

Zeytinyağı Kara Suyunun Yabancı Ot Kontrolünde Kullanımının Etkileri

Hakkı Zafer CAN^{1*}, Kamer Betül ÖZER²

¹Yrd. Doç. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir; ORCID: 0000-0002-7804-4156

²Doç. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir; ORCID: 0000-0003-2993-5451

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi: 15 Ekim 2025

Kabul Tarihi: 25 Kasım 2025

ÖZ

Zeytinyağı işleme zincirinin önemli miktarlarda katı ve sıvı atık üretiyor olması, önemli üretici konumunda olan Akdeniz ülkelerinde ciddi ve telafisi zor çevre sorunlarına yol açabilmektedir. Üretim esnasında ortaya çıkan bu yan ürünler, kontrollü bir şekilde değerlendirilerek ekonomiye kazandırılabilir. Zeytinyağı atıklarının geri kazanım yollarından birisi de yabancı ot mücadelesinde kullanımdır ancak bu kullanım da kontrollü olmadığı sürece, önemli çevresel sorunlar yaşanabilmekte, yetiştiriciliği yapılan ana bitkilerin gelişimi de olumsuz etkilenebilmektedir. Bu çalışmada zeytinyağı sıvı atığı kara suyun; yabancı ot yoğunluğu ve ana bitki olan zeytin ağaçlarının gaz alışverişi kapasitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada uygulanan 2,5 L.m⁻², 5 L.m⁻² ve 7,5 L.m⁻² dozlarında kara suyun yabancı ot gelişimi üzerinde değişen oranlarda etkili olduğu ancak 5 L.m⁻² ve 7,5 L.m⁻² dozlarında, ana bitki olan zeytin ağaçlarında doza bağlı olarak artan önemli fotosentez düşüşleri gerçekleştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zeytinyağı, yabancı ot, kara su, gaz alışverişi, LAI

Effects of Olive Waste Water Use in Weed Control

ABSTRACT

The olive oil processing chain generates significant amounts of solid and liquid waste, which can lead to serious and irreversible environmental problems in Mediterranean countries, which are major olive oil producers. These by-products generated during production can be recycled in a controlled manner and contributed to the economy. One of the ways to evaluate this olive oil waste is to use it for weed control but unless this use is controlled, significant environmental problems can occur and the development of the main crops can be negatively affected. This study investigated the effects of olive mill waste water on weed density and the gas exchange capacity of the main crop olive trees. It was determined that olive mill waste water had varying effects on weed growth at the applied doses of 2.5 L.m⁻², 5 L.m⁻² and 7.5 L.m⁻², but at the 5 L.m⁻² and particularly at 7.5 L.m⁻² doses, significant decreases occurred in the photosynthesis pathway in olive trees.

Keywords: Olive oil, weed, olive waste water, gas exchange, LAI

GİRİŞ

Dünya zeytinyağı üretimi, sürekli artan tüketime bağlı olarak son 20-30 yıl içerisinde önemli bir artış göstermiş ve 1990'lı yıllarda 1,8 milyon ton iken, 2020'li yıllarda yıllık 3 milyon tonun üzerine çıkmıştır [1] ve özellikle sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin ortaya konmasıyla da sürekli olarak artış göstermektedir. Zeytinyağının Akdeniz havzasında sahip olduğu ekonomik değerine rağmen, zeytinyağı üretiminin neredeyse tüm aşamalarında farklı atık türleri ortaya çıkmakta, doğal kaynakların tükenmesi, toprak dejenerasyonu ve CO₂ emisyonları gibi istenmeyen etkilere de sebep olmaktadır [2].

Zeytinyağının çıkarılması esnasında prina ve karasu olmak üzere iki farklı atık ortaya çıkmaktadır. Zeytinin posası olarak tanımlanabilecek olan pirina,

özellikle zeytinin çekirdeği, meyve eti ve kabuğundan oluşmaktadır. Karasu ise sıvı atık olup, zeytinin bitkisel suyudur ve sıkım işleminde kullanılan su ile karışıktır. Zeytinyağı üretiminde; geleneksel pres (kesikli) ve sürekli sıkım (kontinü) sistemleri tüm dünyada kullanılmaktadır [3]. Kesikli sistemle kıyaslandığında, çok daha yaygın olarak kullanılan sürekli sistem zeytinyağı üretim aşamalarında, eğer üç fazlı sistem kullanılırsa zeytinyağı, pirina ve karasu oluşmaktadır. Bunun yerine üretim aşamasında 2 faz kullanılırsa, yağ ve pirina oluşur. İşlemler sonunda ortaya çıkan atık ürünlerin çevreye zararı; kötü koku, organik kirlilik, düşük pH ve yüksek tuzluluktur [3, 4, 5].

Dünyadaki toplam zeytin ağacı varlığının %98'ine sahip olan Akdeniz havzası ölçeğinde, ortalama büyüklükteki bir zeytinyağı sıkım tesisi, günde 10-20

*Sorumlu yazar / Corresponding author: hakkizafer.can@ege.edu.tr

ton zeytin işlemektedir ve bir ton ham zeytin meyvesi başına 0,5 ila 1,5 m³ atık açığa çıkmaktadır [6].

Öte yandan, yağ bir zeytinin kütlelerinin ortalama olarak sadece %20'sini oluşturmaktadır, kalan %80'i ise atıktır. Bu nedenle, hangi sıkım yöntemi kullanılırsa kullanılsın, genel kabul olarak, 100 kg ham zeytin danesinden ortalama olarak 20 kg yağ elde edilmektedir ancak atık miktarı, ekstraksiyon sistemine bağlı olarak farklılık göstermektedir [7]. Zeytin atığı olarak değerlendirilebilen bu atıkların miktarları göz önüne alındığında arıtılması oldukça zordur ve önemli bir çevresel unsur olarak kabul edilirler ancak zeytinyağı sıkımı sonrasında oluşan atıklar da çeşitli çevresel sorunlara yol açmakla birlikte, ekonomik değeri olan, değerlendirilebilir atıklardır ve bu sebeple çoğu zaman yan ürün olarak tanımlanmaktadır [8].

Geri dönüştürülebilir nitelikte çok çeşitli organik madde içeren bu atıkların; kısa sürede çok yüksek miktarlarda açığa çıkıyor olmaları ve yüksek fenol, lipid ve organik asit konsantrasyonlarına sahip olmaları nedeniyle; fitotoksik maddelere dönüşerek, özellikle tarım alanları için ciddi riskler oluşturabilecekleri de bilinmektedir [9]. Bazı önemli araştırmacılar, bu atıkların toprak mikrobiyolojisi [10], su ekosistemleri [11] ve hatta atmosfer ortamında [12] olumsuz etkilerini kanıtlamışlardır.

Yeniden (ikinci) yağ çıkarma, yakma, gazlaştırma, anaerobik sindirim, kompostlama ve katı fermantasyon başta olmak üzere, birçok değerlendirme şekli bulunan [9] zeytinyağı fabrikası atıklarının en çok denenmiş olan bir diğer değerlendirme şekli ise direk toprağa uygulama ve gübre olarak değerlendirme olmuştur. Özellikle potasyum (K) ve fosfor (P) olmak üzere, yüksek besin konsantrasyonu ve toprak iyonlarını harekete geçirme potansiyeli bulunan bu atıklar; yüksek mineral tuz içeriği, düşük pH değeri ve özellikle yüksek polifenol içerikleri nedeniyle, fitotoksik etki de gösterdikleri gözlenmiştir [10, 13, 14].

Zeytinyağı atıkları, topraktaki bazı organik bileşiklerin hareketliliğini azaltarak, ekili arazilerde herbisitler (klopiralid ve metamitron) gibi toksik organik kimyasalların sızmasını azaltmak [15], bazı herbisit ve insektisitlerin biyolojik bozulmalarını azaltmak ve sızmalarını geciktirerek yeraltı suyu kirlenme riskini azaltmak için [16, 17] kullanılabildikleri gibi, fitotoksik etkileri nedeniyle, antimikrobiyal [18] ve herbisit [19, 20] olarak da kullanılabilmektedir. Pirina, fenolik bileşiklerin yaklaşık olarak %98'ini içermekte [21] ve hidroksitirozol, oleuropein, tirozol ve elenolik asit en baskın fenolik bileşikleridir oluşturmaktadır [22]. Göreceli olarak çok daha düşük oranlarda fenolik bileşik içeren atık ise zeytin kara suyudur ve kara su,

asidik karakterli, organik ve mineral madde açısından zengin bir yapıdadır [23].

Zeytin sıkım işlemi esnasında açığa çıkan kara su ve pirinanın tarımsal üretimde kullanımını sınırlandıran iki önemli konu; çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve bitkiler üzerindeki fitotoksik etkileridir [24]. İçerdiği fenolik bileşikler, uzun zincirli yağ asitleri, düşük pH ve tuzlar nedeniyle mikroorganizmalar ve bitkiler için yüksek oranda toksik olan [25, 26] zeytin kara suyunun; zeytin ağaçlarında stoma iletkenliğini baskıladığı [27] ve net karbon asimilasyon oranı da dahil olmak üzere fotosentetik parametreleri azalttığı bildirilmektedir [28]. Bu çalışmada; zeytin sıkım işlemi esnasında açığa çıkan atıklardan karasunun yabancı ot gelişimi ve ana ürün olan zeytin ağacı üzerindeki olası fitotoksik etkileri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma; Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait deneme ve araştırma parsellerinde (F649+73Q Bornova, İzmir) mevcut, 4×4 m mesafelerle dikili olan, 11 yaşlı, delice üzerine Domat çeşidi aşıllı zeytin ağaçlarında 2020 yılında yürütülmüştür.

Yabancı ot faaliyetleri başlamadan yaklaşık 1 ay önce, şubat ayı ortasında; 2,5 L.m⁻², 5 L.m⁻² ve 7,5 L.m⁻² dozlarında kara su toprağın 0-30 cm derinliğine karışacak şekilde verilmiş, kontrol ağaçlara herhangi bir uygulama yapılmamış, sadece uygulamalara eşit oranda su verilmiştir. Temin edilen kara suyun pH değeri 4,5, EC değeri ise 7,46 mS.cm⁻¹ olarak ölçülmüştür. Çalışma her bir tekerrürde 4 ağaç bulunacak şekilde, 3 tekerrürlü olarak, tesadüf blokları deneme desenine göre planlanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde, p<0,05 seviyesinde varyans analizi yapılmış ve Duncan testine göre gruplama yapılmıştır. Varyans, korelasyon ve regresyon analizleri SPSS (for Windows) paket programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Uygulamadan sonra parseller takip edilmeye başlanmış ve 6 hafta sonra, nisan ayı başında yabancı ot yoğunluk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Uygulama yapılan ve yapılmayan (kontrol) alanlarındaki yabancı otlar 25 cm kenara sahip çerçeveler ile tesadüfi olarak sayılıp, yabancı ot miktarları belirlenmiştir. Her bir tekerrürün toplam 64 m⁻²'lik parsel alanının en az %10'luk bölümü örneklenene kadar ölçümler tekrarlanmış ve tekerrür ortalaması olarak hesaplanmıştır. Yabancı otlar tek tek isim olarak belirlenmemiş, ölçümler sonrasında, her bir çerçeve alanı içinde kalan yabancı otlar dikkatlice sökülüp, tartım yapılmıştır ve m² başına yağ ağırlık

(g.m⁻²) olarak, toplam yabancı ot yoğunluğu hesaplanmıştır. Bunun yanında; özellikle yabancı ot yoğunluğunun potansiyel transpirasyon etkinliğini belirleme amacıyla da yaprak alanı indeksi (LAI) ölçümleri ile m² başına toplam yabancı ot yeşil aksamaları ölçülmüştür. LAI, bitkilerin yeryüzünde kapladıkları alan başına sahip oldukları toplam aktif vejetatif yüzey olarak ifade edilmektedir [29]. LAI ölçümleri, 180° görüş açısına sahip hemisferik kamera ekipmanı ve dijital modelleme cihazı (CI-110 Digital Plant Canopy Analyzer CID Inc.) yardımıyla, ölçümlerde 5 zenith açısı kullanılarak yapılmış, hesaplamalar ise Norman Campbell prosedürüne göre gerçekleştirilmiştir [30].

Yabancı ot yoğunlukları belirlendikten sonra toprak analizi yapılarak karasuyun toprak kirliliğine olası etkileri belirlenmiştir. Zeytin karasuyunun ana bitki zeytin ağaçlarının önemli gaz alışveriş parametreleri olan fotosentez (A, $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ve transpirasyon (E, $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde de tek gaz hücreli, taşınabilir karbondioksit analiz cihazı (IRGA, CI-301 PS CID, Inc.) ve ölçüm hatalarını minimize etme amacıyla cihaza monte edilmiş olan PAR ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$), CO₂ ve yaprak sıcaklığı kontrol aparatları kullanılmış, hesaplanan fotosentez (A) ve transpirasyon (E) değerlerinin oranlanması sonucunda ise su kullanım etkinliği (WUE, A/E) değerleri hesaplanmıştır [31]. Gaz alışverişi ölçümlerinde; ihmal edilebilir nitelikte olan yaprak yüzey direnci göz ardı edilerek, stoma geçirgenliği (Gs, $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ölçülmüştür. Gaz alışverişi ölçümleri; her tekerrürdeki 4 ağaçta, birer kere yapılmış ve tekerrür ortalaması olarak hesaplanmıştır. Ölçümler öncesinde cihaz, kullanım kılavuzuna göre kalibre edilmiştir. Gaz alışverişi ölçümlerine, yabancı ot yoğunluğunun belirlendiği gün, nisan ayının ilk haftasında başlanmış ve izleyen her ayın ilk haftasında ölçümlere devam edilmiştir. Ölçümler, öğle saatlerinde yaşanan yüksek sıcaklık etkisini bertaraf etme amacıyla 10:30 ile 11:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiş ve ağustos ayında etkisini gösteren yüksek yaprak sıcaklığı değerleri nedeniyle sonlandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulamaların Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri

Çalışmanın yürütüldüğü parsellerde toprak bünyesinin %58 ve killi tınlı olduğu belirlenmiştir. Killi yapının sahip olması nedeniyle, sadece uygulamalar yapılırken su ile eşit oranda seyreltme

yapılmış, yabancı ot çıkışının sağlanması amacıyla hiçbir uygulama parselinde sonrasında sulama yapılmamıştır ve sadece takip edilmiştir. Yağışlarla sağlanan su yabancı ot çıkışı için yeterli olmuştur. Uygulamaların yapıldığı parsellerin 0-30 cm toprak derinliğine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

İlgili literatüre uygun olarak [32, 33], özellikle EC, pH, OM, P, Mg ve K değerlerinde, verilen kara su dozuna bağlı olarak önemli artışlar gözlenmiştir ve özellikle EC ve pH değerlerindeki değişim, oldukça önemlidir. Bunun yanında, yine Mg, K ve P değerlerindeki doza bağlı artış da dikkat çekicidir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Zeytin kara suyu uygulamalarının toprak üzerindeki kimyasal etkileri

Özellikler	Kontrol	2,5 L.m ⁻²	5 L.m ⁻²	7,5 L.m ⁻²
EC (mS.cm ⁻²)	0,68 d	3,91 c	5,19 b	7,67 a
pH	7,37 a	7,11 a	6,43 b	4,76 c
% Kireç	4,47 öd	4,41 öd	3,69 öd	4,55 öd
% O.M.	2,25 d	3,31 c	4,42 b	5,17 a
% N	0,11 öd	0,21 öd	0,12 öd	0,09 öd
P (ppm)	4,7 c	5,53 b	6,18 a	6,71 a
K (ppm)	376 c	455 b	482 b	501 a
Ca (ppm)	7102 c	8567 b	8743 b	11057 a
Mg (ppm)	243 c	378 bc	446 b	614 a
Fe (ppm)	6,7 a	6,1 a	6,5 a	4,7 b
Mn (ppm)	18,3 öd	17,44 öd	18,01 öd	17,61 öd
Zn (ppm)	0,52 a	0,44 ab	0,23 b	0,65 a
Cu (ppm)	1,12 a	1,17 a	1,11 a	0,87 b
B (ppm)	1,2 b	1,33 ab	1,45 ab	1,58 a

Toprak pH değerlerindeki sert düşüşlerin, kara suyun yüksek organik asit miktarına sahip olmasından kaynaklandığı ve birkaç hafta içinde toprak solüsyonu pH değerlerinin normale döndüğü bildirilmektedir [33] aynı çalışmada, pH ve EC değerlerinin, hasat öncesi ve sonrası uygulamalar, depolama koşulları ve özellikle sıkım yöntemine bağlı olarak değişebileceği ve EC değerlerinin de uygulanan kara su dozuna bağlı olarak, 12 mS.cm⁻² değerlerine kadar yükselebileceği ve geri dönüşümün pH değerleri ile kıyaslandığında, çok daha uzun süreceği belirtilmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde, N yönünden istatistiksel bir farklılığın oluşmadığı görülecektir ancak kara suyun düşük N içeriği nedeniyle, N açısından önemli düşüşler, C/N oranı açısından da ciddi artışlar beklenmektedir [33].

Hem ilgili literatürden hem de elde ettiğimiz toprak analiz sonuçlarından görülebileceği üzere, her ne kadar geri dönüşümlü olarak kabul edilse de kara suyun toprağa direk uygulanması, polifenol içeriğinden kaynaklanan fitotoksik etkisine [14] ek olarak, bitkilerde değişen oranlarda tuz stresine de sebep olmaktadır [34]. Zeytin bitkilerindeki tuz toleransı çeşide bağlı gibi görünmektedir ve

mekanizma tam olarak anlaşılamamış olmakla birlikte, özellikle Na^+ ve Cl^- iyonlarının kökte tutulmasının ve sürgünlere tuz taşınımının yavaşlamasının etkili olduğu bildirilmektedir. Zeytin bitkileri 3200 mg.L^{-1} tuz içeren suyla ($\text{ECw } 5 \text{ dS.m}^{-1}$) sulanabilmekte ve %0,4-0,5 kuru yaprak Na seviyelerinde sağlıklı sürgün gelişimi sağlanabilmektedir [35]. Toprak analizi sonuçlarına göre, 5 ve $7,5 \text{ L.m}^{-2}$ uygulamalarının, zeytin ağaçlarının tuz toleransını ciddi biçimde aşmış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Uygulamaların Yabancı Ot Gelişimi Üzerine Etkileri

Farklı dozlarda yapılan kara su uygulamaları sonrasında, 2-3 hafta sürekli gözlemler yapılmıştır. Uygulamalara ait yaş ağırlık cinsinden yabancı ot yoğunluğu ve toplam vejetasyonu belirlemek üzere her parsel için ölçülen LAI değerleri, Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Uygulama yapılan parsellerdeki yaş ağırlık (g) cinsinden yabancı ot yoğunluğu ve yaprak alanı indeksi (LAI) değerleri

	Yaş Ağırlık (g.m^{-2})	LAI
Kontrol	$1302,21 \pm 57,82 \text{ a}$	$3,81 \pm 0,98 \text{ a}$
Uygulama 1 ($2,5 \text{ L.m}^{-2}$)	$723,19 \pm 33,22 \text{ b}$	$1,51 \pm 0,88 \text{ b}$
Uygulama 2 ($5,0 \text{ L.m}^{-2}$)	$345,56 \pm 10,11 \text{ c}$	$0,76 \pm 0,48 \text{ c}$
Uygulama 3 ($7,5 \text{ L.m}^{-2}$)	$87,14 \pm 15,56 \text{ d}$	$0,41 \pm 0,24 \text{ c}$

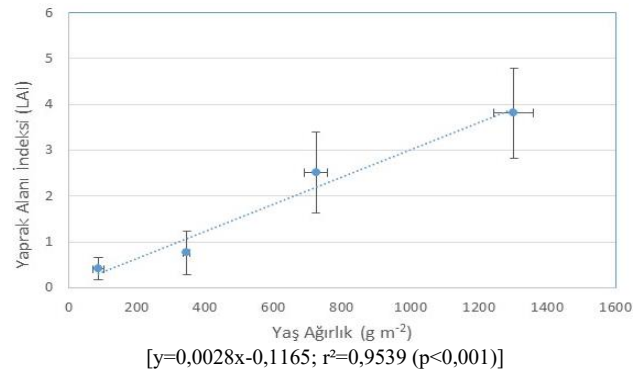
Uygulanan her doz için, çalışma parsellerinde yapılan yabancı ot yoğunluğu ölçümleri sonucunda elde edilen bulgular, literatüre paralel doğrultuda gerçekleşmiş ve artan dozlara paralel olarak, yabancı ot yoğunluğu istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) düşüşler göstermiştir (Çizelge 2). Çalışmada yabancı otlarda tür tanımlama yapılmamıştır ancak özellikle ısırgan otu (*Urtica urens*) bitkisinin yüksek doz uygulamasında dahi tolerans gösterdiği gözlenmiştir. Her bir uygulamadaki tekerrürler arasındaki varyasyonun oldukça yüksek olduğu da gözlenmiş, standart sapma değerleri de Çizelge 1’de verilmiştir. Kontrol ile kıyaslandığında, $2,5 \text{ L.m}^{-2}$ ’ik uygulamada %44,47’lik bir yoğunluk azalması gözlenirken, 5 ve $7,5 \text{ L.m}^{-2}$ ’ik uygulama dozlarında sırasıyla %73,5 ve %93,32’lik bir azalma belirlenmiştir. $2,5$, 5 ve $7,5 \text{ L.m}^{-2}$ ’lik doz uygulamalarının LAI üzerindeki etkileri de benzer olmuştur ve sırasıyla; %60,4, %80,0 ve %89,2 oranlarında vejetatif aksam kayıpları sağlanmıştır.

Çalışmadan elde edilen veriler, ilgili literatür ile de desteklenir niteliktedir. Özellikle bitki çimlenmesi, kara suya en duyarlı faktörlerden biri olarak ifade edilmektedir. Nohut, durum buğdayı, mısır ve domatesin çimlenmesinin, kara su

uygulamalarıyla önemli ölçüde azaldığı [35], domateslerde $80 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ’lik kara su uygulama oranlarının, çimlenme oranını uygulamadan üç gün sonra yaklaşık %60 oranında düşürdüğü [36] ve marul tohumlarının ise $500 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ’lik uygulama sonucunda %0 çimlenme oranı gösterdiği, kontrol uygulamasında ise %87,6’lık bir çimlenme gerçekleştiği belirtilmektedir [37]. *Amaranthus retroflexus* L. gibi bazı yabancı otların çimlenmesinin %90’a kadar baskılamış olduğu, bazı yabancı otlarda aynı başarının sağlanamadığı ancak yaygın olarak bulunan yabancı otların çok büyük kısmında %59 ile %76 oranlarında yoğunluk azalmasının sağlandığı bildirilmektedir [38, 39].

Çalışmada, yaprak alanı indeksi (LAI) ölçümleri; yaş-kuru bitki ağırlıkları ve bitki adedi gibi yabancı ot yoğunluğunu ifade eden ölçüm ve hesaplamalara alternatif olarak yapılmış ve yüksek standart sapma oranlarına rağmen, bitki yaş ağırlığı ile oldukça yüksek bir lineer ilişki gözlenmiştir $r^2=0,9539$ ($p < 0,001$) (Şekil 1). Uygulama dozlarına bağlı olarak, yaklaşık olarak %60 ile %90 oranlarında sağlanmış olan vejetasyon kaybı, özellikle yabancı otlar tarafından gerçekleştirilen transpirasyon oranının düşürülmesi açısından önem taşımaktadır. Bunun yanında; LAI ölçümlerinin yabancı ot yoğunluğunun ölçülmesinde alternatif bir yöntem olabileceği de görülmüştür.

Çalışmada seçilen uygulama dozları, literatürde karşılaşılan dozları genel olarak karşılayacak şekilde belirlenmiştir ve özellikle ağaç başına $7,5 \text{ L.m}^{-2}$ doz, genel olarak oldukça yüksek kabul edilebilir bir dozdur. En düşük doz olan $2,5 \text{ L.m}^{-2}$ ’ik uygulamada dahi %60 civarında bir yeşil aksam kaybının sağlanmış olması oldukça önemlidir.



Şekil 1. Yaprak alanı indeksi (LAI) ve yabancı ot yaş ağırlıkları arasındaki ilişki

Uygulamaların Zeytin Ağaçlarının Gaz Alışverişi Üzerine Etkileri

$2,5$, 5 ve $7,5 \text{ L.m}^{-2}$ ’ik doz uygulamalarının ana bitki konumunda olan zeytin ağaçlarındaki fizyolojik

etkilerinin ortaya konması amacıyla, nisan ayı başında, gaz alışverişi ölçümleri yapılmış ve hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Ana bitki konumundaki zeytin ağaçlarının gaz alışverişi değerleri

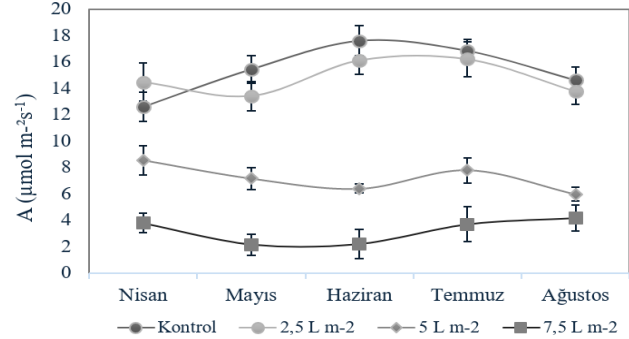
	A ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	E ($\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	WUE (A/E)	Gs ($\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
Kontrol	12,63±0,7 a	9,73±0,9 ab	1,306d	685±12,3 a
Uygulama1(2,5 L.m ⁻²)	14,48±0,7 a	11,34±0,7 a	1,286d	638±13,3 ab
Uygulama2(5,0 L.m ⁻²)	8,56±0,4 b	6,48±0,4 b	1,326d	304±8,04 b
Uygulama3(7,5 L.m ⁻²)	3,81±0,2 c	2,71±0,1 c	1,416d	265±5,7 c

Gaz alışverişi ölçümlerine dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde, 5 ve 7,5 L.m⁻² dozlarında stoma geçirgenliği (Gs) değerlerinde gözlenen %55,62 ve %61,31’lik düşüşlere bağlı olarak, fotosentezde de sırasıyla %32,2 ve %69,83’lük düşüşler gözlenmiştir. Yapılan korelasyon analizine göre, ölçülen A ile Gs arasında oldukça yüksek bir korelasyon olduğu ($r^2=0,9436$ ($p<0,001$)) belirlenmiştir. E ile Gs değerleri arasındaki korelasyon ise ($r^2=0,9071$ ($p<0,001$)) olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, stoma geçirgenliğindeki yaklaşık %7’lik düşüş gerçekleşmesine rağmen, 2,5 L.m⁻² dozunda hem fotosentezde hem de transpirasyonda artış görülmüştür. 2,5 L.m⁻² dozunda yapılan kara su uygulamasının bitki yoğunluğunda düşüş sağlamış olması karşılığında, zeytin ağaçlarında fotosentezde düşüş yaşanmamış olması oldukça önemlidir.

Stoma geçirgenliğindeki düşüşe bağlı olarak gerçekleşen fotosentez düşüşleri karşılığında, transpirasyon oranında da düşüş gerçekleşmiş ve su kullanım etkinliği (WUE) zeytin ağaçlarının korunmuştur. Bu durum, kara suyun zeytin ağaçlarında sebep olduğu stresin sadece stoma geçirgenliği üzerinde etki yaptığı, mezofil geçirgenliği üzerinde olumsuz etkisinin bulunmadığı şeklinde yorumlanabilir. WUE, bitkilerde stres varlığını gösteren en önemli parametrelerden biridir ve 1 değerinin altında olması stres varlığını göstermektedir [40, 41]. Zeytin, çevre koşullarına göreceli olarak birçok kültür bitkisinden çok daha yüksek bir toleransa sahiptir ve çalışmada da benzeri bir sonuçla karşılaşılmış, zeytin bitkileri stoma geçirgenliğindeki düşüş karşısında, transpirasyon oranını düşürerek, su kullanım etkinliğini korumuş, hatta 7,5 L.m⁻² dozunda, su kaybını fotosentez karşısında daha da düşürerek, WUE değerini önemli ölçüde artırmıştır.

Zeytinyağı sıkımı esnasında açığa çıkan kara suyun bitkilerde yarattığı stresin, elastik stres olduğu yani geri dönüşümü olan, geçici bir stres olduğu bildirilmektedir [33]. Bu sebeple, gaz alışverişi

ölçümlerine yukarıda verilen ilk ölçüm sonrasında aylık olarak, her ayın ilk haftasında devam edilmiş ve her uygulama dozu için fotosentez değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Farklı doz kara su uygulamalarında uzun dönem fotosentez değişimi

Farklı doz kara su uygulamalarının fotosentez üzerindeki uzun süreli etkileri incelendiğinde; 2,5 L.m⁻² uygulama dozu uygulanan zeytin bitkilerinde, fotosentezdeki düşüşün, diğer dozlar ile kıyaslandığında, oldukça sınırlı kaldığı (Çizelge 3 ve Şekil 2) ancak 5 ve 7,5 L.m⁻² dozlarda temmuz ayına kadar istatistiksel anlamda önemli bir değişimin gözlenmediği belirlenmiştir. Kontrol zeytin ağaçlarında ise, haziran ortalarına kadar önemli bir artış saptamıştır. Haziran ayı ile kıyaslandığında, temmuz ayında özellikle kontrol grubunda düşüş yaşandığı görülmektedir ve bu düşüşün ağustos ayında hızlandığı ve mevsime bağlı yüksek sıcaklık stresine bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple; çevre koşullarının baskın etkisi nedeniyle, ağustos ayı sonrasında ölçümler sonlandırılmıştır. 2,5 L.m⁻² uygulama dozu uygulanan zeytin bitkilerinde de haziran ve temmuz aylarında stresin geri dönüşümünün sağlandığı söylenebilir ancak benzer şekilde, ağustos ayında düşüş gerçekleşmiştir. 5 ve 7,5 L.m⁻² dozlarda ise fotosentezdeki ciddi düşüş devam etmiştir ve uzun dönemde kara su kaynaklı strese geri dönüş konusu, elde edilen verilere göre belirsizdir ancak herhangi bir ölçüm yapılmamış olmakla birlikte, yüksek doz kara su uygulanan bitkilerde sonraki yıllarda verim ve kalite açısından sorun yaşanmamış, zararlanma sadece bir yıllık ürünü etkilemiştir.

Zeytin kara suyunun; zeytin ağaçlarında stoma iletkenliğini baskıladığı ve net karbon asimilasyon oranı da dahil olmak üzere fotosentetik parametreleri azalttığı bildirilmektedir [27, 28]. Çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Fotosentezde yaşanan düşüşlerin mekanizması ise tam olarak anlaşılamamıştır. Bazı araştırmacılar, klorofil pigmentinin kara suyun toksik etkisi sonucu zarar görmesi ile fotosentezde düşüşlerin gerçekleştiğini

[42, 43] ya da şiddetli demir noksanlığının fotosentezi sekteye uğrattığını [44] öne sürmektedirler. Çalışmada, uygulama yapılan zeytin ağaçlarının yapraklarında gözle görülebilir nitelikte klorofil kayıpları gözlenmemiştir. Bunun yanında; zeytin çok kolay semptom göstermeyen bir bitkidir ve birçok farklı bitkide düşük klorofil etkinliği ve besin maddesi değişimleri anında belirti olarak gözlenebilmektedir.

Zeytin karasuyu uygulamalarının çok yönlü etkilerinin incelendiği, Girit'te yapılan bir çalışmada; kritik toprak özelliklerinde olumsuz etkilerin gözlenmediği, üstelik toprak besin maddesi içeriği yönünden olumlu sonuçların kayda değer olduğu ancak uzun dönem etkilerin belirlenmesi konusunda araştırmaların yetersiz olduğu ve özellikle ekonomik ve yasal çerçevenin oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır [45]. Zeytin karasuyunun toprak kimyasal özellikleri, toprak mikrobiyolojisi ve zeytin ağacı gelişme parametreleri üzerindeki uzun vadeli etkileri çok az araştırılmıştır ancak uygulamaların uzun dönemdeki etkilerinin bilinmesi de büyük önem taşımaktadır. Yapılan uygulamaların uzun dönemdeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada; toprak fosfor içeriği ve Firmicutes bakterisi popülasyonu dışındaki pH ve tuzluluk stresi de dahil olmak üzere, tüm toprak, toprak mikrobiyolojisi ve zeytin bitkilerinin gelişim parametrelerinin uzun süreli etkilerinin görülmediği, tamamen geri dönüşümün sağlandığı belirlenmiştir ve zeytin karasuyunun uzun dönem kullanılmasının zeytinliklerdeki endemik toprak bakteri topluluğunu, bitki gaz alışverişini, zeytin ağacının vejetatif gelişimini, meyve verimini ve meyve kalitesini etkilemediği araştırmacılarca bildirilmiştir [46].

SONUÇ

Çevre üzerindeki olumsuz etkileri, bitkiler üzerindeki fitotoksik etkileri ve kısa sürede çok yüksek miktarlarda açığa çıkıyor olmaları nedeniyle, aslında oldukça değerli ve zengin bir içeriğe sahip olan zeytinyağı fabrika atıkları masraflı ve zahmetli işlemlerden geçirilmeden kullanılamamaktadır. Farklı değerlendirme şekilleri bulunan bu atıkların, bitki besleme ve yabancı ot kontrolü amacıyla kullanımları mümkündür ve herhangi bir işleme tabi tutulmadan, direk olarak uygulanabilmektedirler ancak her tarımsal bitki ve yetiştiricilik sistemi için, doz ayarlamasının çok isabetli bir şekilde yapılması neredeyse zorunludur. Uygun dozlarda uygulama yapılmadığı sürece, çevre ve yetiştiricilik açısından çok büyük riskleri de beraberinde getirebilmektedirler.

Çalışmada kara su olarak tanımlanan zeytinyağı fabrikası sıvı atığının, zeytin yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesi amacı ile kullanım olanağı incelenmiştir. 2,5 L.m⁻², 5 L.m⁻² ve 7,5 L.m⁻² dozlarında yapılan uygulamalar sonucunda, doza bağlı olarak önemli yabancı ot yoğunluk kayıpları sağlanmış, en düşük doz olan 2,5 L.m⁻²'lik uygulamada dahi %44,47'lik bir yoğunluk azalması gözlenirken, 7,5 L.m⁻²'lik uygulama dozunda %93,32 gibi oldukça yüksek bir başarı sağlanmıştır. Ancak zeytin karasuyunun fitotoksik özelliği zaten uzun yıllardır bilinen bir özelliktir ve kontrollü düşük dozlarda kullanım ile özellikle kısa süreçte geri dönüşümlü bir toksisitenin tolere edilebilir seviyelerde kaldığı ilgili literatür paralelinde, bu çalışmada da gözlenmiştir. Zeytin karasuyunun yetiştiricilikte kullanımının toprak korunumu, bitki besleme, yabancı ot yönetimi ve sürdürülebilir çevre yanında, yasal ve ekonomik yönleri de bulunmaktadır ve bütüncül yaklaşımla optimum faydanın sağlanabileceği bir uygulama modelinin ve yönetim planının oluşturulması önem kazanmaktadır. Zeytinyağı üreten birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de yönetim planları verimlilik ve sürdürülebilirlikten oldukça uzak durumdadır. Bu sebeple; farklı toprak ve iklim koşullarında, toprak biyokimyası ve mikrobiyolojisi üzerindeki etkiler yanında, zeytin ağacının beslenmesi, fizyolojisi ve üretimin niceliği ve niteliği üzerindeki uzun vadeli etkilerin belirlenmesi ve çevre dostu tarım bağlamında yerel ve bölgesel sürdürülebilir kalkınma perspektifleri açısından uzun vadeli ekonomik analizlerin yapılması da büyük önem taşımaktadır.

Çalışmada kullanılan dozlar, ilgili literatür ışığında belirlenmiştir ancak önceki yıllarda yapılan çalışmalarda kullanılan bitkiler ve yetiştiricilik alan ve sistemleri birbirinden çok farklıdır. Gelecekte zeytin yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesi amaçlı çalışmalarda, 2,5 L.m⁻² dozun ve daha düşük dozların denenmesinin, farklı bitkilerde yapılacak olan çalışmalarda da denenecek doz sayısının artırılmasının ve doz ayarlama esnasında, toprak ve bitki özelliklerinin göz önünde bulundurulmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Anonymous, 2019. International olive council. EU Olive Oil Figures.
2. Rapa, M., Ciano, S., 2022. A review on life cycle assessment of the olive oil production. Sustainability 14(2):654.
3. Demichelli, M., Bontoux, L., 1996. Studies survey on current activity on the valorization of by-

- products from olive oil industry, European Commission Joint Research Center, Final Report.
4. Masghouni, M., Hassairi, M., 2000. Energy applications of olive-oil industry by-products: I. The exhaust foot cake. *Biomass and Bioenergy* 18:257-262.
5. Tunç, M.S., Ünlü, A., 2015. Zeytinyağı üretim atıksularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım teknolojileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(2):44-74.
6. Baniyas, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, N., Stefanou, M., 2017. Environmental impacts in the life cycle of olive oil: a literature review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(6):1686-1697.
7. Valenti, F., Liao, W., Porto, S.M., 2020. Life cycle assessment of agro-industrial by-product reuse: a comparison between anaerobic digestion and conventional disposal treatments. *Green Chemistry* 22(20):7119-7139.
8. Baniyas, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, N., Stefanou, M., 2017. Environmental impacts in the life cycle of olive oil: a literature review. *J. Sci. Food Agric.*, 97:1686-1697. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8143>.
9. Roig, A., Cayuela, M.L., Sánchez-Monedero, M., 2006. An overview on olive mill wastes and their valorization methods. *Waste Management (New York, N.Y.)*. 26:960-9. [10.1016/j.wasman.2005.07.024](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.024).
10. Paredes, M.J., Moreno, E., Ramos-Cormenzana, A., Martinez, J., 1987. Characteristics of soil after pollution with wastewaters from olive oil extraction plants. *Chemosphere* 16(7):1557-1564.
11. DellaGreca, M., Monaco, P., Pinto, G., Pollio, A., Previtera, L., Temussi, F., 2001. Phytotoxicity of low-molecular-weight phenols from olive mill wastewaters. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 67:352-359.
12. Rana, G., Rinaldi, M., Introna, M., 2003. Volatilization of substances alter spreading olive oil waste water on the soil in a Mediterranean environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96:49-58.
13. Esteve, C., Marina, M.L., García, M.C., 2015. Novel strategy for the revalorization of olive (*Olea europaea*) residues based on the extraction of bioactive peptides. *Food Chem.* (167):272-280.
14. Lama-Muñoz, A., Rodríguez-Gutiérrez, G., Rubio-Senent, F., Fernández-Bolaños, J., 2012. Production, characterization and isolation of neutral and pectic oligosaccharides with low molecular weights from olive by-products thermally treated. *Food Hydrocoll.* (28):92-104. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.11.008>.
15. Cox, L., Celis, R., Hermosin, M.C., Becker, A., Cornejo, J., 1997. Porosity and herbicide leaching in soils amended with olive-mill wastewater. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65:151-161.
16. Albarrán, A., Celis, R., Hermosin, M.C., López-Piñero, A., Cornejo, J., 2004. Behavior of simazine in soil amended with the final residue of the olive oil extraction process. *Chemosphere* 54:717-724.
17. Cox, L., Hermosin, M.C., Cornejo, J., 2004. Influence of organic amendments on sorption and dissipation of imidacloprid in soil. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry* 84:95-102.
18. Özbey, E., 2024. Zeytin kara suyu, pirina ve külünün kimyasal içeriği ile antimikrobiyal özellikleri. *IJPAS* 2024, 10(1) <https://doi.org/10.29132/ijpas.1446936>.
19. Cayuela, M.L., Millner, P.D., Meyer, S.L.F., Roig, A., 2008. Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes. *Sci. Total Environ.* 399:11-18.
20. Tubeileh, A.M., Justin, T.S., Israel, M., Gary, A.G., 2019. Exploiting olive mill byproducts and other waste for organic weed management. *Horticulturae* 5, No.3: 59. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5030059>.
21. Araújo, M., Pimentel, F.B., Alves, R.C., Oliveira, M.B.P.P., 2015. Phenolic compounds from olive mill wastes: health effects, analytical approach and application as food antioxidants. *Trends Food Sci. Technol.* (45):200-211. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.010>.
22. Nunes, M.A., Costa, A.S.G., Bessada, S., Santos, J., Puga, H., Alves, R.C., Freitas, V., Oliveira, M.B.P.P., 2018. Olive pomace as a valuable source of bioactive compounds: a study regarding its lipid and water-soluble components. *Sci. Total Environ.* (644):229-236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.350>.
23. Dalkılıç, B., 2018. Zeytinyağı endüstrisi yan ürünlerinin hayvan besleme alanında değerlendirilme olanakları. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi* 5(3):904-913. <https://doi.org/10.31202/ecjse.433078>.
24. Mekki, A., Dhouib, A., Sayadi, S., 2013. Review: effects of olive mill wastewater application on soil properties and plants growth. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 2:15.
25. Pierantozzi, P., Zampini, C., Torres, M., Isla, M.I., Verdenelli, R.A., Meriles, J.M., Maestri, D., 2012. Physicochemical and toxicological assessment of

- liquid wastes from olive processing-related industries. *J. Sci. Food Agric.* 92:216-223.
26. El-Abbassi, A., Saadaoui, N., Kiai, H., Raiti, J., Hafidi, A., 2017. Potential applications of olive mill wastewater as biopesticide for crops protection. *Sci. Total Environ.* 576, 10-21.
 27. Tubeileh, A., Abdeen, M., 2017. Effect of one-time olive-mill waste water application on yield and water relations of olive trees. *Acta Hort.* 303-306.
 28. Mechri, B., Cheheb, H., Boussadia, O., Attia, F., Ben Mariem, F., Braham, M., Hammami, M., 2011. Effects of agronomic application of olive mill wastewater in a field of olive trees on carbohydrate profiles, chlorophyll a fluorescence and mineral nutrient content. *Environ. Exp. Bot.* 71:184-191.
 29. Watson, D.J., 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties and within and between years, *Annals of Botany* 11(1):41-76.
 30. Norman, J.M., Campbell, G.S., 1989. Canopy structure. In: *Plant Physiological Ecology: Field methods and instrumentation*. (Eds. R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Mooney, P.W. Rundel) Chapman and Hall, New York, pp:301-325.
 31. Condon, A.G., Hall, A.E., 1997. Adaptation to diverse environments: variation in water use efficiency within crop species. *Ecology in agriculture*, Ed. by Louisie E. Jackson, pp:79-116, ISBN:0-12-378260-0, Academic Press, USA.
 32. Seferoğlu, S., Aydın, B.G., Aydın, M., 2000. Effects of vegetation water of oil mills on some physical and chemical characteristics of soils. In *Proceedings of International Symposium on Desertification*, Konya, Türkiye, pp:247-251.
 33. Barbera, A.C., C. Maucieri, V. Cavallaro, A. Ioppolo, G. Spagna, 2013. Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. *Agricultural Water Management* 119:43-53.
 34. Dakhli, R., Lamouri, R., Mallek-Maalej, Elhem. 2014. Effect of olive mill waste water under salt stress conditions on phenological behavior of barley crop (*hordeum vulgare*): pot experiment. *Journal of Materials and Environmental Science.* 5:1033-1038.
 35. El Hadrami, A., Belaqqiz, M., El Hassni, M., Hanifi, S., Abbad, A., Capasso, R., Gianfreda, L., El Hadrami, I., 2004. Physicochemical characterization and effects of olive oil mill wastewaters fert irrigation on the growth of some mediterranean crops. *J. Agron.* 3:247-254.
 36. Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M.A., Gianfreda, L., 2006. Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biol. Biochem.* 38:600-610.
 37. Pierantozzi, P., Zampini, C., Torres, M., Isla, M.I., Verdenelli, R.A., Meriles, J.M., Maestri, D., 2012. Physicochemical and toxicological assessment of liquid wastes from olive processing-related industries. *J. Sci. Food Agric.* 92:216-223.
 38. Cayuela, M.L., Millner, P.D., Meyer, S.L.F., Roig, A., 2008. Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi and nematodes. *Sci. Total Environ.* 399:11-18.
 39. Boz, O., Dogan, M.N., Albay, F., 2003. Olive processing wastes for weed control. *Weed. Res.* 43:439-443.
 40. Condon, A.G., Hall, A.E., 1997. Adaptation to diverse environments: variation in water use efficiency within crop species. *Ecology in Agriculture*, Ed. by Louisie E. Jackson, pp:79-116, ISBN:0-12-378260-0, Academic Press, USA.
 41. Gimenez, C., Orgaz, F., Fereres E., 1997. Productivity in water-limited environments: dryland agricultural systems. *Ecology in Agriculture*, Ed. by Louisie E. Jackson, pp:117-143, ISBN:0-12-378260-0, Academic Press, USA.
 42. Ouzounidou, G., Zervakis, G.I., Gaitis, F., 2010. Raw and microbiologically detoxified olive mill waste and their impact on plant growth. *Terr. Aquatic Environ. Toxicol.* 4(1):21-38.
 43. Rinaldi, M., Rana, G., Introna, M., 2003. Olive-mill wastewater spreading in southern Italy: effects on a durum wheat crop. *Field Crops. Res.* 84:319-326.
 44. Morales, F., Abadia, A., Abadia, J., 1998. Photosynthesis, quenching of chlorophyll fluorescence and thermal energy dissipation in iron-deficient sugar beet leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 25:403-412.
 45. Kapellakis I. E., Tzanakakis V. A., Kabourakis E. M., 2025. Circular economy and olive mill wastewater management—from production to direct land application and short-term effects on soil properties. *Frontiers in Sustainability*, Vol. 6. DOI=10.3389/frsus.2025.1545806, ISSN=2673-4524.
 46. Regni, L., Pezzolla, D., Ciancaleoni, S., Marozzi, G., Albertini, E., Gigliotti, G., Proietti, P., 2021. Long-Term Effects of Amendment with Olive Mill Wastewater on Soil Chemical Properties, Microbial Community, and Olive Tree Vegetative and Productive Activities. *Agronomy* 11 (12), 2562; <https://doi.org/10.3390/agronomy11122562>