

Meyve Üretiminde Soliter Arıların Önemi

Yasemin GÜLER *¹

¹Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara

*yaseminguler@gmail.com (Sorumlu Yazar)

Özet

Arılar (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes), tarımsal ekosistemlerin en temel bitki tozlaştırıcılarıdır ve pek çok tarımsal üründen alınan verimin artırılması noktasında anahtar rol oynarlar. Modern meyve yetiştiriciliğinin en önemli amacı kaliteli ve yüksek kantitede ürün elde etmektir. Yabancı tozlanan bitkilerin hemen hemen hepsinde, kendine tozlanan bitkilerin ise pek çoğunda arıların yapmış olduğu tozlaşma, verim artışına neden olurken, ürünün kalitesini de artırmaktadır. Tozlaşmanın hiç olmaması kadar yetersiz olması da ürün kalitesini etkilemektedir.

Palaeartik coğrafyada, Türkiye arı faunası zenginliğine yakın başka bir ülke bulunmamaktadır. Dünya üzerinde bilinen arı türlerinin neredeyse %10'u Türkiye'de yayılış göstermektedir. Bilinenin aksine bu arı türlerinin %95'i soliterdir, yani bireysel yaşarlar, koloni oluşturmazlar.

Uygulamada bal arısı, meyve ağaçlarının ana tozlaştırıcısı olarak ele alınmakla birlikte, Türkiye'de bugüne kadar ılıman iklim meyve ağaçlarının çiçeklerini ziyaret eden ve büyük bir kısmı soliter olan 151 arı türü tespit edilmiştir. Meyve bahçelerinde diğer arı türlerinin polinasyon etkinliğinden faydalanmak, bal arısının etkinliğine ilave bir destek sağlamaktadır. Özellikle birbirine uyumlu çeşitler arasında faaliyet gösteren, daha az sayıda bireyle temsil edilmesine rağmen daha fazla çiçek ziyaret eden, günün daha erken saatlerinde uçuş aktivitesine başlayıp geç saatlere kadar devam ettiren soliter arı türlerinin varlığı, verimi arttırmada kilit rol oynamaktadır. Soliterleri meyvecilikte önemli kulan bir diğer husus, badem ve kiraz gibi erken ilkbaharda çiçeklenen meyve çeşitlerinin tozlaşmasında özellikle bal arısının tozlaştırıcı aktivitesinin sınırlandığı olumsuz hava koşullarında dahi aktivitelerini sürdürebilen türleri barındırmasıdır.

Anahtar kelimeler: Apoidea, polinatör, ılıman iklim meyveleri, *Osmia*

The Importance of Solitary Bees in Fruit Production

Abstract

Bees (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) are the most basic plant pollinators of agro-ecosystems and play a key role in increasing the yield of many crops. The most important aim of modern fruit growing is to obtain high quality and high quantity products. Pollination by bees in almost all of the cross pollinated plants and in most of the self-pollinated plants causes both an increase in yield and increases the quality of the crop. Insufficient pollination at all also affects crop quality.

In the Palaeartic geography, there is no other country close to the richness of Türkiye's bee fauna. Almost 10% of the known bee species in the world are distributed in Türkiye. Contrary to popular belief, 95% of these bee species are solitary, that is, they live individually and do not form colonies.

Although the honey bee is considered as the main pollinator of fruit trees in practice, 151 bee species, most of which are solitary, have been identified that visit the flowers of temperate fruit trees in Türkiye. Taking advantage of the pollination efficiency of other bee species in orchards provides an additional support to the efficiency of the honey bee. The presence of solitary bee species, which are especially active among compatible varieties, visit more flowers despite being represented by fewer individuals, start flight activity earlier in the day and continue until late hours, plays a key role in increasing yield. Another point that makes solitaires important in fruit growing is that they contain species that can continue their activities even in adverse weather conditions, especially in the pollination of fruit varieties that bloom in early spring, such as almonds and cherries.

Keywords: Apoidea, pollinator, temperate fruits, *Osmia*

1. Tozlaştırıcı Arı Çeşitliliği ve Soliter Arılar

Tozlaşma, çiçekli bitkilerin üremesi ve devamlılığı için gerekli olan temel bir ekosistem servsidir. Bu servisin en önemli bileşeni tozlaştırıcılar (polinatörler)'dir. Geniş çapta üretilip tüketilen 115 gıda ürününden 87'si tozlaştırıcılara bağımlıdır. Hymenoptera takımı içerisinde dünya çapında 20.000'den fazla türü içermesi ve bazı türlerinin yüzlerce hatta binlerce bireye sahip koloni oluşturması nedeniyle arılar, doğada en bol bulunan ve en zengin tür çeşitliliğine sahip tozlaştırıcılar olarak gösterilirler (Neff ve Simpson, 1993; Klein vd., 2007; Michener, 2007; Potts vd., 2016; Ascher ve Pickering, 2020). Bilinen tür sayısının neredeyse % 10'u Türkiye'de bulunmaktadır. Yüksek tür çeşitliliğinin yanı sıra endemizm oranları da yüksektir (Dikmen, 2018). Bu çeşitliliği, gerek ülkemize komşu ülkeler gerekse zengin bir biyolojik çeşitliliğe

sahip Akdeniz havzasının diğer ülkeleri ile karşılaştırdığımızda (Ascher ve Pickering, 2020), Palaeartik coğrafyada Türkiye arı faunası zenginliğine yakın başka bir ülke bulunmamaktadır (Çizelge 1).

Genel kanının tersine, koloni halindeki sosyal yaşam arı grupları arasında çok yaygın değildir. Arıların %95'i soliterdir, yani bireysel yaşarlar, koloni oluşturmazlar. Bu nedenle çeşitli kaslardan oluşan sosyal yaşam söz konusu değildir. Bu tipteki arıların %70'inin dişileri toprakta, geri kalanı odun, kuru ot sapları, duvar çatlakları, boş salyangoz kabukları gibi doğal oyukların içinde oluşturdukları tünellerde, hücre adı verilen odacıklar yaparak yuvalanırlar. Yumurtadan çıkan larvalarının büyümesini sağlayacak kadar besin depoladıkları her bir hücreye bir yumurta bırakılır. Yuvanın ağızını farklı materyallerle kapatıp gizledikten sonra yuvayı terk ederler. Yuvada gelişim sürecini tamamlayan larva-

Çizelge 1. Türkiye ve diğer bazı ülkelerinin bilinen arı çeşitliliği
Table 1. Known bee diversity of Türkiye and some other countries

| Ülke | Arı Tür Sayısı |
|-------------|----------------|
| Türkiye | 1750 |
| Çin | 1300 |
| Rusya | 1191 |
| Yunanistan | 1171 |
| Bulgaristan | 716 |
| İran | 953 |
| İspanya | 1125 |
| İtalya | 1171 |

lar, ergin hale gelerek yuvadan çıkış yaparlar ve çiftleşerek yeni yuvalar oluşturmaya başlarlar. Bu tür yuvalarda dişi arı, devamlı polen toplayıp yavrunun besinine takviye yapmaz. Yani bu türlerde yavru bakımı yoktur. O nedenle bunlara "Soliter Arı" denir.

2. Meyvecilikte Soliter Arıların Önemi

Küresel ölçekte tarımsal üretimin %60'ını kök bitkileri ve tahıllar gibi tozlaşmaya doğrudan bağımlı olmayan ürünler oluşturmakla birlikte (Potts vd., 2016), besin değeri daha yüksek diğer gıda ürünlerinin yaklaşık %90'ı (meyve, sebze, fındık, baharat, yağlı tohumlar, kahve, çay, kakao vs.) az veya çok tozlaştırıcılara bağımlıdır (Klein vd., 2007). Bu gıda ürünlerinden yaklaşık %30'u tozlaştırıcı eksikliğinde %40-90 arasında ürün kaybına uğrayabilmektedir (Potts vd., 2016). Tozlaşmanın hiç olmaması kadar yetersiz olması da ürün kalitesini etkilemekte, pazar değerinde kayıplara neden olmaktadır. Dengeli beslenmenin temel koşullarından biri, meyveler gibi yüksek besin değerleri nedeniyle tozlaştırıcılara bağımlı ürünlerin tüketilmesidir (Willett vd., 2019; Springmann vd., 2018). Bu nedenle de tozlaştırıcıların tarım ekosisteminde varlığını sürdürmesi, sağlıklı nesiller için önem arz etmektedir.

Temel tozlaştırıcı bal arısı olmakla birlikte, bu tür her tarımsal üründe yeterli seviyede polinasyon faaliyetinde bulunamamaktadır. Bu bağlamda ekosistemin sigortası olarak devreye soliter arılar girmektedir. Soliter arıları, zaman zaman bal arılarından daha etkili polinatör yapan özellikleri şöyle özetlenebilir:

- 1) Bal arılarının büyük bir koloni oluşturmasından önceki dönemde aktivite göstermeye başlarlar,
- 2) Bal arılarının aktivite gösteremediği soğuk havalarda uçarlar ve daha erken saatlerde başladıkları çalışmayı daha geç saatlere kadar sürdürürler,
- 3) Bal arılarından daha hızlı uçtukları ve daha hızlı hareket ettikleri için daha fazla çiçeği tozlaştırabilirler,
- 4) Bal arılarının tersine erkek bireyler de tozlaşmada etkindir,
- 5) Genellikle saldırgan değildirler ve bu nedenle de

bal arıları ile birlikte aynı ortamda bulunabilirler,

6) Özellikle birbirine uyumlu çeşitler arasında faaliyet gösterirler (Bosch ve Kemp, 2000; Greer, 1999; Huang, 2003).

Yabancı tozlaşma ile verim artışı sağlayan tüm meyve türlerinin ana polinatörü arılardır. İster badem, kiraz, elma ve armut gibi pekçok çeşidi kendine kısır, ister şeftali, nektarin, erik gibi kendine

verimli olsun hemen hemen tüm meyve türlerinde yabancı tozlaşmanın kalite ve kantiteye katkı sağladığı bilinmektedir (Klein vd., 2007). Ancak bu etkinin oranları farklılık göstermektedir (Çizelge 2). Çizelge 2'den de görüleceği gibi, bal arısı ve bombus gibi sosyal arıların yanında soliter arılar da önemli polinatörler arasında yer almaktadır. Örneğin *Osmia* türleri, çok erken dönemde çiçeklenen meyve çeşitlerinin (badem, erik, kiraz vb.) tozlaşmasında özellikle bal arısının tozlayıcı aktivitesinin sınırlandığı 12°C'nin altındaki soğuk ve yağışlı hava koşullarında dahi aktivitelerini sürdürebildikleri için önemlidir. Ayrıca, yüzlerce bal arısı işçisi yerine *Osmia* türlerinden sadece birkaç dişi birey, tek bir çiçekli meyve ağacının tozlaşması için yeterli gelmektedir (Krunic ve Stanisavljevic, 2006). Bir hektar elma veya armut bahçesi için iki veya dört güçlü bal arısı kolonisine ihtiyaç duyulurken (Free, 1993), *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae)'nın 355-500 (Vicens ve Bosch, 2000), *O. cornifrons*'un 500-600 (Maeta 1990) veya *O. lignaria*'nın 600-1800 dişisinin varlığı (Rieckenberg, 1994) tozlaşma için yeterli olabilmektedir. *O. cornifrons*, Delicious elma çeşidinin polinatörü olarak bal arısına göre 80 kat daha etkili bulunmuştur (Maeta ve Kitamura, 1981). Bosch ve Kemp (2000), bal arısı kullanıldığı yıllarda en fazla 5545kg ürün elde ettikleri kiraz bahçesinde *O. lignaria* türünün kullanımı sonucunda yaklaşık 2.68 kat artış sağlanarak 14875kg kiraz toplandığını ifade etmişlerdir. Huang (2003), bir kiraz bahçesinde bal arısı kullanıldığında verimin 4.6 tona, *O. lignaria* kullanıldığında ise yaklaşık 14 tona ulaştığını ifade etmektedir. Torchio (1990) badem, elma, kiraz, armut ve erik gibi pek çok meyve ağacının tozlayıcısı olan *O. lignaria* türüne ait altıyüz ile dokuzyüz arası bireyin bir hektarlık elma bahçesinde, 15000-30000 bal arısının yapacağı tozlaşmayı gerçekleştirebildiğini tespit etmiştir.

Türkiye'de tarımsal üretimi yapılan 60'ın üzerinde bitki türü bulunmasına ve pek çok meyve türünün üretiminde dünya sıralamasında yer almamıza rağmen, meyve-polinatör ilişkisini ele alan sınırlı sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Çoğu faunistik nitelikte olan bu çalışmaların neticesinde, Türkiye'de bugüne kadar ılıman iklim meyve ağaçlarının çiçeklerini ziyaret eden ve büyük bir kısmı



Şekil 1. Bazı soliter arı yapay yuva örnekleri ve su desteği
Figure 1. Some examples of solitary bee artificial nests and water support

soliter olan 151 arı türü tespit edilmiştir (Özbek 1978, 1997, 2008; Güler vd., 2015). Bu aslında ülkenin arı çeşitliliği dikkate alındığında oldukça düşük bir rakamdır ve meyve bahçelerinde daha fazla çalışmanın yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Nitekim Sultandağı havzasında sadece üç kiraz bahçesinde yürütülen bir çalışma sonucunda toplam 83 arı türü teşhis edilmiştir (Güler vd., 2015). Güler vd. (2015) ayrıca, bahçe içinde ve çevresindeki vejetasyon çeşitliliğinin beraberinde arı çeşitliliğini getirdiğini, yabancı ot mücadele ve toprak işleme şeklinin arı çeşitliliği üzerinde önemli etki oluşturan faktörler olduğunu işaret etmişlerdir. Çünkü arıların %70'i toprak altında yuvalan-

makta ve zemindeki bitki örtüsü alternatif besin kaynağı olarak işlev görmektedir.

Ülkemizde çok sınırlı sayıda çalışma arı-bitki ilişkisini doğrudan ele almıştır. Güler ve Dikmen (2013), kirazın tam çiçeklenme döneminde aktif 37 arı türünün olduğu, bu türlerden 13'ünün 12°C'nin altındaki hava koşullarında da uçuş aktivitesini sürdürdüğünü belirlemişlerdir. Hatta 12°C'nin altında ve hafif yağmurlu günlerde dahi aktif olan beş türün var olduğu kaydetmişlerdir. Kiraz bahçelerinde soliter arıların yuvalanma biyolojisine yönelik yürütülen çalışmalarda; erken ilkbahar türlerinden olan iki Duvarcı arı türünün [*Osmia bicornis* Linnaeus, 1798) ve *O. caerulea* (Linnaeus, 1798)] yapay yuvalardaki yuvalanma

başarısı %11-24 arasında olduğu belirlenmiştir (Güler, 2012). Yapay yuva içlerinde bulunan polenler analizi sonucunda, her iki arı türünün de kirazın tozlaştırıcısı olduğu, ancak Kırmızı duvarcı arısının (*O. bicornis*) diğerinden daha etkili bir polinatör olduğu saptanmıştır (Güler ve Özkök, 2016). Ankara ve Çankırı meyve bahçelerinde yürütülen bir çalışmada, *O. bicornis*'in yuvalanma başarısının %6-48 arasında değiştiği, ergin çıkışı oranının %36-95 aralığında olduğu ve eşey oranlarının çeşitlilik gösterdiği belirlenmiştir (Güler, 2020).

3. Tarımsal Ekosistemde Arı Çeşitliliğinin Korunması İçin Öneri

Çizelge 2. Bazı meyve türlerinin tozlaştırıcılara ihtiyaç duyma yüzdeleri (Klein vd., 2007'den özetlenmiştir)
Table 2. Percentage of some fruit species needing pollinators (summarized from Klein vd., 2007)

| Ürün adı | Tozlaştırıcılar | Tozlaştırıcıya ihtiyaç durumu (%) |
|----------|---|-----------------------------------|
| Avokado | Bal arısı, iğnesiz arılar, soliter arılar | 40-90 |
| Badem | Bal arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Çilek | Bal arısı, bombus arısı, iğnesiz arılar, soliter arılar | 10-40 |
| Elma | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Erik | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Kayısı | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Kiraz | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Kivi | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 90 ve üzeri |
| Şeftali | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Vişne | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Armut | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Kuşburnu | Bal arısı, bombus arısı, soliter arılar | 40-90 |
| Kestane | Bal arısı, soliter arılar | 10-40 |

“Alternatif Tozlaştırıcılar ile Tarım (ATT)”, tarlanın ve/veya bahçenin %75’ini ana ürüne, %25’i ise pazar değeri olan diğer ürünlere ayırma prensibine dayanarak, habitat çeşitliliği sağlayan bir yaklaşımdır (Christmann ve Aw-Hassan, 2012; Christmann, 2019; Christmann vd., 2021). ATT sadece habitat çeşitliliğini değil, soliterleri tarımsal alanlara çeken iki temel ihtiyacı da kapsamaktadır: yuva desteği ve su desteği (Şekil 1). Basit düzenekler ile arılar için su desteğinin sağlanması, toprak üstündeki alanlara yuvalanan soliter türler için düşük maliyetli arı otelleri- yuvalanma alanları oluşturulması, bu yaklaşımın başarısını artırıcı unsurlardır. ATT yaklaşımının uygulandığı alanlarda tozlaştırıcı çeşitliliğinde artış olduğu, bunun da ekonomik gelir artışı olarak çiftçiye pozitif yansıdığı çalışmalarda gösterilmiştir (Christmann ve Aw-Hassan, 2012; Christmann vd., 2017; Christmann vd., 2021; Sentil vd., 2021; Sentil vd., 2022). Bu bağlamda ATT, hem tarımsal ekosistemde arı çeşitliliğini korumak için bir çözüm önerisi sunmakta hem de çiftçi gelirini artırıcı bir katkı sağladığı için sürdürülebilir bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. Sonuç

ABD, Kanada, Japonya ve Avrupa’da ticari olarak üretimi yapıp, meyve bahçelerinde kullanılan soliter arı türlerinin, ülkemiz faunasında doğal yayılış göstermesi meyvecilikte önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu bağlamda, özellikle tarımsal üretimde rol oynayan tozlaştırıcı türlerin belirlenmesi ve korunması ile ilgili gerekli stratejilerin ortaya konularak, sürdürülebilir kullanımlarının sağlanması, ülkemizi tarımsal üretimde çok daha iyi bir konuma getirecektir.

Kaynaklar

Ascher JS, Pickering J, 2020. Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). Available online: www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species

Bosch J, Kemp WP, 2000. Development and emergence of the orchard pollinator *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology* 29(1), 8-13.

Christmann S, Aw-Hassan A, 2012. Farming with Alternative Pollinators (FAP) – an overlooked win-win-strategy for climate change adaptation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 161, 161-164. doi: 10.1016/j.agee.2012.07.030

Christmann S, Aw-Hassan A, Rajabov T, Khamraev AS, Tsivelikas A, 2017. Farming with Alternative Pollinators increases yields and incomes of cucumber and sour cherry. *Agronomy for Sustainable Development* 37, article 24. doi:10.1007/s13593-017-0433-y

Christmann S, 2019. Under which conditions would

a wide support be likely for a multilateral environmental agreement for pollinator protection? *Environ. Sci. Policy* 91(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.10.004>

Christmann S, Bencharki Y, Anougmar S, Rasmont P, Smaili MC, 2021. Farming with alternative pollinators benefits pollinators, natural enemies, and yields, and offers transformative change to agriculture. *Sci. Rep.* 11:18206. doi: 10.1038/s41598-021-97695-5

Dikmen F, 2018. Two Model Genera to Demonstrate the Pollinator Bee Diversity of Turkey: *Evylaeus* Robertson and *Halictus* Latreille (Halictidae: Hymenoptera). *Mellifera* 18(2), 27-32.

Greer L, 1999. Alternative Pollinators: Native Bees. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas*, August, 1- 10.

Güler Y, 2012. Sultandağı (Afyonkarahisar) kiraz bahçelerinde *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae) türlerine yönelik yürütülen yapay yuva çalışmaları. *Bitki Koruma Bülteni* 52(4), 336-325.

Güler Y, 2020. The status of the red mason bee in the orchards of Ankara and Çankırı Provinces, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 44 (2), 249-258.

Güler Y, Dikmen F, 2013. Potential bee pollinators of sweet cherry in inclement weather conditions. *Journal of the Entomological Research Society* 15 (3), 9-19.

Güler Y, Dikmen F, Özdem A, 2015. Evaluation of bee diversity within different sweet cherry orchards in Sultandağı Reservoir (Turkey). *Journal of Apicultural Science* 0017, 1-13.

Güler Y, Özkök A, 2016. Encountered pollen in nests two *Osmia* species (Hym.: Megachilidae) from sweet cherry orchards in Sultandağı town (Afyonkarahisar, Turkey). *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry* 44 (1), 15-19.

Huang Z, 2003. The Other Bees: Alternative Pollinators for Tree and Small Fruits. *Fruit Crop Advisory Team Alert*, Michigan State University, Vol.18, No.6.

Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T, 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274, 303-313.

Maeta Y, 1990. Utilization of wild bees. *Farming Japan* 24:13-19.

Maeta Y, Kitamura T, 1981. Pollinating efficiency of *Osmia cornifrons* Radoszkowski in relation to required number of nesting bees for economic fruit production. *Honey-bee Sci.* 2(2): 65- 72.

Michener CD, 2007. *Bees of the World*. Johns Hopkins University Press, 953 pp.

Neff JL, Simpson BB, 1993. *Hymenoptera and Biodi-*

versity, eds LaSalle J. Gauld ID (CAB International, Wallingford, UK), 143-167.

Özbek H, 1978. Doğu Anadolunun bazı yörelerinde elma ağaçlarında tozlaşma yapan arılar (Hymenoptera: Apoidea) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 9 (4), 73.

Özbek H, 1997. Importance of bees in pollination of apple and bees (Apoidea) visiting apple flowers. In: Yılmaz MB, Burak M, Proc. Pome fruit symposium 1997 in Yalova, Contribution: 107-114, Atatürk Horticulture Research Institute, Yalova

Özbek H, 2008. Türkiye’de iliman iklim meyve türlerini ziyaret eden böcek türleri. Uludağ Arıcılık Dergisi 8(3), 92-103

Potts SG, Imperatriz-Fonseca V, Ngo HT, Aizen MA, Biesmeijer JC, Breeze TD, Dicks LV, Garibaldi LA, Hill R, Settele J, Vanbergen AJ, 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. Nature 540 (7632), 220-229.

Rieckenberg R, 1994. The busiest of bees. Buzz Words, Cornell Cooperative Extension, Feb. 25., 1-4, New York, U.S.A.

Sentil A, Lhomme P, Michez D, Reverté S, Rasmont P, Christmann S, 2021. “Farming with alternative pollinators” approach increases pollinator abundance and diversity in faba bean fields. Journal of Insect Conservation 26: 401-414. <https://doi.org/10.1007/s1084-021-003>

Sentil A, Wood T J, Lhomme P, Hamroul L, El Abdouni I, Ihsane O, Benchariki Y, Rasmont P, Christmann S, Michez D, 2022. Impact of the “farming with alternative pollinators” approach on crop pollinator pollen diet. Frontiers in Ecology and Evolution, 10, 824474. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.824474>

Springmann M, Clark M, Mason-D’Croz D, Wiebe K, Bodirsky BL vd., 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. Nature 562: 519-525.

Vicens N, Bosch J, 2000. Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). Environmental Entomology 29(3), 413-420.

Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T vd., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet 393(10170), 447-492.