

## Bitki Biyolojisinin Felsefe Eğitime Katkıları †

### [The Benefits of Plant Biology for Philosophy Education]

Özlem YILMAZ SILVERMAN 

Michigan State University

Received: 12.02.2024 / Accepted: 31.05.2024

DOI: [10.51404/metazihin.1435463](https://doi.org/10.51404/metazihin.1435463)

Research Article

**Abstract:** Philosophers usually tend to think of animals when they think about life; plants often only appear in their works on the margins, in the background. They are rarely in the centre. However, plants are vital parts of ecosystems, and plant life involves unique processes, including remarkable modes of interaction between plants and their environments. Plant biology should have a significant place in philosophy of biology curriculum so that students can learn about complexity and dynamicity of organisms and organism-environment interactions, diversity in nature, and, in general, the processes of life in a richer, broader, better way. Furthermore, giving serious attention to plants provides novel and interesting perspectives on many topics in philosophy of biology, including individuality, organisation and disease. To support this assertion, this paper briefly describes three topics related to plant-environment interaction and explains some of their philosophical implications. These topics are growth, plant hormones and plant-plant microbiota interactions, all of which present crucial aspects related to some prevalent topics in philosophy of biology such as individuality, systems thinking, and holobiont.

**Keywords:** plant biology, hormones, individuality, systems thinking, holobiont, organism, philosophy of biology.

**Öz:** Filozoflar yaşamla ilgili düşündüklerinde, bunu genellikle hayvanlar üzerinden yapmaya meyillidirler; bitkiler, çalışmalarında çoğunlukla arka plandadır, nadiren çalışmaların merkezinde oldukları görülür. Oysaki bitkiler, ekosistemlerin hayati

† Bu makale, yazarın daha önce İngilizce olarak yayınlanmış şu kitap bölümünün Türkçeye çevirisinin genişletmesiyle hazırlanmıştır: Yılmaz, Ö. (2021). "More Plant Biology in Philosophy Education." Thomas J. J. McCloughlin (Der.), *The Nature of Science in Biology: A Resource for Educators* içinde. Dublin: Graphikon Teo.

**Author Info:** Özlem, YILMAZ SILVERMAN

Michigan State University, Department of Philosophy, East Lansing, Michigan, USA.

PhD in Philosophy, Ege University, Faculty of Letters, Department of Philosophy, 35040, Bornova-İzmir, Türkiye; PhD in Biology, Faculty of Science, Department of Biology, 35040, Bornova-İzmir, Türkiye.

E-mail: [ozlemyilmazsilverman@gmail.com](mailto:ozlemyilmazsilverman@gmail.com); E-mail: [yilmazs2@msu.edu](mailto:yilmazs2@msu.edu)

**To Cite This Paper:** Yılmaz Silverman, Ö. (2024). "Bitki Biyolojisinin Felsefe Eğitime Katkıları." *MetaZihin*, 7(1): 25-41.

derecede önemli parçalarıdır ve bitki yaşamı, bitki ve çevresi arasındaki etkileşimin çok ilginç halleri de dahil olmak üzere eşsiz süreçler içerir. Bitki biyolojisi, biyoloji felsefesi derslerinde önemli bir yere sahip olmalıdır. Ancak böylece öğrenciler, organizmaların ve organizma-çevre etkileşimlerinin kompleksite ve dinamikliğini, doğadaki çeşitliliği ve genel olarak, yaşamın süreçlerini daha zengin, kapsamlı ve iyi bir şekilde öğrenebilirler. Bunların yanında, bitkilere yeterli ilginin gösterilmesi, biyoloji felsefesinde bireylik, organizasyon ve hastalık gibi birçok konuda yeni ve ilginç yaklaşımlar sağlayacaktır. Bu tezi desteklemek için, bitki-çevre etkileşimi ile ilgili üç konu örnek olarak ana hatlarıyla anlatılacak ve bu konuların felsefi yansımaları açıklanacaktır. Birbirleriyle ilişkili olan bu üç konu: Büyüme, bitki hormonları ve bitki-bitki mikrobiyom etkileşimleridir. Bu konular; bireylik, sistem düşüncesi ve holobiyont tartışmaları gibi biyoloji felsefesindeki temel konulara önemli yaklaşımlar sunar.

**Anahtar Kelimeler:** bitki biyolojisi, hormonlar, bireylik, sistemler düşüncesi, holobiyont, organizma, biyoloji felsefesi.

### 1. Giriş: Bitki-Çevre Etkileşimi<sup>1</sup>

Canlılar ve çevre ile ilgili felsefe konularının yer aldığı hem lisans hem lisansüstü düzeydeki felsefe derslerinde (örneğin: Biyoloji felsefesi, çevre felsefesi, felsefeye giriş, biyoetik, bilim felsefesi) bitki bilimine önemli ölçüde yer verilmesi birçok değerli kazanıma yol açacaktır. Bu makale felsefe eğitiminde bitki biyolojisinden örneklerin kullanılmasının faydalarına işaret etmeyi amaçlamaktadır. Konuya başlamadan önce bitkilerin organizma hallerini ve doğadaki yerini daha iyi açıklayabilmek için organizmalarla ilgili bazı temel konuları hatırlatmanın faydalı olacağını düşünüyorum. Organizmaların en önemli özelliklerinden biri çevreleriyle sürekli ve dinamik halde etkileşim halinde olmalarıdır.<sup>2</sup> Giriş bölümü başlığının bitki-çevre etkileşimi olarak seçilmiş olmasının nedeni makale boyunca vurgulanacak olan *etkileşim* kavramıdır.<sup>3</sup> Etkileşim tek yönlü belirlemeyi değil, aktif halde karşılıklı olarak birbirini etkileme halini anlatmaktadır. Bir organizma çevresini sürekli algılar ve buna uygun yanıtlar üretir diğer bir deyişle aktif olarak kendini ve çevresini değiştirir ve çevresiyle olan bu etkileşimi sayesinde varlığını sürdürür.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Her ne kadar çevirdikten sonra bazı kısımları genişletmiş olsam da örnek olarak verdiğim genel konuları ve başlıkları orijinal makalem ile hemen hemen aynı tuttum. Bkz: Yılmaz, 2021.

<sup>2</sup> Organizmaların temel özelliklerine önceki bir çalışmamda değinmiştim. Bkz: Yılmaz, 2022.

<sup>3</sup> Biyolojideki etkileşim kavramı ile ilgili ve özellikle organizmaların genotipi, fenotipi (genotipi dışındaki tüm özellikleri) ve çevresi arasındaki etkileşimle ilgili daha kapsamlı bir felsefi inceleme için lütfen doktora tezime bakınız: Yılmaz, 2020.

<sup>4</sup> Organizma-çevre etkileşimi için başvurulabilecek kaynaklardan bazıları: Lewontin, 2000; Dupré, 2012 ve Sultan, 2015. Doktora tezimde bu etkileşimin özelliklerini şöyle belirtmiştim: “(1) Dinamizm, (2) kompleksite ve (3) çevre-canlı arasında sınırların net olmayışı, çevre-canlı etkileşiminin temel özellikleridir.” (Yılmaz, 2020: 6).

Çevreyi algılama ve bunun üzerinden kendi içsel süreçlerini ve çevresini değiştirme halinin sürekliliğini ve dinamikliğini vurgulamak için basit bir örnek verecek olursak; A ve B bitkisinin, aynı türden ve tamamen aynı genotipe sahip olduğunu, bu bitki türü için ideal koşullar olan “d” çevresinde gelişmiş ve de aynı yaşta olan iki bitki olduğunu varsayalım. Yaşamlarının 22. gününde öğlen saatlerinde A bitkisi bu ortamdaki alınıp, ideal sıcaklıktan beş derece soğuk olan (ve diğer tüm özellikleri d ile aynı olan) “e” çevresinde dört saat tutulup sonra, B’nin halen içinde bulunduğu “d” ye geri getirilmiş olsun. Bu deneyim (yani A bitkisinin e’de dört saat yaşaması), A bitkisinin soğuk algılaması, bu algı nedeniyle kendi fizyolojisinde değişiklikler organize etmesine neden olacaktır. Kabaca ifade edecek olursak, soğuk etkisinin neden olduğu algı ve bununla birlikte bitkide tetiklenen süreçler, A bitkisinin bazı gen bölgelerinden daha fazla ya da bazılarında daha az üretimler yapmasına neden olabilir, bazı proteinleri daha fazla ya da daha az üretmesine neden olabilir, bazı aktivitelerini yavaşlatmasına ya da başka diğer aktivitelerini hızlandırmasına neden olabilir. Örneğimizi sade tutmak için, bu deneyimle A bitkisinin soğuğa karşı kendini bir nebze daha güçlü tutacak x proteinini ürettiğini varsayalım. Ertesi gün (23. gün) her iki bitki d’den alınıp, ideal sıcaklıktan on derece soğuk olan (ve diğer tüm özellikleri d ile aynı olan) “f” çevresine götürülecek olursa, 22. günün sabahına kadar tüm fizyolojik parametreleri aynı olan bu iki bitkinin 23. günde soğuktan çok başka şekilde etkilendikleri görülecektir. Bir gün önce soğukla zaten karşılaşmış olan A bitkisi büyük ihtimalle bu soğuktan daha az zarar görürken, soğukla ilk kez karşılaşan B bitkisinin yanıtları bambaşka olacaktır. Hatta sadece A bitkisini düşünecek olursak, 22. gün sabahındaki A ile 23. gündeki A başkadır (aynı bitkinin kendi yaşam sürecindeki farklı zamanlardaki halleri), dolayısıyla çevresiyle başka şekilde etkileşecektir.

Çevre-organizma etkileşimi nedeniyle her organizma (yukarıdaki örnekte de gösterildiği gibi) her an o anın öncesindeki tüm deneyimlerinin kendisinde oluşturduğu etkilerle birlikte çevresini algılar, bu algılar üzerinden kendisini ve çevresini etkiler, kendi içsel süreçlerini organize eder. Örneğimizdeki parametre abiyotik (canlı olmayan) bir çevre özelliği olduğu için etkileşim abiyotik-biyotik etkileşimdir.<sup>5</sup> Benzer bir örnek yeni çevrede başka bir organizma bulunması ve bu organizma ile etkileşim şeklinde de verilebilirdi. Böyle bir durumda biyotik-biyotik

<sup>5</sup> Böyle bir etkileşimde, etkileşim bitki (biyotik) yönünden biyolojik anlamda aktif olmasına rağmen çevresel parametre—yani soğuk—(abiyotik) açısından bu şekilde bir aktiflik söz konusu değildir. Soğuk, organizmaları ve diğer abiyotik parametreleri etkileyebilir (suyu dondurabilir vb.) ve onlardan etkilenebilir, ancak organizma olmadığı için bu etkilenmeler nedeniyle kendini ve çevresini organize halde, biyolojik-aktif halde değiştirmez. Burada biyolojik aktiflik ile kastedilen organizmanın kendi ihtiyaçları için çevresini ya da kendisini etkilemesi ya da değiştirmesidir (tabi ki bu, her bir organizmaya özgü etkileşme/etkileşebilme özellikleri evrimsel süreçlerle oluşmuştur).

etkileşimden söz edilecektir.<sup>6</sup> Dördüncü bölüm (bitki-bitki mikrobiyota etkileşimleri) bu konuya değinmektedir.

Bitki biyolojisinin felsefe eğitiminde kullanılmasının faydalarını anlatmak için kullanacağım üç örnek konuda da (“bitki büyüme ve gelişimi”, “bitki hormonları” ve “bitki-bitki mikrobiyotası etkileşimleri”) organizma-çevre etkileşimi son derece önemlidir. Bitkiler, çevreyi algılamalarına ve bu algılamaların da dahil olduğu sinyal yolları aracılığıyla içsel süreçlerini düzenlemelerine (yani fizyolojik aktivitelerini devam ettirerek—stabil tutarak—gelişimlerini ve çevrelerini kendi ihtiyaçları yönünde etkilemeleri) olanak sağlayan kompleks bir sinyal yolları ağına sahiptir. Bitkinin kompleks fizyolojisi ve çevresiyle etkileşimi dahil olmak üzere bitki yaşamıyla ilgili her konuyu inceleyen bitki biyolojisi; biyoloji felsefesi, bilim felsefesi ve genel felsefe eğitimi için oldukça ilginç ve önemli konular sağlayabilir. Aşağıdaki örnek konular, “bitki büyüme ve gelişimi”, “bitki hormonları” ve “bitki-bitki mikrobiyotası etkileşimleri” olarak ayrılırlar da aslında elbette iç içedirler; diğer bir deyişle, her bölüm aynı zamanda diğer ikisiyle de ilgilidir. Bu konular ve felsefi sonuçları bu çalışmada yalnızca genel olarak anlatılmış olsa da bu konulara ilişkin daha detaylı araştırmalar hem biyoloji felsefesi araştırmalarına hem de felsefe derslerine burada işaret edilenden çok daha fazla katkı sağlayabilir.<sup>7</sup> Üstelik bu üç konu, aslında son derece zengin bir alan olan ve felsefe eğitimine pek çok ilginç ve faydalı bakış açısı sağlama potansiyeli içeren bitki biyolojisinin konularından sadece birkaç tanesidir.<sup>8</sup>

## 2. Bitki büyüme ve gelişimi

Çeşitli bitki türlerinin (diğer organizmaların da) farklı farklı yaşam döngüleri olduğu için bunlara da bağlı olarak çok çeşitli bitki-çevre etkileşimleri vardır. Bitkiler, hayvanlar gibi hareket etmediğinden genellikle (ve yanlışlıkla) aktif olmadıkları,

<sup>6</sup> Burada organizma-çevre etkileşimi ile ilgili belirtmek istediğim önemli bir nokta, doğada her organizmanın her an çevresindeki diğer organizmalarla (kendisiyle aynı türde ve diğer birçok başka türdeki çok sayıda!) ve çevresinin (yine çok sayıda!) abiyotik özellikleriyle etkileşim halinde olmasıdır. Tüm bu etkileşimleri bir arada aynı anda araştırmak mümkün olamaz. Deney tasarımlarında belirli bir çevresel parametrenin (ya da birden çok sayıdaki belirli parametrelerin) deney organizmasıyla etkileşimi araştırılmak istendiği için tüm diğer faktörler belirli koşullarda sabit tutularak sadece araştırılan faktörler değiştirilir (*Ceteris paribus*) ve bunlarla ilgili yanıtlar ölçülür ve gözlemlenir. Böylece organizma-çevre etkileşimi ile ilgili güvenilir bilgilere ulaşılır. Burada bilim insanlarının özen gösterdiği önemli bir nokta ulaşılan verilerin ve açıklamaların deney koşullarıyla *bağlı* olmasıdır, bu nedenle bilim insanlarının değerlendirmeleri—yayınladıkları çalışmalar—detaylı materyal-metot bölümleri içerir (Yılmaz, 2017).

<sup>7</sup> Hatta organizma kavramının kapsamlı araştırılabilmesi için de bitki biyolojisine (ve bitki biyolojisi tarihine) daha sık yer verilmesi gerekmektedir (Yılmaz, 2024).

<sup>8</sup> Bu makalede vurgulanmak istenen konu, bitki biyolojisinin enginliği ve makalenin sınırlanma gereği nedenleriyle birkaç örneğe değinildiği için bitkilerle ilgili birçok diğer önemli ve değerli konudan (örneğin; bitkilerin coğrafi dağılımından, bitki evriminden, alglerden) söz edilmemiştir.

çevrelerinden yalnızca tek yönlü etkilendikleri düşünülür. Ancak tam tersine son derece aktif olan bitkilerin, hayvanlar gibi hareket etmedikleri için çevreleriyle etkileşimlerinin hayvanlardan çok farklı yolları vardır. Bitkilerin hareketlerini ya da diğer bir deyişle davranışlarını kompleks ve iç içe süreçler içeren büyüme ve gelişmeleri oluşturur. Gorzelak ve arkadaşlarına göre: “bitki davranışı, çevresel uyaranlara yanıt olarak bitki morfolojisi veya fizyolojisinde meydana gelen bir değişiklik” olarak tanımlanmaktadır (Karban, 2008; Gorzelak vd., 2015: 4). Bitkiler böylece gelişip büyüyerek çevrelerinde belirli yönler (çevre-bitki etkileşiminin belirlediği) doğru yayılırlar. Büyümeleri ve morfolojilerindeki değişimlerin yanı sıra, bitkilerin çevrelerini değiştirmelerinin başka yolları da vardır ve tüm bunlar fizyolojik süreçlerinin parçasıdır. Çevre ile aktif etkileşimleri, çevreyi belirgin şekilde etkileyen ve onun bitkiler için daha uygun hale gelmesine neden olanlar da dahil olmak üzere birçok süreç içerir. Örneğin, bitkilerin köklerinden saldıkları çeşitli moleküller (kök salgıları), toprak mikrobiyal topluluğunun düzenlenmesi, kökler ve toprak mikroorganizmaları arasında ‘diyaloğun’ başlatılması ve düzenlenmesi, herbivorlarla baş etme, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin değiştirilmesi, mineral besinlerin alım için daha uygun forma gelmesi ve rakip bitki türlerinin büyümesinin engellenmesi vb. gibi önemli rollere sahiptirler (Badri ve Vivanco, 2009; Walker vd., 2003; Haichar vd., 2014).

Bitkiler, buldukları ortama, yani çevreyle olan etkileşimlerine bağlı olarak çeşitli şekillerde büyüeyebilirler. Arber (1950), bitkilerin morfolojisinin hayvanlardaki davranışlara karşılık gelen bir şeyler içerdiğinin düşünülebileceğini söyler. Süreç felsefesi (Dupré, 2012) bitki büyümesini ve bitki morfolojisindeki değişimleri anlamak için önemli bakış açıları sağlar. Son zamanlarda biyoloji felsefesinde süreç felsefesi önemli bir yer edinmeye başlamıştır<sup>9</sup> ve bu durum elbette biyolojideki gelişmelerden bağımsız değildir. Bitki-çevre etkileşimi, bitki büyümesi ve gelişmesi, biyolojide süreç felsefesi temelli düşünmenin önemini göstermek için kullanışlı örnekler sunar. Rutishauser (2020), bitki morfolojisinde süreç düşüncesi ve süreklilik yaklaşımını vurgulayarak, “EvoDevo'nun değerli bir alt disiplini” olan bitki morfolojisi alanında bir paradigma değişikliğine ihtiyaç olduğuna dikkat çeker. Bu değişim, bitki morfolojisini yapısal birimlerin birleşmesinden ziyade bir süreklilik olarak ele alan süreçsel bir düşünmeyi gerektirir (Rutishauser 2020). Baum'un (2019) bitki parçalarıyla ilgili çalışması da “süreç morfolojisi yaklaşımını” tartışmaktadır. Baum “bağlama bağlı

<sup>9</sup> Biyoloji felsefesinde süreç felsefesi ile ilgili iki önemli kaynak: “Processes of Life” (Dupré, 2012) ve “Everything Flows: Towards a Processual Philosophy of Biology” (Nicholson & Dupré, 2018). Türkçe kaynak için lütfen doktora tezime bakınız: Yılmaz, 2020.

olarak, parçaların bazen yapılar, bazen işlevler ve bazen de süreçler olarak en iyi şekilde anlaşıldığına” işaret eder (Baum, 2019: 245).

Bitki-çevre etkileşimi ve bitki büyümesi ile ilgili önemli kavramlardan biri fenotipik plastisitedir (ya da fenotipik esneklik). Organizmaların çevreye yanıt olarak geniş bir yelpazede fenotip gösterebilme potansiyelini ifade eden fenotipik esneklik, bu anlamda oldukça geniş yelpazelere sahip olan çeşitli bitki türleriyle bitki aleminin çarpıcı özelliklerinden biridir. Bitki araştırmaları örnekleri, fenotipik plastisite kavramını ve bu kavramla birlikte yine organizma-çevre etkileşimini anlatırken harika örnekler oluşturabilirler. Sultan (2015), 'eko-devo' ve niş oluşturma perspektiflerinin önemini ve bunların belirli bir tür araştırmalar gerektireceğini (örneğin, araştırmacıların ebeveyn bitki-çevre etkileşimini de test etmelerinin gerekeceğini)<sup>10</sup> vurgulamaktadır. Bitki bilimi; epigenetik, niş oluşturma ve gelişimsel plastisite üzerine muazzam miktarda araştırma içermekte ve bilgi üretmektedir. Bunlar biyoloji felsefesi müfredatına değerli örnekler sunabilir ve öğrencilerin, farklı organizmaların gelişim ve niş oluşturma gibi çeşitli yaşamsal aktivitelerini farklı ve kendilerine özgü şekillerde gerçekleştirdiklerini görerek doğadaki çeşitliliği ve evrimsel süreçleri daha kapsamlı bir şekilde kavramalarına yardımcı olabilir.

Bitki büyüme ve gelişimiyle ilgili önemli konulardan biri kaynak-havuz dengesinin (*source-sink balance*) düzenlenmesidir. Bu düzenleme, bitki-çevre etkileşimi yoluyla oldukça dinamik bir şekilde gerçekleşir. Bitkiler mineral besinleri ve fotosentez ürünlerini kaynak dokulardan (şeker üretiminin ya da mineral alımının yapıldığı dokular) havuz dokularına (bu moleküllere ihtiyacın bulunduğu dokular) taşır. Örneğin, Yu ve arkadaşları (2015) bu süreçleri tahıllarda çimlenme-fide gelişimi, vejetatif dönem ve tane doldurma döneminde incelemişlerdir: Çimlenme döneminde tohumdaki endosperm dokusundan (kaynak), yeni gelişen fideye (havuz) şekerler ve mineraller taşınır. Vejetatif dönemde ise bitkinin tüm kısımları hem kaynak hem de havuz olarak davranır: Kökler, mineraller ve su alımını yaptıkları için bunların kaynağı iken, gelişmeleri için şeker moleküllerine ihtiyaç duyduklarından bu moleküllerin havuzu durumundadır, bununla birlikte olgunlaşmış yapraklar, şeker moleküllerinin kaynağı iken, yeni gelişmekte olan dallar ve yapraklar hem şekerler hem de mineraller için havuzdur (Yu vd., 2015). Elbette çok çeşitli bitki türleri ve dolayısıyla çeşitli yaşam döngüleri olduğundan kaynak-havuz geçişleri ve düzenlenmesi de çeşitlidir. Örneğin, meşe ağacının kaynak-havuz geçişleri buğday bitkisinininkinden çok farklı olacaktır. Bitki parçaları, gelişimin farklı aşamalarında kaynak veya havuz veya her ikisi birden

<sup>10</sup> Epigenetik süreçlerin organizmalar üzerindeki etkilerinin önemi günümüzde iyice açıklık kazanmıştır. Organizmaların epigenetik özellikleri gen üzerine sarılmış çeşitli proteinler ve molekül gruplarındaki farklılıkları ifade eder. Bu farklılıklar gen ifadesini etkileyebilir. Epigenetik özellikler canlıların fizyolojik özelliklerinin ve çevrenin etkileri ile oluşur ve yavrulara da iletilebilir.

haline gelir ve bu geçişler çevresel faktörlere bağlıdır. Ancak, basitçe çevresel faktörler tarafından belirlenmezler, sürekli bitki-çevre etkileşiminin sonucudurlar. Kaynak-havuz dengesi, bu etkileşim sayesinde bitki yaşam döngüsünün gelişiminin her aşamasında sürekli olarak düzenlenir. Metabolitler ve hormonlar gibi birçok molekülün kaynak-havuz dengesinin düzenlenmesinde rolleri vardır. Bu düzenleme bitki yaşamı için çok önemlidir ve birçok süreçten oluşan karmaşık bir ağ yoluyla gerçekleşir ve bir organizmanın kısımları arasındaki koordinasyon ve iletişim hakkında düşünmenin çok verimli bir yolunu sunar.

Bitki bedeni koordinasyonu ile ilgili örnekler minimal biliş<sup>11</sup> (*minimal cognition*) konusunu öğrencilere sunarken de oldukça faydalı olacaktır. Bitki bilişi konusu hem felsefe hem de biyoloji araştırmacıları arasında oldukça tartışmalı bir konudur. Bu tartışmalara örnek için Taiz ve arkadaşları (2019), Calvo ve arkadaşları (2020) ve Calvo ve Segundo-Ortin (2023) çalışmalarına bakılabilir. Beyin gibi bilişin merkezi olan bir organları ve nöronları olmamasına rağmen bir şekilde bir çeşit algı, hafıza ve hareket gösterebilen canlıları düşünmek öğrencilerin bilişin ne olduğunu daha detaylı sorgulamalarına neden olup, farklı biliş halleri de olabileceğini düşünmelerini kolaylaştıracaktır. Bilişin evrimi, biliş hallerinin çeşitliliği, minimal biliş, merkezi koordinasyon, dağılmış koordinasyon ve benzeri konular, bitki örnekleri ile daha zengin ve ilgi çekici bir halde öğrencilere sunulabilir. Birçok hayvanın aksine “sabit” bir lokasyonda yaşamını sürdüren (dolayısıyla bambaşka hareket halleri gösteren) ve modüler olan bitkilerin çevrelerini algılayıp, çevrelerini değiştirip, hatta kendi neden oldukları değişiklikleri de algılamaya devam edip sonraki aktivitelerini bunları da dikkate alarak sürekli olarak organize etmeleri minimal bir biliş örneği olarak kullanılabilir (Sims ve Yılmaz, 2023).

Bitkiler, sadece mikrobiyotaları nedeniyle değil, aynı zamanda modüler doğaları ve büyüme süreçleri nedeniyle de biyolojide bireylik konusunda problematik örnekler oluşturmakta ve biyolojide bireyler yaklaşımlarına meydan okumaktadır (Dupré, 2010; Clarke, 2012; Gerber, 2018). Bitkiler modüler organizmalardır. Modüller, sürgünlerin ve köklerin bazı kısımlarında bulunurlar ve bitkinin herhangi bir parçası olarak büyüyebilme potansiyeline sahip farklılaşmamış hücreleri içeren meristem dokusuna sahiptirler. Bir bitkideki modüller; büyüyebilir, tekrarlanarak daha büyük bir birim oluşturabilir, tamamen yeni bir birey haline gelebilir veya örneğin köklerin bir kısmının yüzeye çıkıp yeni birey oluşturması yoluyla koloni oluşturulabilir (Dupré, 2010; Clarke, 2012). Yani diğer bir deyişle, bazı bitkiler klonaldır: Tek bir zigottan bütün bir ormanı meydana getirebilirler. Rametler ve genetler, bir klonu (genet) ve klondaki “bireyleri”

<sup>11</sup> *E. coli* bakterisindeki sensör-motor koordinasyonu örnek vererek minimal bilişi açıklayan van Duijn ve arkadaşlarının (2006) çalışması bu konuda iyi bir referans kaynaktır.

(rametleri) ayırt etmek için kullanılan anahtar terimlerdir: Genet, modüller veya rametlerden oluşan bir gruptur, tek bir zigottan gelişmiştir ve bir orman kadar büyük olabilir.<sup>12</sup> Böyle bir klondaki her ağaca ramet denir (Dupré, 2010; Clarke, 2012). Hayvanlar gibi (hayvanlarla benzer ve/veya farklı şekillerde) bitkiler de birey organizmaların monogenomik olması anlayışına meydan okurlar (Dupré, 2010; 2012). Örneğin tek bir zigottan oluşmuş ormanlarda (genetlerde) büyürken parçalarda mutasyonlar gerçekleşebilir, böylece rametlerin genomları arasında farklılıklar gözlemlenebilir. Tabii ki bitkiler çok zengin bir mikrobiyotaya sahiptirler, eğer mikrobiyota organizmanın bir parçası olarak düşünülecek olursa bu organizma muhakkak ki poligenomiktir.<sup>13</sup>

### 3. Bitki Hormonları

Bir önceki bölümde değinilen büyüme ve gelişme konusunda da son derece önemli rollere sahip olan bitki hormonları ve bitki hormon sistemi, felsefi sorgulamaları geliştirmek için bitki biyolojisinden örnekler kullanmanın faydalarını gösterebilmenin bir başka ilginç örneğini oluşturur. Bitki hormon sistemi, bitkilerle çevreleri arasındaki birçok türde etkileşimin düzenlenmesinde önemli rollere sahiptir; bunlar arasında gelişme, büyüme, üreme, abiyotik ve biyotik stres tepkileri, patojenik ve simbiyotik mantarlar ve diğer mikroorganizmalarla etkileşimler yer alır. Ayrıca, birçok bitki hormonu aynı zamanda mantarlar tarafından da üretilir<sup>14</sup> (Chanclud ve Morel, 2016; Eichmann, 2021). Bitki hormonlarının bu süreçlerdeki rolleri elbette kaynak-havuz dengesinin düzenlenmesini de içerir. Örneğin stomaların kapanmasında önemli olan ABA (absisik asit) hormonunun, fotosentatların<sup>15</sup> gelişmekte olan tohumlara taşınmasında ve tohumlarda depo proteininin sentezinde de rolleri vardır (Davies, 1987).

Bitkileri bütünler ya da bireyler olarak görebilmenin diğer bir yolu, onların çeşitli uyaranlara karşı ürettikleri (hormonların da rol aldığı) sistemik yanıtlarını gözlemlemektir. Sistemik yanıtlar tüm bitki bedeninde yayılan, bitkinin her kısmında gözlemlenebilen/ölçülebilen biyolojik süreçlerdir. Bir bitkinin sadece bir parçasına etki

<sup>12</sup> Örneğin: ABD'deki Pando ismindeki titrek kavak kolonisi (Mitton & Grant 1996). Tek bir zigottan büyüdüğü için bazı araştırmacılar tarafından tek bir organizma olarak düşünülen bu ormana Pando adı verilmiştir.

<sup>13</sup> Monogenomik bir organizmanın tüm bedenindeki hücrelerde aynı (tek) genomun, poligenomik ise birden fazla genomun bulunmasını ifade eder.

<sup>14</sup> "Hormonlar bitki mikrobiyotalarının toplanmaları ve düzenlenmelerinde önemli rol oynar ve bitkiler ve mikroorganizmalar çoğunlukla aynı hormonları tamamen farklı amaçlar için kullanabilirler." (Eichmann, 2021: 518).

<sup>15</sup> Fotosentez ürünleri (şekerler).



eden bir uyarın tüm bitkide sistemik bir yanıtı neden olabilir. Örneğin, *Arabidopsis thaliana* bitkisinin bir yaprağına mekanik yaralama yapılacak olursa, önce yaralanan bölgede ve daha sonra hızlı bir şekilde—dakikalar veya saniyeler içinde—tüm bitkide ROS (reaktif oksijen türleri) moleküllerinde bir artış gözlenir (Baxter vd., 2014). Bitkiler, şekerler ve diğer metabolitlerdeki değişiklikler, biyotik (virüsler, bakteriler, mantarlar, böcekler vb.) ve abiyotik (sıcaklık, yüksek ışık, soğuk vb.) stres etkenleri ve dahil olmak üzere birçok çevresel uyarana sistemik yanıtlar üretir. Bitki sistemik yanıtları; metabolik bileşikler, reaktif oksijen türleri ve hormonlar dahil olmak üzere çeşitli molekül türlerini içeren birçok biyokimyasal yolların karşılıklı etkileşiminden oluşur. Bitki bedeninde yayılmış bu dinamik ve kompleks sistem hiç şüphesiz birçok biyoloji felsefesi konusu için ilginç örnekler oluşturabilir. Örneğin, yakın zamanda Robischon (2019), eğitimde sistem düşüncesini geliştirmede bitki hormonu örneklerinin kullanılabilirliğini anlatmıştır. Robischon, bitki hormonu sinyal ağlarının, biyolojik sistemlerdeki doğrusal olmayan etkileri ve geri bildirim döngülerini<sup>16</sup> mükemmel bir şekilde gösterebileceğini ve bu ağların bitki sisteminin ötesinde bile etkilere sahip olmasının, öğrencilerin sistem sınırlarının doğası hakkında düşünmesine yardımcı olabileceğine işaret etmiştir (Robischon, 2019).

#### 4. Bitki – Bitki Mikrobiyotası Etkileşimleri

Bitkiler bakteri, virüs ve mantar gibi çeşitli mikroorganizmalarla birlikte yaşarlar.<sup>17</sup> Tüm bitki ve hayvanlar mikroorganizmalarla çok yakın ilişkiler içinde yaşadıklarından, organizmaları anlamak için bu etkileşimleri dikkate almak önemlidir. Çoğunlukla "bir konakçı makro-organizma ve onun bakteri, arkebakteri, virüsler, protistler, mantarlar ve nematodlar gibi mikroskopik çok hücreli hayvanları içeren tüm ilişkili mikrobiyotası" olarak anlaşılan *holobiyont* (Skillings, 2016—başka araştırmacılara da değinerek) hem doğa bilimlerinde ve hem de felsefede çok ilgi çekici bir konudur. Bu nedenle bitkiler ve mikrobiyotalarının<sup>18</sup> hem bilim insanları hem de filozoflar için

<sup>16</sup> Bununla ilgili örnek bir çalışma, Aerts ve arkadaşlarının (2021) kompleks hormon ağlarının bitki savunmasındaki rolünü inceledikleri çalışmadır: Bu tür karmaşık hormon ağlarının, farklı hormonlar tarafından başlatılan (tetiklenen) kompleks moleküler yollardan oluştuğunu ve söz konusu ağların sinerjistik, antagonistik ve katkısız etkileşimleri içerdiğini belirtmektedirler.

<sup>17</sup> "Tüm çok hücreli canlılarla ilgili son derece önemli bir nokta: içlerini ve/veya çevrelerini saran ve onlarla birlikte evrimleşmekte olan simbiyotik alandır. Simbiyoz/ortakyşam (symbiosis) farklı çeşitlerdeki organizmaların birbirleriyle yakın fiziksel ilişki içinde yaşamalarıdır.... Bu yakın fiziksel ilişkilerin direkt olması- sürekliliği söz konusudur. Yani çiçekler ve arılar arasındaki ilişki son derece yakın ve her bir organizma açısından çok önemli olmasına rağmen simbiyotik ilişki değildir (Margulis ve Sagan, 2002)." (Yılmaz, 2020: 77).

<sup>18</sup> "Holobiyont: Tek bir varlık olarak kabul edilen bir bitki ve onunla ilişkili mikrobiyotanın üyeleri; bu, ekolojik ve hatta evrimsel süreçler boyunca, konak işlevselliğini ve uyumluluğunu devam ettirmek için bitki-mikrobiyom etkileşimlerinin muhtemelen birlikte evrimleştiği 'seçilim birimini' temsil eder." (Trivedi vd., 2020: 607).

zengin bir araştırma konusu olması şaşırtıcı değildir. Bitki mikrobiyotasının bitki büyümesi, sağlığı ve strese dayanıklılığı üzerindeki önemine odaklanan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.<sup>19</sup>

Holobiyont ile ilgili felsefi konulardan biri biyolojik bireylik konusudur: Holobiyontların biyolojik bireyler olup olmadığı.<sup>20</sup> Pradeu (2016b), biyolojik bireylik kavramının araştırılmasında evrimsel bireyi, ekolojik bireyi ve fizyolojik bireyi dikkate almak gerektiğini ve bunların yalnızca kısmen örtüştüğünü anlatır. Skillings (2016), holobiyontların hem organizmaların hem de toplulukların özelliklerine sahip oldukları için ilgi çekici olduğunu belirtir. Öyle görünüyor ki, araştırma sorularına ve holobiyont'un araştırmamıza konu olan parçasına bağlı olarak onu bir topluluk veya bir birey olarak ele alabiliriz. Örneğin Molter (2019), simbiyotik mantarlarıyla birlikte bir bitkinin evrimsel bir birey olan mikoriza topluluğu olduğunu ileri sürer, ancak mikoriza topluluğu, mantarların makrobik doğası ve kendi mikrobiyotalarına sahip olmaları nedeniyle holobiyont değildir. Ayrıca, bu mantarlar, ağaçları birbirine bağlayan ve onların besinleri ve sinyal moleküllerini paylaşmalarına<sup>21</sup> neden olan birleştirici ağlar<sup>22</sup> olmaları nedeniyle büyük bir fizyolojik birey oluşturmaktadırlar (Gorzela vd., 2015; Molter, 2019).

Biyolojik olayların araştırılması süreçlerinde çok çeşitli ayırma (*individuation*) işlemleri gerçekleştirilebilir. Örneğin; organizmaları tek tek ayırma, belki sayma, hücreleri ayırma, moleküler yolları (*pathways*) ayırma vb. gibi. "Biyoloji felsefesinde birey (*individuality*) ve ayırma (*individuation*) birbirine çok yakın konulardır. Biyolojik birimleri ayırma (ayırt etme) ile ilgilidirler" (Yılmaz, 2020: 82).<sup>23</sup> Bitki-bitki

<sup>19</sup> Yakın zamandan bu çalışmalara örnekler verecek olursak: Vandenkoornhuyse vd., 2015; Müller vd., 2016; Compant vd., 2019; Trivedi vd., 2020; Babalola vd., 2020; *Frontiers in Plant Science* ve *Frontiers in Microbiology* dergilerinde, 2020'de "Bitki Holobiontu" özel konusu hakkında yayınlanmış 22 makale (Cilt I: *Microbiota as Part of the Holobiont; Challenges for Agriculture* [Holobiyontun Parçası Olarak Mikrobiyota; Tarımda Karşılaşılan Zorluklar], editörleri: P. Cesaro, E. Gamalero, B. Pivato ve J. Zhang. Cilt II: *Impacts of the Rhizosphere on Plant Health* [Kök Çevresinin Bitki Sağlığı Üzerine Etkileri], editörleri: N. Lombardi, R. Marra, D. Turra, F. Vinale ve S. L. Woo).

<sup>20</sup> Çok sayıda filozof bu sorunu incelemiştir. Örneğin: Dupré ve O'Malley, 2009; Dupré, 2010; Dupré, 2012; Skillings, 2016; Pradeu, 2016; Gilbert ve Tauber, 2016; Chiu ve Eberl, 2016; Suárez ve Triviño, 2019; Molter, 2019.

<sup>21</sup> Mikorizal ağlarla ilgili felsefe açısından ilginç olabilecek diğer bir konu son zamanlardaki "ana ağaç" ya da bitkilerin "kişileştirilmesi" (*personification*) tartışmasıdır. Örneğin, Robinson ve arkadaşları (2023) bitkilerin kişileştirilmesinin tehlikelerine dikkat çektikleri makalelerinde olgun ağaçların bu ağlar yoluyla yeni gelişmekte olan ağaçlara karbon ilettikleri tezini literatürü gözden geçirerek sorgularlar.

<sup>22</sup> "Mikorizal ağlar, aynı veya farklı türden iki veya daha fazla bitkiyi birbirine bağlayan sürekli mantar misellerinden oluşur." (Gorzela vd., 2015: 1).

<sup>23</sup> Biyoloji pratiğine bakmak ve bu pratiğin çeşitliliğini ve çokluğunu kavrayıp, belirli vakaları incelemek biyoloji felsefesinde ayırma konusu ile ilgili de önemli sonuçlar doğurur. Örneğin: "Waters (2018) biyolojik bireyleri ayırt etme konusundaki bu makalesini üç dersle bitirir: Ontolojik, epistemolojik ve meta-felsefi.

mikrobiyotası etkileşimi ve bitki biyologlarının bu etkileşimleri çalışma süreçleri, biyoloji felsefesinde bireyler ve ayırma pratikleri konuları için çok önemli örnekler oluşturur. Örneğin bitki-bitki mikrobiyota etkileşimi konusundaki önemli bir problem alanı hormonlardır. Bir önceki bölümde belirtildiği gibi birçok bitki hormonu bitki mikrobiyotası tarafından da üretilebilir, üretimin kaynağı (bitkiden mi mikrobiyotasından mı kaynaklandığı), üretilen hormonun hangi amaçla üretildiği gibi sorular araştırmalarda önemli problemlerdir<sup>24</sup> ve böyle araştırmaların incelenmesi felsefe açısından değerli pratik örnekler oluşturacaktır.

Bitki mikrobiyotası ve holobiyont hakkında okumak öğrencilere ekosistemler, organizmaların belirsiz sınırları, organizmalar arasındaki kompleks etkileşimler ve biyolojik bireylik konularını öğrenmek gibi önemli faydalar sağlayacaktır.

## 5. Sonuç

Bitki biyolojisi; fizyoloji, ekoloji, evrim, morfoloji ve daha fazlası dahil olmak üzere bitki yaşamının çeşitli süreçlerini araştıran birçok alanı içeren geniş bir disiplindir. Bitki büyümesi, bitki hormonları ve bitki-bitki mikrobiyota etkileşimleri bitki yaşamının dikkat çekici yönlerinden bazılarıdır ve bireylik, sistemler ve holobiyont gibi biyoloji felsefesinde yaygın olarak tartışılan konular hakkında düşünmek ya da bu konuları öğrencilere sunmak için önemli örnekler oluşturabilir. Bu makalede sunulan birkaç örnek bile biyoloji felsefesi derslerine daha fazla bitki biyolojisi dahil etmenin önemli faydalarını göstermektedir. Hatta bitki biyolojisi genel felsefe derslerine de oldukça değerli katkılar yapabilir. Çevresel sorunların hızla arttığı, doğal alanların tehlikede olduğu, ormanların, kırların hızla küçüldüğü, birçok canlı türünün yok olma riski ile karşı karşıya kaldığı günümüzde, dünyadaki canlıların büyük bir bölümünü oluşturmak, birincil üreticiler olarak insan dahil olmak üzere birçok canlının temel besini olmak gibi özellikleriyle değeri ölçülemeyecek kadar önemli olan bitkilerin yaşamlarını öğrenmek şüphesiz son derece önemlidir. Bitki yaşamını araştırmak ve bitkilerle ilgili bilgimizi geliştirmek ve düzenlemek temelde biyolojinin alanına dahil

---

Felsefede bireylik üzerine yapılmış çoğu çalışmanın doğayı birbirlerinden düzgün şekilde ayırt edilebilen bireylerden oluştuğu varsayımına dayandığını söyler, oysa organizmaların fonksiyon gösterdiği ve geliştiği süreçlerin tümünün bir bütün olarak anlaşılabilir bir biçimde kompleks olduğunu hatta karmakarışık olduğunu ve evrimsel süreçlerin de son derece kompleks olduğunu, düzgünce ayrılacak bireyler üretmediğini söyler. Bu ontoloji sayesinde felsefecilerin, dünyanın düzgünce birbirlerinden ayrılmış bir çeşit bireylerden oluşmadığı, çok sayıda çeşitte bireylerin (organizmalar ve evrimsel bireyler gibi) olduğu fikrine günbegün daha açık hale gelmekte olduklarını düşünür. Waters'ın vurguladığı epistemolojik ders, doğadaki bu karmaşa çalışırken kavramların, belirli amaçları başarmak için kullanılan araçlar olarak algılanması gerektiğidir, bu yazarı meta-felsefi derse götürür ve başta belirttiği gibi biyoloji felsefesinde "Biyolojik bir birey nedir?" gibi sorular yerine pratikle ilgili soruların sorulmasını önerir." (Yılmaz, 2020: 83).

<sup>24</sup> Bu konuda örnek biyoloji kaynakları için bir önceki bölümde de değinilmiş olan "Chanclud ve Morel, 2016" ve "Eichmann, 2021" çalışmalarına bakınız.

olmakla birlikte, felsefenin bilimle ilişkisi ve genel olarak felsefenin dünyayı ve dünyadaki yerimizi anlama-sorgulama gayesi göz önüne alınacak olursa, bitki biyolojisinden örneklerin felsefe içindeki rolleri berraklık kazanacaktır.

Bunlarla birlikte bu makalede değinilmemiş olmasına rağmen insan-bitki etkileşimi süreçlerinin felsefi incelenmesi ve sorgulanması da çok sayıda felsefe araştırmasının konusunu oluşturmaktadır. Orman ve deniz ekosistemlerinin korunması yollarının ve bu alanlarla ilişkilerimizin düzenlenmesi, tarımsal aktivitelerin felsefi incelenmesi, bitki araştırma süreçlerinin incelenmesi, bitki araştırmalarından elde edilen verilerin üretilme, saklanma, tekrar paylaşılma ve yorumlanma süreçlerinin incelenmesi, tüm bunlarla ilgili etik araştırmaların yapılması ve uygulamalarının izlenmesi gibi birçok süreçte felsefe çalışmalarının önemli katkıları olabilir.<sup>25</sup> Bu anlamda bitki biyolojisinin, felsefenin çeşitli alt alanlarında (biyoloji felsefesi, biyoetik, genel bilim felsefesi, çevre felsefesi gibi) yeri olduğunu tekrar vurgulamak istiyorum. Bu makale özellikle, bitki biyoloji örneklerinin felsefe eğitimindeki önemini vurgulamayı amaçlamış olsa da lisansüstü ve sonrası felsefe çalışmalarında da bitki biyolojisi örneklerinin (örnek vaka analizleri vs.) hatta doğrudan bitki biyolojisi incelemelerinin yer almasının değerine de işaret etmeyi amaçlamıştır. Ayrıca, bitki biyolojisinin ya da belirli bitki biyolojisi araştırma vaka analizlerinin bilim felsefesi açısından değeri son dönemlerde hızlanmış olan 'pratik içinde' bilim felsefesinde (*Philosophy of science in practice*)<sup>26</sup> de yerini bulmaktadır.

Felsefe eğitiminde bitki biyolojisine yer verilmesi sayesinde öğrenciler yaşama dair daha kapsamlı bir bakış açısı kazanabilir, ekosistemleri ve biyolojik çeşitliliği daha iyi anlayabilir, çeşitliliğin önemini kavrayabilir ve organizma-çevre etkileşimini çok daha zengin bir şekilde öğrenebilir.

<sup>25</sup> Son zamanlarda yapılmış bu konulardaki felsefe çalışmalarına örnek olarak: Deniz ekosistemleriyle ilgili, Jones'un (2021) özellikle mercan ve algal resifler ve bunlarla ilgili değerler incelemesi "*Distinguishing Regeneration from Degradation in Coral Ecosystems: the Role of value*," araştırma verilerinin üretilmesi, yorumlanması, saklanması, paylaşılması gibi süreçlerle ilgili felsefi analiz içeren Leonelli'nin (2019) *Data-centric biology: A philosophical study* başlıklı kitabı (bu kitap Leonelli'nin *data journeys* [veri yolculukları] adını verdiği bu süreçleri örneklerle incelediği önemli bir kaynaktır); yine veri süreçleriyle ilgili olan fakat özellikle tarımda veri yolculukları ile ilgili olarak Williamson ve Leonelli'nin (2023) *Towards Responsible Plant Data Linkage: Data Challenges for Agricultural Research and Development* başlıklı kitabı verilebilir.

<sup>26</sup> Günümüzde çok sayıda bilim felsefesi araştırmacısı bunun önemini vurgulamaktadır. Hatta uluslararası *Society for Philosophy of Science in Practice* (SPSP) topluluğu 2006 yılından bu yana düzenli aralıklarla konferans organize etmektedir (Topluluk internet sitesi: <https://philosophy-science-practice.org>, Erişim tarihi: 5 Şubat 2024). Bu konuda önemli bir kaynak *European Journal for Philosophy Science*'in 2011 Ekim özel sayısıdır (Ankeny vd., 2011). Yakın zamanda yazılmış Türkçe kaynak için Çevik'in (2020) "Bilim Felsefesi Bilim Pratiğinden Ne Öğrenebilir?" makalesine bakılabilir.

## 5. Kaynakça

- Aerts, N., Mendes, M. P. ve Van Wees, S. C. M. (2021). "Multiple Levels of Crosstalk in Hormone Networks Regulating Plant Defense." *The Plant Journal*, 105: 489–504.
- Ankeny, R., Chang, H., Boumans, M., & Boon, M. (2011). "Introduction: Philosophy of science in practice." *European Journal for Philosophy of Science*, 1: 303-307.
- Arber, A. (1950). *The natural philosophy of plant form*. Cambridge University Press.
- Babalola, O. O., Fadiji, A. E., Enagbonma, B. J., Alori, E. T., Ayilara, M. S. ve Ayangbenro, A. S. (2020). "The Nexus Between Plant and Plant Microbiome: Revelation of the Networking Strategies." *Frontiers in Microbiology* 11: 548037. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.548037>
- Badri D. V. ve Vivanco J. M. (2009). "Regulation and Function of Root Exudates." *Plant, Cell and Environment*, 32: 666–681. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.01926.x>
- Baxter, A., Mittler, R. ve Suzuki, N. (2014). "ROS as key players in plant stress signalling." *Journal of Experimental Botany*, 65(5): 1229– 1240.
- Baum, D. A. (2019). "Plant Parts: Processes, Structures, or Functions?" *Gardens' Bulletin Singapore*, 71(2): 245–256.
- Calvo, P., Gagliano, M., Souza, G. M. ve Trewavas, A. (2020). "Plants are Intelligent, Here's How." *Annals of Botany*, 125(1): 11-28.
- Calvo, P. ve Segundo-Ortin, M. (2023). "Plant Sentience Revisited: Sifting through the Thicket of Perspectives." *Animal Sentience*, 8(33): 32.
- Chanclud, E. ve Morel, J. B. (2016). "Plant Hormones: A Fungal Point of View." *Molecular Plant Pathology*, 17(8): 1289–1297.
- Chiu, L. ve Eberl, G. (2016). "Microorganisms as Scaffolds of Host Individuality: A Eco-immunity Account of the Holobiont." *Biology and Philosophy*, 31: 819–837. <https://doi.org/10.1007/s10539-016-9552-0>
- Clarke, E. (2012). "Plant Individuality: A Solution to the Demographer's Dilemma." *Biology and Philosophy*. <http://doi.org/10.1007/s10539-012-9309-3>

- Compant, S., Samad, A., Faist, H. ve Sessitsch, A. (2019). "A Review on the Plant Microbiome: Ecology, Functions, and Emerging Trends in Microbial Application." *Journal of Advanced Research*, 19: 29–37.
- Çevik, A. D. (2020). "Bilim Felsefesi Bilim Pratiğinden Ne Öğrenebilir?" *Kilikya Felsefe Dergisi*, (2): 110-132.
- Davies, P. J. (Der.) (1987). *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development* (1. Baskı). Martinus Nijhoff Publishers.
- Dupré, J. ve O'Malley, M. A. (2009). "Varieties of Living Things: Life at the Intersection of Lineage and Metabolism." *Philosophy, Theory, and Practice in Biology*, 1: <https://doi.org/10.3998/ptb.6959004.0001.003>
- Dupré, J. (2010). "The Polygenomic Organism." *The Sociological Review*, 58(1): 19–31.
- Dupré, J. (2012). *Processes of Life*. Oxford University Press.
- Eichmann, R., Richards, L. ve Schafer, P. (2021). "Hormones as Go-betweens in Plant Microbiome Assembly." *The Plant Journal*, 105: 518–541.
- Gerber, S. (2018). "An Herbiary of Plant Individuality." *PTPBio*, 10: 005. <https://doi.org/10.3998/ptpbio.16039257.0010.005>
- Gilbert, S. F. ve Tauber, A. I. (2016). "Rethinking Individuality: The Dialectics of the Holobiont." *Biology and Philosophy*, 31: 839–853. <https://doi.org/10.1007/s10539-016-9541-3>
- Gorzalak, M. A., Asay, A. K., Pickles, B. J. ve Simard, S. W. (2015). "Inter-plant Communication through Mycorrhizal Networks Mediates Complex Adaptive Behaviour in Plant Communities." *AoB Plants*, 7: plv050. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv050>
- Haichar, F. Z., Santaella, C., Heulin, T. ve Achouak, W. (2014). "Root Exudates Mediated Interactions Belowground." *Soil Biology & Biochemistry*, 77: 69–80.
- Jones, E. (2021). "Distinguishing Regeneration from Degradation in Coral Ecosystems: the Role of Value." *Synthese*, 199(1-2), 5225-5253.
- Karban, R. (2008). "Plant Behaviour and Communication." *Ecology Letters*, 11: 727–739.

- Leonelli, S. (2019). *Data-Centric Biology: A Philosophical Study*. University of Chicago Press.
- Lewontin, R. C. (2000). *The Triple Helix: Gene, Organism, and Environment*. Harvard University Press.
- Margulis, L. ve Sagan, D. (2002). *Acquiring Genomes: A Theory of the Origin of Species*. New York, USA: Basic Books. eBook ISBN: 9780786722600.
- Mitton, J. B. ve Grant, M. C. (1996). "Genetic Variation and the Natural History of Quaking Aspen." *BioScience*, 46: 25-31.
- Molter, D. J. (2019). "On Mycorrhizal Individuality." *Biology & Philosophy*, 34: 52. <https://doi.org/10.1007/s10539-019-9706-y>
- Müller, D. B., Vogel, C., Bai, Y. ve Vorholt, J. A. (2016). "The Plant Microbiota: Systems-Level Insights and Perspectives." *Annual Review of Genetics*, 50: 211–34.
- Nicholson, D. J. ve Dupré, J. (2018). *Everything Flows towards A Processual Philosophy of Biology*. New York: Oxford University Press.
- Pradeu, T. (2016). "The Many Faces of Biological Individuality." *Biology and Philosophy* 31: 761–773.
- Pradeu, T. (2016). "Organisms or Biological Individuals? Combining Physiological and evolutionary individuality." *Biology and Philosophy*, 31: 797–817.
- Robinson, D. G., Ammer, C., Polle, A., Bauhus, J., Aloni, R., Annighöfer, P., Baskin, T. I., Blatt, M. R., Bolte, A., Bugmann, H., Cohen, J. D., Davies, P.J., Draguhn, A., Hartmann, H., Hasenauer, H., Hepler, P.K., Kohnle, U., Lang, F., Löf, M., Messier, C., Munné-Bosch, S., Murphy, A., Puettmann, K.J., Marchant, I.Q., Raven, P.H., Robinson, D., Sanders, D., Seidel, D., Schwechheimer, C., Spathelf, P., Steer, M., Taiz, L., Wagner, S., Henriksson, N., ve Näsholm, T. (2023). "Mother Trees, Altruistic Fungi, and the Perils of Plant Personification." *Trends in Plant Science*, 29(1): 20-31. DOI: [10.1016/j.tplants.2023.08.010](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.08.010). Epub 2023 Sep 19
- Robischon, M. (2019). "Fostering Systems Thinking Biological Education Using the Example of Plant Hormones." *Bioessays*, 41(11). <http://dx.doi.org/10.1002/bies.201900119>
- Rutishauser, R. (2020). "EvoDevo: Past and Future of Continuum and Process Plant Morphology." *Philosophies*, 5(4): 41.

- Sims, R. ve Yilmaz, Ö. (2023). "Stigmergic Coordination and Minimal Cognition in plants." *Adaptive Behavior*, 31(3). <https://doi.org/10.1177/10597123221150817>
- Skillings, D. (2016). "Holobionts and the Ecology of Organisms: Multi-species Communities or Integrated Individuals?" *Biology and Philosophy*, 31: 875–892. <https://doi.org/10.1007/s10539-016-9544-0>
- Suárez, J. ve Triviño, V. (2019). "A Metaphysical Approach to Holobiont Individuality: Holobionts as Emergent Individuals." *Quaderns de Filosofia*, 6(1): 59–76. <https://doi.org/10.7203/qfia.6.1.14825>
- Sultan, E. S. (2015). *Organism & Environment*. New York: Oxford University Press.
- Taiz, L., Alkon, D., Draguhn, A., Murphy, A., Blatt, M., Hawes, C., Thiel, G. ve Robinson, D. G. (2019). "Plants Neither Possess Nor Require Consciousness." *Trends in Plant Science*, 24(8): 677–687.
- Trivedi, P., Leach, J. E., Tringe, S. G., Sa, T. ve Singh, B. K. (2020). "Plant–Microbiome Interactions: From Community Assembly to Plant Health." *Nature Reviews Microbiology*, 18: 607–621.
- van Duijn, M., Keijzer, F. ve Franken, D. (2006). "Principles of Minimal Cognition: Casting Cognition as Sensorimotor Coordination." *Adaptive Behavior*, 14(2): 157–170.
- Vandenkoornhuyse, P., Quaiser, A., Duhamel, M., Le Van, A. ve Dufresne, A. (2015). "The Importance of the Microbiome of the Plant Holobiont." *New Phytologist*, 206: 1196–1206. <https://doi.org/10.1111/nph.13312>
- Walker, T. S., Bais, H. P., Grotewold, E. ve Vivanco, J. M. (2003). "Root Exudation and Rhizosphere Biology." *Plant Physiology*, 132: 44–51.
- Waters, C. K. (2018). "Ask Not "What is an Individual?"". O. Bueno, RL. Chen and M.B. Fagan (Der.) *Individuation, Process and Scientific Practices* içinde. Oxford Scholarship Online. Oxford University Press.
- Williamson, H. F. ve Leonelli, S. (2023). *Towards Responsible Plant Data Linkage: Data Challenges for Agricultural Research and Development*. Springer Nature.
- Yu, M. S., Lo, S. F. ve Ho, T. H. D. (2015). "Source–sink Communication: Regulated by Hormone, Nutrient, and Stress Cross-Signaling." *Trends in Plant Science*, 20: 844–857.



- Yılmaz, Ö. (2017). "Causation and Explanation in Phenotype Research." *Balkan Journal of Philosophy*, 9(1): 63-70.
- Yılmaz, Ö. (2020). *Fenom-genom-çevre Etkileşimi: Felsefi Bir Analiz*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yılmaz, Ö. (2021) "More Plant Biology in Philosophy Education." Thomas J.J. McCloughlin (Der.) *The Nature of Science in Biology: A Resource for Educators* içinde. Dublin: Graphikon Teo.
- Yılmaz, Ö. (2022). "Biyoloji Felsefesinde Organizma Kavramı." *Kilikya Felsefe Dergisi*, 1(1), 78-86.
- Yılmaz, Ö. (2024). "Return of the Organism? The Concept in Plant Biology, Now and Then." *Theor. Exp. Plant Physiol.* 36(3): 355–368.

---

This Page Intentionally Left Blank

---