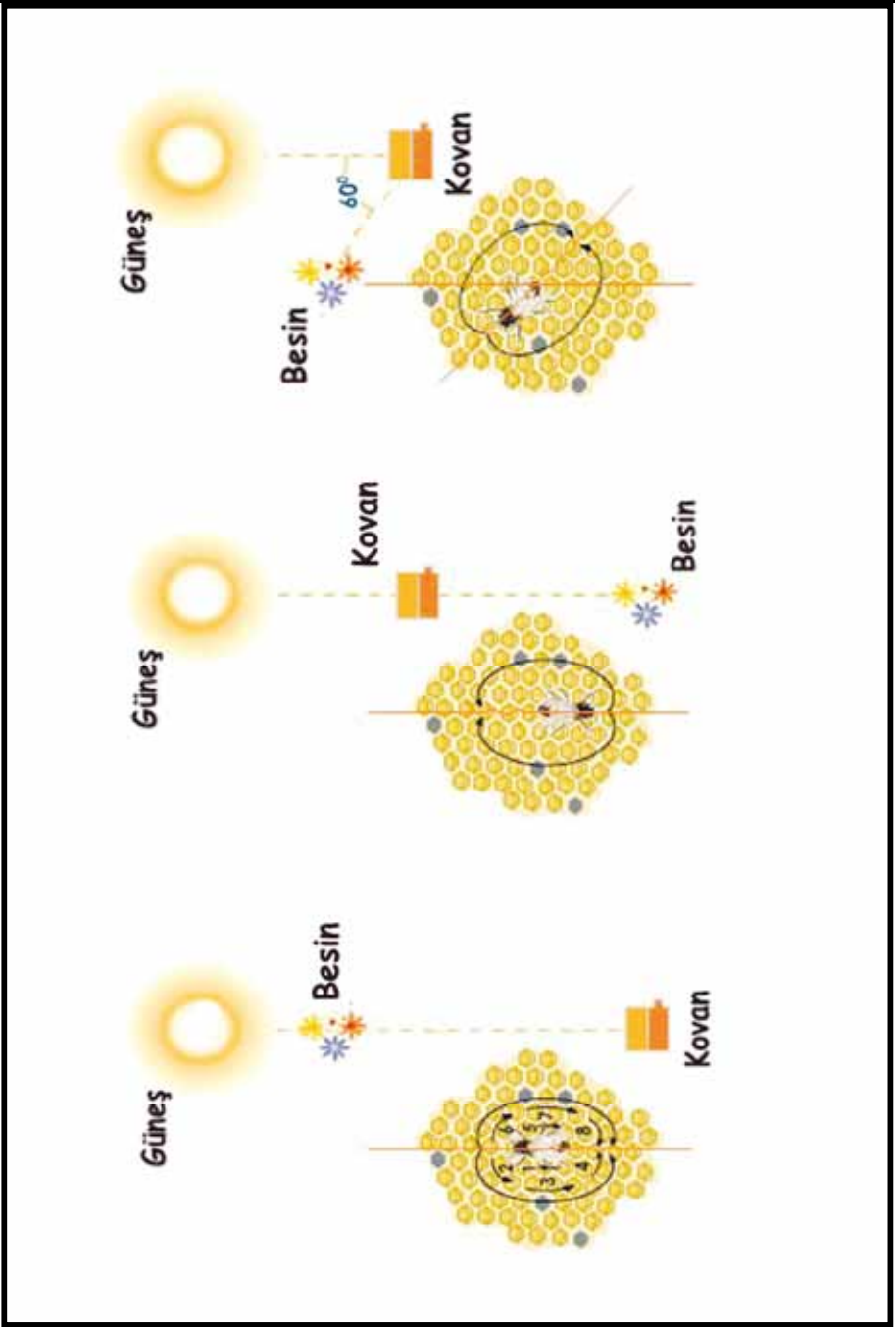


100 Metreye Kadar Dairesel Dans Yapılması

Kuyruk Sallama Dansında en çok dikkat edilen nokta Güneş'in konumudur. Kovan içerisinde iken tüm bal arıları tarafından Güneş'in peteklerin üst kısmında olduğu var sayılır. Havanın kapalı olduğu durumda da bal arıları ultraviyole ışınlar sayesinde güneşi görmeseler bile yerini bilebilirler. Bu dansa kovanın yeri merkez kabul edilmek koşuluyla, Güneş-Kovan-Besin üçlüsü arasındaki açı ve yön belirtilerek besinin yeri tarif edilmektedir.

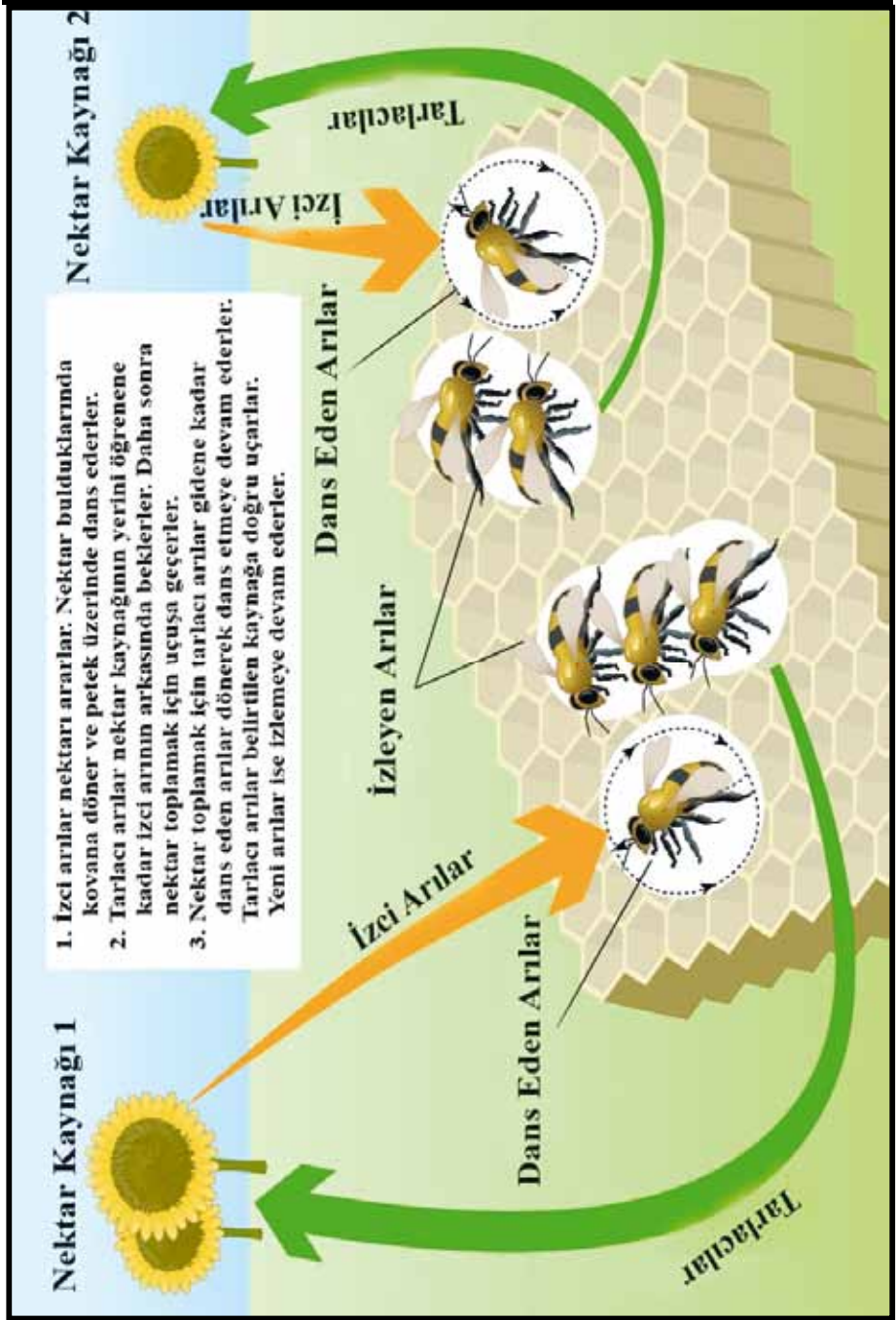
Kuyruk Sallama Dansında çıkarılan sesin frekansı ve dansa ayrılan zaman, kaynağın uzaklığı ve özelliği hakkında izleyen arılara bilgi vermektedir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



100 Metreden Sonra Kuyruk Sallama Dansı (Lieff, 2015)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arısı Kolonisinde Dansla İletişim (Newswise, 2007)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Kovanda dans eden arı besin kaynağından getirdiği besin örneğini de kendisini izleyen arılara paylaştırarak dansını daha etkin hale getirmektedir. Bu dans sırasında 2 yarım daire arasındaki düz koşmaların 15 saniye içindeki sayısı mesafeyi doğrudan anlatır. 15 saniye içinde yapılan düz koşu 9-10 ise mesafe 100 m, 7 ise 600 m, 4 ise 1.000 m ve 2 ise 6.000 m dolayındadır. Aynı kaynağı tarif eden işçi arıların bolluğu kaynağın zenginliği hakkında bilgi vermektedir.

Bal arılarının kafası üzerinde bulunan 3 basit göz ışığın şiddetinin ölçülmesi ve polarize olan güneş ışığının görülmesi için kullanılır. Bu sayede arılar, Güneş'in yerini ve açısını tespit etmekte, Güneş ilerledikçe kovanda arılara yapacakları tarifi yönünde düzeltme yaparak hedefin yönünü hatasız olarak belirleyebilirler.

Kısa mesafelerde güneşin yer değiştirmesi önemli değildir. Güneş her 4 dakikada 1 derece yer değiştirmektedir. Arının bir dakikada aldığı yol 400 m/dk'dır (25 km/saat). Arı kovana dönüşte 5 km yol almak için yaklaşık 12 dakika uçar. Güneş bu sürede 3 derece yer değiştirecektir. Kovandan çıkan arı besin kaynağına varıncaya kadar da Güneş 3 derece daha yer değiştirecektir. Sonuçta Güneş'in ilk konumundan en az 6 derecelik bir sapma olacaktır. Bal arıları besin yerini tarif etme ve bulmada Güneş'in bu sapma açısını da dikkate almaktadırlar (Frisch, 1968).



Petek Üzerinde Dans Eden İşçi Arılar



Bölüm V

Polinasyon Çalışmaları

1. Polinasyon İçin Bal Arısı Yetiştirme

Yaklaşık yüz milyon yıldır yeryüzünde bulunan bal arıları, bitkisel sürekliliğin sağlanması amacıyla çiçekli bitkilerle birlikte evrimleşmişlerdir. Mutualistik bir ilişki içerisinde sürdürülen bu yaşam serüveninde polinatör olma özelliği belirleyici faktör olmuş, arı ürünlerinin üretimi yönünde bir seleksiyon söz konusu değildi. Ancak insanların arı ürünlerini elde etmek ve en üst düzeyde üretimi sağlamak amacıyla farkına varmadan üstün bal verimine sahip kolonilere yaşam şansı vermesi bu döngüyü nispeten kırmış, bal verimi yönünde seleksiyon uygulamasına neden olmuştur. Bu durum da en yüksek bal verimi verecek yönde seleksiyonu ortaya çıkarmış, polen toplama ve polinasyon yönünde verimliliği arka plana itmiştir.

Günümüze gelindiğinde doğal dengenin bozulması sonucunda ortaya çıkan polinatör eksikliği sürecinde bal arılarının bu konudaki yeri ve önemi anlaşılmıştır. Son yıllarda arıcılığı ileri gitmiş ülkelerde bal arısı kolonilerinin polinasyonda kullanılması yaygınlaşmıştır. Bu süreçte bal yönünde yapılan seleksiyon yerine polen verimi, dolayısıyla polinasyon etkinliği bakımından öne çıkan arı hatları oluşturma gerekliliği doğmuştur (Büchler, 2013).

Bal arısı dışındaki arıların geniş ve yaygın koloni oluşturma yeteneğinden yoksun olması, tarımsal verimliliğin geliştirilmesi amacıyla geniş alanlarda üretim yapılan bitkilerin polinasyonu için kullanılmalarını da olanaksız hale getirmektedir. Bu süreçte bal arılarının kullanılması zorunlu olmaktadır. Bal arılarının uzun dile ve tüylü vücuda sahip olmaları yanında, geniş koloni oluşturmaları daha büyük avantaj sağlamaktadır. Ancak düşük sıcaklıklarda veya diğerlerinden daha kötü koşullarda çalışan arılara veya bazı ırklara da sıklıkla talep bulunmaktadır (Free, 1992; Kaftanoğlu ve ark., 1997).

Nektar tarlacılığı koloninin enerji gereksinimini karşılamak için yapılmaktadır. Balın bu özelliği nedeniyle insanların da ilgisini çekmesi sonucunda, bal arılarını polenden ziyade karbonhidrat biriktirme yönünde selekte edilmişlerdir. Bal arısı kolonilerinde polen tarlacılığı yönünde seleksiyon çalışması yapılarak elde edilecek koloniler, en iyi polinatörleri oluşturabilirler.

Hellmich ve ark., (1985) bal arısı kolonilerinde polen toplama açısından seleksiyon çalışması yapılmasının olası olduğunu göstermişlerdir. Yüksek düzeyde polen tarlacılığı yapan koloniler, az polen tarlacılığı yapan kolonilerin topladığı polenin 2-13 katını

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

toplamaktadırlar. Bu tip seleksiyon, özellikle bazı türlerde bal arısı polinasyonunu artırmak için yardımcı olabilmektedir. Belki bu tip seleksiyon sonuçta belli bitki türlerini tercih eden arıların yetiştirilmesiyle de birleştirilebilecektir. Aynı bölgede bulunan arı kolonileri çok farklı oranlarda polen toplayabilirler. Bu farklılıklar kolonilerde bulunan tarlacı arı miktarındaki farklılığa, çevredeki çiçeklerden yararlanma düzeyine ve değişikliğine yorumlanmaktadır (Free, 1969). Ancak bu durum arı kolonilerinin belli bitki türlerinin polenlerini neden dolayı tercih edebileceğini ortaya koyabilecek çalışmalarla net bir şekilde ortaya konulacaktır (Çakmak, 2004).

Nye ve Mackensen (1965) *Medicago sativa* parseline konulan kolonilerin, uzağa konulan kolonilere oranla daha fazla yonca poleninden topladıklarını saptamışlardır. Fakat bu sonucun koloniler arasındaki genetik farklılıktan olup olmadığının araştırılmasına karar vermişlerdir. Sonuçta erkek kardeşleriyle yapay döllenmiş olan, kız kardeş ana arılardan oluşan koloniler, diğer ana arılarla oluşturulan kolonilerden daha farklı olarak yonca polenini aynı oranda toplamışlardır. Ayrıca çalışma sonucunda selekte edilen hatların, yonca polenini yüksek veya az tercih edebileceklerini göstermişlerdir. Yüksek düzeyde yonca polenini tercih eden hatların 2., 3., 4., 5. ve 6. generasyonunda toplanmış olan polen oranları %40, 50, 66, 85 ve 86, az tercih eden hatların topladığı polen oranlarının ise %26, 15, 8, 18 ve 8 olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak yonca poleni toplamayı yüksek düzeyde tercih eden hatlarda büyük bir eğilim olduğu saptanmıştır.

Yüksek ve az tercih eden hatlar arasındaki bu farkları saptamak üzere yapılan çalışmalar, ABD'de bal arılarının genellikle serbestçe yonca poleni topladıkları bölgelerinde yapılmıştır (Nye ve Mackensen, 1970). Yonca poleninin oranında 5. ve 6. generasyonda küçük değişim olan yüksek ve az hatlarında 7. generasyon seleksiyon yapılmış ve her iki hatta da sona ulaşıldığı sonucuna varılmıştır (Nye, 1971). Free ve Williams (1973) polinasyonunda güçlük yaşanan çiçek türleri için bu gibi tercihlerin genellikle ortaya çıkıp çıkmadığını araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar yüksek miktarda kırmızı üçgül poleni ve beyaz üçgül poleni toplayanları selekte etmenin mümkün olduğunu göstermiştir.

Polinasyonun bu denli öneminin olması polinasyona uygun ve polen tarlacılığını yoğun yapan bal arısı yetiştiriciliği yapılması yanında kolonilerin etkin kullanımını da gerektirmektedir. Dünyada

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

polinasyona olan ilginin artması, arıcılık sektöründe de yeni yaklaşımların gelişmesine olanak tanımaktadır. Polinasyonda artışın beraberinde getireceği gelir artışı, arıcılık sektöründe yeni yaklaşımların ve kazanç kapılarının yolunu açmaktadır. Bununla birlikte seleksiyon ve bu hatların sürekliliğinin sağlanmasının maliyetini karşılamak için, polinasyon uygulamasının da yeterli derecede kazançlı olması gerekmektedir. Ülkemizde arıcılığın gelişmesine paralel olarak, ileriki dönemde polinasyon ile ürün artışı sağlayacak bitki yetiştiricilerinin arıcıya kovan kirası gibi gelir artışı sağlaması yanında, bitkiye uygun etkin polinatör sağlayacak hat geliştirme için de kaynak oluşturmaları gündeme gelecektir.

Polinasyonda kullanılacak olan arı kolonileri de belli özelliklere sahip olmalıdır. Her türlü arı kolonisinin kullanılması diye bir şey söz konusu değildir. Özellikle polen tarlacılarının yoğun olduğu ve bu yoğunluğun garanti altına alınacağı düzeyde yavru alan miktarına sahip olması temel etkenlerdendir. Küçük yapıya sahip olan koloniler daha az yavru ve tarlacı arı popülasyonuna sahip olduğu için polinasyonda etkinliği de düşük olmaktadır. Ancak ergin arı miktarı fazla yavru düzeyi düşük olan kolonilerde de aynı sorun söz konusu olabilmektedir. Önemli olan tarlacı arı ve yavru düzeyinin yüksek olmasıdır.

Tarlacıların içerisinde de polen tarlacılığı yapacak olan ergin arı sayısını artırıcı önlemler alınması gerekmektedir. Araştırmalar sonucunda polinasyonda kullanılacak olan bir koloninin yapısının nasıl olduğu ortaya konulmuştur. 30.000 ergin arıya sahip bir koloni 15.000 ergin arıya sahip olan iki koloninin toplamından 1.5 kat daha fazla bal üretebilmektedir. Ayrıca 60.000 ergin arılı bir koloni de 15.000 ergin arıya sahip olan dört koloninin toplamından 1.5 kat daha fazla bal üretmektedir. Bu genel kural polinasyon çalışmasında kullanılacak olan arı kolonilerinin de temel kuralıdır. Ayrıca koloniler hedeflenen üründe çiçeklenme başlamadan çok önce ve bir önceki polinasyon sezonunda kiralanan koloniler kadar kuvvetli olacak şekilde, kiralama işlemi yapılmalıdır.

Arıcılar birtakım teknikleri kullanarak kolonilerini polinasyon zamanına hazır etmelidirler. Hatta arıcılar polinasyon sezonunda istenilen kolonileri sağlayamama olasılığına karşı uygun zamanda kolonileri bölüp analandırarak yeni koloniler oluşturmalıdır. Pek çok arıcı bu yöntemle arılarını çoğaltmaktadır (Sagili ve Burgett, 2011).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

2. Polinasyon Amacıyla Bal Arısı Kullanımı

Polinasyon için bitki parseline arı kolonisi konulurken yapılan hesaplamalarda, tarımsal üretim ve verimlilik anlamında önemli bir bitki olmasına en başta dikkat edilir. Bitkinin çiçeklenme periyodu, çiçek yapısı, çevrede yarışan diğer çiçeklerin durumu, hava koşullarının polinasyonu istenen bitki ve bal arısı tarlacılığı açısından durumu, hesaplama üzerine etkili olmaktadır. Ayrıca kullanılacak olan koloni sayısı ve kullanılan kolonilerin yapısına da bağlıdır (Sagili ve Burgett, 2011).

Bal arısı kolonilerinin polinasyonda kullanımı ABD’de bir sektör halini almıştır. Bu nedenle polinasyonda kullanılacak kolonilerin yapısı ile kiralama kriterleri düzenlenmiştir (Bond ve ark., 2014). Polinasyonda kullanılacak arı kolonilerinin yapısı başta olmak üzere kiralama koşulları dikkatli bir şekilde hazırlanmalı ve sözleşme bu ilkeler çerçevesinde yapılmalıdır.

Polinasyonda kullanılacak arı kolonilerinin yumurtalayan sağlıklı ve genç bir ana arı, en az 4 çerçevesinde her aşamada yavru bulunan en az 8 çerçeve ergin arılı olmalıdırlar. Çeşitli gerekçelerle koloniler sözleşmede belirtilen şekilde olmadığı durumlarda belirlenen bir oransal değerle polinasyon ücreti ayarlanmalıdır. Polinasyon yetersizliğinde oluşacak olası ürün kayıp bu konuda dikkate alınmalıdır. Ancak polinasyon periyodu esnasında kolonilerde doğal koşullarda ortaya çıkan bazı doğal değişimler bunun dışında tutulmalıdır. Bu arada bitki yetiştiricisinin de uyması gereken kurallar bulunmaktadır. En önemlisi arı sağlığı açısından ilaçlama uygulaması bu konuda en önemli madde olmalıdır. Polinasyon periyodu esnasında insektisit uygulaması yapılmayacaktır. Ancak zorunlu olarak uygulama yapılması gereken durumda, 24 saat önceden arıcı uyarılacak ve gerekli önlemleri alması sağlanacaktır.

Yine dikkat edilmesi gereken olaylardan birisi de arı kolonilerinin bahçe içerisinde konulacağı yerin saptanmasıdır. Arı kolonileri arıcının ulaşabileceği yerlere konulmalı ve polinasyon periyodu boyunca arıcılık uygulamalarını yapabilmesine olanak tanınmalıdır. Ücret konusunda farklı yaklaşımlar olsa da genel uygulama olarak polinasyon ücretinin %50’si kolonilerin polinasyon yapılacak alana yerleştirilmesi esnasında teslim edilmektedir. Kalan %50 ücret ise polinasyon süresinde yapılmaktadır. Örnek bir polinasyon anlaşması aşağıda verilmektedir (Woodcock, 2012).

BAL ARISI / ÜRÜN POLİNASYON ANLAŞMASI

Ürün Adı : _____ Yıl : _____

Ürün Yetiştiricisi Adı Soyadı : _____

Ürün Yetiştiricisi Adresi : _____

Arı Yetiştiricisi Adı Soyadı : _____

Arı Yetiştiricisi Adresi : _____

_____ adet arı kolonisinin her biri _____ \$ karşılığında olmak üzere _____ adresinde belirtilen parsel, _____ / _____ / _____ tarihinden _____ / _____ / _____ tarihine kadar aşağıda belirtilen koşullar altında yerleştirmeyi kabul ediyorum.

- ✓ Bal arısı polinasyonu için kullanılacak koloniler yumurtalayan sağlıklı bir ana arı, en az 4 çerçevesinde her aşamada yavru bulunan toplam 8 çerçeve ergin arılı olacaklardır.
- ✓ Bir kısım koloniler veya tamamı istenen standartlarda olmaması durumunda belirlenen bir oransal değerle polinasyon ücreti ayarlanacaktır. Ancak polinasyon periyotu esnasında kolonilerde doğal koşullarda ortaya çıkan bazı doğal değişimler bunun dışındadır.
- ✓ Polinasyon periyotu esnasında insektisit uygulaması yapılmayacaktır. Ancak zorunlu olarak uygulama yapılması gereken durumda, 24 saat önceden arıcı uyarılacak ve gerekli önlemleri alması sağlanacaktır.
- ✓ Arı kolonileri arıcının ulaşabileceği yerlere konulmalı ve polinasyon periyotu boyunca arıcılık uygulamalarını yapabilmesine olanak tanınmalıdır.
- ✓ Polinasyon ücretinin %50'si kolonilerin polinasyon yapılacak alana yerleştirilmesi esnasında teslim edilecektir. Kalan %50 ücret ise polinasyon süresinde yapılacaktır.

Ürün Yetiştirici
Tarih/İmza

Arı Yetiştiricisi
Tarih/İmza

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Polinasyon amacıyla parsellere bal arısı kolonisi konulması polinasyonu istenen ürüne göre değişmektedir. Polinasyona ve kiralanacak koloni sayısına etki eden faktörlerle oluşturulan gerekli koloni sayısı, her ürün için hesaplanarak oluşturulmuştur.

Polinasyon İçin Gerekli Koloni Sayısı (Özbilgin, 1999)

Bitki Adı	Polinasyon İçin Konulacak Koloni Sayısı (ad/hektar)
Yonca	4.9–12
Badem	4.9–7.4
Elma (Normal)	2.5
Elma (Yarı Bodur)	4.9
Elma (Bodur)	7.4
Kayısı	2.5
Yaban mersini	7.4–9.9
Karabuğday	1.2–2.5
Kolza	2.5
Kanola (Hibrit) ^[5]	4.9–6.2
Üçgül	2.5–4.9
Kızılcık	7.4
Hıyar	2.5–4.9
Kavun	2.5–7.4
Nektarin	2.5
Şeftali	2.5
Armut	2.5
Erik	2.5
Kabak	2.5
Ahududu ^[5]	1.7–3.2
Kabak	2.5–7.4
Çilek	2.5–8.6
Ayçiçeği	2.5
Karpuz	2.5–4.9

Polinasyon amacıyla konulan kolonilerin kira bedeli de piyasa koşullarına göre belirlenmektedir. Dünya’da ve özellikle ABD’de koloni kayıplarının artmasıyla koloni kira bedelleri de yükselmiştir. Koloni kira bedeli bir sezon için yaban mersini ve elma

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

polinasyonunda 90-120 \$/koloni, kolzada 125-160 \$/koloni civarındadır. Ancak koloni kira bedeli koloninin yapısı, çiçeklenme süresi başta olmak üzere büyük bir değişkenlik gösterebilmektedir. Aşağıdaki örnekte görüldüğü gibi ergin arı sayısını belirleyen çerçeve sayısı üzerinden de hesaplama yapılabilir.

Kontrat Tipi	Koloni Yapısı	Kira Bedeli (\$)
A	4 Çerçeveli Koloni	100
B	6 Çerçeveli Koloni	125
C	8 Çerçeveli Koloni	145
D	11 Çerçeveli Koloni	165
E	12 Çerçeveli Koloni	175

3. Bal Arısı Kolonilerinin Bitki Alanlarına Taşınması

Polinasyon hizmetlerine taleplerin artmasıyla birlikte 500-1000 adet koloniden oluşan aralıklarla çalışıldığından ABD’de kovan taşıma işlemleri forkliftlerle yapılmaktadır. Arı taşımada kolonilerin gece taşınması temel prensiptir. Gündüz saatlerinde sıcak ve kuru havada taşınmaları gerektiği zaman kovanları ve kolonileri üzerine serinletmek amacıyla su püskürtülmelidir. Arılar peteklerde ve ağız parçalarında suyu buharlaştırarak serinleyebilmektedirler. Daha yüksek nem, buharlaşma ile üretilebilmektedir. Bununla birlikte alınan bunca önlemlere rağmen koloniler, taşıma esnasında zarar görebilirler (Bradbear, 2009. Koloniler genellikle %10-20 çiçeklenme olduğu zaman parsellere getirilmektedir. Koloniler 4-12 koloni içeren gruplar halinde ve 200 m aralıklarla dizilmelidirler (Free, 1992).

Bal arıları özellikle ilk uçuşlarında kendi kovanlarından uzağa uçarlar. Kovanların düzenlenmesi aşırı şekilde düzgün olduğu durumlarda kovan şaşırma olayı yoğun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu davranış bazı kolonilerin zayıflamasına bazılarının da güçlenmesine sebep olduğundan tarlacılık potansiyelini, bal üretimini ve polinasyon etkinliğini azalttığı için özellikle istenmez. Arılar, komşu kovanın pozisyonundan çok kendi kovanlarının pozisyonunu hatırlama eğiliminde olduklarından kovanlar eski ve yeni yerlerine benzer şekilde yerleştirilecekleri zaman bu kovanlar birbirlerine aynı pozisyonda tutulmalıdırlar. Yapılan çalışmalar, kovanların düzensiz olarak yerleştirilmesiyle şaşırmanın büyük ölçüde azaltılabileceğini göstermiştir (Woodcock, 2012).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arısı Kolonilerinin Yüklenmesi ve Taşınması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Bal Arısı Kolonilerinin Helikopterle Taşınması

Bu düzenlemeler; kovan ön yüzlerini farklı yönlere getirmek, kovan aralarını geniş tutmak, dağ, taş ve ağaç gibi yapıların yakınına koymak, kovan girişini farklı renkte boyamalar yapmaktır. İlk iki önlem özellikle etkili olmakta ve bu iki yöntem koloniler polinasyon gereksinimi olan ürünlere taşındığında uygulanmalıdır (Genç, 1994).

Bal arıları alıştıkları çiçekte ısrarlı olduklarından, bazen polinasyon amacıyla taşındıkları bitki üzerinde yoğunlaşmaları zor olmaktadır. Mümkün olan her zamanda arılar yeni taşındıkları yerde polinasyon gereksinimi olan bitkiyi değil, daha önceden ziyaret ettikleri türü ziyaret etme eğilimindedirler. Bu durum polinasyon amacıyla taşınan kolonilerde istenmeyen bir durumdur. Zira taşınma

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

sonrasında bir kolonideki aynı türü ziyaret eden tarlacıların oranı, daha önce ziyaret edilen oranla ilişkilidir (Free, 1959).

Koloninin önceden topladığı besinin orijini onun ziyaret ettiği bitki türlerini belirlemede rol oynamaktadır (Free, 1969). Fakat yeni taşınılan yerde bir bitki türü baskın olduğu zaman pek çok arı önceki türleri terk etmekte ve yeni üründe tarlacılığa başlamaktadır. Bundan dolayı yörede bulunan baskın türlerin yeterince çiçeklenmesine kadar, polinasyon gereksinimi olan bitkilere kolonilerin götürülmemesi önemlidir. Ayrıca koloniler çiçeklenme başlayana kadar veya arıların çalışması için yeterli çiçek olana kadar ürünlere getirilmemelidirler. Çünkü tarlacılar yöredeki diğer çiçek türlerini ziyaret etmeye başarlarsa, onları kolayca terk etmezler. Bu durumda polinasyonu istenen bitkilerde başarısızlık görülme olasılığı çok yüksek olmaktadır (Bradbear, 2009).



Polinasyonda Bal Arısı Kolonilerinin Kullanılması

Free ve ark., (1960) bir grubu çiçeklenmeden önce ve ikinci bir grubu çiçeklenme başladıktan sonra denemeye aldığı çalışmada, ziyaret eden iki grup arasındaki tarlacı arıların davranışlarını

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

belirlemişlerdir. Çalışma *Prunus persica*, *Prunus avium*, *Malus domestica* ve *Trifolium pratense* ile yapılmıştır. Her bir çalışmanın ilk gününde birinci grubun ziyaret ettiğinden oransal olarak daha fazla arı (2.3-12.8 kere) ikinci grupta olmuştur. İzleyen günlerde bitkideki iki grubun arılarının oranı yaklaşık olarak aynı kalmıştır. Çiçeklenmeden önce bitkilere getirilen kolonilerde tarlacıların oranının artması ise mümkündür. Bu durum polinasyonu istenen bitkinin çevredeki bitkilerden daha çekici olmasından veya diğer türlere şartlanmış tarlacıların yok olmasından kaynaklanabilir. Bu çalışmada *Pyrus communis* çevredeki çiçekli bitkilerin çekici olması nedeniyle sık sık arılar tarafından terk edilmiştir.

Free ve Smith (1961) tam çiçeklenme döneminde *Pyrus communis* bahçesine koyduğu kovanlarda toplanan *Pyrus communis* polenlerinin oranının, meyve bahçesi dışında daha fazla arı tarlacılık yaptığı için ilk 6 saatte %85'ten %49'a kadar azaldığını saptamışlardır.

Çiçeklenme başlayana kadar bitkilere kolonileri almadaki gecikmenin polinasyonu artırması, özellikle bitkiler kısa çiçeklenme periyotuna sahip olduğunda veya arılar için diğerlerinden daha az çekici olduğunda gereklidir.

Çiçeklenme başlangıcından önceki insektisit uygulamaları, kolonileri bitkiye almanın gecikmesine de neden olabilmektedir. Koloniler polinasyon yapılacak parselde taşınmadan önce bitkideki çiçeklerin büyük oranı açıksa ürünün önemli bir kısmı başarılı şekilde tozlanamayacaktır. Belki bazı durumlarda çiçeklenme başladığı zaman bitkilere sadece birkaç koloninin alınması yerinde olacaktır.

Shimanuki ve ark. (1967) pik çiçeklenme öncesinde *Vaccinium macrocarpum*'a bir hafta alınan kolonilerin, pik çiçeklenmede alınan kolonilerden daha fazla polen için ziyaret ettiklerini saptamışlardır. Ancak bu duruma birinci grup taşındıktan sonra daha çekici bitkilerin çiçeklenmeye başlaması veya *Vaccinium macrocarpum*'un geçen zaman içerisinde göreceli olarak daha az çekici olmasının etkili olabileceği belirtilmektedir.

Bir çiçek, polenlerinin çoğunu, türünün karakteristiği olarak bir günde ve bir kerede salar. *Taraxacum officinale* polenlerinin çoğunu sabahleyin, *Malus domestica* öğlen saatlerinde salmaktadır. Free ve Nuttall (1968) kolonilerin öğlene kadar tarlacılıktan engellendiği zaman ilk gün, engellenmeden tarlacılıklarına izin verilen gruba göre *Malus domestica* bahçesinde %64 daha fazla, *Taraxacum*

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

officinale'de ise %49 daha az polen toplamışlardır. Büyük olasılıkla sabahleyin polen salan bitkilerde, kolonilerin serbest bırakılması büyük bir öneme sahiptir. Polen toplayıcılar, sadece nektar toplayan arılardan polinatör olarak daha değerlidirler. Buna karşın nektar tarlacıları, sabahın erken saatlerinde polenlerini salan *Helianthus annuus*'un en değerli polinatörüdürler. Ancak hangi bitki olursa olsun Karmo (1961) ve Korkmaz ve Kumova (1998) kolonilerin, arılar çalıştığı bölgelere veya türlerin yanına yerleştirilmesini önermektedirler. Sonuç olarak yapılan çalışmalar polinasyonu istenen bitkiye arı kolonilerinin %10-20 çiçeklenmede getirilmesine, mümkünse yeni bitkinin çekiciliğinin önceki bitkilerden daha fazla olacak şekilde önlem alınmasına ve arı kolonilerinin kesinlikle parsel kenarına dağınık bir şekilde konulmasına özen gösterilmelidir.

4. Bitkilerin Bal Arıları İçin Çekiciliğinin Artırılması

Bal arısı polinasyonu her zaman olumlu sonuçlanmayabilir. Arıların önceki tarlacılık deneyimlerine bağlı olarak polinasyonu istenen bitkiye yönelmemesi sorunu yaşanabilmektedir. Bu nedenle bitki bal arısı için fazla çekici olmadığında yaşanan sorunu aşmak için bir takım ek uygulamalar gerekmektedir. Hedeflenen bitkinin bal arıları açısından cazip olmaması polinasyon etkinliğini düşürmektedir. Bu amaçla geliştirilen pek çok uygulama bulunmaktadır. Polinasyonu hedeflenen bitkinin kokusunu içeren şeker şurubu ile bal arısı kolonileri beslenerek istenilen bitkilere arıların yönlendirilmesi için pek çok çalışma yapılmıştır. Bu teknikte, bitkinin çiçekleri birkaç saatliğine şeker şurubunun içine daldırılmakta, sonra çiçekler süzülme ve koloniler bu şurupla beslenmektedirler.

Arılarda şurupla besleme yapılırken, sık sık polinasyonu istenen bitkinin taze çiçeklerinden elde etmek gerekmektedir. Şurup alan arılar kovandan ayrıldıktan sonra hedef bitkiyi ziyaret etmeleri için hedef bitkinin kokusuyla iletişim sağlamaktadırlar. Fakat genellikle bu tip girişimler başarısız olmakta ve metot bir takım değişikliklere gereksinim duymaktadır. Ayrıca arıların ziyaret etmesi istenen bitkilere şeker şurubu püskürtülebilir.

Özellikle kontrollü deneyler göstermiştir ki şurup püskürtülmüş parselleri daha fazla arı ziyaret etmesine rağmen, şurubun etkisi çok lokal olmuş ve ürünün herhangi bir yerindeki çiçekleri ziyaret eden arıların sayısı veya meyve bağlama artmamıştır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Ayrıca spreyli parselleri ziyaret eden bütün arılar sadece şurubu toplamışlar ve şurup püskürtülmemiş parsellerdekenden çiçekleri daha az ziyaret etmişlerdir. Bunun için şeker şurubu ile bitkileri spreylemek polinasyona zararlı olabilmektedir. Önceden yapılmış deneylerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tarlacı arı popülasyonunu, polendeki çekici kokuların oluşturmaları ve teşvik etmesi olasıdır (Free, 1992).

Ariotu, böcekleri kendine çekici bir bitkidir. Bu özelliği sebebiyle, polinatörler için yeteri derecede çekici olmayan veya böcekler için yeterli besin kaynağı sağlamaması nedeniyle polinasyonunda sıkıntı yaşanan bazı bitkilere polinatörleri çekmek amacıyla bitkilerin çevresine ve sıra aralarına ekilmektedir. Bu durumda bal arılarına ek besin kaynağı sağlanmasına paralel olarak, bitki üreticileri de ürün artışı sağlayarak karlılıklarını artırmaktadırlar. Ayrıca çiçeklenme periyodu sonunda ekili olan bitkilerin sürülerek toprağa karıştırılması sonucunda da toprakların yapısının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadırlar. Hatta bazı durumlarda ariotunun bazı bitkilerden oldukça fazla çekici olması sebebiyle ariotu üzerinde tarlacılık yapan polinatörleri uzaklaştırmak ve başka bitkilere yönlendirmek amacıyla çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır (Long ve ark., 1998).

Yine böcekleri çekici özelliğinden yararlanılarak kültür bitkilerine beslenme amacıyla giderek zarar veren bazı böcekler için biyolojik mücadele kapsamında yurt dışında ariotu ekimi yapılmaktadır. Bunun için zararlıdan korunmak istenen bitkinin çevresine, zararlı böcekler için besin kaynağı sağlaması amacıyla ariotu ekilmektedir. Zararlı popülasyonunu ariotu üzerinde yoğunlaştıktan sonra ise ariotu bitkileri toplu halde hasat edilerek imha edilmektedir (Kahl, 1996). Böylece ekosisteme tarımsal mücadele ilaçları kullanılarak verilecek zarar da ortadan kalkmaktadır.

Polinasyonu artırmanın diğer bir yolu da arılar için bitkilerin çekiciliğini artırmaktır (Shuel, 1989). Belli bitkinin uzun süren seleksiyon sonucu yetiştirilmesiyle bal arılarına daha çok polen ve nektar kaynağı oluşturulabilir. Böylece ıslah ile polen kalite ve miktarı az da olsa artırılabilir. Yapılan çalışmalarla nektar salınımında genetik değişkenliğin etkili olduğu saptanmıştır. Nektarın şeker yoğunluğuna ise çevrenin etkisi sınırlı değerdedir. Loper ve Wall (1970) bal arısı çekiciliğinde yoncanın klon hatları arasında uçucu bileşenler açısından açıkça farklılık görüldüğünü belirtmektedirler. Çiçeğin aroması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

başlangıç çekiciliğini oluşturmada önemli olup devamında üretilen polen ile nektarın kalite ve miktarı tarlacılık düzeyini etkilemektedir. Bu nedenle bitkiyi polinasyon açısından çekici hale geliştirmenin en etkin yolu, bal arısı çekiciliği ve çekicilikten sorumlu bütün faktörleri aynı anda seleksiyona tabi tutmaktır.

5. Polen Tarlacılığı Yapan Arıların Oranının Artırılması

Polen toplayıcılar, sadece nektar toplayanlardan polinasyonda daha etkilidirler. Özellikle hibrit tohum üreten yetiştiriciler için pek çok ürünün polinatörleridirler. Polen toplayan tarlacıların oranı kolonilerin yavru miktarıyla artmaktadır. Bu nedenle polinasyonda kullanılan kolonilerin bol yavru içermesi önemlidir. Koloni girişi koloninin yavrulu bölgesi yönünde açık olduğu zaman tarlacılar daha fazla polen toplaması için uyarılmaktadırlar (Free, 1979). Toplanan polenin miktarı, yavrulu bölgenin tarlacılara yaklaştırılarak değiştirilmesiyle etkilenebilmektedir. Koloni, kovan girişinin uzağında yavrulu alana sahip veya yavrulu alan küçük olduğu zaman, yavrulu peteklere dar bir tünelle kovan girişinin yönlendirilmesi sonucunda polinasyonu istenilen bitkiye tarlacıların oranı artırılabilir (Free ve Williams, 1976).

Yavru içeren kışlamış koloniler, polinasyon gereksinimi olan bitkiler için tercih edilmektedirler. Kışın kolonilerde polen deposunun yokluğu, geç kış ve ilkbaharda yavru yetiştirmeyi, böylece koloni büyüklüğünü belirlemektedir. Polen ve polen ikame yemleriyle beslenen koloniler, erken ilkbaharda yavru yetiştirmede artış göstermektedir. Bu sebeple tarlacılık potansiyeli de artmaktadır (Spencer, 1960).

Moeller (1972), kovan içinde polen ile beslemenin polen toplamayı azalttığını bildirmiştir. Polen ikame yemleri ile kolonileri besleme, doğal polenlerin daha çekici olmasından dolayı polen toplamayı azaltmamıştır. Böylece tarlada var olan polenler kadar arılara çekici gelen polen ikame yemi üretilmedikçe, polen ikame yeminin bitkilerin polinasyonunda kullanılması sonucunda, polinasyon etkinliğinin ve polen toplamının azalması mümkün değildir.

Kolonilere ekstra yavrulu petek vermek veya polen stoklarının bir kısmını almakla da polen tarlacılığını artıracığı bildirilmektedir (Rakhmankulov, 1955). Polen tuzağıyla polen toplama uygulaması da

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

bal arılarının polen toplama işlemini artırmak için önerilmektedir. Fakat Free (1963)'nin bildirişine göre art arda yapılan tarlacılık sonunda arıların bacaklarından polenleri toplamak, arıları nektar tarlacılığı yönünde davranış değişikliğine yönlendirebilmektedir. Lavie (1967) polen tuzaklarının bal üretimini %24, yavru üretimini ise %4 azalttığını bildirmektedir. Bu durum Korkmaz ve Gür (2000) tarafından da ortaya konulmuştur. Rashad ve Parker (1958) polen tuzaklı iki koloninin, polen tuzaksız 4 koloniden ortalama %15 daha az yavru ürettiğini ve bu durumun da bal üretimine %41 azalma olarak yansıdığını bildirmişlerdir.

Free ve Spencer (1961) kolonileri ya sulandırılmış şeker şurubu (%40 şeker) veya yoğun şeker şurubu (%62 şeker) beslemişlerdir. Kontrol grubuna göre toplanan polen miktarı, şeker şurubu ile beslenen altı koloninin dördünde, sulandırılmış şurupla beslenen altı koloninin beşinde artmıştır.

Çoğunlukla şeker şurubu ile beslendiği zaman bireysel tarlacı arıların davranışındaki hızlı değişimler, nektar tarlacılığından polen tarlacılığına doğrudur. Bir çalışmada, sulandırılmış şeker şurubu ile beslenen koloniler *Prunus avium*, *Vicia faba* ve *Trifolium pratense* bitkilerinin yanına konulmuştur. Polen toplama etkinliği kontrol grubuyla karşılaştırıldığında bitkilerde sırasıyla 2.2, 3.3 ve 5.2 kat daha fazla olmuştur (Free, 1965). Ancak *Trifolium pratense* polenlerinin oranı beslemeyle artmıştır. Bu olay kolonilerin yakınında besin toplamak için nektar tarlacılarından ziyade polen tarlacılarının fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Yeni Zelenda'da şeker şurubu ile beslenen bal arısı kolonileri kivi polinasyonu için kullanılmıştır. Kividen polen toplayan tarlacıların sayısı ile diğer bitkilerden elde edilen polenlere göre toplanan kivi poleni oranı da artmıştır. Bundan dolayı şeker şurubu ile kolonileri beslemek, polen tarlacılarının sayısını artırarak polinasyon etkinliğini de artırmaktadır. Brüksel lahanasında geniş bir kafes içerisinde bir bal arısı kolonisi şeker şurubu ile beslendiğinde bu koloninin tarlacılarının polen toplama oranı %2'den %61'e çıkarak önemli bir artış sağlanmıştır. Tarlacıların polinasyon yapmadan çiçeklerden dilini çiçek yaprakları arasından sokarak nektar alma oranı ise %86'dan %33'e düşmüştür (Free ve Williams, 1975).

Polen tarlacılığı yapan arı sayısını artırmanın bir diğer yolu da birtakım feromonları kullanmaktır. Bu amaçla kullanılan ve ana arı

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

çene bezlerinde bulunan feromon (QMP), en az beş bileşenden oluşmaktadır. Bu feromon ana arının koloniyi kontrol altında tutmasını sağlamaktadır. Yapay QMP içeren ürünler bitkiler üzerine püskürtülerek, bal arılarının tarlacılık faaliyetleri artırılabilir. Bu feromonun ziyaret edilen çiçek sayısını ve polen tarlacılığı aktivitesini artırdığı saptanmıştır. Ancak uygulama esnasında çevrede bal arılarını daha çekici bitki bulunduğu durumlarda etki düzeyi düşebilmektedir.

Yapılan bir çalışmada QMP uygulanan kavun bitkisi yakınında ayçiçeği ekili parsel bulunduğunda, bal arılarının kavun bitkisinden ziyade ayçiçeğine yöneldiği saptanmıştır. QMP uygulaması ile elma ve kirazlarda meyve kalitesinin artmadığı, ancak düşük nektar kalitesi ile bal arıları için fazla çekici olmayan armutta ekonomik anlamda bir kazanım olduğu da bildirilmektedir (Higo ve ark., 1995).

Bal arısı larvalarının tükürük bezlerinden üretilen *yavru feromonu* da bal arılarında polen tarlacılığını uyarmaktadır. Kovan içerisine uygulanan ticari formu sonucunda, koloniler daha fazla çiçek ziyaret etmiş ve daha fazla polen toplamışlardır. Yavru feromonu kullanılarak hıyar bitkisinde yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Trhlin ve Rajchard 2011).

Yapay Nasanov feromonu da çiçeklenen bitkilere püskürtülerek arılara çekici hale getirilme işleminde kullanılmaktadır. Yüksek kaliteli su ve besin kaynaklarına diğer arıları yönlendirmek için de bu feromon uygulanabilmektedir. Ticari olarak üretilen İçerisinde Nasanov feromonu bulunan bir karışım ile yapılan bir çalışma ile bitkilere bu feromonun püskürtülmesi sonucunda ürünlerde %50-100 artış sağlanmıştır (Ambrose ve ark., 1995).

6. Bitkilerde Yabancı Polinasyonun Artırılması

Kovan uçuş deliğine uygulanan bir düzenekle, polinasyon gereksinimi olan bitkinin polenleri üzerinden bal arısını yürüterek kovan dışına çıkışını sağlamak için polinasyon çalışmaları yapılmıştır. Böylece arılar çiçekleri ziyaret ettiği zaman vücut tüylerinde polenleri de taşımışlardır. Bu sistemde polen genellikle elle toplanmakta ve kovan girişindeki polen dağıtıcı alete yerleştirilmektedir. Ayrıca bu yöntem pek çok bitkinin hibrit tohum üretiminde de kullanılabilir. Farkas ve Frank (1982) bal arısı kolonisiyle erkek steril ayçiçeklerini kafes içerisine almışlardır. Kovan girişine ise

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

ayçiçeği poleni içeren polen dağıtıcı monte edilerek başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bal arıları tarafından toplanan polen yüklerinden elde edilen polenin kullanılması metodunun gelişimi büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Elle veya mekanik toplama yoluyla polen elde edilmesi, emek isteyen ve pahalı bir yöntemdir. Polen dağıtıcı sistemle elle polinasyon yapma F1 tohumu üretiminde kullanılabilir.

Polinasyonda kullanılacak olan poleni elde etmek için, bal arılarının topladıkları polenin bir polen tuzağı yardımıyla alınması en kolay yoldur. Bal arılarının ayaklarından toplanan polenlere yapışmış olan bal veya nektarı polen yüklerinden uzaklaştırmak için önce %50'lik sukroz çözeltisinde yıkanır. Sonra soğuk kuru havayla polenler kurutulur. Polen 1-2 yıl için dondurularak saklanır. Bu polen %40-60 çimlenme gücüne sahip olup çiçeklerden toplanan polen gibi aynı düzeyde meyve bağlamayı sağlar.

Polen, tarlacılık seferleri arasında kovanlarında birbirlerini temizledikleri sırada tarlacı arılar arasında da taşınmaktadır. Kovan girişine yumuşak naylon kıllardan oluşan bir aparat konularak kovana giren ve çıkan tarlacı arılar onlara sürtünmektedir. Bu sistem tarlacı arılar arasında dolaylı polen transferine de yardım etmektedir (Free ve ark., 1991).

7. Bitkilerin Tohum/Meyve Verimine Bal Arısı Katkısı

Tarımsal ürünlerin pek çoğunda verimlilik artışı bal arısı polinasyonunun katkısı ile gerçekleşmektedir. Kültür bitkilerinin tozlaşmasında bal arıları çok önemli rol oynamakta ve yeterli tozlanma sağlanamadığı durumda tohum ve meyve gelişimi tamamlanamamaktadır (Özbek, 1979; Szabo, 1985; Karadeniz, 2015). Polinatör ziyaretinin artmasına bağlı olarak bitki parsellerinde tohum ve meyve verimi olumlu etkilenmekte, bitkinin sağlıklı ve verimli olmasıyla polinatörlerin çiçeklere ziyareti artmaktadır (Gori, 1983).

Sürekliliğini sağlamak için böceklerle tozlanmaya gereksinim duyan bitkiler, böcekleri cezbetmek için göz alıcı renk ve kokuları bulunan çiçeklere sahiptirler. Bol miktarda nektar ve polen üretmekte ve böcek ziyareti sonucunda polinasyonu gerçekleştiren bitkide tohum bağlama ve olgunlaştırma süreci başlamaktadır. Sonuçta gerek kendini tozlar gerekse yabancı tozlanmaya gereksinim duyan bitkilerin polinasyonunda bal arılarının etkili olması tohum ve meyve üretiminde kaliteyi artırmaktadır (Corbet ve ark., 1991).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Etkili Polinasyon Kaliteli Meyve/Tohum Demektir



Etkili Polinasyon Bol Meyve/Tohum Demektir

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bitkilerin tozlaşmasında bitki türüne göre değişmekle birlikte bal arılarına %100 düzeyine varan bir gereksinim olduğu, bal arılarının bitkisel üretime ve dolayısıyla ülke ekonomisine çok yüksek katkısının olduğu bilinen bir gerçektir (Özbilgin, 1999). Parsellere konulacak olan bal arısı kolonisi sayesinde bu verimlilikte artış sağlanması kaçınılmazdır (Goltz 1987). Bitkilerde üniform tohum elde edilmesi ve hasadın kolay yapılabilmesi için de böcek polinasyonunun gerekli olduğunu; polinatör sayısının artmasına bağlı olarak bu olayın daha başarılı gerçekleştiği de bilinmektedir (Free, 1962). Ayrıca çiçekler üzerindeki polinatör sayısı ve çeşitliliği ile tohum bağlama arasında pozitif ilişki bulunmaktadır (Dewenter ve Tscharrntke, 1999).

Tohum verimi ve ekonomiye olan bu katkısından dolayı polinasyon konusunda pek çok bitkide çalışma yürütülmüştür. Özellikle ekonomik öneme sahip bitkiler bu konuda öne çıkmaktadır.

Miah ve ark., (1993), kolzanın kendine tozlanan bitki olmasına karşın yabancı tozlanma ile daha fazla miktarda tohum elde edildiğini, Von Frisch (1967), kolzada kontrol parsellerine göre bu artış oranının %23-39 düzeyinde olduğunu saptamıştır. Langridge ve Goodman (1975), kolzada kafesli alanda tohumuz bitki sayısının, kafessiz alandakilerden %63.43 oranında daha fazla olduğunu, kolzanın tohum veriminde %62.48 düzeyde kendine tozlanmasının %37.52 böcek polinasyonun katkısının olduğunu ortaya koymuştur.

McGregor (1976), böcek polinasyonu sonucunda kolzada tohum veriminin arttığını, arılı ve kafesli parsellerde, arısız ve kafesli parsellere göre %25 oranında daha fazla tohum elde edildiğini bildirmektedir. Ayrıca kolzada bal arısı polinasyonu ile ortalama %43.5 daha fazla tohum elde edildiğini belirtmektedir. Bu konuda yapılan pek çok araştırma çalışması böcek polinasyonu ile meyve ve tohum veriminin ekonomik anlamda önemli ölçüde arttığını ortaya koymaktadır (Avcioğlu, 1977; Atakışi, 1978; Kamler, 1983; Pritsch, 1991; Kırıcı ve Özgüven, 1995; Manning ve Boland, 2000).

Uçar ve Tansı (1996), Çukurova koşullarında arıotunun farklı tarihlerde ekiminin tohum verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışma sonunda yaptıkları hasatta 15 Kasım'da ekimi yapılan parselden 43.18 g/m², diğer parsellerden 20.11-37.52 g/m² tohum elde edildiğini saptamışlardır. Bu konuda Tansı ve ark., (1999) da benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Basualdo ve ark., (2000), Afrika ve Avrupa bal arısı ırklarının

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin polinasyonundaki etkinliğini saptamak için yaptıkları araştırma sonucunda; Afrika bal arılarının Avrupa bal arılarından daha fazla polen tarlacılığı yaptıklarını ve buna bağlı olarak ayçiçeği polinasyonunda Afrika bal arısı ırkını kullanmanın verim artışı sağlayacağını bildirmektedirler.

Slaa ve ark., (2000), *Apis mellifera*, *Nannotrigona testaceicornis* ve *Tetragonisca angustula* polinatörlerinin *Salvia farinacea* bitkisinin tohum verimi üzerine etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada; tohum veriminin polinatör bulunmayan kafesli parsellerde açık alana göre daha düşük, bal arılı kafeslerde diğer polinatörlü kafeslilere oranla daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Tan (2000), arı polinasyonu ile ayçiçeği tohum veriminde çeşitlere bağlı olarak %25-82 oranında artış sağlandığını; polinasyona katkı sağlayan böceklerin başında bal arısı, bombus arısı ve *Halictidae* familyasının rol oynadığını bildirmektedir.

Avcı ve ark., (2010) yonca bitkisinde arı polinasyonunun ne düzeyde olduğunu saptamak amacıyla kafesli ve kafesiz parsellerde yürüttükleri çalışma sonucunda, ele alınan ölçütler bakımından yonca klon hatlarının kafes içi ve kafes dışı uygulamaları arasındaki tohum tutma, meyve bağlama ve tohum verimindeki çok önemli farkın büyük oranda tozlayıcı arılardan kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Ancak polinasyon yetersizliği sonucunda elde edilen tohum verimi potansiyel verimden oldukça düşük bulunmuştur. Bu nedenle yoncanın en önemli tozlayıcısı olan yaprakkesen arı türünün ülkemizde de üretilmesi ve tohumluk üretimi yapan kuruluşlarca kullanılması ile tohum üretiminde önemli artışlar sağlanabilecektir. Dolayısıyla bitkiye özel polinatörlerin varlığı ile en üst düzeyde ürün elde edilebilirken, bal arısı başta olmak üzere diğer arıların katkısıyla kaybolan verimin bir kısmı karşılanabilmektedir.

Ordu koşullarında Hayward kivi çeşidinde (*Actinidia deliciosa*), 6 dişli kivi bitkisinin 3 tanesi arı girişi serbest bırakılmış, 3 tanesi ise arıların girmesini engellemek için kafes içerisine alınarak, çiçeklenmeden 3 gün önce file ile kapatılmıştır. Çiçeklenme döneminde her bir bitkide 5 çiçek üzerinde eş zamanlı olarak 10'ar dakika süreyle bal arısı ve diğer böceklerin ziyaret sayımları yapılmıştır. Bir ağaçta ortalama olarak 776 adet çiçek belirlenmiştir. Arı girişine serbest bırakılan ağaçlarda açan çiçeklerin %98,92'si, arı girişine kapatılan ağaçlarda ise çiçeklerin %32,08'nin meyveye

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

dönüştüğü saptanmıştır. Bal arısına açık olan alandan elde edilen meyvelerde ortalama raf ömrü 66,78 gün, tohum sayısı 1497 adet olarak, arı girişine kapatılan meyvelerde ise ortalama raf ömrü 58,15 gün ve tohum sayısı ise 153 adet olarak belirlenmiştir. Bal arılarının tozlaşmaya yaptığı katkı, bal arısız ortama kıyasla 9,8 kat daha fazla bulunmuştur (Kuvancı ve ark., 2013).

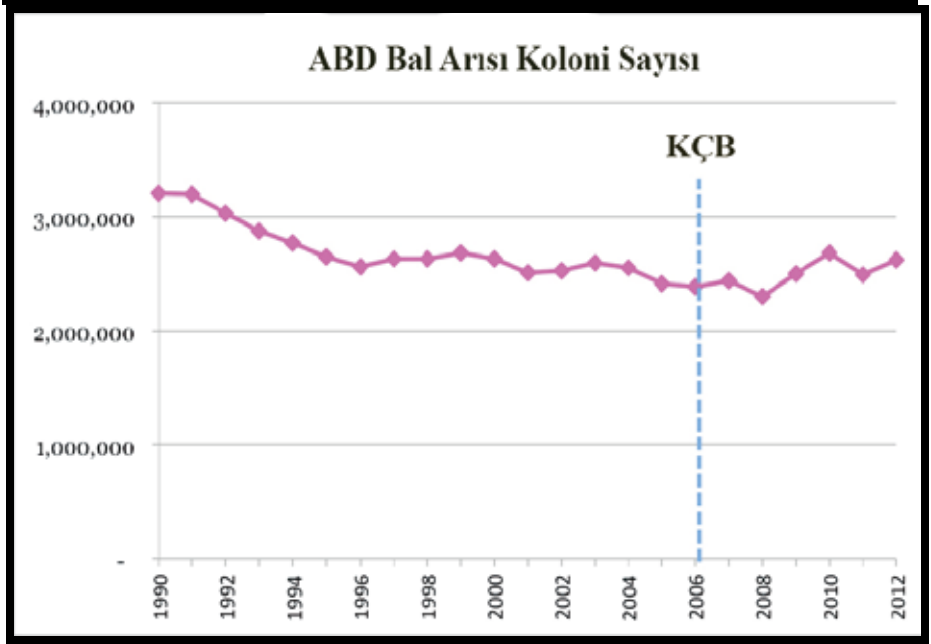
Kuvancı ve ark., (2010) çileklerde yaptığı çalışmada bal arılarının 8.2 adet/m² tarlacılık yaptığını saptamışlardır. Çilek bitkisinde en yüksek verim 2320.8 g/m² ile arı girişine serbest bırakılan birim alandan elde edilirken, bunu 1387.8 g/m² verim ile rüzgar ve morfolojik olarak bal arılarından küçük böceklerin etkili olduğu alan takip etmiştir. 733.1 g/m² verim ile rüzgârın etkili olduğu alandan en az ürün elde edilmiştir.

Üzümsü meyveler için en etkili tozlaşma sağlayıcı vektörler sinekler, bazı kınkanatlı böcekler, arılar olup, tozlaşmanın %90-95'ini bal arıları sağlamaktadırlar. Bal arılarının üzümsü meyve çiçeklerini ziyaret sayıları arttıkça elde edilecek meyvelerin irilik ve miktarı da artmaktadır. Hatta bal arıları kendine verimli olan bitkilerde dahi tozlaşmayı üç kat daha etkili bir şekilde yapmaktadırlar (Erdoğan ve Erdoğan, 2006).

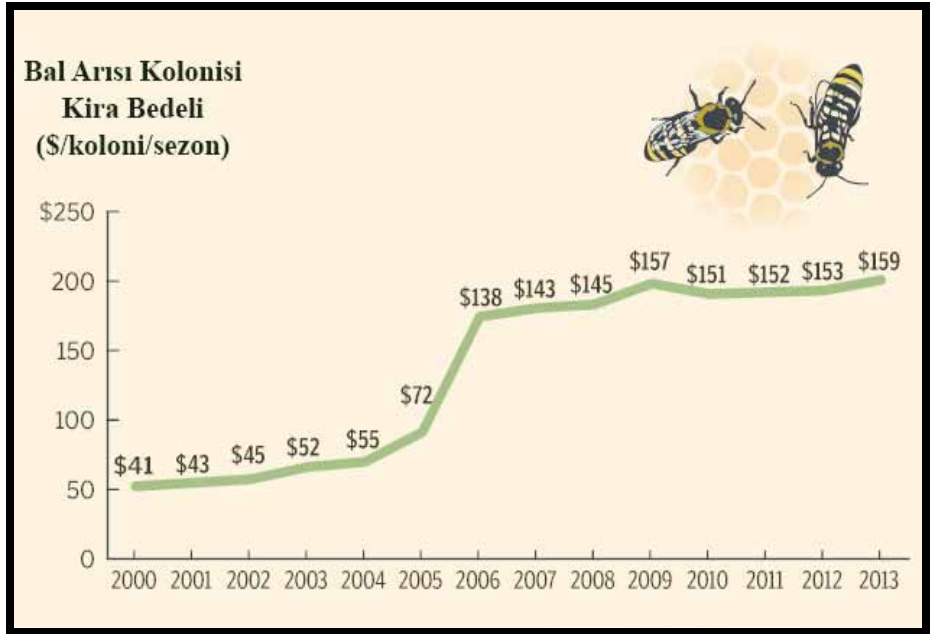
8. Polinasyondan Elde Edilen Gelirler

Pek çok ülkede polinasyonun önemi bilinmemekle birlikte ülkemizde her geçen gün bu konuda bilinç düzeyi artmaktadır. Ancak halen verimliliği artırmak amacıyla koloni kiralama uygulamasına geçilmemiştir. Bu konuda ya üreticiler ya da devlet destekleme sistemi içerisinde yapılacak desteklemelerle atılım sağlanması da olası görünmektedir. Özellikle arıcılıkta ileri gitmiş ve polinasyon amacıyla bal arısı kolonisi kullanımı yaygınlaşmış olan Amerika Birleşik Devletlerinde Polinasyon Servisleri uygulamasıyla sistem uzun yıllardır uygulanmaktadır. Bu sistem sayesinde arı yetiştiricileri arı ürünlerinden daha fazla düzeyde polinasyon için bal arısı kolonisi kiralama geliri elde etmektedirler. Yıl içerisinde birden fazla yere bu amaçla gezgin arıcılık yapılmaktadır. Son yıllarda Koloni Çökme Bozukluğu Sendromu nedeniyle koloni kaybının yaşanması nedeniyle, kira gelirleri çok fazla artmıştır. Koloni sayısındaki kayıplar arttıkça fiyatların artma eğiliminde olduğu da bilinen bir gerçek olarak devam etmektedir (Cox, 2014).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Yıllar İtibariyle Amerika Birleşik Devletlerinde Koloni Ölümleri



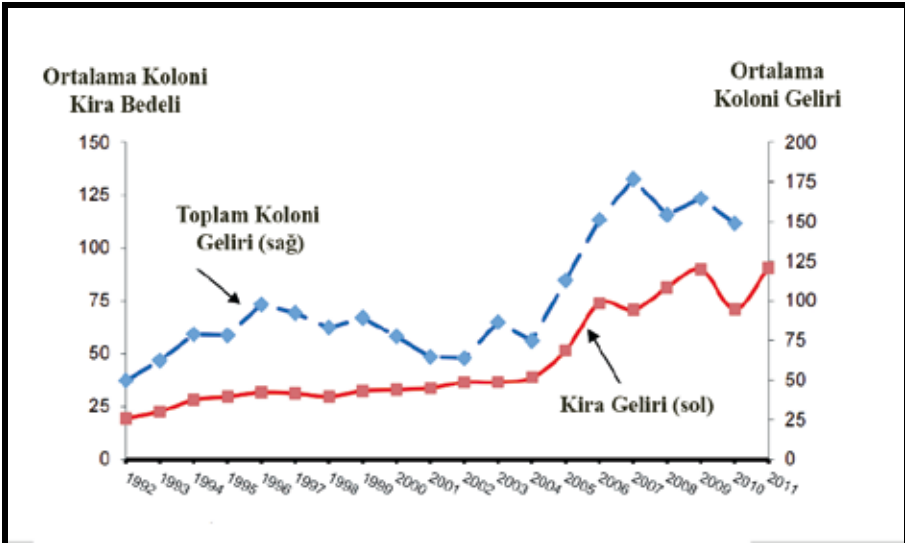
ABD Kaliforniya'da Yıllar İtibariyle Bir Sezonada Badem Polinasyonu Bal Arısı Kolonisi Kira Bedeli (Cox, 2014)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Ürün Adı	Polinasyon Kirası (\$)	Kira Bedeli Payı (%)
Badem	292.500.000	44.6
Ayçiçeği	110.460.000	16.8
Kanola	108.927.000	16.6
Üzüm	43.294.500	6.6
Elma	23.601.600	3.6
Kiraz	13.452.450	2.1
Karpuz	10.462.500	1.6
Yaban mersini	8.215.200	1.3
Avokado	7.446.000	1.1
Diğerleri	37.720.133	5.7
Toplam	656.079.383	100.0

ABD’de 2012 Yılında Polinasyondan Elde Edilen Toplam Kira Bedelinin Ürünlere Göre Oransal Dağılımı (Bond ve ark., 2014)

Polinasyon kira bedeli yanında arı yetiştiricileri ürettikleri arı ürünlerinden de gelir elde etmektedirler. Ayrıca bir kısım arıcı eyaletler arasında gezgin arıcılık yaparak birden fazla üründe polinasyon amacıyla arı kolonilerini kiralamaktadırlar. Bu nedenle arı yetiştiricilerinin önemli bir kısmı gelirlerinin büyük bir bölümünü koloni kirasından elde etmektedirler (Bond ve ark., 2014).



ABD Kuzeydoğu Pasifik Eyaletinde Koloni Kira Bedeli ve Gelirler

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



ABD’de Profesyonel Polinasyon Servisleri Bulunmaktadır



ABD’de Ticari Arıcılık Yapanlar 500-6.000 Koloniye Sahiptir



Bölüm VI

Bal Arılarının Zirai Mücadele İlaçlarından Korunması

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

1. Zirai Mücadelede Kullanılan İlaçlar

Zirai mücadele ilaçları her ne kadar tarımın bir parçası olsa da zaman zaman bal arıları açısından zararlı olabilmektedirler. Özellikle bal arısı başta olmak üzere yararlı böcekleri ve hedeflenmeyen organizmaları öldürerek zarar vermektedirler. Zirai ilaçlar bal arılarını öldürerek doğaya verdiği zararlar yanında arıların tarlacılık faaliyeti sonucunda toplamış olduğu polen ve nektar ile arı ekmeği ve balda da birikmektedirler. Bu ürünlerden yiyen arı larvaları ile insanlar da önemli düzeyde zarar görebilmektedirler (Johnston, 2014).

Tarım ilaçları bal arıları üzerindeki etki mekanizmalarına göre 3 gruba ayrılmaktadırlar.

a) Arılara Toksik Etkili Aktif Maddeler

abamectin	ethion+zeta-cypermethrin
acephate	fenitrothion
aldicarb	fenthion
alpha-cypermethrin	fipronil
aminocarb	formothion
azinphos-ethyl	gamma-cyhalothrin
azinphos-methyl	imidan
bendiocarb	imidacloprid
beta-cyfluthrin	indoxacarb
beta-cypermethrin	lambda-cyhalothrin
bifenazate	malathion
bifenthrin	maldison
bioresmethrin+pip.but.	methabenzthiazuron
carbaryl	methamidophos
chlorfenapyr	methidathion
chlorfenvinphos	methiocarb
chlorpyrifos	methomyl
clothianidin	mevinphos
cyanamide	milbemectin
cyfluthrin	naled
cypermethrin	omethoate
dazomet	parathion
deltamethrin	permethrin 40:60
diafenthiuron	phosmet
diazinon	propoxur

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

dichlorvos	pyrethrins
dimethenamid-p	pyridaben
dimethoate	spinetoram
dioxacarb	spinosad
DNOC	tebufenpyrad
emamectin	thiamethoxam
EPN	thiodicarb
esfenvalerate	trichlorfon
ethion	zeta-cypermethrin

b) Arılara Az Toksik Olan Aktif Maddeler

atrazin	demethion
bromophos	pyrethrine
carbophenothion	thiometon
cyhexatin	trifluralin

c) Arılara Zararsız Aktif Maddeler

2.4-D	Dinocap
amitraz	dithianon
bakıroksiklorür	endosülfan
benomyl	folpet
benzaton	linuron
binapacryl	maneb
captafol	nabam
captan	prometryne
carbendazim	prometryne
chlorpropham	simazin
dalapon	zineb
dicofol	ziram

2. Zirai Mücadele İlaçlarının Bal Arılarına Etkileri

Zirai mücadelede kullanılan ilaçların cinsi, uygulama yeri ve zamanı, dekara atılan dozu, bitkiler üzerindeki etki süresi ve ilaçlamanın yapıldığı günlerdeki meteorolojik koşullar, kullanılan ilaçların bal arılarına olan etkisi üzerinde önemli düzeyde rol oynamaktadır. Arılar için toksik etkili bir ilacın etkisi, ilaçlamadan sonra 2 veya 3 gün süre ile yağın yağmur sebebiyle önemli ölçüde azalmaktadır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Zirai M¼cadele İlaçlarından Ölm¼ş Bal Arıları

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Son yıllarda arı ölümleri ve koloni kayıpları üzerine etkili olduğu düşünülen neonikotinoid grubu ilaçlar da arılara toksik etkilidir. Neonikotinoidler sistemik etkili insektisit olup kök ve yapraklar aracılığıyla bitkinin yapısına geçmekte ve delici-emici ağız yapısına sahip böceklerle etkili olmaktadır. Neonikotinoidler, normal koşullarda insanlar, hayvanlar ve çevreye zararlı değildir. Bu özellikleri nedeniyle kullanımı en hızlı yaygınlaşan ilaç grubundadırlar. Ancak bitkinin yapısında sürekli bulunması nedeniyle nektar ve polenler aracılığıyla bal arılarına zarar vermektedir.

Laboratuvar çalışmaları da bu zararlı etkiyi ortaya koymaktadır. Bal arılarına letal veya subletal etkide bulunabilmektedir. Neonikotinoidlerin subletal etkisi sonucunda bal arılarında öğrenme engellenmekte, kısa veya uzun vadeli hafıza kaybı yaşanmakta, üreme verimliliği düşmekte ve tarlacılık davranışları değişmektedir. Neonikotinoidler arıların bağışıklık sistemine olumsuz etkide bulunmakta, enfeksiyonlara duyarlı hale getirmektedirler. Bu nedenlerden dolayı son yıllarda bal arıları başta olmak üzere tüm arıları korumak amacıyla neonikotinoid grubundaki bal arılarına zararlı ilaçlar yasaklanmaktadır (Lawrence ve Sheppard, 2013).

İlaçlar etken madde ve uygulama şekline bağlı olarak bal arılarına 3 farklı biçimde etkili olmaktadır (Connely, 2012).

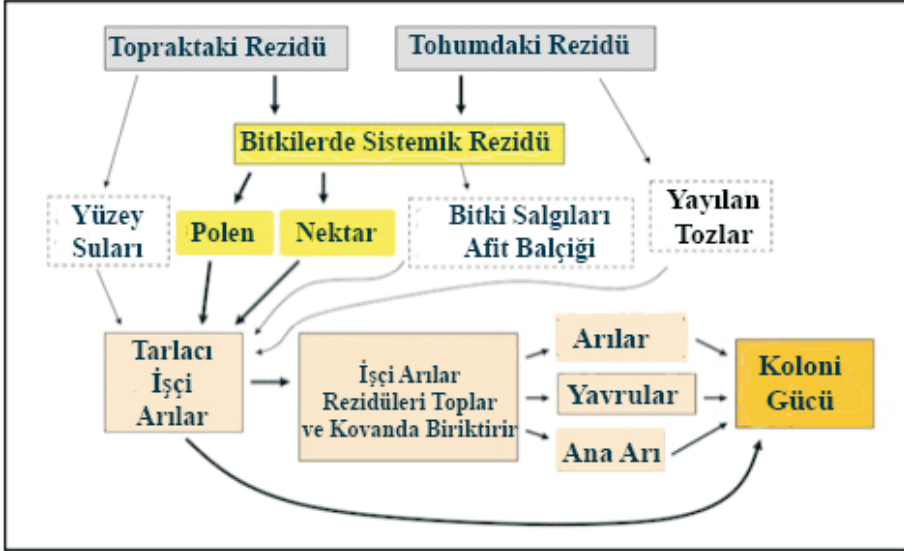
1. Arılar bu ilaçları sindirim sistemlerine alarak zehirlenirler.
2. Temas ile zehirlenirler.
3. Bu ilaçları soluyarak zehirlenirler.

Bazı ilaçlar aynı anda iki ya da üç farklı yolla zehirleyici etki yapabilir. Bitkilerin çiçeklenme dönemlerinde yapılan toz ya da sıvı ilaç uygulaması esnasında arılar ya doğrudan ilaca maruz kalmakta ya da ilaçlı bitkileri ziyaret ederken çiçeklerin taç yapraklarında biriken ilaçlı su damlacıklarının veya ilaç tozlarının vücutlarına bulaşması ile zehiri bünyelerine almaktadırlar. Polene bulaşmış toz ilaçları tarlacı arıların kovanlara taşınmaları sonucunda, kovanda görevli genç işçi arılar ve beslenmekte olan larvalar, zehirin etkisinde kalarak ölmeye başlamaktadır.

Ayrıca havaya, suya ve toprağa karışan zirai mücadele ilaçları çeşitli yollardan bal arısı kolonilerini etkilemekte, arıların ölümüne neden olmakta ve verimliliği düşürmektedir. Bu nedenle ilaçların topraklara atılmaması başta olmak üzere sürekli dikkat şarttır.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi arıcı ve bitki yetiştiricisi tarafından hiç düşünülmeyen pek çok olasılık arı kolonileri ve yaban yaşamı üzerinde önemli düzeyde etkili olmaktadır.



Koloniye Zirai Mücadele İlaçlarının Etkisi (Oliver ve Adece, 2012)

3. Bal Arılarının Zehirlenme Belirtileri

Zirai mücadelede kullanılan ilaçlar bal arılarında farklı etkiler meydana getirmekte ve dolayısıyla da zehirlenme belirtileri farklı olmaktadır. Değişik insektisit gruplarının neden olduğu koloni bireylerinde görülen tipik zehirlenme belirtileri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.1. Organik Fosforlar

Organik fosforlu bileşikler mide, kontakt ve solunum yoluyla etkili olurlar. *Anziphos-Ethyl*, *Aziphos-Methyl*, *Chlorpyrifos*, *Diazinon*, *Dichlorvos*, *Fenitrothion*, *Fenthion*, *Malathion*, *Mevinphos*, *Triazophos* aktif maddelerini içeren yüzlerce ticari ilaç, bal arıları için çok zehirli olduklarından ani ölüm meydana getirmektedirler. Bu yüzden tarlacı arılar daha kovana dönmeden birkaç saat içinde zehirlenerek ölürlür. Bu gruptaki ilaçların düşük dozunu alan arılarda önce aşırı bir saldırganlık başlamakta, daha sonra yaygın bir kusma görülmektedir. Arılar kusarken, bal midesinden çıkardıkları nektar ile

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

ıslak ve yapışkan bir görünüş kazanmaktadır. Kanatlar yana açılmakta, abdomen şişmekte ve bacaklarda düzensiz kasılmalar meydana gelmektedir. Genel bir titreme ve istem dışı hareketlerden sonra paraliz olma süresi tamamlanmakta ve ölümler başlamaktadır.

Yoğun şekilde zehirlenmeden sonra kusma kovanda meydana gelirse, kovan içinde ağır bir ilaç kokusu hissedilmektedir. Kolonideki arı sayısı azalmakta, hatta koloni kısa zamanda sönebilmektedir.

3.2. Klorlandırılmış Hidrokarbonlar

Bu gruptaki ilaçların etkileri, kontakt ve mide yolu ile olmaktadır. Kalıcılıkları uzun süre devam eden klorlandırılmış hidrokarbon bileşimli ilaçların çoğu son yıllarda yasaklanmıştır. Halen sınırlı alanlarda kullanılmakta olan *Endosülfan* ve *Diiflubenzuron* aktif maddeli ilaçlar, arılar için çok tehlikelidir.

Arıların ilaçla teması sonunda deri yoluyla veya bal midesine nektar olarak karışmış halde alınan aktif madde, yavaş yavaş fakat devamlı şekilde toksik etki gösterir. Zehirlenmeden sonra tarlacı arıların büyük bir kısmı kovana dönebilmekte; ancak alınan ilaç dozuna bağlı olarak yaşama şansları giderek azalmaktadır.

Bu gruptaki ilaçlarla zehirlenen arılarda iğnelerini batırma isteği artmakta, anormal aktivite, arka bacakları sürüyerek yürüme, titreme gibi belirtiler görülmektedir. Arılar felç durumunda, kanatlar vücuttan açık vaziyette tutmaktadır. Bazen sırtüstü düştükleri de olmaktadır. Bu durumda uzun süre bacak ve antenlerini hareket ettirerek canlı kalabilirler. Bazı karıncaların bu arıları daha ölmeden yuvalarına taşıdıkları gözlenmiştir.

3.3. Karbamatlı Bileşikler

Bunlar arılara kontakt ve mide zehiri olarak etki eden tehlikeli bileşiklerdir. Özellikle *Aldicarb*, *Sevin*, *Carbaryl*, *Methomyl* ve *Propoxur* aktif maddeli bileşiklerin toz formülasyonları arıları öldürür. Sıcakkanlı hayvanlara etkisinin az olduğu ve yağ dokusunda birikmediği için karbamatlı bileşikler bugün klorlandırılmış hidrokarbonların yerini almışlardır.

Bu gruptaki ilaçların etki süresi 3-4 gün devam edebilir. Kovanlar ilaçlama yapılan alana yakınsa, arılar bu süre içinde kovan önüne tel kafes takılarak beslenebilir. Zehirlenmiş arıların vücut hareketleri yavaşlamakta ve uçmayı başaramayan davranışlar

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

görülmektedir. Bunu paraliz ve ölüm takip eder. Arıların çoğu kovanda ölmektedir. Ana arı ölmediği takdirde, uzun süre yumurta bırakmamaktadır.

3.4. Dinitrofenil Bileşikler

Bu gruptaki ilaçlar genellikle ilkbaharda ağaçların uyanmasından önce kullanılmaktadır. *Dinitro ortocresol (DNOC)* ve *Dinoseb (DNBP)* aktif maddeli ilaçların arılarda zehirli etkisi, erken ilkbaharda temizlik uçuşuna çıkmış arılarda görülür. İlaçtan etkilenen arıların çoğu kovanda ölmektedir.

3.5. Sentetik Piretroidler

Son yıllarda ülkemizde Akdeniz Bölgesi başta olmak üzere meyve ve sebzelerde Sentetik piretroidler zararlı böceklerle karşı yoğun biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu grupta yer alan *Alfoxylate*, *Cyhalothrin*, *Cypermethrin*, *Deltamethrin*, *Fenpropathrin*, *Fenvalerate*, *Permethrin* aktif maddeli ilaçlar yüksek insektisit etkiye sahiptirler. Bunlar kuvvetli temas ve mide zehiri olduklarından arılarda toplu halde ölümlere neden olmaktadır.

Sentetik piretroidler, yağmurla yıkanmak yada buharlaşmak suretiyle etkilerini çok az kaybettiklerinden ilaçlamadan sonra iklim koşullarına bağlı olarak 1-3 hafta kadar arılar için tehlike teşkil ederler. Bunlar arasında sadece *Deltamethrin* aktif maddeli ilaçların arılara daha az toksik oldukları bilinmektedir. Zehirli etkisi çok yüksek olan piretroidler, arılarda önce düzensiz hareketler, kusma ve halsizlik oluşturmakta, bunu çırpınma hareketleri, paraliz ve ölüm takip etmektedir. Piretroid ilaçlar, normal tarla dozlarında gece uygulandıklarında arılar için pek zehirli olmazlar. Arılar mücadele yapılan tarla ve bahçelerden ilaçların kaçırıcı etkisi nedeniyle uzaklaşmakta ve bir ölçüde ölümler azalmaktadır. Özellikle *Fenpropathrin* ve *Fenvalerate* aktif maddeli ilaçlar arılara daha güvenli olan grubu oluşturmaktadır.

3.6. Diğer İlaç Grupları

Akarisit, herbisit, fungusit ve diğer ilaç gruplarının arılar için insektisitler kadar zararlı olmadıkları bilinmektedir. Ancak akarisitlerden *Cyhexatin*, herbisitlerden *Atrazin*, *Neburon* ve *Trifluralin* fungusitlerden bazı bakırlı preparatlar arıları

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

zehirleyebilmektedir. Bal arılarına tehlikesiz olduğu bilinen ve yabancı ot ilacı olarak çok yaygın şekilde kullanılan 2.4 D birçok polenli ve nektarlı bitkinin ölümüne sebep olduğu için arıcılığa dolaylı yolla zarar vermektedir (Tutkun ve İnci, 1992).

Fungusitler temelde arı için zararlı olmayan ilaçlardır. Ancak arı için zararlı olmaması balda kalıntı oluşturmayacağı anlamına gelmemelidir. Polinasyon amaçlı kullanılan kolonilerin bulunduğu bahçelerde yurtdışında bir takım kurallara uyularak fungusit uygulaması yapılabilir. Ancak unutulmamalıdır ki baldaki kalıntı arıya zarar vermese de insan tüketimi açısından sakıncalıdır.

Fungusitler içerisinde arıya zararlı olanlar bulunduğu için polinasyonda kullanılan arılara zarar vermemek için arılara zararsız olanlar tercih edilmelidir. Ancak, bakırlı preparatlar bitkilerin çiçeklenme zamanı çiçeklere de zarar verdiğinden zaten kullanılmamaktadır. Çiçeklenme öncesi kullanımda arı dostu olanlar tercih edilmelidir. Bitkilerin çiçeklenme zamanlarında döllenmeyi etkilememek için genelde ilaç kullanılması istenmez. Ancak, monilya hastalıklarının çiçek enfeksiyonları için elma, kiraz, erik gibi sert çekirdekli meyvelerde iki, ayvada ise 3 ilaçlama çiçeklenme süresince yapılmalıdır. Bu hastalıklara karşı önerilen ilaçların önemli bir kısmının arı dostu olduğu bilinmektedir. Ancak, bunlar arasında başka özelliklerine de bakarak seçim yapmak yararlı olacaktır. Önemli fungusit olarak genelde külleme hastalıklarına karşı önerilen kükürt olup, bu fungusitin kullanımı organik yetiştiricilik açısından da uygun olması nedeni ile tercih edilebilir. Ancak, toz ilaçlardan ziyade ıslanabilir toz (WP) formülasyonlar her zaman tercih edilmelidir (Tezcan, 2009). İlaçlamada kullanılacak ilaçların tespitinde en emin yol, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının web sayfasını takip etmektir. Zira her geçen gün yapılan çalışmalar sonucunda bir kısım ilaçlar piyasaya yeni sunulurken bir kısım ilaçlar da verdikleri zarar nedeniyle yasaklanabilmektedir.

4. Bal Arılarının Zirai Mücadele İlaçlarından Korunması

1. Her şeyden önce bitki yetiştiricilerine yönelik eğitim ve yayım çalışması yaygınlaştırılarak bal arılarının polinasyondaki, dolayısıyla bitkisel verimlikteki yeri ve önemi iyice anlatılmalıdır. Ayrıca bal arıları başta olmak üzere doğada bulunan tüm canlıların atılan zirai mücadele ilaçlarından olumsuz etkilendiği,

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

- çevresel kirlilikte zirai ilaçların çok fazla yer tuttuğu ve kullanım konusunda talimatlara uyulması vurgulanmalıdır.
2. İlaçlama, kültür bitkilerinin çiçek açtığı dönemde yapılmamalıdır.
 3. Mümkün olduğu takdirde arıcılık açısından ilk etapta ilaçlama bölgelerinden uzak durulmalıdır. Arı dostu olmayan ilaçların kullanımı zorunlu hallerde ilaçlamadan sonra ilaç çeşidine göre değişmekle birlikte arı kovanları o bölgeden en az 2-3 gün uzak tutulmalıdır. İlaçlamalardan kaynaklanan arı ölümlerinin %50-90'ı ilaçlamadan sonraki ilk 24 saat içerisinde olmaktadır.
 4. Kullanılan ilaçların arılara olan etkisini azaltmak için belirtilen doz ve zamanda kullanılmasına dikkat edilmelidir.
 5. Zirai mücadele konusunda çalışan kurumlar ve üreticiler etkin işbirliği içerisinde olmalıdırlar.
 6. İlaçlama yapılan bölge, kullanılan ilaçlar, ilaçlama zamanı gibi konularda üreticiler ve arıcılar radyo, TV, internet, cep telefonu mesajı gibi haberleşme araçlarıyla önceden bilgilendirilmelidirler.
 7. Mümkün oldukça toz ilaçlar yerine sıvı ilaçlar kullanılmalıdır.
 8. İlaçlamalar mümkün oldukça arıların uçuşta olmadığı, günün geç saatlerinde yapılmalıdır.
 9. Arılar için zehirli ve uzun süre etkili ilaçlar kullanılması durumunda arıcılar haberdar edilerek kovanların ilaçlama sahasından 8-10 km uzağa taşınması sağlanmalıdır.
 10. Etki süresi kısa olan ilaç kullanılacağı durumda arıları 1-2 gün korumak için uçuş delikleri tel kafeslerle kapatılmalıdır. Bu süre zarfında kolonilerin besin ve su gereksinimleri giderilmelidir.
 11. Polinasyon amacıyla bal arısı kolonisi konulacak olan bahçelerin, kullanılacak pestisitlerin özelliklerinin de bilindiği pestisit uygulama planı bulunmalıdır.
 12. Çiçeklenme esnasında herhangi bir fungusit gerektiğinde, arıların uçuşta olmadığı akşamüzeri uygulama yapılmalıdır.
 13. Arıların içmesi için temiz su sağlanmalıdır. Bu uygulama polinasyon için gerekli olan zamanın su toplama amacıyla harcanmasının önüne geçecektir. Pestisit uygulamasından önce su kaynaklarının kirlenmemesi için koruyucu önlemler alınmalıdır. Gerekirse su dolu kaplar arıların kullanımına sunulmalıdır. Çiçeklenme boyunca su kontrol edilerek eksiklik giderilmelidir.
 14. İlgili tarımsal kuruluşlara pestisit kaynaklı arı ölümlerini bir an önce bildirmek gereklidir (Tezcan, 2009; Ludwig, 2014).

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

5. Ülkemizde Yasaklanan Zirai Mücadele İlaçları

SN	Etken Madde	Yasaklanma	Son Kullanma
1	1,3-DICHLOROPROPENE	01.01.2009	01.01.2011
2	4-CPA	31.08.2009	31.08.2011
3	ACEPHATE	30.06.2010	31.08.2011
4	ALACHLOR	01.01.2009	01.01.2011
5	ALDICARB	01.01.2009	01.01.2011
6	AMINO ACIDE	31.08.2009	31.08.2011
7	AMITRAZ	01.01.2009	01.01.2011
8	AMMONIUM THIOCYANATE	31.08.2009	31.08.2011
9	ANILOFOS	30.06.2010	31.08.2011
10	ATCA	31.08.2009	31.08.2011
11	ATRAZINE	31.08.2009	31.08.2011
12	AZINPHOS-METHYL	31.08.2009	31.08.2011
13	AZOCYCLOTIN	31.08.2009	31.08.2011
14	BENFURACARB	30.06.2011	31.08.2012
15	BENOMYL	30.06.2010	31.08.2011
16	BETA-CYPERMETHRIN	01.01.2009	01.01.2011
17	BITERTANOL	30.06.2011	31.08.2012
18	BNOA	31.08.2009	31.08.2011
19	BRODIFACOU	30.06.2011	31.08.2012
20	BROMACIL	01.01.2009	01.01.2011
21	BROMOPHOS	01.01.2009	01.01.2011
22	BROMOPHOS-ETHYL	01.01.2009	01.01.2011
23	BROMOPROPYLATE	30.06.2010	31.08.2011
24	BRONOPOL	01.01.2009	01.01.2011
25	BUTRALIN	31.08.2009	31.08.2011
26	CARBARYL	31.08.2009	31.08.2011
27	CARBOFURAN	30.06.2011	31.08.2012
28	CARBOSULFAN	31.08.2009	31.08.2011
29	CHINOMETHIONAT	01.01.2009	01.01.2011
30	CHLORFENAPYR	01.01.2009	01.01.2011
31	CHLORFENVINPHOS	01.01.2009	01.01.2011
32	CHLORFLUAZURON	30.06.2010	31.08.2011
33	CHLORONEB	31.08.2009	31.08.2011
34	CIS-ZEATIN	31.08.2009	31.08.2011
35	COUMACHLOR	30.06.2010	31.08.2011
36	CYANAZINE	01.01.2009	01.01.2011

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

SN	Etken Madde	Yasaklanma	Son Kullanma
37	CYANIDES: Ca, H, Na	01.01.2009	01.01.2011
38	CYCLOATE	30.06.2011	31.08.2012
39	CYCLOSULFAMURON	31.08.2009	31.08.2011
40	CYHEXATIN	30.06.2010	31.08.2011
41	DIAFENTHIURON	30.06.2010	31.08.2011
42	DIAZINON	31.08.2009	31.08.2011
43	DICHOFLUANID	01.01.2009	01.01.2011
44	DICHLORVOS (DDVP)	31.08.2009	31.08.2011
45	DICOFOL	30.06.2010	31.08.2011
46	DIFENZOQUAT	01.01.2009	01.01.2011
47	DIMETHENAMID	01.01.2009	01.01.2011
48	DIMETHIPIN	01.01.2009	01.01.2011
49	DIOXACARB	30.06.2010	31.08.2011
50	DIOXATHION	01.01.2009	01.01.2011
51	DIPHENAMID	30.06.2010	31.08.2011
52	ENDOSULFAN	01.01.2009	01.01.2011
53	ENDOTHAL	01.01.2009	01.01.2011
54	EPN	31.08.2009	31.08.2011
55	EPTC	01.01.2009	01.01.2011
56	ESBIOTHRIN	31.08.2009	31.08.2011
57	ETHALFLURALIN	30.06.2011	31.08.2012
58	ETHIOFENCARB	01.01.2009	01.01.2011
59	ETHION (AKA DIETHION)	01.01.2009	01.01.2011
60	ETHIRIMOL	01.01.2009	01.01.2011
61	ETHOATE-METHYL	01.01.2009	01.01.2011
62	FENARIMOL	30.06.2010	31.08.2011
63	FENITROTHION	31.08.2009	31.08.2011
64	FENPICLONIL	01.01.2009	01.01.2011
65	FENPROPATHRIN	30.06.2010	31.08.2011
66	FENTHION	30.06.2010	31.08.2011
67	FENTIN ACETATE	30.06.2010	31.08.2011
68	FENTIN HYDROXIDE	01.01.2009	01.01.2011
69	FENVALERATE	31.08.2009	31.08.2011
70	FLAMPROP-M	01.01.2009	01.01.2011
71	FLOCOUMAFEN	30.06.2010	31.08.2011
72	FLUAZIFOP	01.01.2009	01.01.2011
73	FLUBENZIMINE	01.01.2009	01.01.2011

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

SN	Etken Madde	Yasaklanma	Son Kullanma
74	FLUCYTHRINATE	01.01.2009	01.01.2011
75	FLUFENOXURON	30.06.2011	31.08.2012
76	FLUMETSULAM	31.12.2009	31.12.2011
77	FLURIDONE	01.01.2009	01.01.2011
78	FLUTHIACET-METHYL	31.08.2009	31.08.2011
79	FOLIC ACID	31.08.2009	31.08.2011
80	FOMESAFEN	30.06.2010	31.08.2011
81	FORMOTHION	01.01.2009	01.01.2011
82	FURATHIOCARB	01.01.2009	01.01.2011
83	HALFENPROX	01.01.2009	01.01.2011
84	HALOXYFOP	31.12.2009	31.12.2011
85	ETHOXYETHYLESTER	30.06.2010	31.08.2011
86	HEXAACONAZOLE	30.06.2010	31.08.2011
87	HEXAFLUMURON	30.06.2010	31.08.2011
88	HYDROGEN CYANAMIDE	31.08.2009	31.08.2011
89	HYDROXY-MCPA	01.01.2009	01.01.2011
90	IMAZAMETHABENZ-METHYL	30.06.2010	31.08.2011
91	IMAZAPYR	30.06.2010	31.08.2011
92	IMINOCTADINE	01.01.2009	01.01.2011
93	INDOLYLACETIC ACID	31.08.2009	31.08.2011
94	ISOFENPHOS	01.01.2009	01.01.2011
95	KINETIN	31.08.2009	31.08.2011
96	MEPHOSPHOLAN	01.01.2009	01.01.2011
97	METAM POTASSIUM	30.06.2011	31.08.2012
98	METHABENZTHIAZURON	01.01.2009	01.01.2011
99	METHIDATHION	30.06.2010	31.08.2011
100	METHOPRENE	01.01.2009	01.01.2011
101	METOLACHLOR	31.08.2009	31.08.2011
102	METOMINOSTROBIN	31.08.2009	31.08.2011
103	METOSULAM	31.08.2009	31.08.2011
104	MEVINPHOS	01.01.2009	01.01.2011
105	MONOCROTOPHOS	30.06.2010	31.08.2011
106	MONOLINURON	01.01.2009	01.01.2011
107	NORFLURAZON	01.01.2009	01.01.2011
108	NUARIMOL	01.01.2009	01.01.2011
109	OFURACE	01.01.2009	01.01.2011
110	OMETHOATE	30.06.2011	31.08.2012

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

SN	Etken Madde	Yasaklanma	Son Kullanma
111	OXADIXYL	30.06.2010	31.08.2011
112	OXAMYL	19.10.2011	01.06.2012
113	OXINE-COPPER	01.01.2009	01.01.2011
114	OXYCARBOXIN	01.01.2009	01.01.2011
115	OXYDEMETON-METHYL	01.01.2009	01.01.2011
116	PARATHION- METHYL	31.08.2009	31.08.2011
117	PCNB (QUINTOZENE)	31.08.2009	31.08.2011
118	PERMETHRIN	01.01.2009	01.01.2011
119	PHENTHOATE	01.01.2009	01.01.2011
120	PHORATE	31.08.2009	31.08.2011
121	PHOSALONE	30.06.2010	31.08.2011
122	PHOSPHAMIDON	01.01.2009	01.01.2011
123	PINOLENE	31.08.2009	31.08.2011
124	PIPERONYL BUTOXIDE	31.08.2009	31.08.2011
125	PLANT EXTRACTS	31.08.2009	31.08.2011
126	PRIMISULFURON	01.01.2009	01.01.2011
127	PRIMISULFURON-METHYL	30.06.2010	31.08.2011
128	PROCYMIDONE	31.08.2009	31.08.2011
129	PROFENOFOS	31.12.2009	31.12.2011
130	PROPANIL	30.06.2011	31.08.2012
131	PROPOXUR	01.01.2009	01.01.2011
132	PROTHIOFOS	01.01.2009	01.01.2011
133	PROTHOATE	01.01.2009	01.01.2011
134	PYRAZOPHOS	01.01.2009	01.01.2011
135	PYRIDAFENTHION	01.01.2009	01.01.2011
136	PYRIMIDIFEN	30.06.2010	31.08.2011
137	PYRITHIOBAC-SODIUM	31.08.2009	31.08.2011
138	QUINALPHOS	30.06.2010	31.08.2011
139	QUIZALOFOP	01.01.2009	01.01.2011
140	RESMETHRIN	01.01.2009	01.01.2011
141	SETHOXYDIM	01.01.2009	01.01.2011
142	SIMAZINE	01.01.2009	01.01.2011
143	SODIUM DERIVATIVES	31.08.2009	31.08.2011
144	STREPTOMYCES LYDICUS WYEL	31.08.2009	31.08.2011
145	TCMTB	01.01.2009	01.01.2011
146	TEBUTHIURON	31.08.2009	31.08.2011
147	TERBUTRYNE	31.08.2009	31.08.2011

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

SN	Etken Madde	Yasaklanma	Son Kullanma
148	TETRADIFON	30.06.2010	31.08.2011
149	THIAZAFLURON	01.01.2009	01.01.2011
150	THIAZOPYR	01.01.2009	01.01.2011
151	THIOBENCARB	30.06.2011	31.08.2012
152	THIOCYCLAM HYDROGEN OXALATE	31.08.2009	31.08.2011
153	THIOMETON	01.01.2009	01.01.2011
154	TOLYLFLUANID	30.06.2011	31.08.2012
155	TRALOMETHRIN	01.01.2009	01.01.2011
156	TRIADIMEFON	30.06.2010	31.08.2011
157	TRIAZAMATE	01.01.2009	01.01.2011
158	TRIAZOPHOS	01.01.2009	01.01.2011
159	TRICHLORFON	01.01.2009	01.01.2011
160	TRIDEMORPH	01.01.2009	01.01.2011
161	TRIFLOXYSULFURON-SODIUM		04.04.2013
162	TRIFORINE	30.06.2010	31.08.2011
163	TRI-ISOPROPANOLAMIN	31.08.2009	31.08.2011
164	TRIMEDLURE	01.01.2009	01.01.2011
165	VINCLOZOLIN	01.01.2009	01.01.2011
166	DINICONAZOLE-M	31.08.2012	30.06.2013
167	DINOCAP	31.08.2012	30.06.2013
168	DNOC	31.08.2012	30.06.2013
169	PROPARGITE	31.08.2012	30.06.2013
170	THIODICARB	31.08.2012	30.06.2013
171	TOLFENPYRAD	31.08.2012	30.06.2013
172	TRIFLURALIN	31.08.2012	30.06.2013
173	ACETOCHLOR	01.01.2013	31.12.2014
174	CADUSAPHOS	01.01.2013	31.12.2014
175	CHLOROPICRIN	01.01.2013	31.12.2014
176	HYDROGEN PEROXIDE	01.01.2013	31.12.2014
177	IMAZAPIC	01.01.2013	31.12.2014
178	IMAZETHAPYR	01.01.2013	31.12.2014
179	PARAQUAT	01.01.2013	31.12.2014
180	PHOSPHORIC ACID	01.01.2013	31.12.2014
181	PROMETRYN	01.01.2013	31.12.2014
182	THIDIAZURON	01.01.2013	31.12.2014

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Web Sitesinden Alınmıştır (Şubat 2015)



Bölüm VII

Nektar ve Polenli Bitkiler

1. Nektar ve Polenli Bitkilerin Sınıflandırılması

Bal arısı kolonisinin doğadan topladığı dört madde bulunmaktadır. Bunlar nektar (bal özü), polen (çiçek tozu), su ve propolistir. Bu iki kaynaktan nektar, koloninin enerji ihtiyacını karşılar ve bala dönüştürülerek depolanır. Bu özelliği nedene ile de koloniden alınan ürün kaynağını oluşturur. Polen ise organizmanın temel yapı taşı olan proteinleri sağlaması bakımından koloninin gelişimi açısından büyük önem taşır (Winston, 1987).

Doğada nektar salgılayan bitkiler, *kültür bitkileri*, *doğal olarak yetişen bitkiler ile ağaç ve çalılar* olmak üzere üç grupta incelenirler. Kültür bitkileri grubuna nitelikli bal yapan baklagil yem bitkileri ve haçlılar familyasına ait türler ile düşük nitelikli bal yapan baklagil yem bitkileri girerler. Bu gruba giren önemli bitki türleri üçgül, yonca, korunga, fiğ, evliya otu, bakla, fasulye, taş yoncası, ayçiçeği, hardal, tütün, aspir ve bunların farklı varyeteleridir. Bu gruba giren bitkilerin çiçeklenme dönemleri bölgesel koşullara ve ekim zamanına göre büyük değişim gösterdiğinden herhangi bir dönem belirtmek olanaksızdır (Nicolson ve ark., 2007).

Doğal olarak yetişen bitkiler ile ağaç ve çalılar arıcılık açısından büyük bir öneme sahiptirler. Bunların çiçeklenme dönemleri iklime bağlı olarak yıl içerisinde değişenlik göstermekle birlikte bölgeler için aşağı yukarı aynıdır.

Bal arılarının bal üretmek amacıyla nektar toplamak dışında kullandığı bir diğer önemli kaynak, bitki öz suları ile beslenen *Aphidae* ve *Coccidae* familyası üyelerinden bazı böceklerin yararlanamadıkları şekerleri sindirim sistemi sonundaki bir bölmede depo ederek belirli zaman aralıkları ile dışarı attıkları salgıdır. Bitkiler üzerindeki yapışkan görünümü nedeniyle halk dilinde “*basura*” olarak adlandırılan bu madde nektarlardan böcekssel kaynaklı olanlarını oluşturmaktadırlar. Bu nedenle böcek nektarı olarak da adlandırılan basura, bitkiler tarafından salgılanıyormuş gibi görünmesi nedeniyle salgı nektarı olarak da adlandırılmaktadır.

Bazı bitkilerde nektardan tamamen farklı yapıda oluşan basura geniş ölçüde bal yapma olanağı sunduğundan ekonomik yönden büyük bir önem taşımaktadır. Ülkemizde Uludağ’da Uludağ köknarı üzerinde *Cinara pichtae* ve Batı Anadolu’da çam türleri üzerinde *Marchalina hellenica* (çam pamuklu biti) geniş ölçüde nektar oluşturur. Ayrıca belirli ölçülerde gelincik, devediken, gül, ıhlamur, mürver, söğüt, meşe, kestane, kavak, karaağaç, huş, ılgın, sert çekirdekli meyveler, köknar, ladin ve çam türlerinde de basura oluşmaktadır (Akyol, 2012a, b).

Böceklerin sindirim artığı olduğundan yapısında invertaz, diastaz ve proteinaz bulunur. Kuru maddede şeker oranı %90-95, azot oranı ise %1 dolayındadır.

Böceğin sindirim sisteminde bir yandan yüksek moleküllü şekerler parçalanırken diğer yandan, basit moleküllü şekerlerden diğer şekerler sentezlenir. Bu nedenle böcek nektarın içerisinde, bitki öz sularında bulunmayan bazı şekerler de bulunmaktadır. Nektarların pH'sı 3.90-4.88 arasında değişir.

Yapılan analizlere göre basuranın birleşimi ortalama olarak su %16.30, kül %0.736, azot %0.1, fruktoz % 31.80, glikoz %26.08, sakkaroz %0.80, yüksek şekerler %4.70, toplam asit%54.88 meg/kg ve henüz belirlenmeyen maddeler %10.10'dur (Akyol, 2012a, b).

Çam balının en önemli özelliği kıvamı bozulmadan veya kristalleşmeden uzun süre saklanabilmesidir. Rengi çiçek ballarından daha koyudur. Çam balları çiçek ballarına göre çok daha geç kristalleşir. Hatta bazı durumlarda bu balların yıllarca kristalleşmediği görülür.

Çam balı, kristalleşmeye dayanıklılığı ve kristalleşmeyi önleyici özelliği ile gıda sektöründe çeşitli ürünlerde bir doğal katkı maddesi olarak geniş bir kullanım alanına ve önemli ihracat potansiyeline sahiptir. Çam ballarının duyuşal özellikleri çiçek ballarından farklıdır.

Çam balları kendilerine has özel bir kokuya, tada ve renge sahiptir. Çam ballarının glikoz ve früktoz içeriği çiçek ballarına göre daha düşüktür. Daha az tatlıdır ve boğazda yakıcı bir his bırakmaz. Çam balları çiçek ballarından daha fazla miktarda enzim, aminoasit ve mineral madde içerir. Çam balı çok miktarda hif ve spor içermektedir ve bu hifler özellikle Türkiye ile Yunanistan'ın dışında hiçbir ülkenin orman balında bulunmayan özelliktedir.

Çam ağacı üzerinde yaşayan böceklerin salgısından oluşan çam balı salgı balları sınıfına yer aldığı gibi bazı ağaçlardan (meşe, kayın gibi) ve yapraklardan sızan şekerli sıvılardan da üretilen bala da salgı balı denilmektedir.

Balın ana maddesi olan nektarı salgılayan bitkilerin çiçeklenme dönemlerinin bilinmesi etkin arıcılık ve polinasyon uygulamaları açısından çok önemlidir. İklim başta olmak üzere çeşitli faktörler tarafından çiçeklenme periyotları her yıl değişiklik gösterebilmektedir. Ancak ana hatları ile çiçeklenme periyotları benzer şekilde gerçekleşme eğilimindedir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

2. Ülkemizdeki Nektar, Polen ve Balçığı Kaynakları (Sorkun, 2008).

Türü		Özellikleri			
Latince adı	Türkçe adı	Çiçeklenme Dönemi	Polen Potansiyeli	Bal Potansiyeli	Balçığı Potansiyeli
<i>Abies nordmanniana</i>	Göknar	Nisan	Yok	Yok	Var
<i>Acacia dealbata</i>	Gümüş Akasya	Mart-Nisan	Az	Orta	Yok
<i>Acacia retinoides</i>	İzmir Mimosası	Nisan-Haziran	Az	Orta	Yok
<i>Acer campestre</i>	Ova Akçağacı	Nisan-Mayıs	Orta	Az	Var
<i>Acer negundo</i>	D.Y.Akçağaç	Mart-Nisan	Orta	Az	Var
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Dağ Akçağacı	Mart-Nisan	Orta	Az	Var
<i>Aesculus hippocastanum</i>	At Kestanesi (Beyaz çiçekli)	Nisan-Mayıs	Az	Çok Az	Yok
<i>Arbutus andrachne</i>	Sandal	Mart-Mayıs	Orta	Çok Fazla	Yok
<i>Arbutus unedo</i>	Kocayemiş	Eylül-Ekim	Orta	Çok Fazla	Yok
<i>Armenica vulgaris</i>	Kayısı	Mart-Nisan	Az	Az	Yok
<i>Berberis vulgaris</i>	Kadıntuzluğu	Mayıs-Haziran	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Betula pendula</i>	Huş	Mart-Nisan	Yok	Yok	Var
<i>Buddleia davidii</i>	Kelebek çalısı	Temmuz-Ekim	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Caesalpinia gilliesii</i>	Bodur Akasya	Haziran-Temmuz	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Calluna vulgaris</i>	Stüprüge çalısı	Ağustos-Ekim	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Campsis radicans</i>	Acem Borusu	Ağustos-Ekim	Yok	Çok Az	Yok
<i>Castanea sativa</i>	Kestane	Haziran-Temmuz	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Cerasus avium</i>	Kiraz	Mart-Mayıs	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Ceratonia siliqua</i>	Harnup, Keçiboyunu	Eylül-Kasım	Orta	Çok Fazla	Yok
<i>Cercis siliquastrum</i>	Erguvan	Nisan-Mayıs	Çok Az	Çok Az	Var
<i>Cistus creticus</i>	Laden	Mart-Nisan	Çok Fazla	Yok	Yok

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Latince adı	Türü	Türkçe adı	Özellikleri			
			Çiçeklenme Dönemi	Polen Potansiyeli	Bal Potansiyeli	Balçığı Potansiyeli
<i>Cistus salviifolius</i>		Laden	Mart-Nisan	Çok Fazla	Yok	Yok
<i>Cistus laurifolius</i>		Laden (Defne yapraklı)	Mayıs-Haziran	Çok Fazla	Yok	Yok
<i>Citrus spp.</i>		Limonlar	Şubat-Ekim/Mart-Nisan	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Cornus mas</i>		Kızılcık	Şubat-Nisan	Çok Fazla	Çok Az	Yok
<i>Cotoneaster horizontalis</i>		Dağmuşulması	Mayıs-Haziran	Orta	Orta	Yok
<i>Crataegus orientalis</i>		Aliç	Mayıs-Temmuz	Az	Orta	Yok
<i>Cupressus sempervirens</i>		Kara Servi	Mart-Mayıs	Çok Az	Yok	Yok
<i>Cydonia oblonga</i>		Ayva	Mayıs	Çok Az	Az	Yok
<i>Diospyros kaki</i>		Trabzon Hurması	Mayıs-Haziran	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Elaeagnus angustifolia</i>		İğde	Nisan-Mayıs	Çok Az	Az	Yok
<i>Erica arborea</i>		Funda	Mart-Temmuz	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Eriobotrya japonica</i>		Malta eriği	Şubat-Mart	Çok Az	Çok Fazla	Yok
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>		Okaliptus	Mayıs-Temmuz	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Fagus orientalis</i>		Doğu Kayını	Mayıs	Çok Az	Yok	Var
<i>Forsythia viridissima</i>		Altınçanağı	Mart-Nisan	Çok Az	Yok	Yok
<i>Fraxinus excelsior</i>		Yerli Dişbudak	Mart-Nisan	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Genista sessilifolia</i>		Katırtunağı	Mayıs-Haziran	Az	Az	Yok
<i>Hedera helix</i>		Orman sarmaşığı	Eylül-Ekim	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Ilex aquifolium</i>		Çobanpüskülü	Nisan-Mayıs	Çok Az	Çok Az	-
<i>Juglans regia</i>		Ceviz	Mayıs	Az	Yok	Yok

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Türü		Özellikleri			
Latince adı	Türkçe adı	Çiçeklenme Dönemi	Polen Potansiyeli	Bal Potansiyeli	Balçığı Potansiyeli
<i>Jasminum officinale</i>	Yasemin	Haziran-Eylül	Yok	Çok Az	Yok
<i>Laurocerasus officinalis</i>	Karayemiş	Nisan-Mayıs	Orta	Çok Az	Yok
<i>Laurus nobilis</i>	Defne	Mart-Nisan	Orta	Çok Az	Yok
<i>Lavandula stoechas</i>	Lavanta	Mart-Haziran	Orta	Orta	Yok
<i>Ligustrum vulgare</i>	Kurtbağı	Mayıs	Az	Çok Az	Yok
<i>Lonicera caprifolium</i>	Hanımeli	Mayıs-Temmuz	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Malus sylvestris</i>	Elma	Nisan-Mayıs	Orta	Çok Fazla	Var
<i>Melissa officinalis</i>	Oğulotu	Haziran-Eylül	Çok Az	Az	Yok
<i>Morus alba</i>	Ak Dut	Mayıs	Çok Az	Yok	Yok
<i>Morus nigra</i>	Kara Dut	Mayıs	Az	Yok	Yok
<i>Olea europaea</i>	Zeytin	Mayıs	Az	Yok	Yok
<i>Paliurus spinachristi</i>	Karaçalı	Mayıs-Haziran	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Persica vulgaris</i>	Şeftali	Nisan-Mayıs	Orta	Az	Yok
<i>Phillyrea latifolia</i>	Akçakesme	Mart-Mayıs	Az	Yok	Yok
<i>Picea orientalis</i>	Doğu Ladini	Nisan-Mayıs	Yok	Yok	Var
<i>Pinus brutia</i>	Kızılçam	Haziran	Yok	Yok	Var
<i>Pinus sylvestris</i>	Sarıçam	Temmuz-Eylül	Yok	Yok	Var
<i>Pistacia terebinthus</i>	Menengiç	Nisan-Haziran	Orta	Yok	Yok
<i>Populus alba</i>	Akkavak	Şubat-Mart	Orta	Yok	Var
<i>Prunus amygdalus</i>	Badem	Ocak-Mart	Az	Az	Yok
<i>Prunus domestica</i>	Erik	Mart-Nisan	Orta	Az	Yok
<i>Pyracantha coccinea</i>	Ateşdikenini	Nisan-Haziran	Orta	Çok Az	Yok

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Türü		Özellikleri			
Latince adı	Türkçe adı	Çiçeklenme Dönemi	Polen Potansiyeli	Bal Potansiyeli	Balçığı Potansiyeli
<i>Pyrus communis</i>	Armut	Nisan-Mayıs	Orta	Çok Fazla	Yok
<i>Quercus robur</i>	Meşe(Saplı)	Ağustos-Eylül	Çok Fazla	Yok	Var
<i>Rhamnus pallasii</i>	Cehri	Mayıs	Az	Çok Az	Yok
<i>Rhododendron ponticum</i>	Ormangülü	Mayıs-Ağustos	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Yalancı Akasya	Nisan-Haziran	Çok Az	Çok Fazla	Var
<i>Rosa canina</i>	Kuşburnu	Mayıs-Temmuz	Az	Çok Az	Yok
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Kuşdili, Biberiye	Şubat-Mayıs	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Rubus canescens</i>	Böğürtlen	Mayıs-Ağustos	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Rubus idaeus</i>	Ahududu	Mayıs-Haziran	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Salix alba</i>	Aksöğüt	Şubat-Nisan	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Salix caprea</i>	Keçi söğüdü	Mart-Mayıs	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Salix fragilis</i>	Gevrek söğüt	Nisan-Mayıs	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Salix triandra</i>	Badem yapraklı söğüt	Nisan-Mayıs	Çok Fazla	Çok Fazla	Var
<i>Salvia officinalis</i>	Adaçayı	Mart-Mayıs	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Salvia pratensis</i>	Adaçayı	Mayıs-Ağustos	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Salvia verbanaca</i>	Adaçayı	Mart-Mayıs	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Salvia verticillata</i>	Adaçayı	Haziran-Ağustos	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Salvia virgata</i>	Adaçayı	Mayıs-Eylül	Az	Az	Yok
<i>Sambucus nigra</i>	Mürver	Haziran	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Sedum reflexum</i>	Sedum,Damkoruğu	Haziran	Az	Çok Az	Yok
<i>Sophora japonica</i>	Sofora	Haziran-Temmuz	Az	Az	Yok
<i>Sorbus domestica</i>	Üvez	Mayıs-Haziran	Çok Az	Yok	Yok

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Türü		Özellikleri			
Latince adı	Türkçe adı	Çiçeklenme Dönemi	Polen Potansiyeli	Bal Potansiyeli	Balçığı Potansiyeli
<i>Spirea x vanhouttei</i>	Keçisakalı	Mayıs	Az	Az	Yok
<i>Symphoricarpos racemosus</i>	İnci	Haziran-Temmuz	Çok Az	Orta	Yok
<i>Tamarix smyrnensis</i>	Ilgın	Nisan-Ağustos	Az	Az	Yok
<i>Taxus baccata</i>	Porsuk	Nisan-Mayıs	Çok Az	Yok	Yok
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Yermeşesi	Haziran-Ağustos	Çok Az	Çok Az	Yok
<i>Thymus spp.</i>	Kekik	Nisan-Ağustos	Az	Çok Fazla	Yok
<i>Tilia platyphyllos</i>	İhlamur	Temmuz	Orta	Çok Fazla	Var
<i>Trifolium campestre</i>	Üçgül	Mart-Eylül	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Trifolium pratense</i>	Kırmızı üçgül	Mayıs-Eylül	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Trifolium repens</i>	Beyaz üçgül	Mart-Eylül	Çok Fazla	Çok Fazla	Yok
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Likapa, yaban mersini	Mayıs-Temmuz	Az	Orta	Yok
<i>Viburnum opulus</i>	Kartopu	Haziran-Temmuz	Çok Az	Orta	Yok
<i>Vicia cracca</i>	Kuşfıçı	Mayıs-Ağustos	Orta	Çok Fazla	Yok
<i>Vicia sativa</i>	Fıç	Mart-Mayıs	Orta	Az	-
<i>Vitex agnus-castus</i>	Hayıt	Haziran-Eylül	Çok Az	Orta	Yok
<i>Vitis vinifera</i>	Asma	Mayıs	Orta	Yok	Yok
<i>Zizyphus jujuba</i>	Hünnap	Mart-Mayıs	Orta	Orta	Yok

3. Bitkilerin Salgıladığı Şeker Miktarı (mg/gün) (Öder, 2006)

Bitkinin Adı	Miktarı	Bitkinin Adı	Miktarı
Hodan	1.30-4.9	Akasya	0.22-2.3
Köpekdişi	0.38-1.3	Japon saforası	0.3-1.0
Adi engerekotu	1.3-1.64	Melezüçgül	0.01
Serçebaşı	0.46-6.1	Kırmızıüçgül	0.07
Peygamberçiçeği	0.07	Çayırüçgülü	0.19
Ayçiçeği	0.12-0.30	Aküçgül	0.14
Yabanişalgam	0.79-2.1	Yeşilsoğan	0.37-0.48
Roka	0.02-1.1	Kısatüylü uyuzotu	0.46-4.26
Akhardal	0.2-0.4	Karabuğday	0.29-2.68
Yabanihardal	0.05-0.38	Yabanielma	1.37
Yabanitürp	0.04-0.56	Kayısı	0.31-0.84
Süpürgeçalısı	0.12	Kuşkirazı	0.50-1.50
Atkestanesi	1.10-2.08	Vişne	1.27-1.31
Faselya	0.69-0.98	Erik	0.13-1.47
Lavantaçiçeği	0.09-0.26	Şeftali	0.54-1.38
Türk ejderbaşı	0.18-0.75	Armut	0.16-0.30
Beyaz ballıbaba	0.69-0.72	Ahududu	3.80-8.1
Sarı ballıbaba	0.72-0.89	Frenküzümü	0.70
Benekli ballıbaba	0.10-0.13	Bektaşüzümü	4.11
Erguvani ballıbaba	0.07	İhlamur	0.1-3.57
Unlu adaçayı	0.33	Kırım ıhlamuru	0.3-2.9
Koru adaçayı	0.08-0.28	Yaz ıhlamuru	0.16-7.70
Adi adaçayı	0.3-3.3	Gümüşi ıhlamur	0.07-5.0
çayır adaçayı	0.60	Adi ıhlamur	1.04
Misk adaçayı	0.3-1.18	Adi kekik	0.01-0.09
Ateşçiçeği	0.70	Gazalboynuzu	0.08
Kekik	0.09	Kır kekiği	0.02-0.12
İri yabaniekekik	0.02-0.08	Adi yonca	0.04-0.2
Sarı taşyoncası	0.004	Korunga	0.24

4. Bitkilerin Salgıladığı Şeker Yoğunluğu (%) (Öder, 2006)

Bitkinin Adı	%	Bitkinin Adı	%
Yonca	41.1	İlgın türleri	39.2
Akasya	63.2	Armut	30
Söğüt	60.0	Güneş çiçeği	37.5
Yabani karabuğday	58.1	İpekotu	37.2
Adi fiğ; Extr. floral	56.5	Saraypatı	36.2
Adi fiğ; çiçek balözü	22.6	Beyaz taşyoncası	35.8
Korunga	55.4	Böğürtlen	35.6
Karahindiba	54.0	Yakıotu	35.0
Pegamberçiçeği	52.5	Badem	50
Iriyapraklı akçaağaç	52.0	Tarla devedikeni	35.0
Yabaniyonca	52.0	Kırmızı üçgül	34.3
Geyikotu	52.0	İhlamur türleri	33.6
Sarıtaş yoncası	51.6	Çilek üçgülü	33.3
Kolza	50.5	Sarmaşık adaçayı	32.4
Atkestanesi	49.0	Ak üçgül	41.0
Elma	50.0	Ayçiçeği	31.6
Tatlı kiraz	60.0	Şeftali türleri	30.0
Keten	49.5	Mor fiğ	28.0
Adi itsineği	48.3	Sığırkuyruğu	25.0
Beyaz adaçayı	48.0	Valansiya portakalı	25.0
İngiliz üçgülü	47.7	Dağ muşmulası	24.5
Kantalop kavunu	46.7	Yabani fiğ türleri	23.1
Eşek üçgülü	45.3	Frenküzümü	18.9
Bodur elma	55	Mavi okalıptüs	17.00
Kara adaçayı	44.9	Ayı üzümü türleri	50
Parlakburç	44.8	Avokado	15.2
Bülbülotu	44.1	Kocayemiş	15.0
Tüylü fiğ	44.0	Vişne	40
Melez üçgül	42.4	Kayısı	25
Pamuk; çiçek balözü	42.0	Pamuk; Ext. flo.	41.9

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

5. Çeşitli Bitkilerin Bal Verim Değerleri (kg/da) (Öder, 2006)

Bitki İsmi	kg/da	Bitki İsmi	kg/da
Akçaağaç	50	Yabaniçivitotu	15
Norveç akçaağaç	15	Yabaniturp	3.8
Dıvar sarmaşığı	35	Karpuz	1.2
Suriye ipekotu	50	Kavun	3.8
Sığırdili	30	Hıyar	3.8
Hodan	15	Dev sukabağı	7.5
Köpek dili	15	Adi kabak	3.8
Engerekotu	50	Kafkas pelemiri	50
Karakafesotu	35	Çobantarağı	15
Kafkas karakafesi	15	Fırçaotu	15
Kafkas hanımeli	2.5	Çifttüllü uyuzotu	15
Şark mayasilotu	15	Kafkas uyuzotu	35
İspanya hanımeli	2.5	Sü pürgeçalısı	15
Adi hanımeli	2.5	Kestane	3.8
Bodur mürver	3.8	Çayıntın	7.5
Adi kartopu	3.8	Kırmızı frenküzümü	15
Büyük dulavratotu	35	Bektaşüzümü	7.5
Ayıkulağı	3.8	K.çiçekli atkestanesi	15
Sanil asteri	3.8	Kafkas sakızfulu	7.5
Çengelli kengerotu	3.8	Otumsu faselya	50
Peygamberçiçeği	7.5	Mayasırotu	35
Hindiba	7.5	Köpekotu	7.5
Tüylü dedediken	7.5	Yabanifesleyen	3.8
Eşek diken	15	Ejderbaşı	35
Kirpidiken	35	Dişotu	1.2
Adi ayçiçeği	3.8	Yersarnasığı	7.5
Altınbaşak	15	Çördükotu	35
Karahindiba	15	Beyaz ballıbaba	50
Kış teresi	7.5	Benekli ballıbaba	15
Kolza	50	Erguvani ballıbaba	3.8
Lahana	7.5	Lavanta çiçeği	15
Salata rokası	1.2	Hakiki arslankuyruğu	35
Beyaz-akhardal	7.5	Adi atsineği	35
Yabanihardal	35	Adi oğulotu	15
Uzunyapraklı nane	35	Tüylükülür	3.8
Kedinanesi	35	Mürdümük-burçak	3.8
İriçiçekli kediotu	35	Gazalboynuzu	15

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Bitki İsmi	kg/da	Bitki İsmi	kg/da
Kediotu	35	Yonca	35
Transkafkas kediotu	35	Beyaz taşyoncası	50
Adi fesleyen	15	San taşyoncası	15
Mercanköşk	15	Korunga	15
Halkayapraklı adaçayı	50	Akasya	50
Yumrulu alevdudak	15	Kırtirfili	3.8
Erikotu	7.5	Çayırüçgülü	15
Adi erikotu	35	Kırmızıüçgül	35
Adaçayı	15	Aküçgül	15
Koru Adaçayı	35	İran üçgülü	15
Misk adaçayı	15	Kuşfiği	7.5
Yabaniadaçayı	15	Bakla	7.5
Kekikotu	7.5	Soğan	7.5
İspanya karabaşı	7.5	Hatmi	15
Olimpia karabaşı	35	Gülhatmi	15
Göl karabaşı	35	Pamuk	15
Orman karabaşı	15	Ağaç hatmi	1.2
Yermeşesi	3.8	Bahçe laveteri	3.8
Doğu meşesi	7.5	Yabani ebeğümeci	1.2
Yarpuz	15	Kısatüylü yakıotu	7.5
Kekik	35	Susam	3.8
İri yabanikekik	15	Ladin	35
Yabanikekik	15	Denizlavantası	3.8
Adi kekik	35	Cennetmerdiveni	7.5
Alp tavşancıktırnağı	3.8	Karabuğday	35
Erguvan	7.5	Barutağacı	7.5
Nohut	1.2	Yemişen-alıç	3.8
Gladiçya	35	Uzunyapraklı ayva	1.2
Tatlı badem	1.2	Japon karçiçeği	1.2
Kayısı	3.8	Akrenkli yüksükotu	35
Kuşkirazı	3.8	Boğumlu sıracıotu	50
Kirazeriği	3.8	Ahududu	7.5
Vişne	3.8	Tütün	3.8
Erik	3.8	Kafkas ıhlamuru	50
Çakaleriği	1.2	Küçükyapraklı ıhlarnur	50
Söğütler	15	Kişnişotu	35
Armut	1.2	Böğürtlen	1.2

6. Arı Merası Bal Potansiyelinin Saptanması

Arıcılıkta bir alana konulan arılı kovan sayısı verimliliğin etkileyen en önemli faktörlerindendir. Bir alanda bulunan çiçekli bitki sayısı ve verimi, konulan koloni sayısına bağlı olmaksızın sabittir. Bu nedenle arı kolonilerinin etkili tarlacılık alanında bulunan bitki deseni ile çiçeklenme düzeyi ve zamanı iyi bilinmelidir. Elde edilen değere göre konulacak koloni sayısı belirlenmelidir.

Bal arılarının etkili tarlacılık mesafesi kovanlarının yakını olmakla birlikte bal potansiyeli hesaplama çalışmalarında 2 kilometre yarıçaplı ve 12.000 dekar alan olduğu kabul edilmelidir. Koloniler de bu duruma göre araziye yerleştirilmelidir.

Bal potansiyeli hesabı yaparken bulunulan arazideki bitki deseni ana hatları ile aşağıdaki çizelgede olduğu gibi saptanır. Bu amaçla mevcut ağaç sayısı nektar veren türler bazında tahmin edilir veya tesadüfi olarak 10 yöne doğru 5 metre karelik alanda bulunan ağaçlar sayılır. Ayrıca her yüz metrelik mesafede tesadüfi seçilen birer metre karelik alanda bulunan nektarlı bitkilerin tür ve sayıları saptanır. Tabloda görüldüğü gibi, hesaplanarak bulunan bitki alanı ile bitkinin dekar başına nektar verimi çarpılarak toplam nektar verimi saptanır. Nektar verimi bakımından önemi olan bitkiler için tüm bu hesaplamalar yapılarak genel toplam alınır. Böylece parselin bir yıl boyunca vereceği toplam nektar miktarı saptanmış olur.

Bu noktada dikkat edilecek en önemli husus, bitkilerin dekar başına nektar verimi çok değişken bir yapıdadır. Bitki tür ve çeşidi, toprak yapısı, iklim vs. gibi pek çok faktör tarafından etkilenmektedir. Bu nedenle tablodaki bitkilere ait bal verimi değerleri her zaman sahada karşılığını bulamayabilmektedir.

Meraların bal potansiyeli yıl içerisinde olduğu gibi yıllar arasında da değişkenlik gösterebilmektedir. Kuru rüzgârların esmesi ile yağışların uzun sürmesi çiçeklerin nektarının kurummasına veya yıkanmasına neden olarak verimliliği düşürmektedir. Nektar salgı dönemleri bilindiği takdirde, nektarın dönemsel dağılımı da saptanmış olmaktadır. Kolonilerin yıl boyunca 90 kilogram bal tükettiği ve 25 kg ticarete konu olabilecek bal ürettiği dikkate alınarak koloni başına 115 kg bal hesabı dikkate alınmalıdır. Ayrıca sahada var olan tüm nektarın elde edilmesi gibi bir olayın pratikte mümkün olmamasından dolayı bu balın da yarısından (25.701 kg) yararlanılabildiği kabul edilmelidir. 25.701 kg bal verim değeri 115 kg/koloni değerine bölündüğünde 223 adet koloni değerine ulaşılır. Bu rakam ise bize, mevcut parselde konulabilecek toplam kovan sayısını vermektedir.

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

Hesaplama yapılırken tüm yıl boyunca parselde elde edilebilecek bal düzeyinin tahmin edildiği dikkatten kaçırılmamalıdır. Özellikle ana nektar akımının olduğu dönemdeki verimli zaman dilimine göre üretimin planlanması esas olmalıdır.

Etkili bir tarlacılık faaliyeti için arı kolonilerinin parsel aralarında 500-1000 m olacak şekilde 50'şerli gruplar halinde dağıtılması gerekmektedir.

Arı Merası Bal Potansiyelinin Hesaplama Yöntemi

Bitki Türü	Toplam Alan (da)	Bal Miktarı (kg/da)	Toplam Bal Miktarı (kg)	Toplam Bal Miktarı (kg)	Salgı Dönemi
Akçaağaç	100	15	1.500	4.250	Erken ilkbahar
Beyaz üçgül	100	15	1.500		Erken ilkbahar
Elma	200	3.8	760		Erken ilkbahar
Kiraz	50	3.8	190		Erken ilkbahar
Ahududu	40	7.5	300		Erken ilkbahar
Hıyar	40	8.8	352	352	İlkbahar sonu
Karabuğday	500	35	17.500	45.500	Ana nektar akımı
İhlamur	400	70	28.000		Ana nektar akımı
Çayır üçgülü	40	15	600	1.300	Yaz ayları
Diğer baklagiller	60	5	300		Yaz ayları
Çeşitli yem bitkileri	200	2	400		Yaz sonu
Toplam	1.730			51.402	



Ayçiçeği (*Helianthus annuus*)



Ihlamur (*Tilia spp.*)



Kolza (*Brassica napus*)



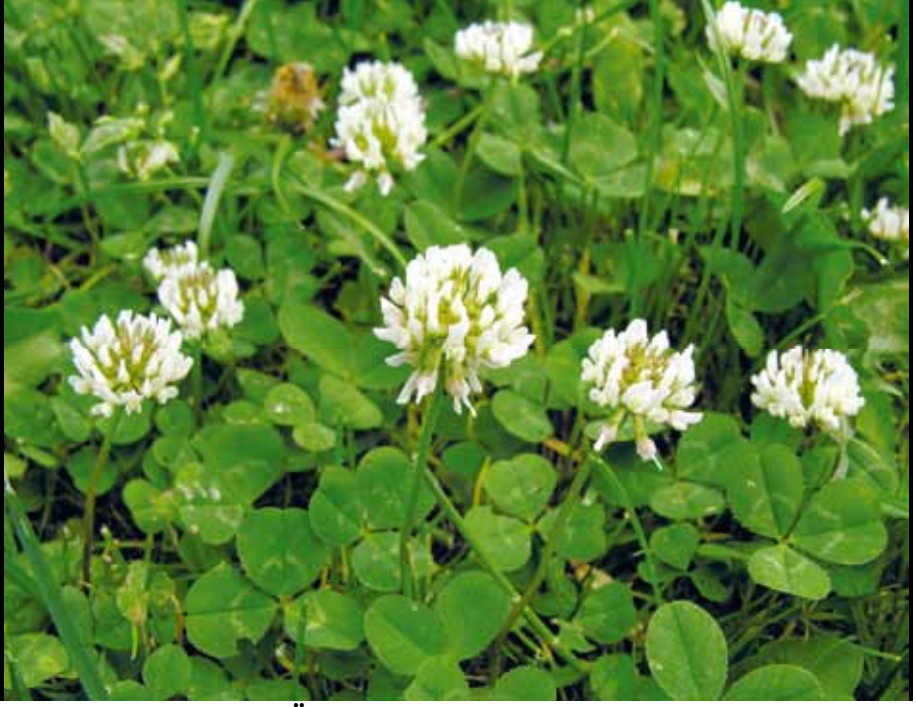
Kestane (*Castanea sativa*)



Elma (*Malus domestica*)



Keçiboyunzu (*Ceratonia siliqua*)



Üçgül (*Trifolium repens*)



Korunga (*Onobrychis sativa*)

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu



Kekik (*Thymus spp.*)



Lavanta (*Lavandula spp.*)



Limon (*Citrus lemon*)



Yonca (*Medicago sativa*)



Geven (*Astragalus* spp.)



Püren (*Erica* spp.)



Mor Çiçekli Ormangülü (*Rhododendron ponticum*)



Sarı Çiçekli Ormangülü (*Rhododendron luteum*)



Akasya (*Robinia pseudoacacia*)



Devedikeni (*Carlina marianum*)



Ballıbaba (*Lamium* spp.)



Karahindiba (*Taraxacum officinale*)



Ariotu (*Phacelia tanacetifolia*)



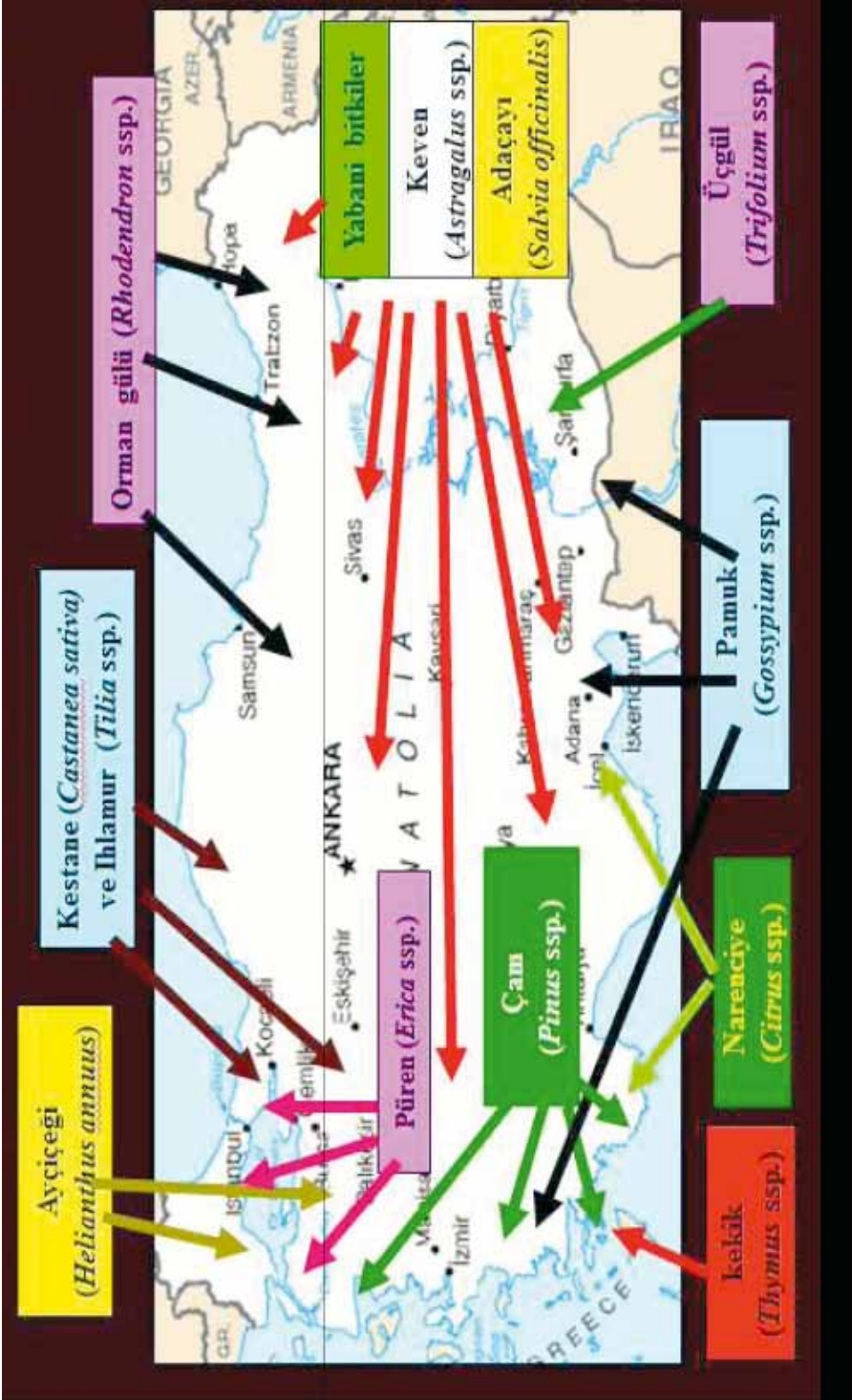
Şeftali (*Prunus persica*)



Engerek Otu (*Echium vulgare*)



Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*)



Gezgin Arıcılıkta Gidilen Yerlerin Hâkim Bitki Deseni



Bölüm VIII

Yararlanılan Kaynaklar ve Ekler

Kaynaklar

- Abou Shaara, H.F., 2014. The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: A Review. Veterinarni Medicina, 59, 2014 (1): 1–10.
- Abrol, D. P., 1992. Energetics of Nectar Production in Some Strawberry Cultivars as a Predictor of Floral Choice by Honeybees. J. of Biosci. 17(1):41-44.
- Abrol, D. P., 1995. Energetics of Nectar Production in Some Almond Cultivars as a Predictor of Floral Choice by Honeybees *A. indica* F. and *Apis mellifera* L. Proc. of the Indian National Sci. Acad. Part B. Bio. Sci.. 61(4):285-289.
- Abrol, D. P., 2012. Pollination Energetics. Pollination Biology. 459-478.
- Acquaah, G., 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing. USA.
- Adlerz, W. C., 1966. Honey bee visit numbers and watermelon pollination. Journal of Economic Entomology. Vol. 59(1):28-30
- Ağca, N., 1999. Topraklarda Çoraklaşma ve Sürdürülebilir Tarım. GAP. I. Tarım Kongresi, 26-28 Mayıs 1999. Şanlıurfa.
- Akgül, H., 2015. Bitki Morfolojisi ve Anatomisi. www1.gantep.edu.tr/~hakgul/wp-content/uploads/2014/mrf/4-1.pptx. Erişim Tarihi: 05/03/2015.
- Akyol, E., 2012a. Nektar Kaynakları. Samsun İli Arı Yetiştiricileri Birliği. Petek Dergisi. 6:(14-15).
- Akyol, E., 2012b. Nektar Verimine Etki Eden Etmenler. Samsun İli Arı Yetiştiricileri Birliği. Petek Dergisi. 7:(10-11).
- Al Fattah, M. A., 1991. Behaviour of Honeybee Foragers and Their Influence as Pollinators on Summer Squash Flowers (*Cucurbita pepo* L.). Bulletin of Faculty of Agriculture. University of Cairo. 42(4):1169-1186.
- Altın, M., 1998. Mera-Hayvancılık-Erozyon İlişkileri. TEMA Eğitim Semineri. İçel.
- Ambrose, J.T., Schultheis, J.R., Bambara, S.B., Magnum, W. 1995. An evaluation of selected commercial bee attractants in the pollination of cucumbers and watermelons. American Bee Journal 135:267-272.
- Amoako, J., Yeboah, K. 1991. Insect pollination of three Solanaceous vegetable crops in Ghana with special reference to the role of African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) for fruit set. The 6th International Symposium on Pollination, Tilburg, The Netherlands, August 1990. Acta Horticulturae 288, 255-259.

- Anonim, 2012. Pollen Germination. [http://semoneapbiofinaleexamreview.wikispaces.com/S.+Angiosperms+Repro.+\(38\)](http://semoneapbiofinaleexamreview.wikispaces.com/S.+Angiosperms+Repro.+(38)). Erişim Tarihi: 26/03/2015.
- Arathi, L. H. S., Spivak, M., 2001. Influence of colony genotypic composition on the performance of hygienic behaviour in the honeybee, *Apis mellifera* L. *Animal Behaviour*, 62, 57–66
- Archer, C. K., 2015. Pollination. <http://chefkevinarcher.com/WordPress/tag/pollination/>. Erişim Tarihi: 16/03/2015.
- Atakişi, İ., 1978. Çukurova’da Yetiştirilebilecek Kolza Çeşitlerinin Önemli Tarımsal ve Kalite Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı. Sayı 1. 27-56.
- Avcı, M., Hatipoğlu, R., Yücel, H., Gültekin, R., 2010. Tozlayıcı Arıların Yonca (*Medicago sativa* L.) Klon Hatlarının Meyve ve Tohum Tutmasına Etkisi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 16:(1):305-311.
- Avcıoğlu, R., 1977. Arıcılık ve Baklagil Yembitkileri Kültürü İlişkileri. *Hayvansal Üretim*. 7:25-29
- Barclay, J. S., Moffett, J. O. 1984. The pollination value of honey bees to wildlife. *Am. Bee J.* 124, 497-498.
- Basualdo, M., Bedascarrasbure, E., De Jong, D., 2000. Africanized Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) have a Greater Fidelity to Sunflowers than European Bees. *Journal of Economic Entomology*. 93(2):304-307.
- Bateman, A. J. 1947. Contamination in seed crops, III. Relation with isolation distance. *Heredity*, Lond. 1, 303-336.
- Bauer, D. M., Wing, I. S., 2010. Economic Consequences of Pollinator Declines: A Synthesis. *Agricultural and Resource Economics Review* 39/3:368–383.
- Bauer, M., Engels, W., 1992. The Utilization of the Pasture for Bees on Former Ploughland by Wild Bees. *Apidologie*. 23(4):340-342.
- Bawa, K. S., 1983. Patterns of Flowering in tropical Plants. (C. E. Jones, R. J. Little, Editors) *Handbook of Experimental Pollination Biology*. Van Nostrand Reinhold Company Ltd. Wokingham, England. 394-410.
- Becker, K., Hedtke, C., 1995. Foraging of Wild Bees on a Mixture of Entomophilous Plants on Extensification Areas. *Apidologie*. 26(4):4, 344-346.

- Berkman, A., 1996. Sürdürülebilir Tarımsal Kalkınmada Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Yeri ve Güneydoğu Anadolu Projesi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu. 13-15 Mayıs 1996. Mersin. s 19-34.
- Bhalchandra, W., Baviskar R.K., Nikam T.B. 2014. Diversity of nectariferous and polleniferous bee flora at Anjaneri and Dugarwadi hills of Western Ghats of Nasik district (M. S.) India. Journal of Entomology and Zoology Studies 2014; 2 (4): 244-249
- Blaauw, B. R., Isaacs, R., 2014. Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. Journal of Applied Ecology. doi: 10.1111/1365-2664.12257.
- Bond, J., Plattner, K., Hunt, K., 2014. Fruit and Tree Nuts Outlook: Economic Insight U.S. Pollination-Services Market. USDA. Economic Research Service Situation and Outlook FTS-357SA.
- Bradbear, N., 2009. Bees and their role in forest livelihoods A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. Food And Agriculture Organization of The United Nations.
- Breeze, T. D.; Vaissière, B. E.; Bommarco, R.; Petanidou, T.; Seraphides, N., Kozák, L.; Scheper, J., Biesmeijer, J. C., Kleijn, D., Gyldenkerne, S., Moretti, M., Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Stout, J. C., Pärtel, M., Zobel, M., Potts, S., 2014. Agricultural Policies Exacerbate Honeybee Pollination Service Supply-Demand Mismatches Across Europe. PLOS ONE.10.1371/journal.pone.0082996.g002.
- Brodschneider, R., Crailsheim, K., 2010. Nutrition and health in honey bees. Apidologie 41:278–294
- Bryant, V., 2014. The Basics of Honey Identification. Bee Culture. April 2014. 59-63.
- Buchmann, S. L., Water, P. 1998. Phacelia: Pollen and Nectar Host Plants for Orchard Mason Bees (*O. lignaria*) as Managed Pollinators in Southern Arizona. USDA. Res. Serv. <http://www.nalusda.gov/ttic/tektran/data/0000096219.html>.
- Butler, C. G. 1945. The influence of various physical and biological factors of the environment on honeybee activity. An examination of the relationship between activity and nectar concentration and abundance. J. Exp. Biol. 21, 5-12.

- Butler, C. G., Jeffree, E. P., Kalmus, H. 1943. The behaviour of a population of honeybees on an artificial and on a natural crop. J. Exp. Biol. 20, 65-73.
- Büchler, R., Andonov, S., Bienefeld, K., Costa, C., Hatjina, F., Kezic, N., Kryger, P., Spivak, M., Uzunov, A., Wilde, J., 2013. Standard Methods for Rearing and Selection of *Apis mellifera* Queens. Journal of Apicultural Research 52(1):1-29.
- Cale, G. H. 1968. Pollen-gathering relationship to honey collection and egg-laying in honey bees. Am. Bee J. 108, 8-9.
- Camazine, S., Creilsheim, K., Hrassnigg, N., Robinson, G., E., Leonhard, B., Kropiunigg, H., 1998. Protein Trophallaxis and the Regulation of Pollen Foraging by Honey Bees (*Apis mellifera* L.). Apidologie. 29(1-2):113-126.
- Carpenter, F. L., 1983. Pollination Energetics in Avian Communities: Simple Concepts and Complex Realities. Insect Foraging Energetics. (C. E. Jones, R. J. Little, Editors) Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Nostrand Reinhold Company Limited. Wokingham. England. 215-234.
- Carroll, A. B., Pallardy, S. G., Galen, C., 2001. Drought Stress, Plant Water Status, and Floral Trait Expression In Fireweed, *Epilobium angustifolium* (Onagraceae). American Journal of Botany 88(3): 438-446.
- Colley, M. R., Luna, J. M. 2000. Relative Attractiveness of Potential Beneficial Insectary Plants to Aphidophagous Hoverflies. Environ. Entomol. 29(5):1054-1059.
- Collison, H. C., 2004. Beekeeping Basics. MAAREC: Delaware, Maryland, New Jersey, Pennsylvania, West Virginia, and the USDA cooperating. College of Agricultural Sciences Cooperative Extension
- Collman, A., 2015. What your supermarket will look like if bees die out: Empty shelves, scant produce options. www.dailymail.co.uk/news/article-2342069/What-supermarket-look-like-bees-die-Empty-shelves-scant-produce-options.html. Erişim Tarihi: 05/03/2015
- Connelly, D., 2012. Honeybee pesticide poisoning. A risk management tool for Australian farmers and beekeepers. Publication No. 12/043. Rural Industries Research and Development Corporation.
- Connor, L. J. (1975). The role of cultivarin insect pollination of strawberries. Proceedings of the 3rd International Symposium on Pollination, 1974, 149-154.

- Corbet, S. A., Williams, I. H., Osborne, J. L., 1991. Bees and the Pollination of Crops and Wild Flowers in the European Community. *Bee World*. 72(2):47-59.
- Cox, J., 2014. Central Valley's lucrative almond pollination attracts nation's honeybees. <http://www.bakersfieldcalifornian.com/business/x54082722/ABUZZ-IN-KERN-Central-Valleys-lucrative-almond-pollination-attracts-nations-honeybees>. Erişim Tarihi: 26/03/2015.
- Cox, P. A., 1993. Water-Pollinated Plants. *Scientific American*. 67-74.
- Crane, E., 1979. The Flowers Honey Comes from, in *A Comprehensive Survey Honey*. pp.3- 55.
- Crane, E., Walker, P., Day, R., 1984. *Directory of Important World Honey Sources*. International Bee Research Association. London.
- Crane, M. B., Mather, K. 1943. The natural cross-pollination of crop plants with particular reference to the radish. *A. Appl. Biol.* 30, 301-308.
- Culley, T. M., Weller, S. G., Sakai, A. K., 2002. The Evolution of Wind Pollination in Angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*. 17(8):361–369.
- Currie, R. W., Jay, S. C., Wright, D., 1990. The Effects of Honeybees (*Apis mellifera* L.) and Leafcutter Bees (*M. rotundata*) on Out-crossing between Different Cultivars of Beans (*V. faba* L.) in Caged Plots. *Journal of Apicultural Research*. 29(29):68-74.
- Çakmak, İ., 2004. Arıların Yayılma Ekolojisi ve Bitkisel Üretimdeki Rolü. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 4(2): 81-87
- Çelebi, H., 1996. Tarım Öğretiminin 150. Yılında Türkiye'nin Erozyon Perspektifi. *TEMA*. 3:8.
- Çoban, C., 1997. Arıcılık İçin Önemli Ağaç Türleri ve Sosyal Ormancılık. *Teknik Arıcılık Dergisi*. Sayı 57.
- Dadant, C. C. 1984. *The Hive and The Honey Bee*. Dadant and Sons. Hamilton. Illinois. 1-740.
- Darwin, C. (1876). *The Effects of Cross and Self Fertilisation in the Vegetable Kingdom*. London: Murray.
- DeGrandi-Hoffman, G., Hoopingarner, R. and Klomparens, K. 1986. Influence of honey bee (Hymenoptera: Apidae) in-hive pollen transfer on cross-pollination and fruit set in apple. *Env. Ent.* 15, 723-725.

- Delaplane, K. S., Dag, A., Danka, R. G., Freitas, B. M., Garibaldi, L. A., Goodwin, R. M., Hormaza, J. I., 2013. Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. Journal of Apicultural Research 52(4): DOI 10.3896/IBRA.1.52.4.12
- Dellaporta, S. L., Calderon, A. 1993. Sex Determination in Flowering Plants. The Plant Cell, Vol. 5, 1241-1251, October 1993 O 1993 American Society of Plant Physiologists.
- Deodikar, G. B. 1975. Design of experiments for estimation of increased crop-yields due to their bee-pollination. Parise Memorial Lecture, Indian Society of Agricultural Statistics, New Delhi 27, 25-36.
- Deveci, M., 2015. Sebzecilik. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Bahçe Bitkileri Bölümü Ders Notları.
- Dewenter, I. S., Tschardtke, T., 1999. Effects of Habitat Isolation on Pollinator Communities and Seed Set. Oecologia. 121:432-440.
- Dewenter, I. S., Tschardtke, T., 2000. Resource Overlap and Possible Competition between Honey Bees and Wild Bees in Central Europe. Oecologia. 122:288-296.
- Dhaliwal, H. S. and Sharma, P. L. 1973. The foraging range of the Indian honey bee on two crops. J. Apic. Res. 12, 131-134.
- Dixon, C. V. 1987. Beekeeping in Southern Mexico. Conference of Latin American Geographers, 66-71. Yearbook Vol. 13. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.
- Doğan, O., 2011. Türkiye’de Erozyon Sorunu Nedenleri ve Çözüm Önerileri. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim. 134: 62-69.
- Doğaroğlu, M., 2013. Modern Arıcılık Teknikleri. Anadolu Matbaası. İstanbul.
- Donoghue, M., 2010. *Viburnum sambucinum* with extrafloral nectary. <http://donoghuelab.yale.edu/sites/default/files/styles/threshold-480/public/slide09.png>. Erişim Tarihi: 19/03/2015.
- Dornhaus, A., Klügl, F., Puppe, F., Tautz, J., 1998. Task Selection in Honeybees - Experiments Using Multi-Agent Simulation. In Proc of GWAL’98, Bochum, September 18-19, 1998, Verlag Harry Deutsch AG.
- Doull, K. M. 1966. The relative attractiveness to pollen-collecting honeybees of some different pollens. J. Apic. Res. 5, 9-13.
- Dreller, C., Page, R. E., Fondrk, M. K., 1999. Regulation of Pollen Foraging in Honeybee Colonies: Effects of Young Brood, Stored Pollen, and Empty Space. Behavioral Ecology and Sociobiology. 45(3):227-233.

- Dreller, C., Tarpy, D. R., 2000. Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony. *Animal Behaviour*, 2000, 59, 91–96
- Dreller, C., Tarpy, D., 2000. Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony. *Animal Behaviour*. 59:91–96
- Dylewska, M., Jablonski, B., Sowa, S., Bilinski, M. and Wrona, S. (1970). Proba okreslenia liczby pszczol (Hym., Apoidea) potrzebnych do nalezytego zapylenia lucerny. *Polski Pismo Ent.* 40, 371-398.
- Eardley, C., Roth, D., Clarke, J., Buchmann, S., Gemmill, B., 2006. Pollinators and pollination: A resource book for policy and practice. Published by the African Pollinator Initiative (API). US Department of State.
- Early, J., 2015. *Colletes daviesanus*. <http://www.bwars.com/index.php?q=category/taxonomic-hierarchy/bee/colletidae/colletes/colletes-daviesanus>. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Eckert, J. E. 1933. The flight range of the honeybee. *J. Agric. Res.* 47, 257-285.
- Eckert, J. E. 1942. The pollen required by a colony of honeybees. *J. Econ. Ent.* 35, 309-311.
- Elekonich, M. M., Roberts, P. R., 2005. Honey bees as a model for understanding mechanisms of life history transitions. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 141:362 – 371
- Erdoğan, Ü., Erdoğan, Y., 2006. Üzümsü Meyvelerin Tozlaşmasında Bal Arılarının (*Apis mellifera* L.) Yeri ve Önemi. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu.
- Erickson, E. H., Buchmann, S. L. 1983. Electrostatics and pollination. In Jones, C. E. and Little, R. J. (eds) *Handbook of Experimental Pollination Biology*, 173-184. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Eti, S., 1990. Çiçek Tozu Miktarını Belirlemede Kullanılan Pratik Bir Yöntem. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(4):49-58.
- Eti, S., 2011. Bahçe Tarımı. Bölüm 4. Bahçe Bitkilerinin Biyolojik Esasları. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2372 Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1369. Ed. Ece Turhan. Bahçe Tarımı Ders Kitabı.
- Eveleigh, P., 2007. Style Position. <http://www.primulaworld.com/pwweb/pinandthrum.shtml>. Erişim Tarihi: 27/03/2015.

- Evert, R., Eichborn, S. E., 2015. Plant Growth and Reproduction (Part XI). Raven Biology of Plants (Loose-Leaf). 8th Edition. http://www.mhhe.com/biosci/genbio/raven6b/graphics/raven06b/other/raven06_42.pdf.
- Farkas, J., Frank, J. 1982. Experience gained when using honeybees for pollen dispersion in hybrid sunflower seed production. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae* 31, 267-270.
- Fluri, P., Frick, R, 2001. Losses of Bees during Mowing of Flowering Fields. Swiss Bee Research Centre. www.apis.admin.ch/english/pdf/poisoning/maehen_e.pdf
- Fomina, K. Ya. 1961. Effect of shelter belts on nectar production and seed yield of sainfoin and sunflower. *Dokl. TSKhA* 62, 531-536.
- Frankel, R., Galun, E. 1977. Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding. Berlin: Springer-Verlag.
- Free, J. B, Butler, C. G. 1959. Bumblebees. London: Collins.
- Free, J. B. (1963). The flower constancy of honeybees. *J. Anim. Ecol.* 32, 119-131.
- Free, J. B. (1969). The influence of the odour of a honeybee colony's food stores on the behaviour of its foragers. *Nature, Lond.* 222, 778.
- Free, J. B. 1955. The collection of food by bumble bees. *Insects Soc.* 2, 303-311.
- Free, J. B. 1959. The effect of moving colonies of honeybees to new sites on their subsequent foraging behaviour. *J. Agric. Sci., Camb.* 53, 1-9.
- Free, J. B. 1962. The behaviour of honeybees visiting field beans (*Vicia faba*). *J. Anim. Ecol.* 31, 497-502.
- Free, J. B. 1965. The effect on pollen collecting of feeding honeybee colonies with sugar syrup. *J. Agric. Sci., Camb.* 64, 467-168.
- Free, J. B. 1966. The pollination of the beans *Phaseolus multiflorus* and *Phaseolus vulgaris* by honeybees. *J. Apic. Res.* 5, 87-91.
- Free, J. B. 1968. The behaviour of bees visiting runner beans (*Phaseolus multiflorus*). *J. Appl. Ecol.* 5, 631-638.
- Free, J. B. 1970. The flower constancy of bumblebees. *J. Anim. Ecol.* 39, 395-402.
- Free, J. B. 1976. Insect pollination of tropical crops. Report of the Central Association of Beekeepers.
- Free, J. B. 1979. Managing honeybee colonies to enhance the pollen-gathering stimulus from brood pheromones. *Appl. Anim. Ethol.* 5, 173-178.

- Free, J. B. 1984. Beekeeping and pollination in developing countries. Second International Conference on Apiculture in Tropical Countries, 475-488. New Delhi: Indian Agricultural Research Institute.
- Free, J. B. 1987. Pheromones of Social Bees. London: Chapman and Hall.
- Free, J. B. 1992. Insect Pollination of Crops. Academic Press. 1-105.
- Free, J. B., Durrant, A. J. (1966). The transport of pollen by honeybees from one foraging trip to the next. J. Hon. Sci. 41, 87-89.
- Free, J. B., Free, N. W., Jay, S. C. 1960. The effect on foraging behaviour of moving honey bee colonies to crops before or after flowering has begun. J. Econ. Ent. 53, 564, 566.
- Free, J. B., Gennard, D., Stevenson, J. H. and Williams, I. H. 1975. Beneficial insects present on a motorway verge. Biological Conservation 8, 61-72.
- Free, J. B., Nuttall, P. M. 1968. Effect of the time of day at which honeybee colonies are first allowed flight in a new location on their choice of flower species. Nature, Lond. 218, 982.
- Free, J. B., Paxton, R. J., Waghchoure, E. S. 1991. Increasing the amount of foreign pollen carried by honeybee forages. J. Apic. Res. 30, 132-136.
- Free, J. B., Preece, D. A. 1969. The effect of the size of a honeybee colony on its foraging activity. Insects Soc. 16, 73-78.
- Free, J. B., Smith, M. V. 1961. The foraging behaviour of honeybees from colonies moved into a pear orchard in full flower. Bee Wld 42, 11-12.
- Free, J. B., Spencer, Y. 1961. The effect of feeding sugar syrup to honeybee colonies. J. Agric. Sci., Camb. 57, 147-151.
- Free, J. B., Spencer, Y. 1962. The effect of distance from pollinizer varieties on the fruit set of apple, pear and sweet cherry trees. J. Hon. Sci. 39, 54-60.
- Free, J. B., Williams, I. H. 1972. The transport of pollen on the body hair of honeybees (*Apis mellifera* L.) and bumblebees (*Bombus* spp L.). J. Appl. Ecol. 9, 609-615.
- Free, J. B., Williams, I. H. 1973. The foraging behaviour of honeybees (*Apis mellifera* L.) on Brussels sprout (*Brassica oleracea* L.). J. Appl. Ecol. 10, 489-499.
- Free, J. B., Williams, I. H. 1974. Influence of the location of honeybee colonies on their choice of pollen sources. J. Appl. Ecol. 11, 925-935.

- Free, J. B., Williams, I. H. 1976. The effect on the foraging behaviour of honeybees of the relative location of the hive entrance and brood combs. *Appl. Anim. Ethol.* 2, 141-154.
- Friedman, J., 2011. Gone with the wind: understanding evolutionary transitions between wind and animal pollination in the angiosperms. *New Phytologist*. 191:911–913.
- Fries, I., Stark, J. 1983. Measuring the importance of honeybees in rape seed production. *J. Apic. Res.* 22, 272-276.
- Frisch, K. von 1968. The role of dances in recruiting bees to familiar sites. *Anim. Behav.* 16, 531-535.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S.D., Aizen, M. A., Blaauw, B. R., Isaacs, R., Kuhlmann, M., Kleijn, D., Klein, A. M., Kremen, C., Morandin, L., Scheper, J., Winfree, R., 2014. From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators *Front Ecol Environ* 2014; 12(8): 439–447
- Garratt, M. P. D., Breeze, T. D., Jenner, N., Polcec, C., Biesmeijer, J. C., Potts, S. G. 2014. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184:34–40
- Gary, N. E. 1971. Magnetic retrieval of ferrous labels in a capture-recapture system for honey bees and other insects. *J. Econ. Ent.* 64, 961-965.
- Gary, N. E., Witherell, P. C., Marston, J. 1973. Distribution of foraging bees used to pollinate alfalfa. *Env. Ent.* 2, 573-578.
- Gary, N. E., Witherell, P. C., Marston, J. 1975. The distribution of foraging honey bees from colonies used for honeydew melon pollination. *Env. Ent.* 4, 277-281.
- Geitmann, A., 2011. Scanning Electron Micrograph of Lily Pollen Tubes. http://en.wikipedia.org/wiki/Pollen_tube#/media/File:LilySEM.jpg. Erişim Tarihi. 16/03/2015.
- Genç, F., 1994, Arıcılığın Temel Esasları (Ders Notu). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 166, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, s 286.
- Gepts, P., 2001. *Phaseolus vulgaris* (Beans). Academic Press. doi:10.1006/rwgn.2001.1749.
- Gill, J., 2011. No pollen grains were harmed in the writing of this dissertation. <https://contemplativemammoth.wordpress.com/2011/10/21/no-pollen-grains-were-harmed-in-the-writing-of-this-dissertation/> Erişim Tarihi: 05/03/2015.

- Giovanetti, M., Aronne, G., 2011. Honey bee interest in flowers with anemophilous characteristics: first notes on handling time and routine on *Fraxinus ornus* and *Castanea sativa*. Bulletin of Insectology 64 (1): 77-82.
- Glawe, G. A., 2006. Sex ratio variation and sex determination in *Urtica dioica*. Institute of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Leiden University.
- Glawe, G.A., 2006, Sex ratio variation and sex determination in *Urtica dioica*. Doctoral Thesis, Leiden University.
- Glover, B., 2015. Pollinator Vision vs Human Vision. <http://www.colours.phy.cam.ac.uk/> Erişim Tarihi: 20/03/2015.
- Goltz, L., 1987. Honey and Pollen Plants. Part VIII. Cruciferae-Mustard, Cresses and Canola (Rapeseed). American Bee Journal. November. 779-781.
- Gori, D. F., 1983. Post-Pollination Phenomena and Adaptive Floral Changes. (C. E. Jones, R. J. Little, Editors) Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Nostrand Reinhold Company Ltd. Berkshire, England. s.31-49.
- Gösterit, A., 2015. Seralardaki Çalışkan ve Vazgeçilmez İşçiler: Bombus Arıları. Petek Dergisi. 14:16-19.
- Gudehus, D. H., 2010. *Apis mellifera*- The European Honey Bee aka The Western Honey Bee. http://www.parfaitimage.com/Insecta/apis_mellifera.html. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Güler, Y., 2012. Sultandağı (Afyonkarahisar) kiraz bahçelerinde *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae) türlerine yönelik yürütölen yapay yuva çalışmaları. Bitki Koruma Bülteni. 52(4):325-336.
- Günay, T., 1995. Orman, Ormansızlaşma, Toprak ve Erozyon. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları. No:1
- Gürel, F., Gösterit, A., Talay, R., Efendi, Y. 2001. Bombus Arısı (*Bombus terrestris*)’nın Örtüaltı Yetiştiricilikte ve Ekolojik Tarımda Kullanımı. Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu, 14-16 Kasım, Antalya. 245-255.
- Hampton, M. O., Kiran, F., McAvoy, Gç., 2012. Blossom Drop, Reduced Fruit Set, and Post-Pollination Disorders in Tomato. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Hamzaçebi, S., 1994. Orman-Aricılık İlişkileri Geliřtirilmelidir. Teknik Arıcılık Dergisi. Sayı 45.
- Hamzaoglu, E., 1997. Çevre ve Erozyon. TEMA. 4:14

- Hanlon, M., 2007. A Bees-Eye View: How Insects See Flowers Very Differently to Us. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-473897/A-bees-eye-view-How-insects-flowers-differently-us.html>. Erişim Tarihi: 19/03/2015.
- Haragsim, O., Vesely, V., Sedivy, J., Taimr, L., Dockal, J. and Balcar, J. 1965. Activity of Honey Bees marked with Radioisotopes and moved to fields of Lucerne (*Medicago sativa*). 20th International Beekeepers Congress II/4.
- Harbo, J. R., 1993. Worker-Bee Crowding Affects Brood Production, Honey Production, and Longevity of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). Entomological Society of America. Journal of Economic Entomology. 86:1672-1678.
- Hassanein, M. H., El Banby, M. A. 1956. Studies on the ability of the Egyptian honeybee on carrying nectar and pollen. Ann. agric. Sci. Fac. Agric. A'in Shams 1, 23-26.
- Heil, M., 2011. Nectar: generation, regulation and ecological functions. Trends in Plant Science. 16(4):191-200.
- Heinrich, B., 1983. Insect Foraging Energetics. (C. E. Jones, R. J. Little, Editors) Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Nostrand Reinhold Company Limited. Wokingham, Berkshire, England. 187-214.
- Hellmich, R. L., Kulinčević, J. M. and Rothenbuhler, W. C. 1985. Selection for high and low pollen-hoarding honey bees. J. Hered. 76, 155-158.
- Hemesath, G., Wolf, H., 2011. Your Breakfast Without Bees. <http://www.buzzingacrossamerica.com/2011/01/your-breakfast-without-bees.html>. Erişim Tarihi: 26/03/2015.
- Hendrickson, A. H. 1916. The common honey bee as an agent in prune pollination. Bull. Calif. Agric. Exp. Stn. 274, 127-132.
- Heyneman, A. J., 1983. Optimal Sugar Concentrations of Floral Nectars. Dependence on Sugar Intake Efficiency and Foraging Costs. 60(2):198-213
- Higo, H.A., Winston, M.L., & Slessor, K.N. 1995 Mechanisms by which honey bee (Hymenoptera, Apidae) queen pheromone sprays enhance pollination. Annals of the Entomological Society of America 88:366-373.
- Hopkins, C. Y., Jevans, A. W. and Boch, R. 1969. Occurrence of octadeca-rrows-2, cis-9, cis-12- trienoic acid in pollen attractive to the honey bee. Can. J. Biochem. 47, 433-436.
- Horn, C. J., 1997. Pollination Adaptations. İnternet Erişim. http://koning.ecsu.ctstateu.edu/Plants_Human/pollenadapt.html.

- Horn, C. W., Todd, F. E., 1954. Bees, bouquets and better tangerines. Progr. Agric. Ariz. 6,11.
- Howard, L., 2011. Misc pollen colorized. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Misc_pollen_colorized.jpg. Erişim Tarihi: 15/03/2015
- Hutson, R. 1925. The honey bee as an agent in the pollination of pears, apples and cranberries. J. Econ.Ent. 18,387-391.
- İkincikarakaya, S., Beyaz, K. B., Rezaei, F., 2013. Doğal Kaynaklar ve Tarım. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 104-109.
- İmir, M., 1997. Sürdürülebilir Tarım. Ziraat Mühendisliği. Sayı 306.
- Jay, S. C. 1970. Pollination of crops in Manitoba by bees (1990). Canadian Beekeeping 16, 16- 17.
- Jeffree, E. P., Allen, M. D. 1957. The annual cycle of pollen storage by honey bees. J. Econ. Ent. 50, 211-212.
- Johnston, P., Huxdorff, C., Simon, G., Santillo, D., 2014. An Analysis Of Pesticide Residues in Comb Pollen (Beebread) and Trapped Pollen From Honey Bees (*Apis mellifera*) In 12 European Countries Greenpeace Research Laboratories. School of Biosciences.
- Kaftanoğlu, O., Abak, K., Paydaş, S., Eti, S., Şekeroğlu, E., Maarel, A. 1997. Bombus Arısı (*Bombus terrestris*) Yetiştiriciliği ve Seralarda Kullanma Olanakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Adana, s. 2-3.
- Kahl, H., 1996. Border Strip Planting to Enhance Biological Control of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* by Hoverflies. Christchurch Polytechnic. Institute of Tech. <http://www.cpit.ac.nz/hort/res3.htm>. New Zealand.
- Kamler, F. 1983. Response of Selected Winter Rape Cultivars to Pollination by Honeybees. Rostlinna Vyroba. 29(3):225-234.
- Karabıyık, E., Çoban, C., 1998. Türkiye Kalkınma Vakfı Ağaçlandırma Çalışmaları. Teknik Arıcılık Dergisi. Sayı 61.
- Karaca, C., 2013. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım Politikaları: Tarım Sektöründe Atıl ve Yenilenebilir Enerji Kaynakların Değerlendirilmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi 19(1): 1-11
- Karadal, F., Yıldırım, Y., 2012. Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. Erciyes Üniv Vet Fak Derg 9(3) 197-209.
- Karadeniz, T., 2013. Meyve Yetiştiriciliğinde Polinasyonun Önemi, Verim ve Kaliteye Etkisi. Maybir. 5(9):4-8.

- Karmo, E. A. 1958. Honey bees as an aid in orchard and blueberry pollination in Nova Scotia. X. Int. Congr. Ent. 1956, 4, 955-959.
- Karmo, E. A. 1961. Increasing the pollination efficiency of the honeybee through colony rotation. Mimeo. Circ. Nova Scotia Dep. Agric. 102.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., 1993. Techniques for Pollination Biology. University Press of Colorado
- Keleş, D., Korkmaz, A., Eti, S., 2003. Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) ve Yenidünya (*Eriobotrya japonica* Lindl.) Çiçeklerinde Üretilen Polen Miktarının Ağırlık Olarak Saptanması. Alatarım. 1(2):30-34.
- Keller, I., Fluri, P., Imdorf, A., 2005. Pollen Nutrition and Colony Development in Honey Bees – Part II. Bee World 86(2): 27-34
- Kessler, D., 2014. Nectar: A sweet reward from plants to attract pollinators. <http://phys.org/news/2014-03-nectar-sweet-reward-pollinators.html>. Erişim Tarihi: 19/03/2015.
- Kevan, P. G. 1975. Pollination and environmental conservation. Environmental Conservation 2, 293-298.
- Kevan, P. G., Viana, B. F., 2003. The Global Decline of Pollination Services. Biodiversity4(4):3-8.
- Khattab, M. M., Aswad, A., Basiony, M.M.A.S., Gomaa, M. N., 2010. A study on the activity of the honeybees in gathering of propolis substances. Annals of Agric. Sci., Moshtohor, Vol. 48(4):95- 99
- Kırıcı, S., Özgüven, M., 1995. Çukurova Bölgesinde Verim, Kalite ve Erkencilik Bakımından Uyabilecek Kolza Çeşitlerinin Saptanması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 10(3)105-120.
- Kikuchi, T. 1963. Studies on the coaction among insects visiting flowers. III. Dominance relationship among flower-visiting flies, bees and butterflies. Sci Rep. Tohoku Univ., Ser. 4, 29, 1-8.
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., (2014). Bee pollination Improves Crop Quality, Shelf Life and Commercial Value. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 281: 20132440.
- Klein, A.M., Vaissie`re, E. B., Cane, H. J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, A. S., Kremen, C., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of Biological Science 274: 303–313.

- Koptur, S. 1992. Interactions between Insects and Plants Mediated by Extrafloral Nectaries. In Bernays, E. (ed.) CRC series on Insect/Plant Interactions. 4:85-132.
- Korkmaz, A., 2003. Çukurova Bölgesinde Bal Arılarının (*Apis mellifera* L.) Arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth) ve Yemlik Kolza (*Brassica napus* L. Metzg.) ile Olan Bazı İlişkilerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Adana.
- Korkmaz, A. 2012. *Apis cerana* Yetiştiriciliği. Arıcılık Araştırma Dergisi. Haziran 2012. 7: 27-29.
- Korkmaz, A., 2013. Anlaşılabilir Arıcılık. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Yayınları. Samsun.
- Korkmaz, A. 2014. Samsun'da Ayçiçeği Üretiminin Arıcılık Açısından Önemi. Samsun İli Arı Yetiştiricileri Birliği. Petek Dergisi. 13:4-7.
- Korkmaz, A. 2015. Böcek Polinasyonunun Arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth) ve Yemlik Kolza (*Brassica napus* L.)'nın Tohum Verimine Etkisi. Petek Dergisi. 14:(26-27).
- Korkmaz, A., Aydın, A., 1999. Sürdürülebilir Tarımda Bal Arısının (*Apis mellifera* L.) Rolü. Ziraat Mühendisliği Dergisi. 323:24-26.
- Korkmaz, A., Gür, E., 2000. İçel İlinde Yoğun Nektar Akımı Öncesinde Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Kolonilerinde Sürekli Polen Tuzağı Kullanımının Koloni Populasyon Gelişimi ve Bal Verimine Etkisi. im. 17(2):75-83.
- Korkmaz, A., Kumova, U., 1998. Çukurova Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Fazelya (*Phacelia tanacetifolia* Benth) Bitkisinin Balarısı (*Apis mellifera* L.) Kolonilerinin Populasyon Gelişimine, Nektar ve Polen Toplama Etkinliğine Olan Etkilerinin Araştırılması. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 2 (13) 121-130.
- Korkmaz, A., Kumova, U., 1998. Çukurova Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Fazelya (*Phacelia tanacetifolia* Benth) Bitkisinin Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Kolonilerinin Populasyon Gelişimine, Nektar ve Polen Toplama Etkinliğine Olan Etkilerinin Araştırılması. Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 13(2):121-130.
- Kosmrlj, K., Kastelec, J., Bohanec, B., 2014. Styrian oil pumpkin pollen germinability at higher irradiation doses: optimization of the in vitro germination protocol and irradiation procedure. Turk J Biol. 38: 516-522.

- Krebs, C., 2014. Honeybee Eye. <http://www.photomacrography1.net/forum/viewtopic.php?t=3459>. Erişim Tarihi: 20/03/2015.
- Kumar, V., Bhatia, S. S., 2013. Sexual Reproduction in Flowering Plants (Chapter 4). Complete Biology for Medical College Entrance Examination. McGraw Hill Education (India) Private Limited.
- Kumova, U., Sağlamtimur, T., Korkmaz, A., 2001. Fazelya (*Phacelia tanacetifolia* Benth) Çeşitlerinde Bal Arısının (*Apis mellifera* L.) Tarlacılık Tercihinin Araştırılması. *Mellifera*. 1(1):27-32.
- Kuvancı, A., Günbey, Konak, F., Karaoğlu, Y., 2010. Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) ve Diğer Böceklerin Çilek (*Fragaria* sp.) Bitkisinin Polinasyonuna Olan Etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi* 10(1): 28-34
- Kuvancı, A., İslam, A., Güler, A., Duman, M., 2013. Kivide Bal Arısının Tozlanma, Meyve Tutumu ve Tohum Sayısı Üzerine Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi* 2(2): 83-90.
- Lam, C., 2015. *Apis cerana* on flower. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cerana.jpg>. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Langridge, D. F. and Goodman, R. D. 1975. A study on pollination of oilseed rape (*Brassica campestris*). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15, 285-288.
- Lau, J. A., Galloway, L. F., 2004. Effects of low-efficiency pollinators on plant fitness and floral trait evolution in *Campanula americana* (Campanulaceae). *Oecologia* 141: 577–583.
- Lavie, P. (1967). Influence de l'utilisation du piège a pollen sur le rendement en miel des colonies d'abeilles. *A. Abeille* 10, 83-95.
- Lawrence, T., Sheppard, W. S., 2013. Neonicotinoid Pesticides and Honey Bees. Washington State University Extension Fact Sheet:FS122E.
- Lecomte, J. 1960. Observations sur lecomportement des abeilles butineuses. *Annls Abeille* 3, 317-327.
- Lee, W. R. 1961. The nonrandom distribution of foraging honey bees between apiaries. *J. Econ. Ent.* 54, 928-933
- Lenke, M. 2015. Honeybee. <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/imgjul05/apismap/dw-apis-antennae-1.jpg>. Erişim Tarihi: 20/03/2015.
- Levchenko, I. A. 1959. The distance bees fly for nectar. *Pchelovodstvo, Mosk.* 36, 37-38.
- Levin, M. D. 1983. Value of bee pollination to U.S. agriculture. *Bulletin of the Entomological Society of America* 29, 50-51.

- Levin, M. D., Bohart, G. E. 1955. Selection of pollens by honey bees. Am. Bee J. 95, 392- 393, 402.
- Levin, M. D., Glowska-Konopacka, S. 1963. Responses of foraging honeybees in alfalfa to increasing competition from other colonies. J. Apic. Res. 2, 33-12.
- Levin, M. D., Kuehl, R. O., Carr, R. V. 1968. Comparison of three sampling methods of estimating honey bee visitation to flowers of cucumbers. J. Econ. Ent. 61, 1487-1489.
- Lieff, J., 2015. The Remarkable Bee Brain. <http://jonlieffmd.com/blog/the-remarkable-bee-brain-2>. Erişim Tarihi: 26/03/2015
- Long, R. F., Corbett, A., Lamb, C., Reberg-Horton, C., Chandler, J., Stimmann, M., 1998. Beneficial Insects Move from Floering Plants to Nearby Crops. California Agriculture. 52(5):23-26.
- Loper, G. M., Danka, R. G. 1991. Pollination tests with Africanized honey bees in Southern Mexico, 1986-1988. Am. Bee J. 131, 191-193.
- Loper, G. M., Lapioli, A. M. 1970. Photoperiodic effects on the emanation of volatiles from alfalfa (*Medicago sativa* L.) florets. Plant Physiol. 49, 729-732.
- Louveaux, J. 1954. Etudes sur la recolte du pollen par les abeilles. Apiculteur (Sect, sci.) 98, 43- 50.
- Louveaux, J. 1959. Recherches sur la recolte du pollen par les abeilles. Annls Abeille 2, 13-111.
- Ludwig, C., Ludwig, G., Veenstra, D., 2014. Honey bee best management practices for California almonds. Almond Board of California.
- Lukoschus, F. 1957. Quantitative Untersuchungen uber den Pollentransport im Haarkleid der Honigbiene. Z. Bienenforsch. 4, 3-21.
- MacDaniels, L. H. 1930. Practical aspects of the pollination problems. Proc. N.Y. St. Hort. Soc. 75, 195-202.
- Manning, R., Boland, J., 2000. A Preliminary Investigation into Honey Bee (*Apis mellifera*) Pollination of Canola (*Brassica napus* cv. Karoo) in Western Australia. Aust. J. of Experimental Agriculture. 40(3):439-442.
- Manzoor, M., Mathivanan, V., Shah, G. H., Mir, G. M., 2014. Comparative Study on Brood Rearing Efficiency of *Apis cerana* f. under Different Environmental Conditions of Jammu and Kashir and Tamil Nadu India. International Journal of Pharmacy Review & Research . Vol 4(1):41-44.

- Matheson, A. G. 1991. Managing honey bee pollination of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in New Zealand.—A review. The 6th International Symposium on Pollination, Tilburg, The Netherlands, August 1990. Acta Horticulturae 288. 213-219.
- Matheson, A. G., Schrader, M. 1987. The Value of Honey Bees to New Zealand's Primary Production. Nelson, New Zealand: Ministry of Agriculture and Fisheries.
- Maurizo, A. 1953. Weitere Untersuchungen an Pollenhoschen. Beitrag zur Erfassung der Pollentrachtverhältnisse in verschiedenen Gegenden der Schweiz. Beih. Schweiz. Bztg. 2, 485-556.
- Maurizio, A. 1975. How bees make honey. In Crane, E. (ed.) Honey, a Comprehensive Survey, 77-105. London: Heinemann.
- McCusker, A., 2007. Flora of Australia Glossary. www.environment.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/glossaries/vascular/efnct.html. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- McDonald, J. L., Levin, M. D. 1965. An improved method for marking bees. J. Apic. Res. 4, 95-97.
- McDonalds, K., 2015. California Poppy Pollen. <http://emlab.berkeley.edu/EML/images/backgrounds/calpoppy-1024-768-color.jpg>. Erişim Tarihi: 05/03/2015
- McGregor, S. E. 1959. Cotton-flower visitation and pollen distribution by honey bees. Science, N.Y. 129,97-98.
- McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Agriculture Handbook 496. Washington DC: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- McGregor, S. E. 1981. Honeybees and alfalfa seed production. Am. Bee J. 121, 193-194.
- Meininger, P. S., 2015. *Colletes cunicularius*. www.freenatureimages.eu/animals/Hymenoptera,%20Bijen,Wespen,Mieren,Bees,Wasp s,Ants/Colletescunicularius/Colletescunicularius3,Grotezijdebij,Saxifraga-PeterMeininger.JPG. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Melhim, A., Weersink, A., Daly, Z., Bennett, N., 2010. Beekeeping in Canada: Honey and Pollination Outlook. Food, Agricultural & Resource Economics Canadian Pollination Initiative.
- Mel'nichenko, A. N. 1962. Biological basis for increasing the yield of buckwheat by different sowing dates and degrees of saturation of bee pollination. Uchen. Zap. Gor'kov. Univ. 55, 5-43
- Mensah, B, Kudom, A., 2011. Foraging dynamics and pollination efficiency of *Apis mellifera* and *Xylocopa olivacea* on *Luffa aegyptiaca* Mill (Cucurbitaceae) in southern Ghana. Journal of Pollination Ecology. Vol.4.

- Mert, C., 2009. Temperature Responses of Pollen Germination in Walnut (*Juglans regia* L.) J. Biol. Environ. Sci., 3(8):37-43 37
- Mesquida, J., Renard, M. 1989. Etude de l'aptitude a germer in vitro du pollen de colza (*Brassica napus* L.) recolte par l'abeille domestique (*Apis mellifica* L.) Apidologie 20, 197-205.
- Miah, M. K., Alam, M. Z., Islam, Z., Hossain, M., 1993. Influence of Honeybee on Pollination and Seed Production in Synthesized Cabbage (*Brassica napus* L.). Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture. 16:107-113.
- Minderhoud, A. 1931. Untersuchungen uber das Betragen der Honigbiene als Blütenbestäuberin. Gartenbauwissenschaft 4, 342-362.
- Minderhoud, A. 1950. Het gebruik van bijen en hommels voor bestuiving in afgesloten minuten. Meded. Dir. Tuinb. 17, 32-39.
- Mione, T., 2015. Inflorescence of *Jaltomata umbellata*. The red "juice" in the flower is red nectar! <http://web.ccsu.edu/faculty/mione/umbellat.htm>. Erişim Tarihi: 19/03/2015.
- Mizell, R. F., 2012. Many Plants Have Extrafloral Nectaries Helpful to Beneficials. Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Moeller, F. E. 1972. Honey bee collection of corn pollen reduced by feeding pollen in the hive. Am. Bee J. 112, 210-212.
- Morse, R. A., 1997. Rearing Queen Honey Bees. Published by Wicwas Press, NY.
- Muchhala, N., Caiza, A., Vizuete, J. C., Thomson, J. D., 2008. A Generalized Pollination System in The Tropics: Bats, Birds and *Aphelandra acanthus*. Annals of Botany 103: 1481–1487.
- Mussen, E., Brandi, G., 2010. Relationships of Honey Bees and Pesticides. Internet Erişim: <http://entomology.ucdavis.edu/files/147612.pdf>. 03/03/2015.
- Neeman, G., Jurgens, A., Newstrom, L., Potts, S., Dafni, A., 2009. A Framework for Comparing Pollinator Performance: Effectiveness and Efficiency. Biol. Rev. pp. 1-17.
- Nest B. N. V., Moore, D. 2012. Energetically optimal foraging strategy is emergent property of time-keeping behavior in honey bees. Behavioral Ecology 23, 649–658.
- Nevkryta, A. N. 1957. Distribution of apiaries for pollinating cherries. Pchelovodstvo, Mosk. 34,34-38.

- Newswise, 2007. Bee Strategy Helps Servers Run More Sweetly. Georgia Institute of Technology. <http://www.newswise.com/articles/bee-strategy-helps-servers-run-more-sweetly>. Erişim Tarihi: 26/03/2015
- Nicholls, D., 2008. Hairy-footed Flower Bee - *Anthophora plumipes*. <http://www.naturespot.org.uk/species/hairy-footed-flower-bee>. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Nicolson, S. Nepi, M., Pacini, E., 2007. Nectaries and Nectar. Springer Netherlands.
- Nye, W. P. 1971. Pollen collection from alsike clover by high and low alfalfa pollen collecting lines and by a commercial line of honeybees. J. Apic. Res. 10, 115-118.
- Nye, W. P., Mackensen, O. 1965. Preliminary report on solution and breeding of honeybees for alfalfa pollen collection. J. Apic. Res. 4, 43-48.
- O'Grady, J. H. 1987. Market failure in the provision of honeybee pollination: a heuristic investigation. M.S. Thesis, University of Vermont, VT.
- Oliver, R., 2012. Neonicotinoids: Trying To Make Sense of the Science. American Bee Journal, August, 2012.
- Oliver, R., Adee, B., 2012. A New Large-Scale Trial of Clothianidin. American Bee Journal. <http://scientificbeekeeping.com/tag/neonicotinoids/>. Erişim Tarihi: 27/03/2015.
- Olmstead, A. L., Wooten, D. B. 1987. Bee pollination and productivity growth; the case of alfalfa. Am. J. Agric. Econ., February, 56-63.
- Osborne, J. L., Williams, I. H. and Corbet, S. A. 1991. Bees, pollination and habitat change in the European community. Bee Wld. 72, 99-116.
- Otunnu, E. O., 2004. Biologist Explains Aspects of Pollination Via Mathematical Models. <http://advance.uconn.edu/2004/040209/04020910.htm>. Erişim Tarihi: 19/03/2015.
- Öder, E., 2006. Uygulamalı Arıcılık. 642 s. İzmir.
- Özbek H. 2008. Türkiye’de Ilıman İklim Meyve Türlerini Ziyaret Eden Böcek Türleri. Uludağ Arıcılık Dergisi, 8 (3), 92-103.
- Özbek H., Rozen J. G., Ascher J. S. 2011. *Osmia avosetta* Warncke (Hymenoptera: Megachilidae: Megachilinae: Osmiini)’nin Biyolojisi ile İlgili Çalışmalar. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 28-30 Haziran 2011, Kahramanmaraş, 37.
- Özbek, H., 1979. Kültür Bitkilerinin Tozlaşmasında Balarısı (*Apis mellifera*). Atatürk Üniversitesi Ziraat Dergisi. 1-2:171-177.

- Özbek, H., 1979. Kùltür Bitkilerinin Tozlaşmasında Balarısı (*Apis mellifera* L.). Atatürk Üniversitesi Ziraat Dergisi. Cilt 10. Sayı 1-2.
- Özbilgin, N., 1999. Bal Arıları ile Sağlanan Tozlaşmanın Ekonomik Değeri: ABD Örneği. Polinasyon Projesi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Hizmetiçi Eğitim Semineri. 16-18 Şubat 1999. Menemen İzmir.
- Pandey, A., K., 2006. Structure, Development And Reproduction In Flowering Plants Flower, Sexual and Vegetative Reproduction, and Significance of Seed. University Department of Botany Bhagalpur University. Bhagalpur
- Pankiw, T., 2004. Brood Pheromone Regulates Foraging Activity of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). Apiculture And Social Insects. J. Econ. Entomol. 97(3): 748-751.
- Pankiw, T., Page, R. E., Fondrk, M. K., 1998. Brood Pheromone Stimulates Pollen Foraging in Honey Bees (*Apis mellifera*) Behav. Eco. and Soc. 44(3):193-198.
- Pankiw, T., 2004. Brood Pheromone Regulates Foraging Activity of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). J. Econ. Entomol. 97(3): 748-751
- Park, O. W. 1932. Studies on the changes innectar concentration produced by the honeybee, *Apis mellifera*. Part 1. Changes which occur between the flower and the hive. Res. Bull. Iowa Agric. Exp. Stn. 151.
- Patten, K. D., Shanks, C. H., Mayer, D. F., 1993. Evaluation of Herbaceous Plants for Attractiveness to Bumble Bees for Use Near Cranberry Farms. Journal of Apicultural Research. 32(29):73-79.
- Pedersen, M. W. 1961. Lucerne pollination. Bee Wld 42, 145-149.
- Pedersen, M. W., Todd, F. E. 1949. Selection and tripping in alfalfa clones bynectar-collecting honey bees. Agron. J. 41, 247-249.
- Pekel, E., Ünalán, A., 1999. Hayvansal Üretimde Ekolojik Tarımın Yeri ve Türkiye için Önemi. Türkiye 1. Ekolojik Tarım Sempozyumu. 21-23 Haziran 1999. Konak-İzmir.
- Percival, M. S. 1947. Pollen collection by *Apis mellifera*. New Phytol. 46, 142-173.
- Percival, M. S. 1955. The presentation of pollen in certain angiosperms and its collection by *Apis mellifera*. New Phytol. 54, 353-368.
- Percival, M. S. 1961. Types of nectar in Angiosperms. New Phytol. 60, 235-281.

- Percival, M. S. 1965. Floral biology. Oxford: Pergamon.
- Pisanty, G., Dwarf honey bee (*Apis florea*), worker foraging on *Zilla spinosa*, Nahal Roded, Eilat Mountains. http://en.wikipedia.org/wiki/Apis_florea#/media/File:Apis_florea_worker_1.jpg. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Plumer, B., 2015. A new theory for why the bees are vanishing. <http://www.vox.com/2015/3/9/8174949/bee-decline-parasites-pesticides-flowers>. Erişim Tarihi: 27/03/2015
- Popovic, I., 1995. Honeybee Pollination of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). The XXXIVth Intern. Apic. Cong. Switzerland. 15-19 August 1995. 276-277.
- Potts S., Biesmeijer K., Bommarco R., Breeze T., Carvalheiro L., Franzén M., González-Varo J.P., Holzschuh A., Kleijn D., Klein A.-M., Kunin, B., Lecocq T., Lundin O., Michez D., Neumann P., Nieto A., Penev L., Rasmont P., Ratamäki O., Riedinger V., Roberts S.P.M., Rundlöf M., Scheper J., Sørensen P., Steffan-Dewenter I., Stoev P., Vilà M., Schweiger O. (2015) Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project. Pensoft Publishers, Sofia, 72 pp.
- Poulsen, M. H. 1973. The frequency and foraging behaviour of honeybees and bumble bees on field beans in Denmark. J. Apic. Res. 12, 75-80.
- Pritsch, G., 1991. Management of Honeybees for Pollination Purposes in the GDR. 6th Pollination Symposium. Acta Horticulturae. 288:440-442.
- Radhika, V., Kost, C., Boland, W., Heil, M., 2010. The role of jasmonates in floral nectar secretion. Max Planck Institute for Chemical Ecology, Jena. PLoS ONE 5(2): e9265. doi:10.1371/journal.pone.0009265.
- Rakhmankulov, F. 1955. Controlling the flight activity of honeybees for the pollination of red clover. Pchelovodstvo, Mosk. 32, 44-47.
- Raton, B., 2014. Sweat bees in the yard. <http://benkolstad.net/?p=6674>. Erişim Tarihi: 31/03/2015.
- Ray P, Steeve T, Fultz S. 1983. Botany. Philadelphia (PA): Saunders College Publishing; 784p
- Ribbands, C. R. 1949. The foraging method of individual honeybees. J. Anim. Ecol. 18, 47-66.
- Ribbands, C. R. 1951. The flight range of the honey bee. J. Anim. Ecol. 20, 220-226.

- Ribbands, C. R. 1952. Division of labour in the honeybee community. Proc. R. Soc. (B), 140, 32-43.
- Roberto, G. B., Campos, M. J., 2014. Aspects of Landscape and Pollinators—What is Important to Bee Conservation? Diversity, 6, 158-175.
- Robinson, F. A., Nation, J. L. 1968. Substances that attract caged honeybee colonies to consume pollen supplements and substitutes. J. Apic. Res. 7, 83-88.
- Robinson, W. S., Nowogrodski, R., Morse, R. A. 1989. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. Am. Bee J. 129, 411-423, 477-487.
- Roubik, D. W., 1995. Pollination of Cultivated Plants in the Tropics. FAO Agricultural Services Bulletin. No:118. Rome. 196pp.
- Roubik, D., W., 2014. Pollinator Safety in Agriculture. Pollination Services. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- Sagili R. R., Burgett, D.M., 2011. Evaluating Honey Bee Colonies for Pollination A Guide for Commercial Growers and Beekeepers. A Pacific Northwest Extension Publication. Oregon State University. University of Idaho. Washington State University.
- Sagili, R. R., Pankiw, T., 2007. Effects of protein-constrained brood food on honey bee (*Apis mellifera* L.) pollen foraging and colony growth Ramesh. Behav Ecol Sociobiol 61:1471–1478
- Sanderson, C., Wells, H., 2005. The Flower Fidelity of The Honeybee. Uludag Bee Journal. 5:32-41
- Sass, J, 2011. Why We Need Bees: Nature's Tiny Workers Put Food on Our Tables. Natural Resources Defense Council.
- Sawyer, R., 1981. Pollen Identification for Beekeepers. Uni. College. Cardiff Press.
- Scheiner, R; Abramson, C I; Brodschneider, R; Crailsheim, K; Farina, W; Fuchs, S; Grünewald, B; Hahshold, S; Karrer, M; Koeniger, G; Koeniger, N; Menzel, R; Mujagic, S; Radspieler, G; Schmickl, T; Schneider, C; Siegel, A J; Szopek, M; Thenius, R. 2013. Standard methods for behavioural studies of *Apis mellifera*. In V Dietemann; J D Ellis; P Neumann (Eds) The COLOSS BEEBOOK, Volume I: Standard Methods for *Apis mellifera* Research. Journal of Apicultural Research 52(4):<http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.04>.

- Schmickl, T., Crailsheim, K., 2002. How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behaviour in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. *Behav Ecol Sociobiol.* 51:415-425
- Schmidt, J.O., 1996. Bee Products: Chemical Composition and Application. Bee Products, Properties, Applications, and Apitherapy, The Conference On Bee Products Section 2, Proceedings Of An International Conference On Bee Products: Properties, Applications and Apitherapy, may 26-30, in Tel Aviv, Israel. pages:15-26.
- Shashaa, N. S., Nye, W. P. and Campbell, W. F. C. (1973). Path-Coefficient Analysis of Correlation between Honey Bee Activity and Seed Yield in *Allium cepa* L. *J. Am. Soc. Hon. Sci.* 98, 341-347.
- Sheikh, A., Ahmad, M., Imran, M., Nasir, M., Saeed, S., Bodlah, I., 2014. Distribution of Bumblebee, *Bombus haemorrhoidalis* Smith, and its Association with Flora in Lower Northern Pakistan. *Pakistan J. Zool.*, 46(4):1045-1051
- Shimanuki, H., Lehnert, T. and Strieker, M. 1967. Differential collection of cranberry pollen by honey bees. *J. Econ. Ent.* 60, 1031-1033.
- Shuel, R. W. 1955. Nectar Secretion. *Am. Bee J.* 95, 229-234.
- Shuel, R. W. 1956. Studies of nectar secretion in excised flowers. I. The influence of cultural conditions on quantity and composition of nectar *Can. J. Bot.* 34, 142-153.
- Shuel, R. W. 1961. Influence of reproductive organs on secretion of sugars in flowers of *Streptosolen jamesonii*, Miers. *Plant Physiol.* 36, 265-271.
- Shuel, R. W. 1989. Improving honeyproduction through plant breeding. *Bee Wld* 70, 36-45. Shuplik, P. P. (1974). Pollination of lucerne seed plants. *Pchelovodstvo* 94, 6-7.
- Shyamal, L., 2014. The Himalayan Cliff Honey Bee. <https://ferrebeekeeper.files.wordpress.com/2014/03/apislaboriosal1.jpg?w=490&h=442>
- Silici, S., 2005. Tozlaşmada Polen ve Nektar Cezbediciliğinin Önemi. *Alatarım* 4(2):57-61.
- Silva, D. P., Moisan, J., Souza, D., Hilgert, S., Fernandes, M., Kevan, P., Freitas, B., 2013. Efficiency in Pollen Foraging by Honey Bees: Time, Motion, and Pollen Depletion on Flowers of *Sisyrinchium palmifolium* (Asparagales: Iridaceae). *Journal of Pollination Ecology*, 11(4):27-32
-

- Simpson, M. G., 2011. Plant Systematics. Academic Press. Amazon US. Press. ISBN 0-08-051404-9.
- Singh, S. 1950. Behaviour studies of honeybees in gathering nectar and pollen. Mem. Cornell Agric. Exp. Stn. 288.
- Sinnathamby, S., Assefa, Y., Granger, A., Tabor, L., Douglas, K., . 2013. Pollinator Decline: US Agro-Socio-Economic Impacts and Responses. Nat Env Sci. 4(1): 1-13
- Slaa, E. J., Sanchez, L. A., Sandi, M., Salazar, W., 2000. A Scientific Note on The Use of Stingless Bees for Commercial Pollination in Enclosures. Apidologie. 31:141-142.
- Smith, B. D. 1970. Effect of wind breaks on insect distribution. Annual Report of Long Ashton Research Station, 1970, 102-103.
- Smith, M. V. 1963. The O.A.C. pollen trap. Can. Bee J. 74, 4-5, 8.
- Smith, M. V., Townsend, G. F. 1952. A method of measuring pollination populations on field crops. Can. Ent. 134, 314.
- Soldatov, V. I. 1976. Economic effectiveness of bees as pollinators of agricultural crops. In Kozin, R. B. (ed.) Pollination of Entomophilous Agricultural Crops by Bees, 125-134. New Delhi: Amerind Publishing Co.
- Somerville, S., 2000. Pollination of apples by honey bees. State of New South Wales NSW Agriculture.
- Sorkun, K., 2008. Türkiye'nin Nektarlı Bitkileri Polenleri ve Balları. Palme Yayınları.
- Soylu, S., Sade, B., 2012. İklim Değişikliğinin Tarımsal Ürünlere Etkisi Üzerine Bir Araştırma Projesi. Proje No; TR51/12/TD/01/020. Mevlana Kalkınma Ajansı. Konya.
- Spears E. E.. 1983. A direct measure of pollinator effectiveness. Oecologia. 57:196-199.
- Spencer, Y. 1960. Feeding pollen, pollen substitutes and pollen supplements to honeybees. Bee Wld 41, 253-263.
- Spencer, Y. 1965. The collection of pollen by bumblebees and its transport in the corbiculae and the proboscival fossa. J. Apic. Res. 4, 185-190.
- Suwannapong. G., Eiri, D., Benbow, M. E., 2012. Honeybee Communication and Pollination. In book: New perspective in Plant protection, Edition: 1, Chapter: 1, Publisher: Intech, Editors: Ali R. Bandani, pp.1-24
- Svendsen, O. 1964. Om nogle bifamiliers pollentraek i rødkløverens blomstringstid. Nord. Bitidskr. 15/16, 22-27.

- Synge, A. D. 1947. Pollen collection by honeybees (*Apis mellifera*). J. Anim. Ecol. 16, 122-138.
- Szabo, T. I. 1985. Variability of flower, nectar, pollen and seed production in some Canadian Canola (Rapeseed) varieties. Am. Bee J. 125, 341-342.
- Szalai, Z., 2000. Differences of Pollen and Pollenkitt Attractiveness of Some Cultivated and Ornamental Apples for Honeybees. The 8th International Pollination Symposium. Mosonmagyaróvár, July 10-14, Hungary.
- Taber, S. 1963. Why bees collect pollen. XIX Int. Beekeeping Congress, Prague 114. Bucharest: Apimondia Publishing House.
- Tan, A., 2010. Türkiye Gıda Ve Tarım Bitki Genetik Kaynaklarının Durumu. Gıda ve Tarım için Bitki Kaynaklarının Muhafazası ve Sürdürülebilir Kullanımına İlişkin Türkiye İkinci Ülke Raporu. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Menemen İzmir.
- Tan, Ş., 2000. Bal Arısı Polinasyonunun Ayçiçeğinde Önemi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No:98. TYUAP Ege-Marmara Dilimi 2000 Yılı Tarla Bitkileri Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri. 23-25 Mayıs 2000. Menemen-İZMİR. 269-296.
- Tansı, V., Kumova, U., Kızıl, S., 1999. Bazı Yem Bitkilerinin Arı Merası Olarak Kullanılma Olanakları ve Tohum Verim Kalitelerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 14(4):81-90.
- Tansı, V., Sağlamtimur, T., Kumova, U., Kızılsimşek, M., 1996. Çukurova Bölgesinde Yeni Bir Yembitkisi Olan *Phacelia tanacetifolia* Bentham'ın Arı Merası Olarak Kullanılma Olanakları. Teknik Arıcılık. 52:2-6.
- Taşkın, D., İnce, A., 2009. Burdur Yöresi Ballarının Polen Analiz. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(1):10-19.
- Taylor, L. P., Hepler, P. K., 1997. Pollen Germination And Tube Growth. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 48:461-491.
- Tezcan, H., 2009. Arılara Dost Fungisit Kullanımı. Uludağ Arıcılık Dergisi, 9 (1): 32-38.
- Thomas, C., 2014. Oilseed rape: evolution of a golden food. <http://www.miltoncontact-blog.com/2014/04/oilseed-rape-evolution-of-golden-food.html>. Erişim Tarihi: 15/03/2015
- Tirado, R., Simon, G., Johnston, P., 2013. A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk. Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, UK.

- Todd, F. E., Bishop, R. K. 1941. The role of pollen in the economy of the hive. Circ. U.S. Bur. Ent. No. E-536, 1-9.
- Todd, F. E., McGregor, S. E. 1960. The use of honey bees in the production of crops. Ann. Rev. Ent. 5, 265-278.
- Todd, F. E., Reed, C. B. 1970. Brood measurement as a valid index to the value of honey bees as pollinators. J. Econ. Ent. 63, 148-149.
- Todd, F. E., Vansell, G. D. 1942. Pollen grains in nectar and honey. J. Econ. Ent. 35, 728- 731.
- Trhlin, M., Rajchard, J. 2011. Chemical communication in the honeybee (*Apis mellifera* L.): A Review. Veterinarni Medicina 56:265-273.
- Tufts, W. P. 1919. Almond pollination. Uni. Calif. Bull. 306, 337-366.
- Tutkun, E., İnci, A. 1992. Bal Arısı Zararlıları ve Hastalıkları. Demircioğlu Matbaacılık, Ankara, s 156.
- Tüzün, A., Bilgili, G., 2013. Tarımsal Ekosistemde Arıların Önemi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 6 (2): 91-95.
- Uçar, H., Tansı, V., 1996. Çukurova Koşullarında Farklı Ekim Zamanı ve Sıra Aralığının Arıotunun (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) Tane Verimi ve Arı Merası Olarak Kullanılması Bakımından Etkileri. Türkiye 3. Çayır Mera ve Yem Bitkileri Kongresi. 17-19 Haziran 1996. Erzurum. 415-421.
- Uslu, M., 2014. Arıcılık ve Bal Raporu. Ünye Ticaret Borsası Yayınları. Ordu.
- Uzun, A., Terzioğlu, S., Uzun, S., 2011. Orman Ekosistemlerinde Biyoçeşitliliğin Korunması ve İzlenmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.
- Vanbergen, A. J., Heard, M. S., Breeze, T., Potts, S., Hanley, N., 2014. Status and Value of Pollinators and Pollination Services. A Report to The Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra)
- Vaughan, M., Hopwood, J., Lee, E., Shepherd, M., Kremen, C., Scott, A., Black, H., 2015. Farming for Bees Guidelines for Providing Native Bee Habitat on Farms. The Xerces Society for Invertebrate Conservation.
- Venturini, E. M., Drummond, F. A., Hoshide, A. K., Stack, L. B., Dibble, A., 2015. Enhancing Wild Bees for Crop Pollination: Sowing Bee Pasture for New England's Wild Lowbush Blueberry. The University of Maine Coopertaive Extension.

- Von Frisch, K., 1967. The Dance Language and Orientation of Bees. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 566pp.
- Way, R. D., 1995. Pollination and Fruit Set of Fruit Crops. Cornell Cooperative Extension's Production Guide for Tree Fruit.
- Weaver, N. 1956. The foraging behaviour of honeybees on hairy vetch. I. Foraging methods and learning to forage. Insectes Soc. 3, 537-549.
- Weaver, N. 1957. Pollination of white clover. Prog. Rep. Tex. Agric. Exp. Stn. 1926.
- Weaver, N. 1957. The foraging behaviour of honeybees on hairy vetch. II. The foraging area and foraging speed. Insectes Soc. 4, 43-57.
- Webster, C. C., Wilson, P. M. 1966. Agriculture in the Tropics. London: Longmans.
- Williams, I. H., Christian, D. G., 1991. Observations on *Phacelia tanacetifolia* Benth (Hydrophyllaceae) as a Food Plant for Honey Bees and Bombus Bees. Journal of Apicultural Research. 30(1):3-12.
- Williams, I. H., Corbet, S. A., Osborne, J. L. 1991. Beekeeping, wild bees and pollination in the European community. Bee Wld. 72, 170-180.
- Williams, R. D., Evans, G. 1935. The efficiency of spatial isolation in maintaining the purity of red clover. Welsh J. Agric. 11, 164-171.
- Winston, M. (1987). The Biology of the Honey Bee. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Winston, M. L., Scott, C. D. 1984. The value of bee pollination to Canadian apiculture. Canadian Beekeeper 11, 134.
- Woodcock, T. S., 2012. Pollination in the Agricultural Landscape Best Management Practices for Crop Pollination. Canadian Pollination Initiative (Nserc-Canpolin) University of Guelph.
- Wykes, G. R. 1952. An investigation of the sugars present in the nectar of flowers of various species. New Phytol. 51, 210-215.
- Wykes, G. R. 1953. The sugar content of nectars. Biochem. J. 53, 294-296.
- Yakovlev, A. S. 1959. Pollination of orchards by bees increases the productivity of the work of horticulturalists. Pchelovodstvo, Mosk. 36, 22-25.

- Yavuksuz, Ç., 2006. Ayçiçeği (*Helianthus annuus*) Üretim Alanlarında Tozlayıcı Olarak Bal Arısı (*Apis mellifera*) ve Bombus Arısı (*Bombus terrestris*) Kullanımının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş.
- Yıldız, A., Korkmaz, A., 1999. Kaysı (*Prunus armeniaca* L.) 'da Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Polinasyonunun Önemi. Derim. 16(2):59-65.
- Zandigiacomo, P., Greatti, M., Barbattini, R., 1992. Insect Pollinators of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth) in the Friuli Region. Apicoltura. 8:81-97.
- Zhang, X., Sawhney, V. K., Davis, A., 2014. Annular floral nectary with oil-producing trichomes in *Salvia farinacea* (Lamiaceae): Anatomy, histochemistry, ultrastructure, and significance. Am. J. Bot. 101(11):1849-1867.

Latince Terimler

<i>Actinidia deliciosa</i>	Kivi
<i>Allium fistulosum</i>	Soğan türü
<i>Allium odorum</i>	Frenk soğanı
<i>Apis cerana</i>	Asya bal arısı
<i>Apis dorsata</i>	Dev bal arısı
<i>Apis florea</i>	Küçük bal arısı
<i>Apis mellifera</i>	Bal arısı
<i>Bombus lucorum</i>	Açık renkli toprak bombusu
<i>Bombus pascuorum</i>	Kahverenkli bantlı bombus
<i>Bombus sylvarum</i>	Orman bombusu
<i>Bombus terrestris</i>	Koyu renkli toprak bombusu
<i>Borage officinalis</i>	Hodan
<i>Brassica alba</i>	Beyaz hardal
<i>Brassica juncea</i>	Hint hardalı
<i>Brassica napus</i>	Kolza
<i>Brassica oleracea</i>	Karnabahar
<i>Brassica napis</i>	Tarla hardalı
<i>Camellia sinensis</i>	Çay
<i>Cannabis sativus</i>	Hint keneviri
<i>Centaurea cyanus</i>	Mavi kantaron
<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Dalmaçya papatyası
<i>Cinara pichtae</i>	Kökner yaprak biti
<i>Cotoneaster horizontalis</i>	Yayılcı dağ muşmulası
<i>Cucumis melo</i>	Kavun
<i>Cucurbita pepo</i>	Kabak
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	Büyük küre devedikeni
<i>Elaeis guineensis</i>	Tropik palmiye ağacı
<i>Epilobium angustifolium</i>	Yakı otu
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Karabuğday
<i>Fragaria vesca</i>	Çilek (diploit)
<i>FragariaXAnanassa</i>	Bahçe çileği
<i>Helianthus annuus</i>	Ayçiçeği
<i>Jaltomata umbellata</i>	Kırmızı nektarlı çiçek
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanta
<i>Lotus corniculatus</i>	Gazelboynuzu
<i>Malus domestica</i>	Elma
<i>Marchalina hellenica</i>	Çam pamuklu biti
<i>Medicago sativa</i>	Yonca
<i>Musa spp.</i>	Muz
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	İğnesiz arı türü

Bitkilerde Bal Arısı Polinasyonu

<i>Nepeta mussinii</i>	Mavi çiçekli arıotu
<i>Onobrychis sativa</i>	Korunga
<i>Osmia avosetta</i>	Taç yaprak yuvalı duvarcı arı
<i>Osmia bicornis</i>	Kırmızı duvarcı arısı
<i>Osmia caerulea</i>	Mavi duvarcı arısı
<i>Osmia cornifrons</i>	Boynuzcuklu duvarcı arısı
<i>Osmia cornuta</i>	Boynuzlu duvarcı arısı
<i>Osmia lignaria</i>	Mavi bahçe duvarcı arısı
<i>Papaver rhoeas</i>	Gelincik
<i>Parthenium argentatum</i>	Guayule çalısı
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Arıotu
<i>Prunus amygdalus</i>	Badem
<i>Prunus armeniaca</i>	Kayısı
<i>Prunus avium</i>	Kiraz
<i>Prunus domestica</i>	Erik
<i>Punica granatum</i>	Nar
<i>Pyrus communis</i>	Armut
<i>Pyrus malus</i>	Elma
<i>Raphanus sativus</i>	Turp
<i>Reseda lutea</i>	Yabani muhabbet çiçeği
<i>Ricinus communis</i>	Hintyağı bitkisi
<i>Rubus fruticosus</i>	Böğürtlen
<i>Rubus idaeus</i>	Ahududu
<i>Salvia farinacea</i>	Kırçillı adaçayı
<i>Taraxacum officinale</i>	Karahindiba
<i>Tetragonisca angustula</i>	İğnesiz arı türü
<i>Theobroma cacao</i>	Kakao
<i>Trifolium hybridum</i>	Melez üçgül
<i>Trifolium pratense</i>	Çayır üçgülü
<i>Trifolium repens</i>	Kırmızı üçgül
<i>Tropaeolum majus</i>	Salata teresi
<i>Vaccinium angustifolium</i>	Yaban mersini
<i>Viburnum sambucinum</i>	Kartopu çiçeği
<i>Vicia faba</i>	Bakla
<i>Vicia villosa</i>	Tüylü fiğ

Teşekkür

Bu kitabın hazırlanması aşamasında yazılı kaynaklar yanında internet kaynaklarından da yoğun olarak yararlanılmıştır. Bu nedenle kullanmış olduğum ve kaynakta gösteremediğim resim ve bilgilerden dolayı tüm web sayfası sahiplerine teşekkür ederim.

ARI ZEHİRİ ÜRETİMİ ve APİTERAPİ



Dr. Ali KORKMAZ & Volkan KORKMAZ

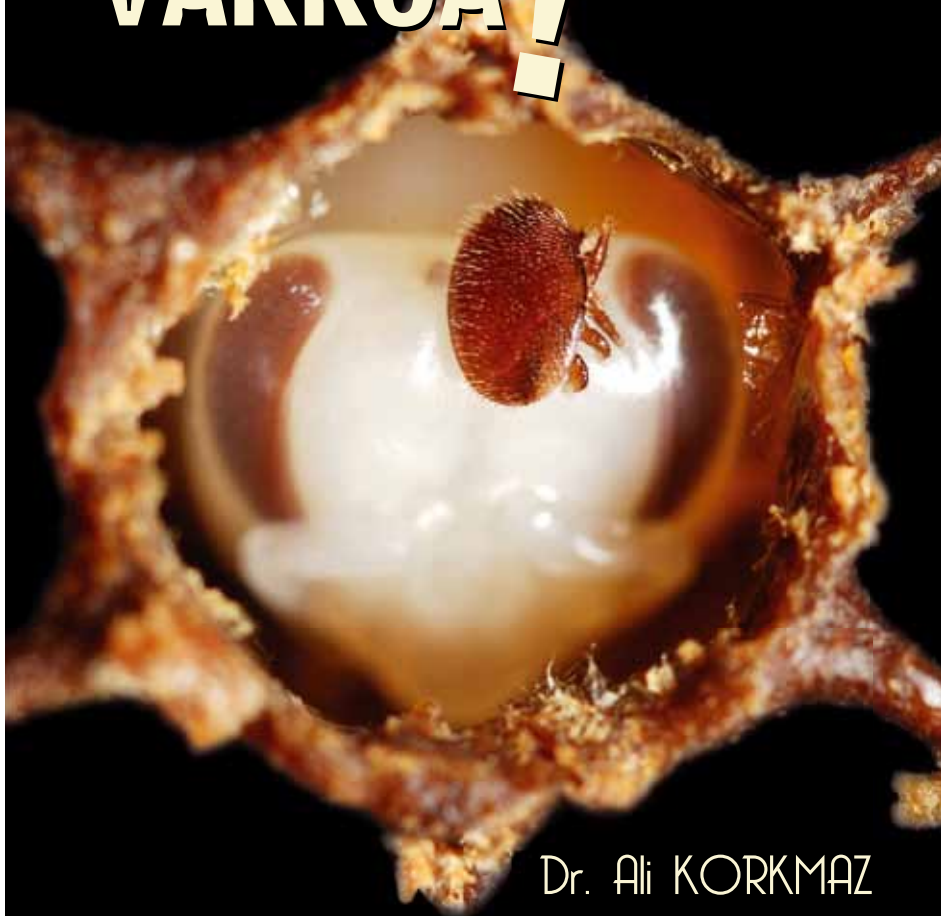
Dr. Ali KORKMAZ

**ÜLKEMİZ ARICILIĞI İÇİN
YAKLAŞAN TEHLİKE**

Küçük Kovan Böceği
(*Aethina tumida* Murray)



KAHROLSUN VARROA!



Dr. Ali KORKMAZ

PAKET ARICILIK

Dr. Ali KORKMAZ
Doç. Dr. Halil YENİNAR



Anlaşılabilir Arıcılık



Dr. Ali KORKMAZ

ARI SÜTÜ ÜRETİMİ

Dr. Ali KORKMAZ
&
Doç. Dr. Ethem AKYOL

