

Bitki Biyolojisi ve Arazi Bozulmasının Değerlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar

Editör
EBRU GÜL

BİDGE Yayınları

Bitki Biyolojisi ve Arazi Bozulununun Değerlendirilmesinde
Yenilikçi Yaklaşımlar

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL

ISBN: 978-625-6645-12-7

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayımlama Tarihi: 25.12.2023

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Doğanın karmaşıklığına duyulan hayranlık, insanoğlunu yüzyıllardır keşfetmeye ve anlamaya yönlendirmiştir. Bitkiler, bu doğal dünyanın önemli bir parçasını oluşturur ve biyolojileri, ekosistemlerin temel taşlarından biri olarak çeşitlilik ve dayanıklılık açısından kritik bir rol oynar. Bu kitap, bitki biyolojisi ve arazi bozulumu üzerine odaklanarak, bu temel unsurların anlaşılması ve sürdürülebilir bir gelecek için önemli olan yenilikçi yaklaşımları ele almaktadır. Günümüzde, çevresel sorunlar giderek artmaktadır ve arazi bozulumu, ekosistemlerin istikrarını tehdit eden ciddi bir sorun haline gelmiştir. Ancak, bilim ve teknolojiye hızlı ilerlemelerle birlikte, bu zorlukların üstesinden gelmek için yeni ve etkili çözümler geliştirme potansiyeli artmıştır. Bu kitap, bitki biyolojisi ve arazi bozulumu konularındaki güncel araştırmaları ve yenilikçi yaklaşımları bir araya getirerek, bu alandaki bilgi boşluklarını doldurmayı amaçlamaktadır.

“Zeytin (*Olea Europaea* L.)’de Döllenme Biyolojisi ve Meyve Tutumunu Etkileyen Faktörler” başlıklı açılış bölümünde okuyucular, zeytinin karmaşık biyolojisine ilişkin bilimsel bir araştırmaya davet ediliyor. Bu bölüm, başarılı gübrelemenin esrarengiz süreçlerini ve *Olea Europaea* L.’de meyve tutumunu etkileyen sayısız faktörü sistematik olarak aydınlatmaktadır. Makale, bu ekonomik açıdan karmaşık üreme süreçlerine ilişkin anlayışımızı geliştirmek isteyen araştırmacılar ve uygulayıcılar için değerli bilgiler sunan kapsamlı bir rehber görevi görmektedir.

“Şeker Pancarı Yetiştiriciliğinde Kullanılan Uzaktan Algılama Teknolojilerine Dayalı Bitki Örtüsü İndeksleri: Bir İnceleme” başlıklı ikinci makaleye geçiş yapan okuyucular, şeker pancarı yetiştiriciliğinde uzaktan algılama teknolojilerinin uygulanmasına odaklanan bu incelemede tarımsal uygulamaların optimize edilmesinde ileri teknolojilerin rolünü eleştirel bir şekilde incelemektedir. Bilim camiası için bu bölüm, teknolojinin çağdaş

tarım üzerindeki dönüştürücü etkisini kabul ederek, en ileri bilim ve tarımın entegrasyonuna ilişkin incelikli bir bakış açısı sunmaktadır.

“Çölleşme ve Toprak Erozyonu Değerlendirmelerinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Uygulamaları: Bir İnceleme” başlığı altındaki son bölüm seti, çevre bilimi alanını ve onun bulanık mantıkla kesişimini ele alıyor. İklim değişikliğinin tarımsal alanlarımızı tehdit ettiği bir çağda bu bölümler, çölleşme ve toprak erozyonunun etkilerinin değerlendirilmesi ve azaltılmasında Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin (BAHP) pratik uygulamalarına ilişkin kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Bu bölüm araştırmacılara karmaşık çevre problemlerinin yönetiminde kullanılan yenilikçi metodolojilere derinlemesine bir bakış sunmaktadır.

Kitabın her bölümü, alanındaki uzmanların katkılarıyla şekillenmiştir ve güncel araştırmalara dayanmaktadır. Okuyucular, bitki biyolojisi ve arazi bozulumu konularında önemli kavramları anlamalarına yardımcı olacakları gibi, aynı zamanda bu bilgileri günlük hayatta uygulama potansiyellerini de keşfedeceklerdir. Kitap, bu üç bölüm dikkate alındığında bitki biyolojisinin temel prensiplerini anlamak isteyen öğrencilerden, arazi yönetimi ve çevre koruma konularında çalışan profesyonellere kadar geniş bir okuyucu kitlesini hedeflemektedir. Yazarlar, bu kitap boyunca, bitki örtüsünün ekosistemlerde oynadığı rolü vurgulayarak, arazi bozulumunun nedenleri ve etkileri üzerinde derinlemesine bir analiz sunmaktadır. Sonuç olarak, *Bitki Biyolojisi ve Arazi Bozulumunun Değerlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar* adlı bu kitap, doğa sevgisiyle yan yana duran, bilimin gücü ve teknolojinin ilerlemesi ile gelecek nesillere daha sürdürülebilir bir dünya bırakma misyonuyla, bilgi ve çözüm önerileri sunmaktadır. Umarım bu kitap, okuyuculara hem bitki biyolojisi hem de arazi bozulumu konularında geniş bir perspektif sunar ve bu alanlardaki ileri çalışmalar için bir ilham kaynağı olur.

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	5
Zeytin (<i>Olea Europaea L.</i>)’De Döllenme Biyolojisi Ve Meyve Tutumunu Etkileyen Faktörler	7
Cemile KAPLAN	7
Şenay KARABIYIK.....	7
Emine AÇAR	7
Nurten KURT	7
Yazgül KAPLAN	7
Yıldız AKA KAÇAR	7

Vegetation Indexes Based on Remote Sensing Technologies Used in Sugar Beet Cultivation: A Review.....	40
Nursaç Serda KAYA	40
Fuzzy Analytical Hierarchy Process Applications in Desertification and Soil Erosion Assessments: A Review	63
Nursaç Serda KAYA	63
Orhan DENGİZ	63
Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahasının (Kastamonu/Tosya) Çölleşme Hassasiyetinin Belirlenmesi*	94
Derya DEMİRCİ	94
Ebru GÜL	94
Melda DÖLARSLAN.....	94

BÖLÜM I

Zeytin (*Olea Europaea L.*)’De Döllenme Biyolojisi Ve Meyve Tutumunu Etkileyen Faktörler

Cemile KAPLAN¹
Şenay KARABIYIK²
Emine AÇAR³
Nurten KURT⁴
Yazgül KAPLAN⁵
Yıldız AKA KAÇAR⁶

GİRİŞ

Zeytin (*Olea europaea L.*) milattan önce 3000’li yıllardan itibaren yetiştiriciliği yapılan değerli ve önemli bir bitki türüdür. Akdeniz bölgesinin tipik ve yaygın ağaçlarındandır ve maki bitki

¹ Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Hatay

² Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü -Adana

³ Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı – Adana

⁴ Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Adana

⁵ Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü- Şanlıurfa

⁶ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü -Adana, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı – Adana

örtüsünün de bir üyesidir (Loukas & Krimbas 1983). Zeytinin genom büyüklüğü yaklaşık olarak 1800 Mb 'dır ve kromozom sayısı $2n=46$ 'dır (Rosa & ark., 2003). Zeytin, taksonomik sınıflandırma sistemine göre 20 - 29 cinsle temsil edilen *Oleaceae* familyasına dahil bir türdür (Morettini, 1972). *Olea* cinsi, yetiştiriciliğe elverişli olmayan koşullarına sahip alanlardan çıkan çeşitli tür ve alt türleri içermektedir. Bunların çoğu çalılar veya ağaçlar olmakla birlikte yenilebilir meyvesi olan tek tür, kültür zeytinin de dahil olduğu *Olea europaea* L.'dir (Morettini, 1972). Yetiştirilme alanının büyük çoğunluğu Akdeniz havzasında bulunmaktadır ve üretilen ürünlerin %70'i yine bu bölgede tüketilmektedir (Baldoni & Belaj 2010). Zeytin, fenolik bileşikler ve antioksidanlar başta olmak üzere çeşitli fitokimyasallar açısından zengin bir meyvedir (Ryan & Robards, 1998). Buna ilaveten yapısında zeytine özgü verbaskosid, ligastrosid, oleuropein gibi antioksidanlar da bulunmaktadır (Ryan & ark., 1999). Yapılan birçok çalışmada zeytinin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır (Keys, 1995, Pe'rez-Jime'nez & ark., 2007). Zeytinin içeriğinde bulunan ve diğer bitkilerde bulunmayan bazı bileşikler insan sağlığı üzerinde doğrudan etkisi olan bileşiklerdir. Sekoiridoid adı verilen bu maddeler zeytin fenoliklerinin en önemli sınıfını oluşturmaktadır ve başta *Olea europaea* L. olmak üzere yalnızca *Oleaceae* familyasında bulunmaktadır (Minelli & ark., 2000).

Yabani zeytin ve kültür zeytinleri aynı kromozom sayısına sahiptir fakat zeytinde, çeşitler arasında tozlaşmayı mümkün kılmayan ve genetik çeşitliliğin oluşmasına olanak tanımayan döllenme biyolojisini ve meyve tutumunu etkileyen uyumsuzluk problemi mevcuttur.

Tüm bitkilerde olduğu gibi zeytin bitkisinde de neslin devamını sürdüren ve genetik çeşitliliği sağlayan generatif organlar bulunmaktadır ve çiçekler bitkinin biyolojik döngüsünde önemli bir yere sahiptir. Kaliteli ve iyi ürün elde etmek amacı ile bitkiler çiçek gelişim ve döllenme aşamalarını sağlıklı bir şekilde tamamlamalıdır. Zeytinde eşeyssel üreme organı olan çiçekler, vejetatif gelişim aşamasını takiben oluşan generatif gelişim aşamasının

tamamlanmasıyla oluşmaktadır. Uzun süren vejetatif gelişim evresinin tamamlanması sonucu generatif aşamaya ulaşmaktadır. Generatif aşamada oluşan çiçek tomurcukların fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal değişim sürecinin tamamlanmasıyla çiçekler meydana gelmektedir. Bu süreç boyunca uygun sıcaklık, bitki besin rezervi, beslenme durumu, hormonlar, tozlayıcı çeşit gibi çevresel ve genetik faktörler çiçek yapısının gelişimini ve dölllenme biyolojisini etkilemektedir (Eti, 1996).

Zeytinin Çiçek Yapısı

Zeytin çiçeği bir önceki sezona ait sürgünler üzerinde bulunan yaprak aksillerindeki çiçek tomurcukların farklılaşması sonucunda somak (panikula) adı verilen salkımlar üzerinde oluşmaktadır. Zeytin, aynı somak üzerinde hem tam çiçek (hermafrodit) hem de erkek çiçek (staminate) bulundurabilen, diklin bitkiler grubunda yer alan andromonoik bitkilerdendir. Zeytin ağacı çevresel faktörlere ve fizyolojik değişimlere göre değişmekle birlikte yaklaşık 500 000 kadar çiçek açmakta ve bu çiçeklerin sadece %1-2'si meyveye dönüşmektedir (Martin,1990). Somakların uzunluğu 10-70 mm ve bir somakta 5-60 adet çok küçük boyutta çiçekler bulundurmaktadır. Somakta yer alan tam çiçekte (hermafrodit) dıştan içe doğru 4 adet yuvarlak açık yeşil renkli çanak yaprak, 4 adet beyaz-sarımsı taç yaprak, iri anterlere sahip iki erkek organ bulunmaktadır. Dişi organ çiçeğin ortasında bir tane olup iki karpelli, her karpelde 2 tohum taslağı yer alan yumurtalık, kısa bir stil ve genişçe stigmadan oluşmaktadır. Erkek çiçekte (staminate) ise dişi organ ya yoktur ya da yeterince gelişmemiştir (Seifi & ark., 2008; Kaplan & ark., 2023).

Zeytinde, sürgünler üzerinde sadece çiçek tomurcukları bulunmayıp aynı zamanda yaprak tomurcukları da bulunmaktadır. Sürgün üzerinde yer alan çiçek ve yaprak tomurcukları ilk dönemlerde benzer yapılar gösterirken, belirli koşulların etkisi ile ilerleyen dönemlerde farklılaşmalar göstermektedir. Sürgün üzerindeki tomurcuğun çiçek ya da yaprak tomurcuğuna dönüşmesinde; sürgün pozisyonu, o yılın meyve yükü, bitkinin besin

rezervi, su dengesi, ışık açısı, sıcaklık gibi çeşitli faktörler belirleyici olabilmektedir (Lavee & ark.,1996). Tomurcukların oluşumu ve gelişimi temmuz ayında anatomik olarak tek tip şeklinde görülürken, takip eden aylarda yaprak tomurcuklarında değişimler görülerek şubat ayında kubbe şeklini almaktadır. Çiçek tomurcuklarında ise kasım ayına kadar herhangi bir değişim gözlemlenmediği, varsa da çok az farklılık olduğu görülmektedir. Çiçek tomurcukları kasım ayında aktif duruma geçmekte, ocak ayında ise belirgin bir hal almaktadır. Mart ayında çiçek farklılaşmasının ilk fazının olduğu, nisan ayı sonrasında da çiçeklenmenin başladığı tespit edilmiştir (Fabbri & Alerci, 1999). Zeytinde görülen periyodisitenin etkisi çiçek tomurcuğunun farklılaşma sürecinde ürünün var yılında ve yok yılında birikiminden kaynaklanmaktadır. Yapılan morfolojik ve biyokimyasal analizlerde var yılı veya yok yılındaki çiçek yapısında herhangi bir histokimyasal farklılık tespit edilememiştir (Andreini & ark., 2008). Manzanillo zeytin çeşidinde çiçek gelişimi hakkında detaylı bilgi almak amacıyla Kasım ayından itibaren çiçek tomurcukları elektron mikroskop altında incelemeye alınmıştır (Cuevas & Pinney,1999). İnceleme sonucunda, şubat ayının ortasına kadar tomurcuklarda herhangi farklılaşma görülmediği, ilk farklılaşmanın Şubat ayı ortasında sepal primordiumu ile başlayıp, ardından petallerin olduğu, çiçeklenmeden yaklaşık 7 hafta önce stamenlerin, 6 hafta öncesinde de pistil oluşumunun gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Pistil aborsiyonunun ise çiçeklenmeden yaklaşık bir ay önce gerçekleştiği tespit edilmiştir. Pistil aborsiyonu çiçek farklılaşması boyunca meydana geldiği halde, yaygın olarak pistilin hızlı gelişim gösterdiği evrede görülmüştür. Erkek çiçeklerin oluşmasına yol açan pistil aborsiyonunun temel nedeni olarak, çiçeklerin gelişim aşamasında meydana gelen besin rekabetinden dolayı pistile aktarılacak olan besinlerin diğer gelişmekte olan çiçek organları tarafından kullanılmasından kaynaklanan yetersiz beslenme sonucunda olduğu görülmektedir. Bursa'da iki farklı yörede Gemlik zeytin çeşidinde çiçek tomurcuğu farklılaşması üzerine yapılan bir çalışmada ise, her iki yörede genel olarak morfolojik ayırım periyodu başlangıcının şubat ayının ilk haftasında

meydana geldiği görülmüştür. Çiçek tomurcuğunda çanak yaprakların oluşumu şubat ayının üçüncü haftasında, taç yaprak ve erkek organ taslaklarının oluşumu Mart ayı ortalarında, tohum taslaklarının ise Nisan ayının ikinci haftasında görüldüğü saptanmıştır (Barut & Ertürk, 2002). Ülkemizde 40-60 yaşlarındaki Gemlik zeytin çeşidi üzerine yapılan histolojik çalışmada, bazı çiçek yapılarında 3 veya 4 erkek organ ve 6 taç yaprağa rastlanılmıştır. Ayrıca erkek organ yapıları normal gelişim gösteren çiçeklerin varlığı ile birlikte anterlerde tek çiçek tozu kesesi gibi farklı anormallikler de tespit edilmiştir. Anormal dişi organ gelişiminde küçük, sarı, bozulmuş yumurtalıklar görülmüştür. Tepecik (stigma) ve boyuncuk (stil) ya oluşmaya başladığı aşamada küçük kalmış ya da hiç oluşmadan farklılaşmanın sona erdiği öne sürülmüştür. Ayrıca, anormal çiçek oluşumunda çevresel uyartılar ve bu aşamada bitkiye yapılan uygulamaların önemli derecede etkileyici olduğu bildirilmiştir. Anormal çiçek oluşumunun kötü bakım koşulları ve besin eksikliğinden meydana gelmesi ayrıca bu anormal çiçek oranının fazla olması durumunda verimin olumsuz etkilenebileceği ifade edilmiştir (Uysal, 2012). Zeytin bitkisinin çiçek tomurcuklarının daha çiçeklenmeye geçmeden önce kendi aralarında besinsel rekabet halinde olduğu ve zeytinde üreme organlarının gelişimin tüm aşamalarında bu rekabetin rol oynadığı ifade edilmiştir. Bu besinsel rekabetten dolayı erkek çiçek ve tam çiçek oluşumunda çeşit ve yıl açısından değişkenlik olabildiği tespit edilmiştir (Rosati & ark., 2010a). Ağaç üzerinde bulunan fazla meyve yükü, bir sonraki yılın çiçek oluşumu üzerinde negatif bir ilişki olduğu, bunun da kısmen ağaçtaki besin rezervine bağlı olduğu değerlendirilmiştir (Famiani & ark., 2019). Bununla birlikte, kültür zeytin çeşitleri üzerinde yapılan 10 yıllık bir çalışma sonucunda zeytin çiçeğindeki erkek çiçek sayısının meyve oluşumu üzerinde çok önemli bir etkisinin görülmediği analiz edilmiştir (Lavee & ark., 1996). Buna karşın, yapılan başka bir çalışmada ise zeytindeki erkek çiçeklerinin sayısının fazla olması meyve tutumunu etkilediğini, zeytin ağacının verimliliği tam gelişmiş çiçek sayısına ve çiçek tozlarının çimlenme başarısına bağlı olduğu belirtilmiştir. Meyve

tutumu üzerinde belirtilen tüm faktörlerin yanı sıra çeşitler arasında farklılıkların görülmesinde genetik faktörlerin de etkisi olduğu ifade edilmiştir (Vuletin & ark., 2012). Bu kapsamda otuz zeytin genotipinde yapılan çalışmada, bir somaktaki çiçek sayısının 7 ile 27 adet arasında değişebileceği (Kaymak, 2011), Gemlik zeytin çeşidinde somaktaki çiçek sayısının var yılında ortalama 19 adet, yok yılında ortalama 15 adet olduğu, tam çiçeklerin erkek çiçeklere oranla var yılında % 63.63, yok yılında ise bu oranın % 60.96 olduğu tespit edilmiştir (Uysal, 2012). Şırnak İlinde yürütülen 34 farklı zeytin genotipteki somaklarda bulunan çiçek sayısının 8 ile 36 adet arasında değiştiği (Sakar ve ark., 2017); Gaziantep'teki 25 zeytin genotipinde 6-36 adet arasında olduğu (Sakar, 2016); Derik halhalı zeytin çeşidinde somaktaki çiçek sayısı ortalama 18.07 adet (Ay, 2018); Gemlik zeytin çeşidinin klonlarında ise 16.63 ile 25.80 adet arasında, somaktaki tam çiçek oranı % 72.02 ile % 94.96 arasında olup, bir sonraki yılda 7.36-14.60 adet çiçek oluştuğu ve somakta bulunan tam çiçek oranının % 83.56 ile % 97.18 arasında olduğu tespit edilmiştir (Özer, 2018). Yamalak sarısı zeytin çeşidinde bir somaktaki çiçek sayısı ortalama 16.00 adet iken, aynı ağacın bir sonraki yıla ait bir somaktaki çiçek sayısının ortalama 12.93 adet olduğu saptanmıştır (Kaya, 2006). Bir başka çalışmada 14 adet zeytin çeşidi üzerinde yapılan fenolojik gözlemler sonucunda tam çiçek oranının % 22.39 ile % 76.78 arasında dağılım gösterdiği belirtilmiştir (Gül, 2020). Yapılan bu çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda somaktaki çiçek sayısı, somakta bulunan tam çiçek ve erkek çiçek oranlarının çeşitten çeşide ve yıldan yıla farklılık gösterebileceğini açıkça göstermektedir.

İklimin Çiçek Oluşumu Üzerine Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Bir bitkinin yetiştirilmesinde sınırlayıcı etkilere sahip olan ve var olan olumsuzluklara müdahalenin zor olduğu en önemli faktörlerden birisi iklimdir. Yaşanacak bir iklim krizi sürecinde etkilenebilecek kritik bölgelerden birisi Akdeniz havzası ve Akdeniz'in geleneksel ürünü olan zeytindir. Bu anlamda zeytin üretimi büyük oranda risk altındadır. İklim değişikliklerinin ilk

aşamalarında birçok alanda üretimde bir artış görülse de sıcaklık veya yağışta daha şiddetli değişiklikler meydana gelmesi durumunda üretim riski önemli ölçüde büyük olacağı ileri sürülmektedir (Orlandi & ark., 2020). Akdeniz'de zeytin bitkisinin çiçeklenme dönemine ait olası sıcaklık artışının olduğu günlerdeki değişiklik ile ilgili yapılan bir simülasyon çalışmasında, küresel iklim modeli (general circulation model/ GCM)'ne göre 1990 ve 2099 yılları arasında yaklaşık 4.5 °C sıcaklık artışı olacağı ve sıcaklığın her 1°C artışında çiçeklenme zamanında 6.2 günlük ilerlemenin gerçekleşeceği, böylece 1990 dan 2030 yılına kadar geçen sürede çiçeklenme döneminde 3-23 günlük ilerlemenin olacağı belirtilmiştir (Osborne & ark., 2000). Bu kapsamda, değişen iklim koşulları ile birlikte sürdürülebilir üretim için, zeytin yetiştiriciliğinde kısa ve uzun vadeli stratejiler geliştirilmesi doğrultusunda ciddi önlemlerin alınması ve uyum potansiyelinin geliştirilmesi gerektiği öne sürülmektedir (Fraga & ark., 2021).

Bitkiler olumsuz kış şartlarına adaptasyonu sağlamak amacıyla bünyelerinde bulunan hormonal mekanizmalarda değişimler meydana getirerek ekolojik koşullarla mücadele etmektedirler ve ekolojik koşulların olumsuz etkilerini minimize etmek için dormansiye girmektedirler. Kısa gün süresi ve havadaki sıcaklık düşüşü ile birlikte bitkide ABA (Absisik asit) gibi hormonlar dormansiyi tetiklemekte; artan sıcaklık ve uzayan gün süresi ile birlikte sitokinin gibi hormonlar ise dormansiyi kırmada etkili olmaktadır (Faust & ark.,1997). Dormansi indüksiyonunun fotoperiyot tarafından değil, düşük sıcaklıklar tarafından kontrol edilebilmesi ancak 1-2 hafta ılık koşullara maruz bırakılan zeytinlerde dormansi etkisinin kırılarak kolayca tersine çevrilebileceği belirtilmektedir. Zeytin ağaçlarının don zararını önlemek için soğuğa dayanıklılığı geliştirdiği ve içsel hormonların bir kontrolünün ortaya çıkması sonucunda dormansinin meydana geldiği, nem veya güneş radyasyonu gibi diğer çevresel değişkenlerin bu durum üzerinde sınırlı da olsa bir miktar etkiye sahip olabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca, ağaç yaşının da dormansinin başlatılması ve dormansiden çıkmasında önemli bir

faktör olabi-leceği de bildirilmektedir (López-Bernala & ark., 2020). Zeytin bitkisinde dormansinin çiçek indüksiyonundan ziyade tomurcuk patlaması üzerinde bir etkisi olduğu saptanmıştır (Rallo ve Martin, 1991). Zeytin bitkisinin yeterli soğuklama gereksinimini karşılayamadığı iklimlerde yetiştirildiğinde, çiçeklenme fenolojisi üzerindeki ilk etki, çiçeklenme eksikliğinin olmadığı ancak çiçek tomurcukların patlama sürecinde senkronizasyon eksikliğine sebep olduğu gözlenmiştir bu durumun ise verim ve kalite üzerinde olumsuz etkiler yarattığı öne sürülmüştür. Eş zamansız çiçek tomurcukların patlaması sonucunda tek boyutta olmayan farklı büyüklükte meyvelerin oluşmasına sebep olduğu da görülmüştür (Medina-Alonsoa & ark., 2020). Zeytin sürgünlerindeki çiçek tomurcuklarının soğuklama etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada sera ortamında kontrollü sıcaklık uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, zeytin bitkisinin 7.2 °C'deki sıcaklığın soğuklama ihtiyacını gidermek için en etkili sıcaklık olduğu ve 12.5 °C'deki sıcaklığın ise tomurcukların büyümesi için gerekli optimum sıcaklık olduğu tespit edilmiştir (Rallo & Martin, 1991). Yapılan bir başka çalışmada da yüksek sıcaklıkların zeytin somaklarının gelişimini hızlandırdığı ve erkek çiçek oluşumunu tetiklediği, düşük sıcaklıkların ise pistil oluşumunu desteklediği görülmüştür (Sayed & Hartmann, 1970).

Fizyolojik süreçler ve ekolojik parametreler zeytinin yaşam döngüsünü düzenlemesinde ve sürdürebilmesinde çok etkilidir. Sıcaklık parametreleri hem soğuklama ihtiyacının karşılanmasında hem de soğuklamadan çıkmak için metabolik reaksiyonların aktivasyonunda önemlidir. Metabolik reaksiyonların etkisiyle tomurcukların patlaması gerçekleşmektedir. Zeytin ağaçlarındaki çiçek fizyolojisi , zeytin yetiştirilen alanların biyoiklim koşulları ile güçlü bir şekilde bağlantılı olduğu ve zeytin çiçeklenme başlangıç tarihlerinin soğuklama periyodunda ısı birikimi ile yakın bir ilişkisi olduğu görülmüştür (Rojo & ark., 2020). Kış sıcaklıkları çiçek oluşumunu ve çiçek somaklarının sayısını etkilerken, çiçeklenme sırasındaki sıcaklıklar tozlanmayı, meyve tutumunu ve meyve gelişimini de etkilediği ifade edilmiştir (Brown, Campbell, &

Schreuder, 1962). Çiçeklenmeye ait fenolojik parametrelerde tespit edilen değişkenliklerin, ekolojik koşullar ile genetik faktörlerden etkilendiği bildirilmiş fakat ekolojik koşulların daha etkili olduğu vurgulanmıştır. Buna karşın çiçeklenmede kalite parametrelerinin değişkenliğinde genetik faktörün etkisinin daha yüksek olduğu ortaya koymuştur. Her iki durumda da, genotip-çevre etkileşiminin önemli olduğu çiçeklenme oluşumu ve kalitesinde çevre ve genetik interaksiyonlarının birlikte değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Navas-Lopez & ark., 2019). Güney İtalya'da sıcaklık ve yağışın zeytin bitkisinin çiçeklenmesi üzerine etkisi ile ilgili çalışma yürütölmüştür. Çalışmada meteoroloji değerlerine göre zeytin bitkisinin biyolojik döngüsünün sıcaklıktan büyük ölçüde etkilendiği göstermiştir. İklim koşulları özellikle çiçeklenmenin başlangıç tarihini etkilerken, çiçeklerin açılmasında esas olarak çeşit özelliği ve iç faktörlerin (endojen) de etkisi olduğu görölmüştür. Çalışmada tüm izleme istasyonlarında çiçeklenme başlangıcı için ortalama sıcaklık 16 °C değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar fenolojik fazlarının fotoperiyodik olgudan değil, esas olarak sıcaklıktan etkilendiğini doğrulamaktadır. Çalışmada 8 mm yağış/gün değerine ulaşıldığında, yağışın atmosferdeki çiçek tozu konsantrasyonunda maksimum % 80'e kadar önemli bir düşüş belirlendiği gösterilmiştir. Genellikle çiçeklenme döneminde kısa süreli fırtınalı yağışların tozlanma sürecini etkilemediği, bu meteorolojik olayın sona ermesinden birkaç saat sonra çiçek tozu konsantrasyonu seviyesinde tekrar artış olduğu, ancak 8 mm'yi açan uzun süreli fırtınalı yağışın tozlanma süreçlerini engelleyerek olumsuz etki ettiği ifade edilmiştir (Bonofiglio & ark., 2008). Kontrollü koşullarda zeytin ağaçlarına uygulanan sıcaklığın çiçeklenme için optimum değerlerinin 10-13 °C olduğu, 18 °C'den daha yüksek ve 4°C den daha düşük sıcaklıkların çiçeklenmeyi tamamen engellediği görölmüştür. Yüksek ve düşük sıcaklıklar ayrıca enzim aktivitetelerinin düşmesine sebep olduğundan çiçek yapısındaki gelişimlerin durmasına neden olduğu öne sürölmüştür (Hackett & Hartmann, 1967). Çiçek tomurcukları ve çiçeklerin gelişim tarihleri bölgeler arasında farklılık gösterebilir. Yeterli

soğuklama ihtiyacının giderilmesi ve metabolik reaksiyonların düzenlenmesinde rol oynayan hormonların aktif olabilmesi için optimum sıcaklığa gereksinim duyulmaktadır. Bu durum çiçek oluşu ve gelişimi üzerindeki bölgeler farklılıklarının nedenini oluşturmaktadır Türkiye'de zeytinin yetişebildiğinde önemli sahalardan seçilen 6 meteoroloji istasyonuna (Gemlik, Edremit, Milas, Antalya, Antakya ve Nizip) ait sıcaklık verileri analiz edilerek sıcaklığın bazı zeytin çeşitlerinin özellikleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmaya göre kış sıcaklıkları düşük olan bölgelerde zeytin ağaçları soğuklama ihtiyaçlarını kısa sürede tamamladığından çiçek gözlerinin morfolojik farklılaşma aşaması daha erken oluşmakta, kış sıcaklıkları biraz daha yüksek olan yerlerde ise morfolojik farklılaşmanın daha geç meydana geldiği tespit edilmiştir. Soğuklama dönemini erken bitiren ile geç bitiren arasındaki zamansal farkın kısılmasında nisan ve mayıs aylarındaki sıcaklık ortalamalarının nispeten daha yüksek olması sonucunda fizyolojik aktivitelerini daha hızlı gerçekleşmesinden kaynaklandığı görülmüştür. Zeytin soğuklama süreci, çeşit özelliklerinden dolayı farklı sürelerle ihtiyaç duymanın yanı sıra, soğuklama ihtiyacını tamamlamış olan çeşitlerde sıcaklık ortalamalarının artması ile çiçeklenme ve çiçek açma faaliyetlerinin de önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir (Efe & ark., 2009). Aydın ilinde Yamalak sarısı zeytin çeşidinde, somaklanma tarihi 20-25 Mart (ortalama sıcaklık 12°C), çiçek tomurcukların patlama tarihi 4-5 Mayıs (ortalama sıcaklık 20°C) olduğu gözlemlenmiştir (Kaya, 2006). Mut yöresinde organik Gemlik zeytin yetiştiriciliğinde üç yıllık verilere göre en erken somaklanmanın 3 Nisan, en geç somaklanmanın ise 9 Nisan olduğu ve yıllar arasında 6 günlük bir fark olduğu görülmüştür. Çiçeklenme başlangıcı en erken 4 Mayıs'ta, en geç 9 Mayıs'ta olduğu ve yıllar arasında 5 günlük bir fark ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Gür & ark., 2011). Yalova ilinde Gemlik zeytin klonlarının çiçeklenme başlangıcı 2015 yılında 12 Mayıs (ortalama sıcaklık 18.40°C) ve 2016 yılında ise 19 Mayıs (ortalama sıcaklık 18.45°C) olduğu, yıllar itibarıyla çiçeklenme başlangıcında farklılıkların olduğu görülmüştür (Özer, 2018). Aydın ilinde Memecik zeytin

çeşidinin 2017 yılı somaklanma başlangıcı 4 Nisan ve çiçeklenme başlangıcı 10 Mayıs iken, 2018 yılında somaklanma başlangıcı 22 Mart, çiçeklenme başlangıcı ise 23 Nisan olarak gözlemlenmiştir (Tuncer, 2019). Aydın ilinin doğusunda bulunan 100 m ve 750 m'lik iki farklı yükseltide meteorolojik ölçümler yapılmıştır. Ölçümlere göre 750 m yükseklikteki ortalama sıcaklığın 100 m değerlerinden 2.0-3.9°C daha düşük olduğu, nisbi nem değerlerinin ise % 0.1-12.5 oranında daha yüksek olan alanlarda aynı yaşlarda Memecik zeytin çeşidi üzerinde fenolojik gözlemler yapılmıştır. Yapılan gözlemlere göre, 100 m rakımda ilk çiçeklenme tarihleri 17 Nisan - 04 Mayıs, 750 m rakımda ise ilk çiçeklenme 12-22 Mayıs tarihleri arasında gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda yükseklikten kaynaklanan sıcaklık farklarından dolayı çiçeklenme zamanları arasında yaklaşık 20 günlük bir fark olduğu ifade edilmiştir (Ulubeli, 2019). Şanlıurfa koşullarında zeytin somaklanma başlangıcının nisan ayının ortalarında, çiçeklenme başlangıcının ise mayıs ayının ikinci haftasında oluşmaya başladığı görülmüştür (İlhan, 2019). İzmir koşullarında 13 zeytin çeşidi ve 2 melez çeşit adayının çiçeklenme dönemi ile ilgili yapılan gözlemlerde yıllar itibariyle hava sıcaklığının bir sonraki yıla göre daha ılık geçmesi somaklanma ve çiçeklenme tarihlerinin yaklaşık 10-17 gün arasında farklılıklar oluşmasına neden olduğu tespit edilmiştir. 2018 yılında çiçeklenme 27 Nisan tarihinde (ortalama sıcaklık 25.39°C) 2019 yılında çiçeklenme ise 15 Mayıs tarihinde (ortalama sıcaklık 27,12°C) olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada çeşitler arasında çiçeklenmeye başlama tarihlerinde 6-7 günlük farklar olduğu tespit edilmiştir (Gül, 2020).

Zeytinde çiçeklenme süreleri çeşit ve ekolojik koşullara göre yıllar açısından farklılık göstermektedir. Yalova koşullarında Gemlik zeytin klonları ve bazı melez tiplerin yıllar itibariyle çiçeklenme süreleri arasında 10-20 günlük farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir (Özer, 2018). Aydın koşullarında Memecik zeytin çeşidinde yıllar itibari ile çiçeklenme süreleri arasında 14 gün - 24 gün farklılık olduğu görülmüştür (Tuncer, 2019). Aydın ilinde Memecik zeytin çeşidinde 100 m rakım koşullarında çiçeklenme

süresinin yıllara göre 8-14 gün sürdüğü, aynı çeşitte 750 m rakımda çiçeklenme süresinin 15-16 gün sürdüğü belirtilmiştir (Ulubeli, 2019). Şanlıurfa koşullarında ise farklı zeytin çeşitlerinde çiçeklenme süreleri 10-12 günlük farklılıklar göstermiştir (İlhan, 2019). İzmir koşullarında yapılan bir başka çalışmaya göre Çilli zeytin çeşidinde çiçeklenme sürelerinin yıllar itibari ile 2018 yılında 15 gün, 2019 yılında ise 11 gün olduğu, çiçeklenme süreleri açısından bazı çeşitlerde yıllar bazında farklılıklar gözlemlenirken, bazı zeytin çeşitlerinde ise farklılık gözlemlenmediği öne sürülmüştür (Gül, 2020).

Beslenmenin Etkileri

Zeytin bitkisinde çiçeklenme dönemi, tam çiçek açılana kadar geçen süre sekiz haftalık bir süreci kapsamaktadır. Zeytin çiçeklerindeki kuru ağırlık/yaş ağırlık oranındaki değişiklikler tam çiçeklenmeden iki hafta önce yoğun hidrasyon ile tam çiçeklenmeden bir hafta sonrasında çiçek organlarının dökülmesine paralel olarak kurumaların görülmesi, kuru ve yaş ağırlık oranını önemli derecede düşüğü görülmüştür. Çiçeklenme gelişimi sırasında kuru madde ağırlığı-suda çözünür proteinler, makro ve mikro besinler arasındaki güçlü pozitif doğrusal ilişki olduğu görülmüştür. Bu elementlerin dağılımı ve yoğunluğu çiçeklenme aşamasında erkek çiçek ve tam çiçek oluşumuna etkili olabileceğinden bu maddelerin çiçek gelişimi üzerinde önemli bir rolü olduğu öne sürülmüştür (Bouranis & ark.,1999). Çeşitli angiosperm türler üzerinde yapılan araştırmalarda, çiçek aborsiyonu ile nişasta içeriği arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Nişasta içeriğinin zeytinde pistil gelişimini düzenlemede önemli bir rolü olduğu, erkek çiçeklerde pistil gelişiminin megaspor ana hücrelerinin farklılaşmasından sonra kesintiye uğradığı görülmüştür. Bu aşamada, nişasta taneleri sadece hermafrodit çiçeklerin yumurtalık, stil ve stigmalarında tespit edilmiş, ancak staminate çiçeklerin pistillerinde tespit edilememiştir. Bu bulgu, nişasta içeriği ile pistil gelişimi arasında sıkı bir ilişki olduğunu göstermiştir (Reale & ark., 2009). Zeytin bitkisinde çiçek tomurcuklarının oluşmasında, zeytinin var yılındaki yoğun meyve oluşumundan dolayı sonraki yıla

aktarılan karbonhidrat rezervlerinin sınırlı olduğu, bu rezervlerin abiyotik ve biyotik streslerden dolayı tüketilebileceğinden bir sonraki çiçek tomurcuğu oluşumunu olumsuz etkileyebileceği ifade edilmiştir. Besin kontrolünün, farklı zamansal fazlarda ve organlardaki genlerin farklı ifadelerinde, besinin zeytinde periyodisite üzerinde özellikle dikkate değer bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Zeytin ağacında nişasta içeriğinin kış aylarında arttığı, tomurcuk gelişimi sırasında azaldığı tespit edilmiştir (Turktas & ark., 2013).

Makro besin elementlerinin çoğunun bitki fizyolojik süreçlerinde önemli bir rolü bulunmaktadır. Zeytin bitkisinin çiçeklenmeden meyve hasat dönemine kadar, bitkide makro besin elementlerinden Azot (N), Fosfor (P) ve Potasyum (K) seviyelerinin çiçeklenme ve meyve tutumu üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, sadece N, P ve K seviyelerinin önemli derecede düşüşünün çiçek farklılaşmasını olumsuz etkilediği, yapraktaki N seviyesinin %1.35'ten, P'un %0.09'dan ve K'un %0.26'dan düşük olması durumunda çiçeklenme düzeyinde önemli azalmalar gözlemlenmiştir. Çiçeklenme yoğunluğu ve tam çiçek sayısı artan P seviyesi ile artma eğiliminde olduğu belirtilmiştir. N'un çiçeklenme yoğunluğunu artırma eğiliminde olduğu ve çiçek kalitesini artırdığı, K'un ise çiçek özellikleri ve meyve üretimi üzerinde en az etkiye sahip olduğu, ancak uzun süreli ve şiddetli K besin eksikliğinin çiçeklenme yoğunluğunu ve verimini azalttığı görülmüştür (Erel & ark., 2013). N'un çiçeklenme ve meyve teşekkül döneminde yükseldiği, eylül ayında ise N miktarında azalma olduğu görülmüştür. Çiçeklenme öncesinde P miktarının en düşük değerde olduğu, P ve K içeriğinin çiçeklenme, meyve teşekkülü ve meyve gelişim aşamalarında ise artışta olduğu tespit edilmiştir. Fe içeriği çiçeklenme ve meyve gelişim döneminde düşüş gösterirken, B miktarının ise çiçeklenme döneminde düşüş gösterdiği görülmüştür. Mn değerinde de çiçeklenme sonunda artış olduğu görülmüştür (Aydoğdu, 2011). Mg değerinde çiçeklenme aşamasında minimum iken, çiçeklenmeden hasada doğru geçen sürede belirgin artış olduğu görülmüştür. Mn değerinin sürgün ve çiçeklenme döneminde stabil

olduğu, Cu içeriğinin çiçeklenme başlangıcında en yüksek değerde, meyvelerin olgunlaşmaya başladığı dönemde ise en düşük değerde olduğu görülmüştür (Bozkaya, 2009).

Bitkilerde azotun fizyolojik işlevlerinden dolayı bitkinin büyümesi ve gelişiminde önemli bir rolü vardır. Odunsu bitkilerde azot noksanlığında sürgün büyümesini azalttığı ve yapraklarda genelleştirilmiş kloroz semptomları oluşması sonucu bitki yeterli besin retemeyeceğinden, organlarda yeterli gelişim sağlanamamaktadır. Yeterli besin üretilmemesinden dolayı da zeytin ağacında pistil aborsiyonunun nedeni düşük nitrojen ile ilişkilendirilmiştir (Morettini, 1950). Azot fazlalığının, tam iek oranını etkilemediği, ancak azot eksikliğinin ovül ömrünü aynı ölçüde azalttığı, yeterli bir azot muhafaza edilmesi durumunda ise ovln yaşlanmasını geciktirebileceği ve potansiyel döllenme sonucu meyve tutumunu iyileştirebileceği ifade edilmektedir. Ancak nitrojen fazlalığının ovül ömrünü nitrojen eksikliği kadar azaltabileceği, potansiyel döllenme ve meyve tutumu için yeterli nitrojen bulunması durumunda önemli etkisi olacağı ifade edilmiştir (Fernandez-Escobar & ark., 2008).

Kültürel işlemlerin çiçeklenme ve Meyve Verimine Etkisi

Zeytin bitkisinin iek gelişiminde Gibberellinler ve Absisik Asit (ABA) gibi hormonların bitki üzerindeki rollerine yönelik yapılan bir çalışmada bitki sürgünlerinde, kış ve ilkbahar dönemlerinde alınan örneklerde gibberellin gibi maddelerin kalitatif ve kantitatif değişikliklerde yanal tomurcuklarda (iek tomurcuklar) olduğu, ancak yaprak ve sürgün tomurcuklarında olmadığı gözlemlenmiştir. Yapraklardaki hormon değişiklikleri ile iek indüksiyonu arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. iek tomurcuklarında bulunan büyüme düzenleyiciler (GAs gibi maddeler) ve engelleyici (ABA gibi maddeler) hormonlar arasındaki denge sonucunda zeytin bitkisi kış dinlenmesinden çıkıp çiçeklenme dönemine geçmeye başladığı belirtilmiştir. Gibberellin benzeri maddelerin nisanın ilk haftasında maksimum seviyeye ulaştığı ve

sonrasında giderek azaldığı tespit edilmiştir. GAs hormonlar antesis döneminden 10-13 gün öncesinde minimum seviyede olduğu ancak antesis döneminde tozlanma olayından dolayı gibberellin benzeri maddelerin salgılamalarında hafif artış olduğu görülmüştür. Ayrıca çiçek gelişimi sırasında ABA gibi maddelerde artış gözlemlenmiştir. Bu artış çiçek veya çiçek kısımların dökülmesi sonucunda meydana gelebileceği gibi çiçeklenme ve çiçek kısımlarının büyüme hızını kontrol etmede etkili olan GA benzeri maddeleri dengede tutmak amacıyla da olabileceği ifade edilmiştir (Badr, Hartmann, & Martin, 1970). Memecik ve Tavşan yüreği zeytin çeşitlerinde yapılan bir çalışmada; yaprak, boğum, sürgün ucu ve meyve örnekleri birer ay aralıklarla alınarak iki yıl süreyle analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, bitkinin var ve yok yıllarında içsel ABA, GA₃ ve IAA hormon miktarlarının istatistiksel olarak %5 seviyede farklılıklar gösterdiği, ABA ve GA₃'ün çiçek tomurcuğu oluşumuna doğrudan etki ederken, IAA hormonu ise sürgün oluşumunu dolaylı yoldan teşvik ettiği tespit edilmiştir. Çiçeklenme döneminde çiçeğin olduğu Mayıs ayında GA₃ hormonu ve çiçeğin olmadığı yılda ise IAA hormonu fazla iken, ABA hormonunun çiçeğin olduğu yılda oldukça fazla olduğu görülmüştür. Temmuz ayında GA₃ seviyesinin yüksek olması durumunda bir sonraki yılda tomurcukların çoğunun vejetatif olacağı, Kasım-Ocak döneminde GA₃/ABA dengesinde GA₃ oranının yüksek olması durumunda vejetatif, ABA yüksek olması durumunda ise generatif gelişimin hızlandığı tespit edilmiştir. Ürünün var yılında ilk uyarı Temmuz ayında, fizyolojik uyarım ise Kasım ayında olduğundan; yok yılında Mart ayında büyümeyi yavaşlatıcılar uygulayarak büyümeyi artıran hormonların etkisinin azaltılabileceğinden, periyodisitenin de azaltılabileceği ifade edilmiştir. Çiçek açımında ve meyve tutumunda düşük GA₃ seviyesi ve yüksek ABA ile IAA benzeri maddelerin etkili olduğu ayrıca içsel hormonların fizyolojik olayları yönlendirmede tek başlarına hareket etmediklerinden, belli hormon seviyelerinin olayları yönlendirdiği öne sürülmüştür (Ülger, Baktır & Kaynak, 1999). Antalya koşullarında; üç yaşlarında Gemlik zeytin fidanları 5x5 m, 4x3 m ve 4x1.5 m dikim aralığında dikilen ağaçlarda; kontrol, goble ve dikey

eksenli budama uygulamaları sonucu meyve tutum oranı ve bitkisel hormonların değişimi gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yaprak ve boğum örneklerindeki IAA, GA₃, ABA ve Z hormonların seviyesi denemenin ikinci yılında daha yüksek bulunmuştur. En yüksek seviyeyi gösteren dikim aralığı 4x3 m, sürgün ucu örneklerinde ise 4x1.5 m mesafede dikilen ağaçlarda elde edilmiştir. Farklı budama uygulamalarında ise en yüksek IAA seviyesi kontrol budaması uygulanmış ağaçların yapraklarında, en yüksek GA₃ ve Z seviyeleri kontrol bitkilerindeki boğum ve sürgün ucunda, en yüksek ABA seviyesi ise dikey eksenli budanmış ağaçlarda tespit edilmiştir. IAA miktarının en yüksek seviyesi yaprak ve boğum örneklerinde mart - mayıs aylarında, sürgün ucu örneklerinde ise haziran ayında tespit edilmiştir. Nisan ayında ise yaprak, boğum ve sürgün ucunda IAA miktarının düştüğü görülmüştür. Mart ayında tomurcukların farklılaşmaya başladığı dönemde GA₃ seviyesinde en yüksek değer elde edilmiş, nisan ve mayıs aylarında GA₃ seviyesinde düşüş gözlemlenmiştir. ABA seviyesinde ise şubat-ağustos aylarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Z seviyesi yaprak ve boğum örneklerinde mart ve ağustos aylarında; sürgün ucunda ise mart ve haziran aylarında saptanmıştır (Atmaca, 2015).

Zeytinde bir yıl sonraki çiçek tomurcuklarında ilk uyarı endokarp sertleşmesi sırasında meydana geldiğinden, büyümeyi düzenleyici GA₃ gibi hormonların uygulanması ve meyve seyreltmesi gibi işlemlerin meyve verimine etkisini arttırmak için bu dönemi göz önünde bulundurarak uygulanmalıdır. Zeytinde endokarp sertleşmesi yıllara bağlı olarak genellikle 1 temmuz civarında yani tam çiçeklenmeden 7-8 hafta sonra meydana gelir. Zeytin bitkisine meyve seyreltmesi endokarp sertleşmesinden önce yapıldığında takip edilen yılın çiçeklenmeye etkisi olabileceği gibi sonrasında yapılan bu tür işlemlerin bir etkisi olamayacağı öne sürülmüştür. Zeytin ağaçlarının yok yılında mayıs ve kasım ayları arasında GA₃ uygulaması bir sonraki yıl çiçeklenmeyi engellediği; mayıs, haziran ve temmuz aylarında uygulandığında sürgünlerini arttırdığı; kasım ve şubat aylarında uygulandığında ise çiçeklenme süresini uzattığı görülmüştür (Fernandez-Escobar & ark., 1992).

Zeytin bitkisinin çiçek somaklarının seyreltilme işleminin sürgünlerde ve toplam meyve oluşumu üzerinde bir etkisi görülememiştir (Lavee & ark., 1999). Sürgün üzerinde meyve seyreltmesinin bir sonraki sezonda çiçeklenmede artış sağladığı gözlemlenmiştir. Sürgünlerdeki yaprakların seyreltmesinde ise çiçeklenme oranında %50 düzeyinde azalma görülmüştür. Dallara uygulanan gölgelemede de çiçek oluşumunda azalma gözlemlendiği, böyle durumlarda yaprak seyreltmesi ve gölgeleme uygulaması sonucunda yeterince şeker ve nişasta iletilmediği için çiçek oluşumunu etkilediği ifade edilmiştir (Tombesi & Proietti, 1996). Küçük meyveli zeytin çeşitlerinin meyve büyüklüğü yapılan seyreltmelere rağmen büyük meyveli çeşitler kadar büyüyemediği, yumurtalıkların da meyve büyüklüğü ile doğru orantılı olduğu ve meyve iriliğinin çoğunlukla genetik yapıdan kaynaklandığı belirtilmiştir. Meyve tutumu zeytin bitkisinde çiçek/meyve büyük oranının bir sonucu olup, bununla ters orantılıdır. Sayı açısından meyve tutumu, ağacın meyve kütlelerini yumurtalık/meyve büyük oranından bağımsız olarak ayarlamasını sağlayan bir dengeleyici mekanizma olduğu, ayrıca yumurtalık/meyve boyutunun çeşitler arasında farklı meyve tutumuna nedeni olduğu öne sürülmüştür (Rosati & ark., 2010b). Aydın ilinde 4 yaşlarındaki Yamalak sarısı zeytin çeşidine ocak sonu ve mart ortasında farklı toprak iyileştirici organik materyal uygulanmıştır. Deniz yosunu uygulamasında ilk somaklanma başlangıcı 1 Nisan'da, en geç somaklanma ise kontrol grubunda 9 Nisan'da görülmüştür. Yamalak sarısı zeytin çeşidine yapılan deniz yosunu uygulamasında çiçeklenme başlangıcı 24 Nisan'da, vermicompost uygulamasında 26 Nisan'da, zeolit uygulamasında 27 Nisan'da ve perlit-curuf uygulamasında ise 11 Mayıs'da görülmüştür. Çiçeklenme sonu ilk olarak zeolit uygulamasında 13 Mayıs'ta diğer tüm gruplarda ise 15 Mayıs'ta görülmüştür. Kontrol grubu çiçeklenme 11 Mayıs ve son çiçeklenme 21 Mayıs'ta görülmüştür. En yüksek verim vermicompost uygulamasında en düşük verim ise kontrol grubundan elde edilmiştir (Dündar, 2019). Farklı bileşimlerde Bor, Azot ve Potasyumlu yaprak gübreleri Domat zeytin çeşidinde çiçeklenme öncesi dönemde

yapraktan uygulanmış olup bu gübrelerin çiçek tozu kalitesi ve meyve tutumuna etkisinin belirlendiği çalışma sonucunda, kontrole ve diğer bileşimlere oranla çiçek tozu canlılık, çiçek tozu çimlenme testi ve meyve tutumunda en yüksek değer ‘sıvı bor+üre+KNO₃’ yaprak gübresi uygulaması sonucu elde edilmiş, ürünün yok yılında da meyve tutumunda yüksek düzeyde meyve elde edilmiştir (Acarsoy & ark., 2011). Gemlik zeytin çeşidine farklı dönemlerde uygulanan bazı yaprak gübrelerinin meyve verim ve kalitesine etkisini incelemek amacı ile 30 yaşlarındaki Gemlik zeytin çeşidine; çiçeklenme öncesi, meyvelerin mercimek büyüklüğüne gelme aşamasında ve hasat öncesinde uygulama yapılmıştır. Çalışmada verim üzerinde en etkili dönem çiçeklenme öncesi uygulanan %1’lik multi-mineral yaprak gübresinin (N(NH₂)-%10, P₂O₅-%33, K₂O-%21, B-%1.8) çiçeklenmeyi teşvik ettiği, içeriğinde düşük azot, yüksek fosfor, bor ve potasyumunda dolayı etkinliği fazla olduğu tespit edilmiştir (Özkaya, 2004). Gemlik zeytin çeşidine nanofiber bariyer yaprak gübresinin 13 yaşında herhangi bir kültürel işlem uygulamayan ağaçlara; erken ilkbaharda (25 Şubat), çiçeklenme öncesinde (20 Mart), meyve tutumundan sonra (15 Haziran) ve meyve irileşme döneminde (25 Ağustos) farklı dönemlerde uygulanmıştır. Çalışmada çiçeklenme öncesi nanofiber bariyer yaprak gübresi ve kalsit gübre uygulamasının, kontrol ve diğer uygulamalara oranla ağaçlardaki somak sayısını ve çiçek verimliliğini artırdığı tespit edilmiştir (Ünalın, 2015). Çiçeklenmeden üç hafta önce Gemlik zeytin çeşidinin yapraklarına farklı konsantrasyonlarda Bor besin elementi iki yıl uygulanmıştır. Çalışmada 250 ppm ve 500 ppm B uygulaması kontrol grubuna oranla çiçek verimliliğini artırdığı ve meyve veriminde % 50 oranında artış sağladığı görülmüştür (Gündeşli & Nikpeyma, 2016).

Döllenme Biyolojisi İle İlgili Çalışmalar

Zeytin yayılan çiçek tozlarının, ağırlıklı olarak rüzgârla (anemofil) taşınarak dişiye tepesine ulaşması durumunda kendine tozlanma veya yabancı tozlanma gerçekleşmektedir. Döllenmenin gerçekleşebilmesi için uygun koşulların olmasının yanı sıra sağlıklı çiçek tozu ve tohum taslağı (ovül) gelişiminin tamamlanması

gerekir. Bazı ekolojik ve genetik faktörlerden kaynaklanan anormal gelişimler sonucunda; çiçek gelişmesinde görülen bazı morfolojik noksanlıklar, normal gelişim gösteren eşey hücrelerinin fonksiyonlarını yerine getirememesinden kaynaklanan gamet kısırılığı, kendine ve farklı çeşitler arasında uyumsuzluk durumlarından kaynaklanan döllenme sorunları meydana getirmektedir (Ağaoğlu & ark., 1997). Bu sorunlar verim ve meyve kalitesinin düşmesine ve hatta büyük ürün kayıplarına neden olabilmektedir.

Ekolojik faktörlerden sıcak ve kurak ekosistemler çiçek tozu gelişiminin azalmasına ve çiçek kısımlarında aborsiyonların oluşmasına neden olmaktadır (Ayerza & Coates, 2004). Çiçeklenme gelişimi sırasındaki su eksikliğinde somak sayısı, çiçek sayısı, hermafrodit çiçek sayısı ve oranı ile ovül gelişimi dahil olmak üzere birçok farklı çiçeklenme parametresini azalttığı tespit edilmiştir (Rapoport & ark., 2012). Ayrıca, çiçeklenme döneminde şubat ayındaki ortalama sıcaklıkların yükselmesi ile birlikte bir önceki yıl indüklenen tomurcuklarda çiçek oluşumuna yol açan sürecin aktive olmasına neden olmaktadır. Çiçeklenme sürecinin aktif olması ile mayıs ayındaki yağışların yetersiz olması durumunda düşük çiçek tozu üretimine, tozlanma döneminde yağışın bol olması durumunda ise güneş radyasyon seviyesini düşmesine ve çiçek tozlarının yayılmasına engel olduğu ifade edilmiştir (Fornaciari & ark., 1998).

Zeytin bitkisinde çiçek tozlarının canlılığı ve çimlenme oranları erkek ve tam çiçeklerde her iki türde de benzer olduğu (Cuevas & Polito, 2004), zeytin çiçek tozu çimlenmesinin ve çiçek tozu çim borusu uzamasının pistilde bulunan promotör ve/veya inhibitör konsantrasyonlarındaki farklılıklardan etkilenebileceği belirtilmiştir. Çiçek tozlarının çimlenmesi için optimum sıcaklık 20°C-25°C arasında olduğu, 25°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çiçek tozu çimlenmesi ve çiçek tozu çim borusu uzamasının, 35°C ve üzeri sıcaklıklarda ise çiçek tozu aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir (Fernández-Escobar & ark., 1983). Yerli çeşit olan Hayat zeytin çeşidinin 3 yıl süre ile serbest tozlanma, karşılıklı tozlama ve

kendileme uygulamaları sonucu çeşidin verimlilik durumu ve uygun tozlayıcı çeşitleri incelenmiştir. Çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testinde hem çeşit hem de yıllar arasında farklılıklar saptanmıştır. Üç yılda en yüksek meyve tutma oranı % 2.81 ile serbest tozlanmadan, en düşük verim ise % 1.16 ile kendileme uygulamasından elde edilmiştir. Karşılıklı tozlamalarda, çiçek tozu çimlenme oranı diğerlerine oranla düşük olduğu halde, en yüksek meyve tutumu Gemlik çiçek tozu ile yapılan tozlama sonucunda elde edilmiş, ikinci yılda ise bu kez Memecik zeytin çeşidinin çiçek tozu çimlenme oranı diğerlerine oranla düşük olmasına rağmen en yüksek meyve tutumu elde edilmiştir (Mete & ark., 2016). Yamalak sarısı zeytin çeşidinde kendileme ve serbest tozlanma yapılarak meyve tutma düzeyleri incelendiği bir çalışma sonucunda kendileme ile serbest tozlanma arasında istatikselsel olarak % 5 düzeyinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yamalak sarısı çeşidinde serbest tozlanma koşullarında meyve tutma oranı daha yüksek olduğundan kısmen kendine verimli bir çeşit olduğu ifade edilmiştir (Kaya, 2006). Kilis yağlık zeytin çeşidinde döllenme sorunu ile ilgili yapılan bir çalışmada 40 yaşındaki ağaçlarda kendileme yabancı tozlama ve serbest tozlanma çalışmaları yürütülmüştür. Kilis yağlık çeşidinin kendine verimlilik ve tozlayıcıların etkinliği bakımından değerlendirildiğinde yıllar itibari ile farklılıklar gözlemlenmiştir bundan dolayı tozlayıcı çeşit yönünden bahçe içerisinde birden fazla çeşidin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, Kilis yağlık zeytin çeşidinde boncuklu meyve oluştuğu, çiçeklenme döneminde yapılan gözlemlerde bazı çiçeklerin taç yapraklarının tam açılmadığı tespit edilmiştir. Tam çiçeklenmeden yaklaşık 10 gün sonra bazı çiçeklerde dişi organın kısmen gelişerek büyüdüğü ve tam açılmayan taç yapraklar ile anterlerin neden olduğu bu durumun dişi organın tozlanma olasılığını azalttığı ve boncuklu meyve oluşumunu tetiklediği belirtilmiştir (Mete & Çetin, 2016). Nizip yağlık, Saurani ve Uslu zeytin çeşitlerin döllenme biyolojisi çalışmasında 40 yaşlarındaki ağaçlara; serbest tozlanma, kendileme ve karşılıklı tozlama uygulamaları üç yıl süre ile tekrarlanmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek değerin serbest tozlanma sonucu elde edildiği,

çeşitlerin kendine verimliği ve yabancı tozlamada tozlayıcıların etkinlik derecelerinin yıllara göre değiştiği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda ayrıca, Nizip yağlık zeytin çeşidinin kısmen kendine verimli olduğu, Memecik ve Kilis yağlık zeytin çeşitlerinin söz konusu çeşit için uygun tozlayıcı olabileceği tespit edilmiştir. Saurani çeşidinin de yine kendine verimli bir çeşit olduğu, bunun yanında Halhalı, Çelebi, Gemlik, Memecik ve Nizip yağlık zeytin çeşitlerinin Saurani için uygun tozlayıcılar olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada Uslu zeytin çeşidinin kendine verimli olduğu, uygun tozlayıcılarının ise Gemlik, Memecik ve Erkence zeytin çeşitleri olduğu saptanmıştır (Mete & ark., 2019). Domat (8 yaşında), Gemlik (11 yaşında) ve Sarı Ulak (8 yaşında) zeytin çeşitlerinde farklı tozlayıcıların meyve özellikleri üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmada; kendileme, serbest ve yabancı tozlama uygulamaları yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda serbest tozlanmanın meyve özelliklerini artırdığı gibi yabancı tozlamada meyve kalitesini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Çalışmada yönlerin meyve özellikleri üzerine etkileri araştırılmış ancak belirli bir yönün meyve özellikleri açısından ön plana çıkmadığı görülmüştür (Gencer & Özkaya, 2020). Bir başka çalışmada arazi koşullarında 2 melez çeşit ve 13 ticari çeşidin (Eğriburun Nizip, Zoncuk, Melkabazı, Marantelli, Şam (İznic), Görvele, Butko, Sinop No:1, Çekişte, Karayaprak, Karamürsel Su, Çilli, Arsel (MG-11) kendine verimlilik durumları ile ilgili iki yıl süreyle kendileme ve serbest tozlanma çalışmaları uygulanmış olup elde edilen veriler kendine verimlilik indeksine göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, 9 (Eğriburun Nizip, Zoncuk, Melkabazı, Çekişte, Sinop No:1, Marantelli, Karayaprak ve Arsel) çeşidin kendine verimsiz, 2 (Şam ve Çilli) çeşidin kendine verimli ve 3 (Görvele, Butko ve Karamürsel Su) çeşidin kendine kısmen verimli olduğu saptanmıştır. Yerli zeytin çeşit ve çeşit adaylarının genel olarak çiçek tozu canlılık oranlarının yüksek seviyede bulunmasına karşın çiçeklenme oranları düşük bulunmuştur (Gül, 2020).

SONUÇ

Genel olarak yapılan tüm çalışmalarda ekolojik faktörün zeytinin çiçek yapısını ve döllenme biyolojisini etkileyen önemli bir faktör olduğu vurgulanmış ve bunun da doğrudan verimi etkilediği bildirilmiştir. Değişen iklim koşullarından kaynaklanan sıcaklık artışı ile birlikte bitkinin su ihtiyacının artmasından dolayı genel fizyolojik reaksiyonların değişebileceği, çiçek tomurcuklarının ve çiçeklerin metabolik aktivitelerinin etkilenecek çiçeklenme tarihlerinin değiştirebileceği, tozlanma sürecinin etkilenebileceği ve döllenme olayını önemli ölçüde etkilenebileceği düşünülmektedir. Bundan dolayı, Türkiye’de ekolojiye uygun yerli çeşitlerin üretimine öncelik verilmesi ve iklimsel yönden kaynaklanan verim düşüşlerinin önlenmesi gerekmektedir. Ülkemiz ekolojisinde mevcut olan yerli çeşitlerin yanı sıra, yabancı zeytin bitkisi üzerinde iklimsel değişikliklerin generatif organların oluşumu ve gelişimi üzerine etkileri ile ilgili çalışmalara destek verilmelidir. Bu konuda gerekli önlemlerin alınması sonucu olası iklim krizinde verim kaybını önlemek mümkün olacaktır. Yerli zeytin çeşitlerinin döllenme sorunlarına, özellikle kendine ve çeşitler arasındaki eşeyssel uyumsuzluğa yönelik çalışmalar, ekolojik koşullara ve olası iklim krizinde yaşanacak sorunlara cevap verebilecek yeni çeşitlerin geliştirilmesine olanak tanıyacak ve bu alanda yürütülecek ıslah çalışmalarına değerli katkılar sunacaktır. Bu çalışmaların moleküler çalışmalarla desteklenerek daha kısa sürede daha çok çeşidi kapsayacak şekilde genişletilmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda ıslah programlarının oluşturulması bir zorunluluk teşkil etmektedir. Böylelikle gelecekte oluşabilecek her türlü olumsuzlukların önlenmesi ve tarımsal üretimin arttırılmasına yönelik hedefler geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

Acarsoy, N., Eryüce, N., Mısırlı, A., Kılıç, Ö. G., Kılıç, H. & Ertuğrul, A. R. D. A. (2011). Farklı Bileşimlerde Bor, Azot ve Potasyumlu Yaprak Gübrelere Domat Zeytin Çeşidinde Çiçek Tozu Canlılığı, Çimlenmesi ve Meyve Tutumu Üzerine Etkileri. *Zeytin Bilimi*, 2(2), 49-57.

Ağaoğlu Y. S., H. Çelik, M. Çelik, Y. Fidan, Y. Gülşen, A. Günay, N. Halloran, Köksal, A. İ. & Yanmaz, R. (1997). Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:4, Ankara

Andreini, L., Bartolini, S., Guivarc'h, A., Chriqui, D. & Vitagliano, C. (2008). Histological And Immunohistochemical Studies On Flower Induction in The Olive Tree (*Olea europaea L.*). *Plant Biology*, ISSN 1435-8603

Atmaca, S. (2015). Gemlik Zeytin Çeşidinde Meyveye Yatma Üzerine Farklı Sıklıkta Dikim, Budama ve Bazı İçsel Bitkisel Hormonların Değişiminin Etkilerinin Araştırılması. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Ay, M. (2018). Derik İlçesinde (Mardin) Yetiştirilen Yerel Zeytin Çeşitlerinin Bazı Morfolojik, Fenolojik, Pomolojik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Aydoğdu, E. (2011). Domat ve Uslu Zeytin Çeşitlerinde Yaprakların Besin Element İçerikleri ve Bunların Mevsimsel Değişimlerinin İncelenmesi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Ayerza, R. & Coates, W. (2004). Supplemental Pollination – Increasing Olive (*Olea europaea*) Yields In Hot, Arid Environments. *Exp. Agric.* 40, 481–491. <https://doi.org/10.1017/S0014479704002133>

Badr, S. A., Hartmann, H. T. & Martin, G. C. (1970). Endogenous Gibberellins and Inhibitors in Relation to Flower

İnduction and Inflorescence Development in the Olive. Plant Physiology, 46, 674±9.

Baldoni, L. & Angelina B. "Olive." Oil crops (2010): 397-421.

Barut, E. & Ertürk, Ü. (2002). Gemlik Zeytin Çeşidinde Çiçek Tomurcuğu Farklılaşması ve Gelişimi Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi Zir. Fak. Derg.,16: 29-35

Bonofiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B. & Fornaciari, M. (2008). Influence Of Temperature and Rainfall on Timing of Olive (*Olea europaea*) Flowering in Southern Italy. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 36:1, 59-69, DOI: 10.1080/01140670809510221

Bouranis, D. L., Kitsaki, C. K., Chorianopoulou, S. N., Alvalakis, G. & Drossopoulos, J. B. (1999). Nutritional Dynamics of Olive Trees Flowers. Journal of Plant Nutrition, 22, 245±57.

Bozkaya, F. (2009). Dolu Yılında Zeytin (*Olea europaea L.*) Bitkisinde Mineral Bitki Besin Maddelerinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

Brown, D. S, Campbell, R. C. & Schreder, W. R., (1962). Temperature and Olive Yields, California Agriculture , June

Cuevas, J. & Pinney, K., (1999). Flower Differentiation, Pistil Development and Pistil Abortion İn Olive (*Olea europaea L.* 'manzanillo'). Acta Horticulturae, 474:293-296. DOI:10.17660/ActaHortic.1999.474.59

Cuevas, J. & Polito, V.S. (2004). The Role of Staminate Flowers in The Breeding System of *Olea europaea (Oleaceae)*: An Andromonoecious, Windpollinated Taxon. Annals of Botany, 93: 547 553.

Gencer, D. C. & Özkaya M.T. (2020). Tarsus Koşullarında Yetiştirilen Domat, Gemlik ve Sarı Ulak Zeytin Çeşitlerinin Farklı

Tozlayıcı Koşullarındaki Pomolojik Özellikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt 30, Ek Sayı.

Dündar, A. (2019), Organik Zeytin Yetiştiriciliğinde Farklı Toprak İyileştiricilerin Ağaç Gelişimi ile Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Aydın: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S. & Cürebal, İ. (2009). Sıcaklık şartlarının Türkiye'de Zeytinin (*Olea europaea L. subsp. europaea*) Yetişmesine, Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerine Etkisi. Çevkor, Ekoloji Dergisi, 18, 70, 17-26

Erel, R., Yermiyahu, U., Van-Opstal, J., Ben-Gal, A., Schwartz, A. & Dag, A., (2013). The Importance of Olive (*Olea europaea L.*) Tree Nutritional Status on Its Productivity. Scientia Horticulturae, 159, 8–18

Eti, S. (1996). Döllenme Biyolojisi. Doktora Ders Notları. Adana (Yayınlanmamış)

Fabbri, A. & Alerci, L. (1999). Reproductive and Vegetative Bud Differentiation In *Olea europaea L.* Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 74 (4) 522±527

Famiani, F., Farinelli, D., Gardi, T.i & Rosati, A. (2019). The Cost of Flowering in Olive (*Olea europaea L.*). Scientia Horticulturae 252, 268–273

Faust, M., Erez, A., Rowland, L.J., Wang, S.Y. & Norman, H.A. (1997). Bud Dormancy in Perennial Fruit Trees: Physiological Basis For Dormancy Induction. Maintenance and Release. Hortscience, 32(4): 623-629.

Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., & Santos, J. A. (2021). Mediterranean Olive Orchards Under Climate Change: A Review of Future Impacts and Adaptation Strategies. Agronomy, 11, 56. [Doi.org/10.3390/agronomy11010056](https://doi.org/10.3390/agronomy11010056),

Fernández-Escobar, R., Gómez-Valledor, G. & Rallo, L. (1983). Influence of Pistil Extract and Temperature on *In vitro* Pollen Germination and Pollen Tube Growth of Olive Cultivars. *J. Hort. Sci.* 58: 219-227

Fernandez-Escobar, R., Benlloch, M., Navarro, C. & Martin, G.C. (1992). The Time of Floral Induction in the Olive. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(2):304-307.

Fernandez-Escobar, R., Ortiz-Urquiza, A., Prado, M. & Rapoport, H.F. (2008). Nitrogen Status Influence on Olive Tree Flower Quality and Ovule Longevity. *Environmental and Experimental Botany*, 64,113–119

Fornaciari, M., Pieroni, L., Ciuchi, P. & Romano, B. (1998). A Regression Model for The Start of The Pollen Season in *Oleaeropae*. *Grana*, 37:2, 110-113. DOI: 10.1080/00173139809362652

Gül, H. (2020). Bazı Zeytin Çeşitlerinin Kendine Verimlilik Durumlarının Saptanması. İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Gündeşli, M.A. & Nikpeyma, Y. (2016). İlkbaharda Yapraktan Bor Uygulamasının Gemlik Zeytin Çeşidinde Meyve Tutumu Üzerine Etkisi. *Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Araştırma Makalesi*, ISSN: 2148-0036, Cilt(Sayı)/Vol.(Issue): 3(2), Sayfa/Page: 13-19

Gür, E., Aslan, R., Son, L., Pala, H. & Nas, S. (2011). Mut Yöresinde Organik Zeytin Yetiştiriciliği. Archived at <http://orgprints.org/19283>

Hackett, W.P. & Hartmann, H.T. (1967). The Influence of Temperature on Floral Initiation in the Olive. *Physiol. Plant.* 20:430–436.

İlhan, G. (2019). Şanlıurfa Koşularında Yetiştirilen Bazı Zeytin Çeşitlerinin Morfolojik, Fenolojik, Pomolojik Özellikleri ve Dönemsel Fenolik Bileşiklerinin Belirlenmesi.

Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Kaya, H. (2006). Aydın İlinde Yetiştirilen ‘‘Yamalak Sarısı’’ Mahalli Zeytin Çeşidinin Fenotipik Özelliklerinin Tanımlanması. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Kaymak, H. (2011). Şanlıurfa İli Osmanbey Yerleşkesi’nde Bulunan Zeytin Tiplerinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Lavee, S., Rallo, L., Rapoport, H.F. & Troncoso, A. (1996). The Floral Biology of The Olive: Effect of Flower Number, Type and Distribution on Fruitset. *Sci. Hortic*, 66, 149–158.

Lavee, S., Rallo, L., Rapoport, H.F. & Troncoso, A. (1999). The Floral Biology Of The Olive II. The Effect Of Inflorescence Load and Distribution Per Shoot On Fruit Set and Load. *Sci. Hortic*. 82, 181–192.

Loukas M., Krimbas C.B. (1983). History of Olive Cultivars Based on Their Genetic Distances. *J Hortic Sci* 58:121–127

López-Bernala, A., García-Tejerab, O., Testic, L., Orgazc, F. & Villalobos, F. J. (2020). Studying and Modelling Winter Dormancy In Olive Trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.107776>.

Keys, A. (1995) Mediterranean Diet and Public Health: Personal Reflections. *Am J Clin Nutr* 61:1321S–1323S

Martin, G.C. (1990). Olive Flower and Fruit Population Dynamics. *Acta Hort*, 286: 141-153.

Medina-Alonsoa, M., Navas, J. F., Cabezas, J. M., Weiland, C. M., Ríos-Mesaa, D., Loriteb, I. J., León, L. & Rosa, R. (2020). Differences On Flowering Phenology Under Mediterranean and Subtropical Environments For Two Representative Olive Cultivars.

Environmental and Experimental Botany.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.104239>.

Mete, N., Şahin, M. & Çetin, Ö. (2016). Determination of Self-Fertility of the 'Hayat' Olive Cultivar Obtained by Hybridization Breeding. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*.

Mete, N. & Çetin, Ö. (2017). Kilis Yağlık Zeytin Çeşidinde Döllenme Sorununun Araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(4):376-384. DOI:10.290507, harranziraat, 303832.

Mete, N., Çetin, Ö., Hakan, M., Kaya, H., Sefer, F., Uluçay, N., Güloğlu, U., Gül, H. & Sezgin, O. (2019). Nizip Yağlık, Saurani ve Uslu Zeytin Çeşitlerinin Döllenme Biyolojilerinin Araştırılması. *ADÜ Ziraat Derg.*16(1):1-5. Doi: 10.25308/aduziraat.427871

Minelli, S., Maggini, F., Gelati, MT., Angiolillo, A., Cionini, PG. (2000). The chromosome complement of *Olea europaea L.*: characterization by differential staining of the chromatin and in situ hybridization of highly repeated DNA sequences. *Chromosom Res* 8:615–619

Morettini, A. (1950). Olive growing. [Olivicoltura](#), pp.585 pp. ref.bibls. [Ramo Editoriale degli Agricoltori, Rome](#).

Morettini, A. (1972). "Olivicoltura". *Ramo Editoriale Degli Agricoltori Roma*

Navas-Lopez, J. F., Leo'n, L., Rapoport, H. F., Moreno-Ali'as, I. Lorite, I. J. & Rosa, R., (2019). Genotype, Environment and Their İnteraction Effects On Olive Tree Flowering Phenology and Flower Quality. *Euphytica*. 215:184. Doi.org/10.1007/s10681-019-2503-5

Pe'rez-Jime'nez F., Ruano J., Pe'rez-Martinez P., Lopez-Segura F. & Lopez- Miranda J. (2007). The influence of olive oil on human health: not a question of fat alone. *Mol Nutr Food Res* 51:1199–1208

Tombesi, A., & Proietti, P. (1996). Translocation of assimilates and source-sink influences on productive characteristics

of the olive tree. Translocation of Assimilates and Source-Sink Influences on Productive Characteristics of the Olive Tree, 1000-1004.

Orlandi, F., Rojo J., Picornell, A., Oteros, J., Perez-Badia, R. & Fornaciari, M. (2020). Impact of Climate Change on Olive Crop Production in Italy. *Atmosphere*, 11(6), 595; Doi.org/10.3390/atmos11060595

Osborne, CP, Chuine, I, Viner, D, & Woodward, F.I. (2000). Olive Phenology As A Sensitive İndicator Of Future Climatic Warming İn The Mediterranean. *Plant, Cell and Environment* 23: 701-710

Özer, K. (2018). ‘Gemlik’ Zeytini Klonları Ve Bazı Melez Tiplerin Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Özkaya, M.T. (2004). Gemlik Zeytin (*Olea europaea L.*) Çeşidinde Farklı Dönemlerde Uygulanan Bazı Yaprak Gübrelerinin Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimler Dergisi*,10(3) 353-35.

Rallo, L. & Martin, G.C. (1991). The Role Of Chilling İn Releasing Olive Floral Buds From Dormancy. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116, 1058–1062

Rapoport, H.F., Hammami, S.B.M., Martins, P., Pérez-Priego, O. & Orgaz, F. (2012). Influence Of Water Deficits At Different Times During Olive Tree İnflorescence and Flower Development. *Environ. Exp. Bot.* , 77, 227–233.

Reale, L., Sgromo, C., Ederli, L., Pasqualini, S., Orlandi, F., Fornaciari, M., Ferranti, F. & Romano, B. (2009). Morphological and Cytological Development and Starch Accumulation İn Hermaphrodite and Staminate Flowers Of Olive (*Olea europaea L.*). *Sex Plant Reprod.* 22:109–119. DOI 10.1007/s00497-009-0096-1

Rojo, J., Orlandi, F., Dhiab, A. B., Lara, B., Picornell, A., Oteros, J., Msallem, M., Fornaciari, M. & Pérez-Badia, R. (2020).

Estimation of Chilling and Heat Accumulation Periods Based on the Timing of Olive Pollination, Forests, 11(8), 835. [Doi.org/10.3390/f11080835](https://doi.org/10.3390/f11080835)

Rosa, De La R., Angiolillo, A., Pellegrini, M., Rallo, L. & Besnard, G. A. (2003). First Linkage Map of Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars Using RAPD, AFLP, RFLP and SSR Markers. *Theor Appl Genet* 106: 1273–1282.

Rosati, A., Caporali, S., Paoletti, A. & Famiani, F. (2010a). Pistil Abortion Is Related To Ovary Mass In Olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 127 (2011) 515–519.

Rosati, A., Zipancic, M., Caporali, S. & Paoletti, A. (2010b). Fruit Set Is Inversely Related To Flower and Fruit Weight In Olive (*Olea europaea* L.). *Sci. Hortic.* 126, 200–204.

Ryan, D. & Robards, K. (1998). Phenolic Compounds in Olives. *Analyst*, 123, 31R-44R

Ryan, D., Robards, K., Prenzler, P., Jardine, D., Herlt, T., & Antolovich, M. (1999). Liquid Chromatography With Electrospray Ionisation Mass Spectrometric Detection of Phenolic Compounds from *Olea europaea*. *Journal of Chromatography A*, 855, 519-537.

Sakar, E. (2016). Gaziantep İli Zeytin Genetik Kaynaklarının Morfolojik, Pomolojik ve Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 46 (2): 85-92, 2015. ISSN : 1300-9036. Araştırma Makalesi

Sakar, E., Ünver, H., Ulaş, M. & Ercişli, S. (2017). Şırnak İli Zeytin Gen Kaynaklarının Morfolojik, Pomolojik Özellikleri İle Yağ Asidi Kompozisyonlarının Belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* (2017) 21(3): 299-308.

Sayed, A. B & Hartmann, H.T. (1970). Effect of Diurnally Fluctuating vs. Constant Temperatures on Flower Induction and Sex Expression in the Olive (*Olea europaea*). *Physiol. Plant.*, 24, 40-45.

Seifi, E., Guerin, J., Kaiser, B., & Sedgley, M. (2008). Inflorescence Architecture of Olive. *Scientia Horticulturae*, 116(3), 273-279.

Ulubeli, B. (2019). Aydın'da Memecik Zeytin Çeşidinin Farklı Yüksekliklerde Fenolojik Pomolojik ve Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Aydın: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

Uysal, T. (2012). Gemlik Zeytin Çeşidinde Çiçek Yapısının Sitolojik Olarak İncelenmesi. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

Ülger, S., Baktır, İ. & Kaynak, L. (1999). Zeytinlerde Periyodisite ve Çiçek Tomurcuğu Oluşumu Üzerine İçsel Büyüme Hormonlarının Etkilerinin Saptanması. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23 Ek Sayı 3, 619-623

Ünalın, B. (2015). Gemlik Zeytin Çeşidinde Nanofiber Bariyer Yaprak Gübresi, Nanoteknolojik Kalsit Ve Kaolin Uygulamalarının Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Tuncer, F. (2019). Memecik Zeytin Çeşidinde Periyodisitenin Fenolojik, Morfolojik Ve Pomolojik Yönden İrdelenmesi, Aydın: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans.

Turktas, M., Inal, B., Okay, S., Erkilic, E.G., Dundar, E., Hernandez, P., Dorado, G. & Unver, T. (2013). Nutrition Metabolism Plays an Important Role in the Alternate Bearing of the Olive Tree (*Olea europaea L.*). *PLoS ONE*, 8, e59876, doi:10.1371/journal.pone.

Vuletin Selak, G., Perica, S., Goreta Ban, S., Bucan, L. & Poljak, M., (2012). Flower Sterility And The Germination Ability Of

Pollen As Genetic Traits Of Seven Olive (*Olea europaea* L.)
Cultivars Grown in Croatia. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 87,237–242.

BÖLÜM II

Vegetation Indexes Based on Remote Sensing Technologies Used in Sugar Beet Cultivation: A Review

Nursaç Serda KAYA

Introduction

Today, because of the developments in the health field and awareness by people, the world population is increasing, and lifetime is getting longer. As a result of increasing the world population and insufficiency in natural resources, measuring the agricultural lands and monitoring has become an important situation. On the other hand, in Türkiye, because of the climatic conditions are appropriate for agriculture and having the productive soils, agriculture has an important place.

Sugar, which is required for the main functions of the human body, is an important food because of its high calorie and taste. Sugar has statistical importance because of its contribution to the employment, agricultural production and agriculture based on industry as well as the essential ingredient of food.

Sugar can be produced from only two plants: sugarcane and sugar beet. Sugar beet is a plant that can grow in various regions of Türkiye, much like barley and wheat. The primary factor contributing to this is the availability of suitable agricultural land and climate zones in our country for obtaining sugar from sugar beet. As a member of the Amaranthaceae family, this plant is cultivated in a significant portion of our country. Türkiye is among the countries where sugar can be produced only from the sugar beet and it's in 5th place after Russia, France, ABD and Germany with the 18.9-million-ton sugar beet production. The contribution of sugar beet cultivation to Türkiye agriculture and economy can be sorted in that:

- 1- In addition to economic value, sugar beet supports employment and agriculture.
- 2- Provides an increased 20% yield on the planted grain after itself.
- 3- About 350000 farmers growing sugar beet on the 300000 hectares area.
- 4- A decare's oxygen release through photosynthesis into the air, equivalent to the oxygen which is consumed by 6 people in a year and produces oxygen more than 3 times of a mountain's forest area.
- 5- The molasses and pulp produced as a result of processing sugar beets are used as animal feed and constitute important raw materials for the production of alcohol and the beverage industry (Eştürk, 2018).

In Türkiye, sugar beet cultivation covers approximately 330000 hectares, yielding an average of 6.10 tons per hectare. The largest contribution to these statistics comes from the province of Konya. Konya, with its 306,240 hectares of sugar beet cultivation in 173 villages, has the largest area among 54 provinces, achieving an average yield of 6.88 tons per hectare (Anonymous, 2018). As in all crop cultivation, the yield and quality of sugar beets correlate with the adequate and balanced proportions of essential nutrients in the

growing environment. Among these nutrients, nitrogen is particularly crucial for sugar beet cultivation, playing a key role in various metabolic functions, including the structure of chlorophyll pigment, proteins, nucleic acids, amino acids, and enzymes that regulate and catalyze plant growth (Gezgin et al., 1999).

However, relying solely on the soil's nitrogen content to achieve high-quality and abundant yields in sugar beet cultivation is not feasible. Studies on the effects of different doses of nitrogen fertilizer applications have indicated a decrease in root system development, yield, and sugar synthesis under nitrogen deficiency conditions (Gezgin et al., 2001). Therefore, it is necessary to apply nitrogen fertilizers to the soil at regular intervals and in sufficient doses during the vegetation period.

Nitrogen fertilizers contain nitrogen in the forms of nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), and urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) and are the most widely consumed fertilizers in Türkiye and worldwide (Eyüpoğlu, 2002). However, as with all chemicals added to the soil, including nitrogen fertilizers, it is essential to apply them in a controlled manner based on scientific principles to minimize both the cost to the grower and environmental impact (Karaçal and Tüfenkçi, 2010). Despite the significant effects of nitrogen on the lithosphere and atmosphere, making it indispensable for all living organisms, effective nitrogen fertilizer applications must be conducted at optimum levels for plants and at minimal levels for the environment. Hence, there is a growing interest in developing practical, rapid, non-destructive, and environmentally friendly methods to determine nitrogen levels in plants (Demotes et al., 2008).

In this regard, remote sensing studies utilizing the reflection properties of certain leaf pigments, such as chlorophyll and polyphenols, in the visible-near-infrared spectrum are being conducted for agricultural purposes. These studies aim to provide an alternative to traditional laboratory analyses and enable the early detection of nitrogen deficiency stress conditions in plants (Başayigit

et al., 2017; Kostrzewski et al., 2002; Vigneau et al., 2011; Wójtowicz et al., 2016).

Early diagnosis of stress conditions related to nutrient deficiencies in plants before visible symptoms such as chlorosis occur is crucial. Such stress conditions, caused by biotic or abiotic factors, negatively affect physiological and metabolic changes in plants, leading to a loss of quality and quantity in yields and, ultimately, plant death (Kacar et al., 2002). Nutrient element stress in plants is a significant abiotic factor that has been studied for many years (Ayala-Silva and Beyl, 2005; Başayigit et al., 2017). In cases of nutrient deficiency or toxicity, especially nitrogen, chlorosis can occur in plant leaves, but the perception of chlorosis varies among individuals, and identifying the source of chlorosis depends on the person's experience. Attempting to address nutrient deficiencies through fertilizer applications based on morphological observations without relying on numerical data leads to unnecessary fertilizer use, resulting in salinization of soil, water pollution, accumulation of substance in plants, and economic losses (Karaçal and Tüfenkçi, 2010).

Given the direct or indirect adverse effects of these factors on all living organisms, it is crucial to develop non-destructive and environmentally friendly methods to determine nutrient element stress conditions in plants. Remote sensing studies in this field have become a significant branch, with researchers aiming to mathematically correlate spectral reflections (spectral signatures) obtained from different wavelengths with the chemical compositions of plants (Başayigit et al., 2017; Li et al., 2008). Ground-based measurement techniques involve employing handheld digital cameras or spectroradiometers with hyperspectral sensing capabilities to measure reflections from a specific length (canopy) or through direct contact with plant tissue. Reflection values obtained from these techniques have a positive and high correlation with nutrient element concentrations in plants (Ayala-Silva and Beyl, 2005; Wójtowicz et al., 2016). For example, a study used hyperspectral cameras to investigate the uptake of different amounts

of nitrogen by sugar beet plants. The study found that sugar beet plants evaluated individually based on hyperspectral images had low nitrogen content in older leaves and high nitrogen content in younger leaves. The nitrogen content was modeled using Partial Least Squares Regression analysis (RMSECV = 1.72 G/KG; PLS-R² = 0.86) (Jay et al., 2014). Similarly, in China, a study found a relationship of $r^2 = 0.79$ between nitrogen levels in winter wheat and calculated Red Vegetation Index (RVI) values from hyperspectral reflection measurements. The study suggested that RVI could be used for predicting the nitrogen status of winter wheat (Li et al., 2008). Reflecting on these studies and findings, it is evident methods using hyperspectral instruments on the ground provide dependable results for forecasting the nitrogen status of plants (Eitel et al., 2011; Fitzgerald et al., 2010). However, further studies with different plant patterns and ground-based hyperspectral measurement techniques are needed to develop crop-specific models for determining nutrient element concentrations (Fitzgerald et al., 2010; Haboudane et al., 2008; Mee et al., 2017).

Nitrogen plays a key role in biochemical reactions which is required for high quality and optimum plant yield, and an element for the producers building the highest fertilizer input. Thus, for the plant production in Türkiye, 7.3-million-ton nitrogen fertilizer has been used and this amount constitutes 66% of the total fertilizer input. Because nitrogen is an important element for both physiologic and economic purposes, plant production is required to monitor the leaves' nitrogen content periodically (Zhao et al., 2019).

With the remote sensing techniques, monitoring the nitrogen contents of the leaves can be monitored practically and without any harm and. From the past to today, remote sensing and reflectance spectroscopy studies have been focused on predicting the nitrogen content of the plant's green accent (Guo et al., 2016). Today, many countries, including Türkiye, have made significant progress in agricultural remote sensing studies in coordination with their 596 civilian Earth observation satellites, in line with the advancements in contemporary science and technology. At the forefront of these

studies are applications aimed at the early detection of various plant stress conditions (Başayığıt et al., 2017; Maimaitiyiming et al., 2017).

The studies have been made based on the association with the spectral reflections obtained from the plant vegetation accent and the plant's chemical compositions as mathematical (Li et al., 2008; Başayığıt et al., 2017). The best spectrum intervals to define the effects of stress conditions belonging to plants are red edge (680-760 nm), red and near infrared (NIR) (Min and Lee, 2005). Thus, Quickbird satellite image's bands between green (590 nm) and NIR (880 nm), nitrogen amount of the maize can predict and there is a high correlation between the nitrogen amount and the NIR band's reflection ratios (Bausch and Khosla, 2010).

Today, there are many vegetation indexes (Damage Sensitive Spectral Index, Effective Leaf Area Index, Healthy-Index, Leaf Area Index, Green Normalized Difference Vegetation Index etc.) especially NDVI to characterize all green plant's biophysical properties using the multispectral and high-resolution satellite images. But in determining the chemical properties of the plants using the vegetation index are limited with the plant type/stress factor combinations (Bagheri et al., 2011; Fitzgerald et al., 2010; Wójtowicz et al., 2016). For this reason, instead of developing the models/index development studies to determine the nutrient levels in plants, it's better to directly monitor the key nutrient associated with the reflection values obtained from canopy (green area) belonging to strategic plant types (Mee et al., 2017). Besides, thanks to spectral sensor technologies and different indicator applications, determining the nitrogen amount in the agricultural areas is less costly and short time has been reported comparing the Kjeldahl and Gumas laboratory analysis methods (Hunt et al., 2013).

Many studies rely on mathematically correlating the spectral reflections (spectral signatures) of plants in different wavelength ranges of the electromagnetic spectrum with the characteristics of the plants (Esetlili et al., 2015; Li et al., 2008). The most useful

wavelength ranges used to determine the biophysical properties from the spectral reflection values of plants are red, green, blue, near-infrared (NIR) and red edge (680-760 nm) spectrum. For instance, it has been indicated that nitrogen content in corn plants can be predicted using the Green (590 nm) - Near-infrared (880 nm) band ranges of Quickbird satellite imagery, and the reflectance ratios in the near-infrared band correlate highly with nitrogen content (Bausch and Khosla, 2010). In this chapter, general description of the F-AHP and the other developed different F-AHP methods in assessing the desertification and soil erosion was given.

Literature Reviews Related with Remote Sensing Applications

Zhang et al., (2021) evaluated ten standard spectral indices picked from the literature to predict the relative chlorophyll content of sugar beet vegetation. They compared these indices with a newly modified chlorophyll index (MCI), which included an additional parameter to enhance prediction accuracy. The Normalized Difference Vegetation Index and chlorophyll index were optimized using all possible spectral band combinations in the range of 390 nm to 990 nm. They found that models obtained from the optimization of band combinations were more exact according as those developed using standard spectral indices. For the estimation of relative chlorophyll content in sugar beet, the R^2 values for the proposed spectral indices were 0.83 for MCI (R747, R839), 0.70 for MCI (R861, R884), and 0.75 for MCI (R931, R770). The study concluded that the suggested index could be applied for the estimation of sugar beet relative chlorophyll content using proximal hyperspectral sensors in large agricultural areas.

Cao et al., (2020) sought a vegetation index that best monitors early sugar beet growth. The Wide Dynamic Range Vegetation Index (WDRVI) demonstrated higher sensitivity, yielding superior results in LAI ranges between 2 and 6 compared to NDVI values. When WDRVI was employed to study sugar beets, determination coefficients (R^2 values) for LAI, fresh leaf weight

(FWL), and fresh root weight (FWR) models were 0.957, 0.950, and 0.963, respectively. Therefore, the researchers concluded that WDRVI is a useful index for monitoring sugar beet growth.

In their study, Boegh et al., (2002) aimed to determine certain physiological levels of vegetation in agricultural areas using the Compact Airborne Spectral Imager (CASI), a multispectral radiometer providing aerial data. Spectral reflectance ratios and vegetation indices were identified and compared with leaf area index and plant nitrogen concentrations in 16 regions. Differences in vegetation diversity, due to leaf age and phenological status, did not exhibit a strong correlation with leaf area index and plant nitrogen concentrations. However, a strong correlation was found between plant nitrogen concentration and reflectance ratios in the green and near-red regions ($r = -0.94$ and $r = -0.88$, respectively). The study also identified significant relationships between spectral vegetation indices and leaf area index.

In their study, Carmona et al., (2015) evaluated the relationship between the hyperspectral Normalized Area Over Curve (NAOC) index, derived from remote sensing data for predicting chlorophyll content, and a multispectral index called NAVI (Normalized Area Vegetation Index). NAVI is obtained using only two bands in the red and near-infrared regions of the spectrum. The study utilized various crops such as clover, corn, garlic, onion, poppy, potato, sugar beet, sunflower, vineyard, and wheat. The results showed a correlation matrix between NAVI index values and NAOC index values, demonstrating very good linear correlation coefficients with values ≥ 0.97 . NAVI was found to be applicable for predicting leaf chlorophyll from satellite data with moderate spectral resolution.

In their study, Li et al., (2020) conducted research to clarify the quantitative relationship between high-resolution images and remote sensing for the total nitrogen content of sugar beet, establish an optimal prediction model for the total nitrogen content of sugar beet, and monitor the growth of sugar. They performed

measurements with a spectroradiometer to determine the reflection spectra of leaf clusters during the rapid leaf growth period, root expansion period, and sugar accumulation period in sugar beet cultivation areas in the Xinjiang Uygur Autonomous Region. After analyzing the total nitrogen content, they evaluated the relationship between the original spectral reflection values and the total nitrogen content. A prediction model for total nitrogen content was established based on the correlation between spectral reflection obtained from the spectroradiometer and total nitrogen content. The determination coefficient was found to be 0.747, indicating a good ability to predict the total nitrogen content in sugar beet leaves. The Vegetation Index had a better predictive ability, with a determination coefficient of 0.794 for predicting leaf total nitrogen content.

Padilla et al., (2015) evaluated the capability of measuring the soil cover rate of plants in the field and leaf chlorophyll with an optical sensor to assess the nitrogen status of tomato plants. Reflectance values of NDVI, Red Vegetation Index, and Nitrogen Nutrition Index (NNI) were found to be good predictors of product nitrogen content throughout the entire growth period. Leaf chlorophyll readings and Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) and Green Vegetation Index (GVI) were also identified as good indicators of product nitrogen status, but relationships were weaker at the end of the product's development period. The study concluded that adopting this approach to develop threshold values for different products has the potential to optimize and facilitate nitrogen management in the field using optical sensors.

According to Moran et al., (1997), satellite images provide valuable information in examining the phenological stages of plants. Pinter et al., (2003) explored the intrinsic connections among the electromagnetic spectrum, fundamental agronomic factors, and biophysical plant mechanisms. Furthermore, they furnished instances of remote sensing applications encompassing irrigation scheduling, nutrient administration, pest management, and crop yield prognosis.

The Plant Canopy Water Content (CWC) is a crucial indicator of the plant's physiological state. In a study conducted by Pasqualotto et al., (2018), two water content indices were developed, enabling the production of CWC maps on a broad spatial scale, applicable to various crop types such as clover, corn, potatoes, sugar beets, and onions. The dataset for the study consisted of water content and other biophysical variables for the mentioned crop types, derived from spectral reflection values obtained by the hyperspectral HyMap aerial sensor. Commonly used water content index formulations, when analyzed and validated, generally resulted in an R^2 value lower than 0.6 for various crops. The first of the two developed CWC indices, the Water Absorption Area Index (WAAI), was created by taking the difference between the area under the plant canopy reflection curve (reference line) and the area under the measured plant canopy reflection between 911 and 1271 nm, indicating zero water content. The Deep Aquatic Quotient (DAQ) was formulated as a streamlined four-band metric grounded on the spectral depths of fluid absorption gauged at 970 and 1200 nm and two benchmark bands. Each Wading Aquatic Assessment Index (WAAI) and DAQ showcased superior efficacy in projecting Comprehensive Water Content (CWC) when employed in assorted cultivated regions, exhibiting R^2 values of 0.8 and 0.7, correspondingly. Nevertheless, these gauges exhibited suboptimal results for varieties with minimal fractional vegetation coverage (<30%). The results confirm that these indices have the potential for generally applicable use in calculating CWC for various crops.

In a segment of Köksal's study in 2006, the AAI (Annual Accumulation Index) values were employed to evaluate the sensitivity of spectral vegetation indices (NDVI, SR, and SAVI) in areas where sugar beets were cultivated under two distinct irrigation practices (rainfed and irrigated when 50% of the available moisture in the soil up to a depth of 0–90 cm was depleted and supplemented with irrigation water). The AAI values were determined as an annual average of 3.8 and 1.0 in 2004 and 4.1 and 1.3 in 2005. The ratio of AAI values to each other was calculated as 0.29 (the average of two

years). Consequently, there is a 71% difference in vegetation between the two different practices.

In a research study, the AAI (Annual Accumulation Index) was derived from the SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index). The investigation specifically examined the impact of the L correlation coefficient in the SAVI formula on AAI for both green beans and sugar beets. Optimal L coefficients were identified, with 0.08 being most suitable for green beans when AAI ranged from 0.40 to 4.00, and 0.00 when AAI ranged from 4.00 to 8. For sugar beets, the optimal L coefficient was determined as 0.22 when AAI was below 3 and 0.03 when AAI was above 3. Correlation coefficients between AAI and SAVI were calculated as 0.46 for green beans under the condition of $L = 0$ ($SAVI = NDVI$) and 0.62 for sugar beets. The computed AAI values using the optimal L value were 0.75 for green beans and 0.78 for sugar beets. The study concluded that SAVI should be calculated with the optimal L value in AAI computations (Köksal, 2008).

General Descriptions for the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Intensity of land cover is one of the most important indicators of plant, soil and climate changes. To describe the land cover intensity, in literature many land cover-based indexes have been used.

In literature it can be found many vegetation indexes to define the land cover using the satellite images. NDVI (Normalized difference vegetation index), SAVI (Soil adjusted vegetation index), OSAVI (Optimized soil-adjusted vegetation index), EVI (Enhanced vegetation index) are some of these vegetation indexes. The most used method in the vegetation index is NDVI.

As it is known, plants absorb most of the energy in the red wavelength and blue wavelength, while reflect most of the energy in green and near infrared (NIR) bands and with this way plants can be

determined easily among the other land covers. The differentiation of areas without vegetation cover through the reflection of near-infrared energy and absorption of red light by chlorophyll can be formulated using NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). NDVI values take the values between -1 and +1.

NDVI value is calculated by the formula given below:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (1)$$

General Descriptions for the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

SAVI is basically similar to NDVI. But differs from NDVI, in SAVI the effects of the soil areas are much more. For this reason, calculating the SAVI background arrange factor (L) is used, it's necessary to obtain information about land cover before.

To Huete (1988), the most appropriate value for the L is 0.5. when the L factor is 0, SAVI value equals NDVI value. In modified SAVI, the L factor changes to the amount of the land cover.

With red and NIR spectral bands, SAVI's graphical transformation incorporates alterations in the origin of reflection from the red and NIR in vegetated canopies, effectively eliminating the soil's effects on the indexes.

SAVI value is calculated by the formula given below:

$$\text{SAVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) * (1 + L) \quad (2)$$

where, NIR and RED are the reflectance in spectral bands, L is the parameter which is constant value (Almutairi, 2013).

General Descriptions for the Landsat 8 OLI and Sentinel-2A MSI

The Landsat 8 OLI satellite has been providing the information since 2013. It has 11 bands including panchromatic, multispectral and thermal. The spatial resolution of these bands are 15, 30 and 100 m. Thermal bands have 12-byte, and the other bands

have 8-byte radiometric resolution. The technical information about the Landsat 8 OLI satellite was given in Table 1.

Table 1. Landsat 8 OLI satellite image specifications

Landsat 8 OLI Image			
Bands	Electromagnetic Area	Wavelength (nm)	Spatial Resolution (m)
B2	Blue (B)	450-515	30
B3	Green (G)	525-600	30
B4	Red (R)	630-680	30
B5	Near Infrared (NIR)	845-885	30
B6	Short Wave Infrared (SWIR 1)	1560-1660	30
B7	Short Wave Infrared (SWIR 2)	2100-2300	30
B8	Black-White (Panchromatic)	500-680	15

The Sentinel satellites, part of the European Space Agency’s Copernicus program, form a constellation designed to fulfill diverse roles, such as contributing to food security management, aiding agricultural and forestry practices, facilitating environmental management, assessing climate change impacts, and proposing solutions. Specifically, Sentinel-2 satellites employ two units to capture images of land and coastal areas between 56° south and 83° north latitudes every five days (Handbook and Tools, 2015).

Notably, Sentinel-2A MSI demonstrates enhanced capabilities for plant examination compared to other satellites (Aghlmand et al., 2019).

Sentinel-2A is a next-generation remote sensing platform that offers:

- 1- A temporal resolution of less than one week,
- 2- Multispectral spatial resolution ranging from 10 m to 60 m, and

- 3- Narrow bands in the red and red-edge spectral regions, providing reliable insights for agricultural monitoring research (Pasqualotto et al., 2019).

Additionally, it provides Level-2A images, including top-of-atmosphere reflectance values, with geometric and atmospheric corrections applied (Drusch et al., 2012). The band specifications for Sentinel-2 satellite imagery are presented in Table 2.

Table 2. Characteristics of the Sentinel-2A satellite sensor

Band	Band Name	Wavelength (nm)	Band width (nm)	Spatial Resolution (m)
B1	Coastal Aerosol	443	20	60
B2	Blue	490	65	10
B3	Green	560	35	10
B4	Red	665	30	10
B5	Vegetation Red-Edge	705	15	20
B6	Vegetation Red-Edge	740	15	20
B7	Vegetation Red-Edge	783	20	20
B8	Infrared	842	115	10
B8A	Vegetation Red-Edge	865	20	20
B9	Water vapor	945	20	60
B10	Cirrus	1380	30	60
B11	Shortwave Infrared (SWIR)1	1610	90	20
B12	SWIR2	2190	180	20

Red Edge-Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (RE-OSAVI)

RE-OSAVI represents a refined iteration of the SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) lineage, originally developed by Rondeaux et al., (1996). In this enhanced version, the red edge band at 705 nm replaces the traditional red band at 670 nm. The incorporation of the red edge band mitigates the influence of the sub-mass on red wavelength reflection, endowing RE-OSAVI with increased reliability in delineating plant biomass.

RE-OSAVI value is calculated by the formula given below:

$$RE - OSAVI = (1 + 0.16) \times [(NIR - RE_{edge})/NIR + RE_{edge} + 0.16] \quad (3)$$

Red Edge-Normalized Difference Vegetation Index (Redge-NDVI)

The Red Edge Normalized Difference Vegetation Index (Redge - NDVI) can be employed to determine the traceability of sugar beet leaf nitrogen content using Sentinel-2A satellite imagery (Fernández-Manso et al., 2016). NDVI has been widely used in various research studies, including predicting temporally varying nitrogen content of different plant species (Cabrera-Bosquet et al., 2011), determining green canopy density, monitoring plant development (Mezera et al., 2017), yield predictions, and vegetation classification studies.

While NDVI traditionally relies on calculations based on red and near-infrared reflection values, recent studies have reported more satisfactory results using the red-edge band instead of the red band (Fernández-Manso et al., 2016).

Redge-NDVI value is calculated by the formula given below:

$$Redge - NDVI = (NIR - RE_{edge}) / (NIR + RE_{edge}) \quad (4)$$

Conclusion

In conclusion, remote sensing technologies, utilizing satellite imagery and spectral reflectance analysis, offer valuable insights into sugar beet cultivation. The literature underscores the importance of nitrogen monitoring for optimal yield and sustainability. Spectral indices like NDVI, SAVI, RE-OSAVI, and Redge-NDVI, derived from satellites like Landsat 8 OLI and Sentinel-2A MSI, enable efficient and non-destructive assessment of sugar beet health. These technologies provide timely and large-scale information on crop physiology, contributing to sustainable agricultural practices.

As global challenges increase, integrating remote sensing into agriculture management becomes crucial for precision farming, enhancing productivity, and mitigating environmental impact.

Ongoing research and technological advancements are key to addressing evolving global challenges in sugar beet cultivation and agriculture overall.

References

Aghlmand, M., Kalkan, K., & Onur, M. İ. Sentinel 2 Uydusunun Orman Sınıflandırma Kabiliyetinin İncelenmesi.

Almutairi, B., El, A., Belaid, M. A., & Musa, N. (2013). Comparative Study of SAVI and NDVI Vegetation Indices in Sulaibiya Area (Kuwait) Using Worldview Satellite Imagery. *Int. J. Geosci. Geomat*, 1, 50-53.

Ayala-Silva, T., & Beyl, C. A. (2005). Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. *Advances in Space Research*, 35(2), 305-317.

Bagheri, N., Ahmadi, H., Alavipanah, S. K., & Omid, M. (2012). Soil-line vegetation indices for corn nitrogen content prediction. *International Agrophysics*, 26(2).

Başayığit, L., Dedeoğlu, M., Akgül, H., Uçgun, K., & Altındal, M. (2017). Investigation of N Deficiency in Cherry Trees Using Visible and Near-Infrared Spectra Part of the Spectrum in Field Condition. *Guang pu xue yu Guang pu fen xi= Guang pu*, 37(1), 293-298.

Başayığit, L., Dedeoğlu, M., Akgül, H., Uçgun, K., & Altındal, M. (2017). Investigation of N Deficiency in Cherry Trees Using Visible and Near-Infrared Spectra Part of the Spectrum in Field Condition. *Guang pu xue yu Guang pu fen xi= Guang pu*, 37(1), 293-298.

Bausch, W. C., & Khosla, R. A. J. I. V. (2010). QuickBird satellite versus ground-based multi-spectral data for estimating nitrogen status of irrigated maize. *Precision Agriculture*, 11, 274-290.

Boegh, E., Soegaard, H., Broge, N., Hasager, C. B., Jensen, N. O., Schelde, K., & Thomsen, A. (2002). Airborne multispectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration, and photosynthetic efficiency in agriculture. *Remote sensing of Environment*, 81(2-3), 179-193.

Cabrera-Bosquet, L., Molero, G., Stellacci, A. N. N. A., Bort, J., Nogués, S., & Araus, J. (2011). NDVI as a potential tool for predicting biomass, plant nitrogen content and growth in wheat genotypes subjected to different water and nitrogen conditions. *Cereal Research Communications*, 39(1), 147-159.

Cao, Y., Li, G. L., Luo, Y. K., Pan, Q., & Zhang, S. Y. (2020). Monitoring of sugar beet growth indicators using wide-dynamic-range vegetation index (WDRVI) derived from UAV multispectral images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171, 105331.

Carmona, F., Rivas, R., & Fonnegra, D. C. (2015). Vegetation Index to estimate chlorophyll content from multispectral remote sensing data. *European Journal of Remote Sensing*, 48(1), 319-326.

Dedeoğlu, M. (2020). Vejetasyon indis değerleri ile şeker pancarı yaprak azot içeriğinin izlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(1), 69-76.

Demotes-Mainard, S., Boumaza, R., Meyer, S., & Cerovic, Z. G. (2008). Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. *Scientia Horticulturae*, 115(4), 377-385.

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote sensing of Environment*, 120, 25-36.

Eitel, J. U., Vierling, L. A., Litvak, M. E., Long, D. S., Schulthess, U., Ager, A. A., ... & Stoscheck, L. (2011). Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in a New Mexico conifer woodland. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3640-3646.

Esetlili, M. T., Fulsen, Ö., Kandemir, B. N., Kurucu, Y., & Bolca, M. (2015). Uzaktan algılama tekniği ile pamuk tarla verimi

tahmin doğruluğunun artırılmasında kırmızı kenar (rededge) band kullanımının katkısı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(2), 161-168.

Eştürk, Ö. (2018). Türkiye’de şeker sektörünün önemi ve geleceği üzerine bir değerlendirme. *Anadolu İktisat ve İşletme Dergisi*, 2(1), 67-81.

Eyüpoğlu, F. (2002). *Türkiye gübre gereksinimi tüketimi ve geleceği*. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. İŞlt. Müd..

Fei, C., Fan, H., Fan, X. X., & Xu, G. (2020). Estimation of total nitrogen content in sugar beet leaves based on chlorophyll fluorescence parameters. *Photosynthetica*, 58(3).

Fernández-Manso, A., Fernández-Manso, O., & Quintano, C. (2016). SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 50, 170-175.

Fitzgerald, G., Rodriguez, D., & O’Leary, G. (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field crops research*, 116(3), 318-324.

Fitzgerald, G., Rodriguez, D., & O’Leary, G. (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field crops research*, 116(3), 318-324.

Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., & Ayaslı, Y. (1999). Konya ovasında şeker pancarı bitkisinde beslenme sorunlarının toprak ve bitki analizleri ile belirlenmesi. *Konya Pancar Ekicileri Kooperatifi Yayını, Konya*.

Gezgin, S., Hamurcu, M., & Dursun, N. (2001). Konya ovasında şeker pancarının azot ve fosfor ihtiyacının belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (: Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi)*, 15(25), 119-131.

Guo, B. B., Qi, S. L., Heng, Y. R., Duan, J. Z., Zhang, H. Y., Wu, Y. P., ... & Zhu, Y. J. (2017). Remotely assessing leaf N uptake in winter wheat based on canopy hyperspectral red-edge absorption. *European Journal of Agronomy*, 82, 113-124.

Haboudane, D., Tremblay, N., Miller, J. R., & Vigneault, P. (2008). Remote estimation of crop chlorophyll content using spectral indices derived from hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 423-437.

Handbook, S. U., & Tools, E. (2015). Sentinel-2 User Handbook. *ESA Standard Document Date, 1*, 1-64.

Huete, A. R., & Liu, H. Q. (1994). An error and sensitivity analysis of the atmospheric-and soil-correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32(4), 897-905.

Hunt Jr, E. R., Doraiswamy, P. C., McMurtrey, J. E., Daughtry, C. S., Perry, E. M., & Akhmedov, B. (2013). A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. *International journal of applied earth observation and Geoinformation*, 21, 103-112.

Jay, S., Hadoux, X., Gorretta, N., & Rabatel, G. (2014, July). Potential of hyperspectral imagery for nitrogen content retrieval in sugar beet leaves. In *AgEng 2014* (p. 8).

Kacar, B., Katkat, A. V., & Öztürk, Ş. (2002). Bitki fizyolojisi. uludağ üniversitesi güçlendirme vakfı Yayın No: 198. *VİPAŞ AŞ Yayın*, (74).

Karaçal, İ., & Tüfenkçi, Ş. (2010). Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar Ve Gübre-Çevre İlişkisi.

Koeksal, E. S. (2008). Evaluation of spectral vegetation indices as an indicator of crop coefficient and evapotranspiration under full and deficit irrigation conditions. *International Journal of Remote Sensing*, 29(23), 7029-7043.

Kostrzewski, M., Waller, P., Guertin, P., Haberland, J., Colaizzi, P., Barnes, E., ... & Choi, C. (2003). Ground-based remote sensing of water and nitrogen stress. *Transactions of the ASAE*, 46(1), 29.

Köksal, E. S. (2006). Sulama suyu düzeylerinin şekerpancarının verim, kalite ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin, infrared termometre ve spektrometre ile belirlenmesi.

Li, F., Gnyp, M. L., Jia, L., Miao, Y., Yu, Z., Koppe, W., ... & Zhang, F. (2008). Estimating N status of winter wheat using a handheld spectrometer in the North China Plain. *Field Crops Research*, 106(1), 77-85.

Li, F., Gnyp, M. L., Jia, L., Miao, Y., Yu, Z., Koppe, W., ... & Zhang, F. (2008). Estimating N status of winter wheat using a handheld spectrometer in the North China Plain. *Field Crops Research*, 106(1), 77-85.

Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Bozzolo, A., Wilkins, J. L., & Kwasniewski, M. T. (2017). Early detection of plant physiological responses to different levels of water stress using reflectance spectroscopy. *Remote Sensing*, 9(7), 745.

Mee, C., Siva, K. B., & Ahmad, H. M. H. (2017). Detecting and monitoring plant nutrient stress using remote sensing approaches: a review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(1), 1-8.

Mee, C., Siva, K. B., & Ahmad, H. M. H. (2017). Detecting and monitoring plant nutrient stress using remote sensing approaches: a review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(1), 1-8.

Mezera, J. I. R. I., Lukas, V. O. J. T. E. C. H., & Elbl, J. A. K. U. B. (2017). Evaluation of crop yield spatial variability in relation to variable rate application of fertilizers. *MendelNet*, 24(1), 17-37.

Moran, M. S., Inoue, Y., & Barnes, E. M. (1997). Opportunities and limitations for image-based remote sensing in

precision crop management. *Remote sensing of Environment*, 61(3), 319-346.

Padilla, F. M., Peña-Fleitas, M. T., Gallardo, M., & Thompson, R. B. (2015). Threshold values of canopy reflectance indices and chlorophyll meter readings for optimal nitrogen nutrition of tomato. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 271-285.

Pasqualotto, N., Delegido, J., Van Wittenberghe, S., Rinaldi, M., & Moreno, J. (2019). Multi-crop green LAI estimation with a new simple Sentinel-2 LAI Index (SeLI). *Sensors*, 19(4), 904.

Pasqualotto, N., Delegido, J., Van Wittenberghe, S., Verrelst, J., Rivera, J. P., & Moreno, J. (2018). Retrieval of canopy water content of different crop types with two new hyperspectral indices: Water Absorption Area Index and Depth Water Index. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 69-78.

Pinter Jr, P. J., Hatfield, J. L., Schepers, J. S., Barnes, E. M., Moran, M. S., Daughtry, C. S., & Upchurch, D. R. (2003). Remote sensing for crop management. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(6), 647-664.

Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107.

Vigneau, N., Ecarnot, M., Rabatel, G., & Roumet, P. (2011). Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat. *Field Crops Research*, 122(1), 25-31.

Wójtowicz, M., Wójtowicz, A., & Piekarczyk, J. (2016). Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in biometry and crop science*, 11(1), 31-50.

Wójtowicz, M., Wójtowicz, A., & Piekarczyk, J. (2016). Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in biometry and crop science*, 11(1), 31-50.

Zhang, J., Tian, H., Wang, D., Li, H., & Mouazen, A. M. (2021). A novel spectral index for estimation of relative chlorophyll content of sugar beet. *Computers and Electronics in Agriculture*, *184*, 106088.

Zhao, H., Song, X., Yang, G., Li, Z., Zhang, D., & Feng, H. (2019). Monitoring of nitrogen and grain protein content in winter wheat based on Sentinel-2A data. *Remote Sensing*, *11*(14), 1724.

BÖLÜM III

Fuzzy Analytical Hierarchy Process Applications in Desertification and Soil Erosion Assessments: A Review

**Nurşaç Serda KAYA
Orhan DENGİZ**

Introduction

Developed and in developing countries are using the natural resources in a certain plan and meticulously in the face of population growth. If the countries cannot assess their lands which are one of the natural and limited resources appropriately, they also cannot have a healthy community and cannot escape dependence on other countries. Besides, the environmental problems threatening the human future would be inevitable. The problems emerging with the wrong land use is a worldwide issue and last of all, most of the natural resources such as water and soil resources and wildlife are affected negatively (Hurni 1997).

Especially, the certain increase in the world population after the industrial revolution threatens the soil, water and air resources' quality and their natural regulator features. This situation may cause land degradation and desertification which obstruct the opportunities and flexibilities in nature with its dynamic and complexity structure (Turan, Dengiz & Özkan, 2019).

Worldwide, land degradation which is a global problem in large areas is expressed as the loss of biological productivity qualification of the soil and the resistance to degradation with the effects as natural and human based factors (Mutlu, 2015). At the same time land degradation includes wind and the water erosion which cause desertification long term loss in natural land cover (Warren, 2002). Some researchers define desertification as a process happening in the last stages of the land degradation and permanent loss of biological and economical (Kosmas et al., 1999; Aksoy, 2016). Global climate change directs researchers to take a precaution against desertification, determine and monitor the current situation of the desertification because of the increase in the desertification within the loss of land cover rate and land degradation.

Drought has taken the place in the priority field of every country because of threatening agricultural production and causing land degradation and desertification. With the desertification in the lands, agricultural lands have become insufficient to support the human, animal, wildlife as biological and the economical way. Desertification and land degradation are not having the same meaning while they cause an inefficiency in soils totally or partially. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) expressed the degradation of land as a decrease in biological and economical productivity, terrestrial ecosystems where the soil, land cover and the other live organisms ecological are exist, biodiversity and bio-geochemical and hydrological processes ongoing this terrestrial ecosystem. Desertification is expressed as the tip point of the land degradation seen in semi-arid and semi rainy areas with the effects of diverse factors. Land degradation, such as soil erosion, is intricately linked to the socio-economic activities of individuals

directly affected by land degradation. For this reason, examining the distribution and temporal changes of desertification has become a significant subject for scientists.

In latest years diverse touches and models have been developed to assess the sensitivity of an area against to desertification and land degradation (Wijitkosum, 2016; Zakerinejad and Masoudi, 2019; Pishyar et al., 2020; Imbrenda et al., 2022). Specifically, researchers all over the world have made lots of works to examine the situation and the indicators of local desertification (Wang et al., 2008; Gao and Wang, 2019; Türkeş et al., 2020; Uzuner and Dengiz, 2020). Dastorani, (2022) pointed out that to describe the desertification minimum data and effort has to be considered. This situation has directed the researchers to search and use the more complex techniques. Besides, in these studies, geographical information systems (GIS) and remote sensing have been exploited also in active to assess fast and correctly of the natural events (Kuang et al., 2020; Silva et al., 2020; Jafari and Abedi, 2021). However, before using remote sensing and geographical information systems, there are improvement processes that need to be done on data sets. The most frequently used method in remote sensing and geographical information systems for the purpose of preparing data sets, combining them and evaluating the characteristics of the study area is the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approach (Jafari Shalamzari et al., 2019; Akbari et al., 2021).

In recent years, one of the MCDM approaches which is called Analytical Hierarchical Process (AHP) is actively used in the desertification studies from the researchers. Including more of the indicators and effects of these indicators are not the same are the advantages of the AHP and that's why AHP presents both quantitative and qualitative approaches. Firstly, introduced by Saaty (1977), solving the MCDM procedures, easily understandable and applicable, AHP method is an analytic method generally accepted by the researchers that is applied in many fields. But the AHP model is criticized because using the integer numbers and insufficiency takes the inattentiveness in binary comparing processes (Kargın, 2010).

For this reason, the first F-AHP (Fuzzy Analytical Hierarchical Process) basis has been started using by Van Laarhoven and Pedrycz, (1983) in comparing the fuzzy ratio which is defined by the triangular membership function (Pala, 2016).

Soil erosion is a global problem that affects the sustainable development of the agricultural lands as well as affects the environment, economy and society on a serious level. Soil erodibility has been examined by the researchers since 1920 which described as the notion of the sensitivity of the soils to erosion and it's becoming a serious problem with the increase in global warming and the world population (Kajembe et al., 2005). Soil erosion can cause a decrease in soil productivity. It destroys water reservoir areas and waterways, causes pollution and affects the environment in a negative way. Also, erosion cause a surface runoff which cause the loss in productivity of the topsoil.

Erosion includes a process degraded the soil particles by the wind and the water forces and carried to the different locations. This process is dependent on the factors such as organic matter, texture, slope and precipitation and environment (Dede et al., 2022). For this reason, Nciizah and Wakindiki, (2015) described the soil erodibility which is so crucial and how sensitive it is to prevent soil degradation and manage the soil resources. Many quantitative and qualitative erosion sensitivity models have been developed to assess the soil sensitivity to erosion (Demirağ Turan et al., 2020).

USLE (Universal Soil Loss Equation) is a method used to assess the soil erodibility (Devatha, Deshpande & Renukaprasad, 2015). The equation predicts the annual average soil loss rate because of crust and runoff erosion is caused by precipitation and surface runoff. USLE takes into consideration a series of elements such as precipitation erosivity, slope steepness and length, soil erodibility, erosion and land cover control applications (Alewell et al., 2019). In recent years, different versions and approaches are known as updated soil erodibility factor (USLE-K) of USLE to express the effects of the administration of soil applications on soil

erosion and sensitivities (Sadeghi et al., 2004). In the studies made by researchers has pointed out that soil erosion can be understood appropriately, soil erosion can decrease, healthy decision can be made in protecting the health, quality and productivity using the USLE-K (Lu et al., 2004; Gitas et al., 2007; Prasannakumar et al., 2012; Wang, Zheng & Guan, 2016).

On the other hand, remote sensing and GIS are used in active to assess fast and accurate of natural phenomenon (Güzin and Karaca, 2021; Jafari and Abedi, 2021). But because of the needs of improvement processes in GIS and remote sensing, MCDM method is used data preparing to assess the study area properties (Akbari et al., 2021). F-AHP has been started to use by many researchers in recent years (Asakereh et al., 2017; Dengiz, Saflı, Pacci &, 2023; Kılıç et al., 2022; Mosadeghi et al., 2015; Rajasekhar et al., 2019; Shao et al., 2020). In this chapter, general description of the F-AHP and the other developed different F-AHP methods in assessing the desertification and soil erosion and related literature reviews was given.

General Descriptions of the F-AHP and the Other Different F-AHP Methods in Assessing the Desertification and Soil Erosion

Fuzzy-Analytical Hierarchical Process

AHP is evolved to solve the complex decision-making problems by Saaty, (1997) which includes multiple criteria. AHP decision theory is a strong and understandable method which has the ground applications providing the combination of the quantitative and qualitative factors. For pairwise comparison to prioritize the criteria in AHP, Saaty scale is used which is displayed in Table 1 below:

Table 1. Saaty Scale for Pairwise Comparison

Numerical Value	Definition
1	Equal Importance
2	Equal to Moderate Importance
3	Moderate Importance
4	Moderate to Strong Importance
5	Strong Importance
6	Strong to Very Strong Importance
7	Demonstrated Importance
8	Very to Extremely Strong
9	Absolute Importance

In addition to this, even if the AHP method takes the expert's information, it cannot reflect the humanistic way of thinking. This defect has been overcome by proposing the Fuzzy-AHP method. The F-AHP method, initially introduced by Zadeh in 1965, is grounded in fuzzy set theory. Within this theoretical framework, a component is categorized as either an element of a set or not, and partial belonging is not permissible. Fuzzy set theory employs linguistic terms such as low, high, and moderate to model data, and these fuzzy sets are characterized by membership functions. The membership function, denoted as $\mu_{\bar{A}}(x)$, assigns values within the range of $[0, 1]$, encapsulating the degree of membership or relevance of an element to the set. If $\mu_{\bar{A}}(x) = 1$, x is precisely an element of the set, while $\mu_{\bar{A}}(x) = 0$, x element is definitely not the element of the set.

In one of their studies, Turan et al., (2020) has aimed to define the erosion sensitivity classes using the F-AHP method for the lands located in the Sinop province and produce the erosion sensitivity maps applying the geographical information systems. The flow of the study is given as follows:

1. Processes of collecting data and data input with GIS technology,
2. Determining the notional importance of the levels of the sub criteria with the MCDM for total data set and applying the TFN which is one of the F-AHP method in determining the relative importance of criteria for the total data set,

3. Creating the erosion risk map for the total data set operating the linear combination technique
4. Creating the minimum data set exploiting the analysis of principal component,
5. Determining the relative importance of sub criteria with the MCDM method for minimum data set and using the TFN which is one of the F-AHP method in determining the relative importance of criteria for the minimum data set,
6. Creating the erosion risk map and assessing the results for the total data set using the linear combination technique.

In this study, to create the erosion sensitivity maps, the total data set includes 7 criteria that have been taken into consideration such as land use, land cover, precipitation, slope, soil depth, erodibility and geology.

Every parameter in creation of erosion sensitivity maps for the total and the minimum data set have been classified as divided into the sub parameters.

The classes associated with the specified sub-parameters range from 1 to 4. In instances of high erosion sensitivity, the parameter is assigned the value 4, while in cases of low erosion sensitivity, the parameter is assigned the value 1. The values between the value 1 and value 4 are changing according to the degrees of the parameters' sensitivity to erosion.

Five step method committed by Sun, (2010) has been used based on the Geometric Average practice propounded by Buckley (1985) to figure out each parameter's weights. The steps belonging to this model has been given as summarize in the below:

- 1- An A pairwise matrix of comparison is created by opinions of the experts.
- 2- The linguistic term in A matrix is converted to TFN (Triangular Fuzzy Number) Table 2).

- 3- Every row's geometric average is calculated to calculate the weights of fuzzy.
- 4- Afterwards of the calculation of the row's geometric average, fuzzy weights are calculated.
- 5- Defuzzification process is applied to the weights created by TFN.

In an \tilde{A} number which is described with l , m , u and they expressed the lower limit, up limit and the possible value, respectively. The TFN function is given as (Laarhoven and Pedrycz, 1983):

$$\begin{aligned} & ((x - l)/(m - l), 1 \leq x \leq m, & (1) \\ \mu_{\tilde{A}}(x) = & (u - x)/(u - m), m \leq x \leq u, & 0, \text{ otherwise) } \end{aligned}$$

In the situation where the information is represented by the fuzzy numbers, the arithmetical processes have to be made by using the fuzzy numbers arithmetic. For the two TFN which is given as $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ and $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ basic arithmetical processes were given below:

$$\text{Addition: } \tilde{M}_1 + \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2)$$

$$\text{Subtraction: } \tilde{M}_1 \times \tilde{M}_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (3)$$

$$\text{Multiplication: } \tilde{M}_1 / \tilde{M}_2 = (l_1 / l_2, m_1 / m_2, u_1 / u_2) \quad (4)$$

$$\text{Division: } \tilde{M}_1 - \tilde{M}_2 = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (5)$$

$$\text{Trapezoidal Process: } (\tilde{M}_1)^{-1} = 1/u_1, l/m_1, 1/l_1 \quad (6)$$

Table 2. Triangular fuzzy number scale (Cheng, 1999)

Grade	Linguistic Scale	Triangular Fuzzy Number Scale	Reciprocal Triangular Fuzzy Number Scale
1	Equally important	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
2	Weakly advantage	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
3	Not a bad advantage	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
4	Preferred	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
5	Good advantage	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
6	Fairly good advantage	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
7	Very good advantage	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
8	Absolute advantage	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)
9	Perfect advantage	(8, 9, 10)	(1/10, 1/9, 1/8)

Specifying the prioritizes of the criteria and the sub criteria, the AHP was operated, to determine the erosion sensitivity classes consisting of 4 classes, linear combination technique is used. The mathematical equation of this technique is expressed as:

$$S = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (7)$$

where, S represents total erosion sensitivity point, W_i represents the value of i feature, X_i represents the sub criteria point of i feature and n is the total numbers of the considered criteria.

Land cover parameters are assessed as the most important parameter with the weight value of 0.280 in determining the erosion sensitivity areas. Turan et al., (2020) has interpreted this result as higher land cover percentage decreases the level of possibility of erosion even if the land is sloppy. The parameters' final weights used in determining erosion sensitivity areas for total and minimum data set were given for this study in Table 3.

Table 3. Weight values of parameters used in determining erosion sensitivity areas for total and minimum data set

Criterion	Weight for the Total Data Set	Criterion	Weight for the Minimum Data Set
Erodibility	0.056	Erodibility	0.143
Slope	0.173	Slope	0.345
Land use	0.237	Land cover	0.512
Land cover	0.280		
Geology	0.056		
Soil depth	0.087		
Precipitation	0.112		

To sum up, they have concluded that the erosion risk maps created by both total and minimum data set have similarities. They also pointed out that in the situations of slope is high, the land cover is weak, in the areas such as agricultural land and pasture lands have the highest erosion risk potential.

Besides, this study, along with the spatial distribution patterns of sensitivity classes on the current erosion susceptibility map of Sinop province, are considered to provide decision-makers and local practitioners with a comprehensive foundation for effective administration and sustainable land use in the study area.

Neutrosophic Fuzzy-Analytical Hierarchical Process (NF-AHP)

Neutrosophic sets, unlike interval-valued intuitionistic fuzzy sets and intuitionistic fuzzy sets, manifestly express indeterminacy. This unique trait empowers neutrosophic sets to adeptly handle both indeterminate and inconsistent information (Kaya et al., 2022). These advantages underscore the practicality of neutrosophic sets in managing data of such nature.

A neutrosophic set is comprised of three components: (T) represents the level of truthfulness-membership function, (I) represents the indeterminacy-membership function, and (F) represents the falsehood-membership function. The required arithmetic operations for two independent neutrosophic numbers can

be referenced in previous studies (Ye 2014; Kaya et al., 2022). The process belonging to Neutrosophic Analytic Hierarchy Process (NF-AHP) utilized are delineated as follows:

1- Initially, a systematic framework of standards was developed to address the problem of decision-making. The problem was defined, and the alternatives, sub-criteria and criteria relevant to the decision-making issue were depicted.

2- Subsequently, a matrix of paired comparisons was generated utilizing the scale recommended by Radwan et al., (2016), as presented in Table 4.

3- In the third step, the evaluations provided by the experts are processed through the The operator for aggregating neutrosophic numbers through a weighted arithmetic average, as introduced by Ye (2014), to formulate the group neutrosophic evaluation.

$$1 - \prod_{k=1}^n (1 - T_{A_j}(x))^{w_j}, \quad (8)$$

$$F_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - I_{A_j}(x))^{w_j},$$

$$1 - \prod_{k=1}^n (1 - F_{A_j}(x))^{w_j}.$$

where $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ is the weight vector of A_j ($j = 1, 2, \dots, n$), $w_j \in [0, 1]$ and $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

4- In the fourth step, to verify the consistency of the matrix, the formula called Consistency Ratio (CR) proposed by Xu et al., (2014) was applied.

5- In the fifth step, the method devised by Saaty, (1977) was utilized to standardize the consistently paired matrix, facilitating the identification of criteria for soil quality.

6- Following that, comparison matrix to which the normalization process is applied was divided by the quantity of the features, taking a step toward determining the final priority weights for the soil quality criteria.

7- Subsequently, the weights of neutrosophic of the soil quality criteria were converted into crisp values (Kaya et al., 2022).

8- Finally, the denotrosofied weights underwent a normalization process (Kaya et al., 2022).

Table 4. Linguistic variants and significance weight based on neutrosophic values

Linguistic Term	Neutrosophic Set	Linguistic Term	Reciprocal Neutrosophic Set
Extremely Highly Preferred	(0.90, 0.10, 0.10)	Mildly Lowly Preferred	(0.10, 0.90, 0.90)
Extremely Preferred	(0.85, 0.20, 0.15)	Mildly Preferred	(0.15, 0.80, 0.85)
Very Strongly to Extremely Preferred	(0.80, 0.25, 0.20)	Mildly preferred to Very Lowly Preferred	(0.20, 0.75, 0.80)
Very Strongly Preferred	(0.75, 0.25, 0.25)	Very Lowly Preferred	(0.25, 0.75, 0.75)
Strongly Preferred	(0.70, 0.30, 0.30)	Lowly Preferred	(0.30, 0.70, 0.70)
Moderately Highly to Strongly Preferred	(0.65, 0.30, 0.35)	Moderately Lowly Preferred to Lowly Preferred	(0.35, 0.70, 0.65)
Moderately Highly Preferred	(0.60, 0.35, 0.40)	Moderately Lowly Preferred	(0.40, 0.65, 0.60)
Equally to Moderately Preferred	(0.55, 0.40, 0.45)	Moderately to Equally Preferred	(0.45, 0.60, 0.55)
Equally Preferred	(0.50, 0.50, 0.50)	Equally Preferred	(0.50, 0.50, 0.50)

The recommended method for calculating the level of consistency, preferred by Xu et al., (2014), is also utilized for computing the Consistency Ratio (CR). The algorithm developed by Xu et al., (2014) is used to establish a perfectly coherent neutrosophic choice relation, where $(T'_{xk}, I'_{xk}, F'_{xk})$ forms an admissible coherent neutrosophic choice relation, as follows:

1. For $k > x + 1$, let $N_{xk} = (T'_{xk}, I'_{xk}, F'_{xk})$, where $y = x + 1$

$$T'_{xk} = \frac{k-x-1 \sqrt{T_{xy} * T_{yk} * T_{xk-1} * T_{k-1k}}}{k-x-1 \sqrt{T_{xy} * T_{yk} * T_{xk-1} * T_{k-1k}} + k-x-1 \sqrt{(1-T_{xy}) * (1-T_{yk}) * (1-T_{xk-1}) * (1-T_{k-1k})}} \quad (9)$$

$$I'_{xk} = \frac{k-x-1 \sqrt{I_{xy} * I_{yk} * I_{xk-1} * I_{k-1k}}}{k-x-1 \sqrt{I_{xy} * I_{yk} * I_{xk-1} * I_{k-1k}} + k-x-1 \sqrt{(1-I_{xy}) * (1-I_{yk}) * (1-I_{xk-1}) * (1-I_{k-1k})}} \quad (10)$$

$$F'_{xk} = \frac{k-x-1 \sqrt{F_{xy} * F_{yk} * F_{xk-1} * F_{k-1k}}}{k-x-1 \sqrt{F_{xy} * F_{yk} * F_{xk-1} * F_{k-1k}} + k-x-1 \sqrt{(1-F_{xy}) * (1-F_{yk}) * (1-F_{xk-1}) * (1-F_{k-1k})}} \quad (11)$$

2. For $k = x + 1$, let $N_{xk} = (T_{xk}, I_{xk}, F_{xk})$, where $y = x + 1$

3. For $k < x$, let $N_{xk} = (F'_{xk}, 1 - I'_{xk}, T'_{xk})$, where $y = x + 1$

$$CR = \frac{1}{2(n-1)(n-2)} \sum_{x=1}^n \sum_{k=1}^n (|T'_{xk} - T_{xk}| + |I'_{xk} - I_{xk}| + |F'_{xk} - F_{xk}|) \quad (12)$$

Should be less than 0.1.

In assessing the erosion risk classes of Sinop province, Kaya and Dengiz, (2022) employed the Neutrosophic Fuzzy-AHP hybrid model. They established a statistical relationship between values of RE-OSAVI extracted off a dated Sun Aug 21st, 2022 image of satellite and erosion susceptibility index values. The study concluded that RE-OSAVI values effectively represented the soils of Sinop province. The researchers highlighted the utility of vegetation indexes, particularly in areas with high slopes and challenging ground control, for predicting erosion risk.

In one of their study, Dengiz and Demirağ Turan, (2023) aimed to assess the Soil Quality Index (SQI) for the micro-basin concerning land degradation and desertification through three key objectives. First, the Best-Worst Method (BWM) was employed to assign weighting scores to each parameter for the determination of

SQI values. Second, various geostatistical models and Geographical Information System (GIS) techniques were applied to generate spatial distributions of soils. Third, the SQI values obtained were validated by comparing them with biomass reflectance values. The researchers conducted these steps to comprehensively evaluate the soil conditions and understand the impact of various factors on land quality in the micro-basin. Hence, the study investigated the correlation between the Red-Edge Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (RE-OSAVI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), off Sentinel-2A satellite imagery across various time sequences, together with quality of soil.

Figure 1 illustrates the interconnections among the methodologies applied in this soil quality study, which comprises a systematic four-step process.

1. The initial step involves constructing the modeling framework and gathering data for the database.
2. Afterwards, the distinguishing of pivotal and influential indicators of soil quality.
3. Moving on to the third step, the process encompasses de-unitization, scoring, and weighting of the selected indicators. This data is then processed to generate a spatial distribution representing changes in soil quality. The combination of Geographical Information System (GIS) and validated satellite images enhances the accuracy of this spatial analysis.
4. The final step of the study revolves around the assessment of results obtained from the comprehensive data analysis.

These sequential steps collectively contribute to a thorough understanding of soil quality dynamics and its spatial variations (Figure 1).

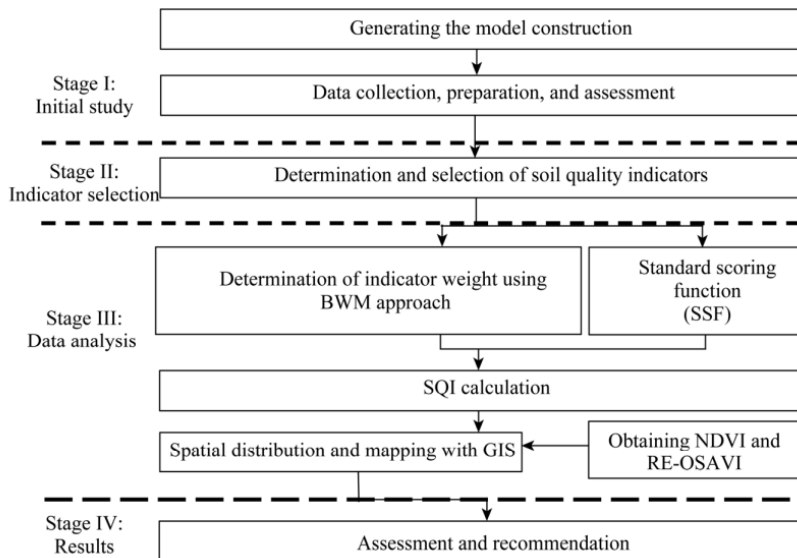


Figure 1. Flow chart belonging the study

The study involved collecting a sum of 107 soil samples from the study area at a 20 cm depth between September and October 2019. These samples underwent drying and sieving through a 2-mm sieve before being subjected to soil physicochemical analysis in the laboratory. Texture analysis applying the hydrometer method, CaCO_3 analysis via Scheibler's calcimeter, soil pH measurement with a pH meter, organic matter (SOM) determination using the Walkley-Black method and electrical conductivity (EC) measurement in saturated soil paste were performed. Additionally, the slope feature was derived from a 10 m resolution DEM (digital elevation model).

For the calculation of the Soil Quality Index (SQI), the study employed the Best-Worst Method (BWM) involving the selection of worst and best indicators, followed by a paired comparison based on decision-makers' preferences. The BWM process included steps such as making a set of choice indicators, identifying best-worst indicators, and assigning values among 1 and 9 to characterize relative importance.

The Standard Scoring Function (SSF) was employed for unitizing different soil indicators. Nine chemical and physical soil features were taken into account, categorized as "more is better" (MB) and "less is better" (LB) functions based on their relationship with soil quality. SSF equations were applied for unitization, assigning scores between 0 and 1 (Table 5).

Table 5. Standard scoring functions belonging to soil quality parameters

Soil indicators	Function Type	Lower	Upper	SSF Equation
Sand	LB	8.25	55.41	$Nf(x) = \begin{cases} 1 - \\ 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} + \\ x \leq L \\ L \leq x \leq U \\ x \geq U \end{cases}$
Silt	LB	16.17	44.61	
BD	LB	1.17	1.50	
WP	LB	11.80	29.10	
pH	LB	5.68	7.96	
EC	LB	0.12	1.87	(13)
AS	MB	27.17	80.45	$Pf(x) = \begin{cases} 0.9 \times \\ 0.1 \\ \frac{x-L}{U-L} + \\ x \leq L \\ L \leq x \leq U \\ x \geq U \end{cases}$
Slope	MB	1.0	11.0	
FC	MB	19.67	41.50	
				(14)

N exhibits a negative linear relationship, whereas P demonstrates a positive linear correlation.

The Soil Quality Index (SQI) and its spatial distribution were determined using the Weighted Linear Combination (WLC) method. Utilizing WLC method, SQI values are figured out by the pursuing formula:

$$SQI_i = \sum_{k=1}^l w_k a_{ik} \quad (15)$$

where SQI_i represents the value of soil quality index of area i ; w_k represents the relative importance degree of the feature and standard value of area a_{ik} under feature k ; and l represents the sum number of features (Elalfy et al., 2010).

To generate maps of distribution belonging to soil features and soil quality across the study area, interpolation models were utilized. These models are utilized to map distance-dependent alterations and point data (Goovaerts, 1998; Mulla and McBratney, 2000). In the determination of spatial distribution, various interpolation methods, including inverse distance weighting (IDW), a widely used model, as well as simple and universal kriging methods, and radial basis function (RBF), were enforced. The correlation of the distribution maps was assessed using metrics like Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE). These measures provide insights into the accuracy and dependability of the spatial interpolation outcomes.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_{i^*} - z_i)^2}{n}} \quad (16)$$

where Z_i represents the estimated value; z_{i^*} represents the observed value; and n represents the number of observation.

The study employed vegetation indices to assess reflectance of biomass, with NDVI being the most extensively applied index (Matton et al., 2005; Skakun et al., 2018). NDVI values lines up from -1.0 to 1.0, where water bodies are symbolized by values near to -1.0, settlements, rocky terrain, bare ground, snow and sand by values near to 0.0, and values close to 1.0 indicate the presence of tropical rainforests, temperate zones or regions with dense and healthy vegetation. NDVI among 0.2 and 0.4 correlates to areas of grasslands or scrub.

The NDVI is calculated using the equation:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (17)$$

Another index used in the study is the Red-Edge Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (RE-OSAVI), an updated version of SAVI advanced by Rondeaux et al., (1996). The RE-OSAVI modifies the model by incorporating the red edge (705 nm) band instead of the red band (670 nm), ensuring it is more delicate to the green field, especially in areas with low vegetation density.

The RE-OSAVI is calculated using the formula:

$$\text{RE-OSAVI} = (1 + 0.16) \times \frac{(\text{NIR} - \text{RE}_{\text{Edge}})}{\text{NIR} + \text{RE}_{\text{Edge}} + 0.16} \quad (18)$$

Following the assessment of soil quality, ESA-SNAP (European Space Agency-Sentinel Application Platform) v.8.0 was utilized to figure out vegetation indexes (NDVI and RE-OSAVI) off Sentinel-2A satellite imagery and establish their relation together with vegetation.

The study aimed to evaluate Soil Quality Index (SQI) for desertification and land degradation, utilizing nine parameters. The Best-Worst Method (BWM) was employed to assign weights to each parameter, with soil depth considered the most important and sand the least. The BWM results indicated depth as the most crucial indicator, followed by clay, slope, SOM, pH, EC, silt, CaCO₃, and sand. Scores were assigned to each parameter based upon their impacts on soil quality within optimal ranges. Using the weighted linear combination technique, SQI was estimated for each soil sample. Spatial distribution maps of SQI were generated through interpolation models, with the simple exponential kriging model identified as the most appropriate. The study produced a soil quality distribution map for the study area based on the chosen interpolation model.

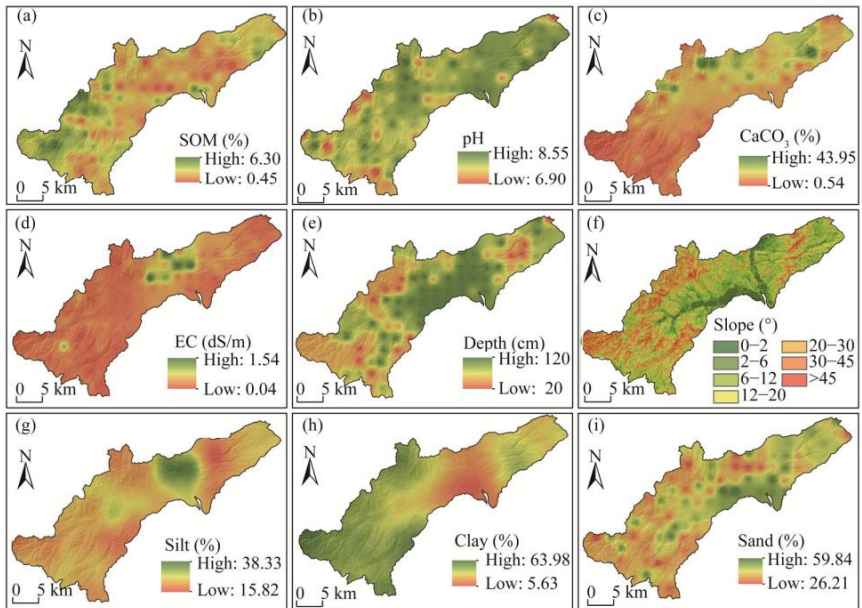


Figure 2. Distribution maps belonging to the criteria of the soil quality. a, b, c, d, e, f, h and i represents the soil organic matter (SOM), pH, CaCO₃, electrical conductivity (EC), soil depth, slope, silt, clay and sand, respectively.

In the study, the R^2 values representing the statistical correlation among Soil Quality Index (SQI) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) off Sentinel-2A satellite images were determined for diverse time series in May, June, July, and August 2021. The obtained R^2 values were 0.802, 0.724, 0.694, and 0.631, respectively, with the highest correlation observed in May and June (Fig. 4). This aligns with the periods of high vegetation density, indicating a parallel distribution pattern between NDVI and SQI. The study identified a lower distribution of soil quality on sloped terrains where NDVI values were low within the basin.

Additionally, the study employed the Red-Edge Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (RE-OSAVI) to enhance the promote for the relation amongst soil quality and reflectance of biomass. The R^2 values representing the statistical relationship

between RE-OSAVI values and SQI off Sentinel-2A satellite images in May, June, July, and August 2021 were stated as 0.795, 0.685, 0.647, and 0.631, respectively (Fig. 5). These results further contribute to understanding the association amongst soil quality and vegetation reflectance of biomass across different time periods.

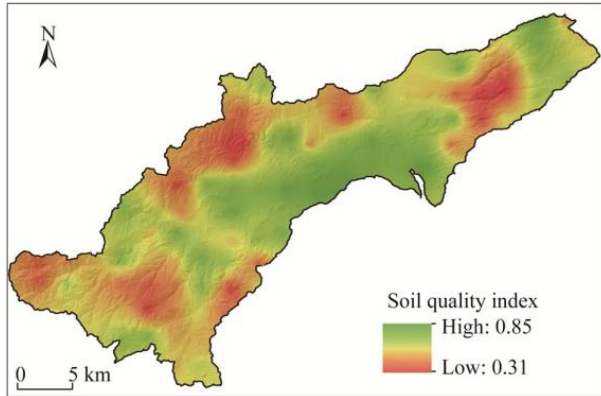


Figure 3. Spatial soil quality index distribution map belonging to the study area

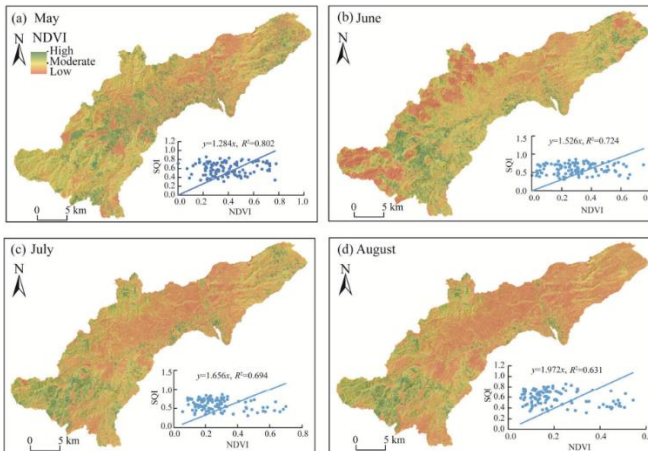


Figure 4. R^2 values among NDVI (normalized difference vegetation index) values and soil quality index (SQI) values by distinct time series. a, b, c and d represent the months as May, June, July and August, respectively.

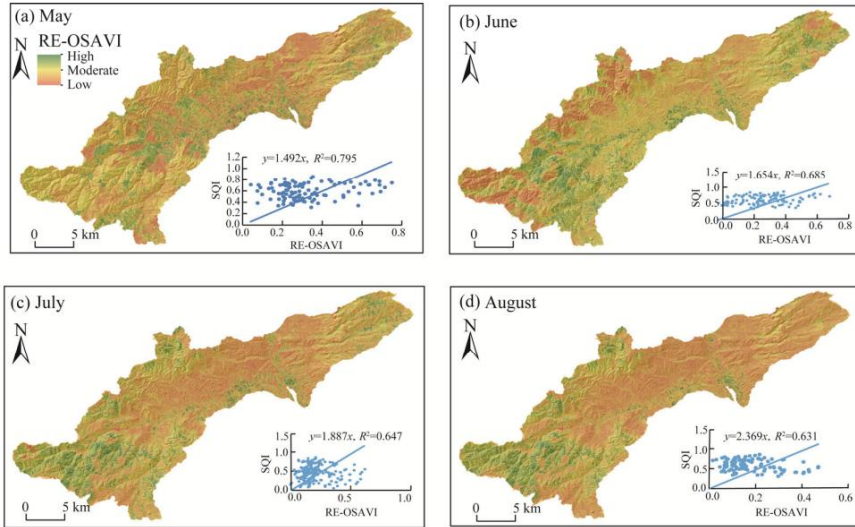


Figure 5. R^2 values among RE-OSAVI (red-edge optimized soil-adjusted vegetation index) values and soil quality index (SQI) values by distinct time series. a, b, c and d represent the months as May, June, July and August, respectively.

The study focused on assessing Soil Quality Index (SQI) in arid and semi-arid soils, specifically in the Çorum Basin, Central Türkiye. Key indicators, including soil physical properties (particle size distribution, soil depth) and chemical characteristics (CaCO_3 , SOM, pH, EC), were considered. The attributes of slope and topography were crucial for evaluating land degradation. The study exploited the Best-Worst Method (BWM) to state all of the parameter's weight and determine SQI. Results indicated that soil quality varied across the basin, with higher SQI in flat areas with clay-rich soil and greater depth, while sloping lands with poor vegetation and sandy texture exhibited lower SQI. Biomass reflectance values from satellite images correlated with SQI, emphasizing the importance of following vegetation periods for accurate soil quality assessment. The study contributes valuable insights for planning sustainable soil management strategies in semi-arid ecosystems. Future studies are recommended to incorporate

additional biophysical parameters and land management practices for enhanced accuracy.

Conclusion

In conclusion, the comprehensive exploration of soil quality dynamics in arid and semi-arid ecosystems reveals the intricate interaction of factors contributing to land degradation and desertification. The body of research underscores the global importance of carefully managing natural resources, especially land, in response to population growth and escalating environmental challenges.

Researchers worldwide are making concerted efforts to enhance the precision and scope of soil quality assessments through the integration of advanced methodologies. These include Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods like Fuzzy Analytical Hierarchical Process (F-AHP), Analytical Hierarchical Process (AHP) and Neutrosophic Fuzzy-Analytical Hierarchical Process (NF-AHP), in conjunction with geostatistical models, remote sensing technologies, and Geographical Information System (GIS).

The studies elucidate the broader implications of soil degradation, emphasizing the interconnectedness of socio-economic activities with environmental health. As soil erosion and desertification pose threats to agricultural productivity, water resources, and overall ecological balance, understanding and mitigating these issues become paramount. The urgency of collaborative efforts in addressing this multifaceted challenge is underscored by the global nature of land degradation.

Furthermore, the exploration of assorted models of soil erosion, like the Universal Soil Loss Equation (USLE), and their adaptations like the updated soil erodibility factor (USLE-K), highlights the significance of predictive tools in assessing and managing soil erosion. Worthy insights inside the relation among soil quality and vegetation dynamics emerge through the application

of vegetation indices, such as the NDVI and RE-OSAVI, ensured from satellite images.

In essence, the climax of these studies emphasizes the imperative for sustainable land use practices and the proactive preserving of soil resources. The integration of scientific findings into policy frameworks is essential for addressing the global environmental challenges posed by soil degradation. As we navigate the complexities of a changing climate and a growing population, these research endeavors underscore the crucial role of informed decision-making in securing the health, productivity, and resilience of our lands for the well-being of current and future generations.

Developed and developing countries alike are utilizing natural resources in a specific and meticulous manner in response to population growth. Failure to appropriately manage limited resources, such as land, not only hinders the development of healthy communities but also fosters dependence on other countries. Additionally, environmental issues that threaten the oncoming of humanity become inevitable. The worldwide issue of problems arising from improper land use negatively affects crucial natural resources, including water, soil, and wildlife. The increase in the world population after the industrial revolution particularly jeopardizes the quality and natural regulatory functions of soil, water, and air resources.

Drought has become a priority for every country due to its threat to agricultural production and its role in causing land degradation and desertification. With desertification, agricultural lands become insufficient to support human, animal, and wildlife populations in both biological and economic aspects. The United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) characterizes degradation of the land like a decrease in biological and economic productivity, affecting terrestrial ecosystems, biodiversity, and bio-geochemical and hydrological processes. Desertification is considered the final stage of land degradation, resulting in permanent loss of biological and economic productivity.

Researchers have developed various models to assess areas' sensitivity to desertification and land degradation. As a MCDM approach, AHP is actively used, with Fuzzy Analytical Hierarchical Process (F-AHP) addressing the limitations of integer numbers. Soil erosion, a global problem affecting agricultural lands and the environment, has been studied since the 1920s. Soil erodibility, the sensitivity of soils to erosion, becomes a significant issue with global warming and population growth, impacting soil productivity, water reservoirs, and the environment. Various quantitative and qualitative erosion sensitivity models have been developed to assess soil sensitivity to erosion.

References

Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., & Zakeri, D. (2021). Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 2503-2523.

Aksoy, B. R. (2016). *MEDALUS modeli ile arazi degradasyonu ve çölleşme riskinin belirlenmesi örnek çalışma; İnebolu Havzası, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi).

Alewell, C., Borrelli, P., Meusburger, K., & Panagos, P. (2019). Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International soil and water conservation research*, 7(3), 203-225.

Asakereh, A., Soleymani, M., & Sheikhdavoodi, M. J. (2017). A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy*, 155, 342-353.

Bozbura, F. T., & Beskese, A. (2007). Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy AHP. *International journal of approximate reasoning*, 44(2), 124-147.

Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.

Cheng, C. H. (1999). Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers. *Fuzzy sets and systems*, 107(1), 25-35.

Dastorani, M. (2022). Application of fuzzy-AHP method for desertification assessment in Sabzevar area of Iran. *Natural Hazards*, 112(1), 187-205.

Dengiz, O., & Demirağ Turan, İ. (2023). Soil quality assessment for desertification based on multi-indicators with the

best-worst method in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Land*, 15(7), 779-796.

DENGİZ, O., SAFLI, M. E., & PACCI, S. (2023). Ilgaz Dağı Milli Parkı Doğal Çam Orman Arazilerinin Çölleşme Risk Değerlendirmesinde Bulanık-AHP Yaklaşımı ve Yapay Zekâ Kullanımı. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 75-90.

Devatha, C. P., Deshpande, V., & Renukaprasad, M. S. (2015). Estimation of soil loss using USLE model for Kulhan Watershed, Chattisgarh-A case study. *Aquatic Procedia*, 4, 1429-1436.

Gao, J., & Wang, H. (2019). Temporal analysis on quantitative attribution of karst soil erosion: A case study of a peak-cluster depression basin in Southwest China. *Catena*, 172, 369-377.

Gitas, I. Z., Douros, K., Minakou, C., Silleos, G. N., & Karydas, C. G. (2009). Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model. *EARSel eproceedings*, 8(1), 40-52.

Goovaerts P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 315–334.

Güzin, A. K. I. N., & KARACA, Ö. (2021). Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) taşkın duyarlılık alanlarının CBS ile çok kriterli karar verme analizi kullanılarak haritalanması. *Yerbilimleri*, 42(1), 121-143.

Hurni, H. (1997). Concepts of sustainable land management. *ITC journal*, 210-215.

Imbrenda, V., Coluzzi, R., Di Stefano, V., Egidi, G., Salvati, L., Samela, C., ... & Lanfredi, M. (2022). Modeling spatio-temporal divergence in land vulnerability to desertification with local regressions. *Sustainability*, 14(17), 10906.

Jafari Shalamzari, M., Zhang, W., Gholami, A., & Zhang, Z. (2019). Runoff harvesting site suitability analysis for wildlife in sub-desert regions. *Water*, 11(9), 1944.

Jafari, R., & Abedi, M. (2021). Remote sensing-based biological and nonbiological indices for evaluating desertification in Iran: Image versus field indices. *Land Degradation & Development*, 32(9), 2805-2822.

Kajembe, G. C., Julius, F., Nduwamungu, J., Mtakwa, P. W., & Nyange, D. A. (2005). Impact of indigenous-based interventions on land conservation: a case study of a soil conservation and agroforestry project, Arumeru District, Tanzania. *Land Degradation & Development*, 16(3), 311-325.

KARĞIN, M. (2010). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Sıralama Yapma Yöntemleri ile Tekstil Sektöründe Finansal Performans Ölçümü. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 195-216.

Kaya and Dengiz, (2022). Remote estimation of the relationship between erosion risk classes using the Neutrosophic Fuzzy-AHP and RE-OSAVI for Sinop Province, Türkiye. Conference: "International Soil Science Symposium on "Soil Science & Plant Nutrition" (7th International Scientific Meeting, Samsun Türkiye. ISBN: 978-605-63090-8-3. 133-138.

Kaya, N. S., Özkan, B., Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2022). Digital mapping and spatial variability of soil quality index for desertification in the Akarçay Basin under the semi-arid terrestrial ecosystem using neutrosophic fuzzy-AHP approach. *Natural Hazards*, 112(3), 2101-2132.

Kılıc, O. M., Ersayın, K., Gunal, H., Khalofah, A., & Alsubeie, M. S. (2022). Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2634-2644.

Kosmas, C., Ferrara, A. M. S., Briasouli, H., & Imeson, A. (1999). Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. In *The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification* (pp. 31-47). European Commission.

Kuang, Q., Yuan, Q. Z., Han, J. C., Leng, R., Wang, Y. S., Zhu, K. H., ... & Ren, P. (2020). A remote sensing monitoring method for alpine grasslands desertification in the eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Journal of Mountain Science*, 17(6), 1423-1437.

Lu, D., Li, G., Valladares, G. S., & Batistella, M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land degradation & development*, 15(5), 499-512.

Matton N, Canto G S, Waldner F, et al. 2015. An automated method for annual cropland mapping along the season for various globally-distributed agrosystems using high spatial and temporal resolution time series. *Remote Sensing*, 7(10): 13208–13232.

Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R., & Mirfenderesk, H. (2015). Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 54-65.

Mulla D J, McBratney A B. 2000. Soil spatial variability. In: *Sumner M R. Handbook of Soil Science*. Boca Raton: CRS Press, 321-351.

Mutlu, N. (2015). Yarı kurak bir bölgede çölleşmenin izlenmesini sağlayacak göstergelerinin belirlenmesi ve haritalanması. *Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak bilimi ve bitki Besleme Bölümü*.

Nciizah, A. D., & Wakindiki, I. I. (2015). Physical indicators of soil erosion, aggregate stability and erodibility. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(6), 827-842.

Pala, O. (2016). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Meslek Seçiminde Uygulanması. *Dokuz Eylül University Journal of Graduate School of Social Sciences*, 18(3).

Pishyar, S., Khosravi, H., Tavili, A., Malekian, A., & Sabourirad, S. (2020). A combined AHP-and TOPSIS-based approach in the assessment of desertification disaster risk. *Environmental Modeling & Assessment*, 25, 219-229.

Prasannakumar, V., Vijith, H., Abinod, S., & Geetha, N. J. G. F. (2012). Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. *Geoscience frontiers*, 3(2), 209-215.

Radwan, N. M., Senousy, M. B., & Alaa El Din, M. R. (2016). *Neutrosophic AHP multi criteria decision making method applied on the selection of learning management system*. Infinite Study.

Rajasekhar, M., Raju, G. S., Sreenivasulu, Y., & Raju, R. S. (2019). Delineation of groundwater potential zones in semi-arid region of Jilledubanderu river basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India using fuzzy logic, AHP and integrated fuzzy-AHP approaches. *HydroResearch*, 2, 97-108.

Rondeaux G, Steven M, Baret F. 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55(2): 95–107.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.

Shao, Z., Huq, M. E., Cai, B., Altan, O., & Li, Y. (2020). Integrated remote sensing and GIS approach using Fuzzy-AHP to delineate and identify groundwater potential zones in semi-arid Shanxi Province, China. *Environmental Modelling & Software*, 134, 104868.

SHR, S. (2004). Efficacy of annual soil erosion models for storm-wise sediment prediction: a case study. *Int Agric Eng J*, 13, 1-14.

Silva, J. L. B., Moura, G. B. A., Lopes, P. M. O., Silva, E. F. F., Ortiz, P. F. S., Silva, D. A. O., & Guedes, R. V. S. (2020). Spatial-temporal monitoring of the risk of environmental degradation and desertification by remote sensing in a Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2), 544-563.

Skakun S, Franch B, Vermote E, et al. 2018. Winter wheat yield assessment using Landsat 8 and Sentinel-2 Data. In: *Proceedings of the 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. Valencia: IGARSS, 5964–5967.

Sun, C. C. (2010). A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert systems with applications*, 37(12), 7745-7754.

Turan, İ. D., Dengiz, O., & Özkan, B. (2019). Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104933.

Turan, İ. D., ÖZKAN, B., & Dengiz, O. (2020). Bulanık mantık analitik hiyerarşik süreç (BAHS) ile Sinop İli erozyon duyarlılığının mekansal dağılımının belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (75), 57-70.

Türkeş, M., Öztaş, T., Tercan, E., Erpul, G., Karagöz, A., Dengiz, O., ... & Avcıoğlu, B. (2020). Desertification vulnerability and risk assessment for Türkiye via an analytical hierarchy process model. *Land Degradation & Development*, 31(2), 205-214.

Uzuner, Ç., & Dengiz, O. (2020). Desertification risk assessment in Türkiye based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators*, 114, 106295.

Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.

Volkan, D., Dengiz, O., Turan, İ.D., Zorlu, K., Pacci, S., & Serin, S. (2022). Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılıklarının belirlenmesi ve yapay sinir ağı (YSA) ile tahmin edilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, (47), 258-279.

Wang, B., Zheng, F., & Guan, Y. (2016). Improved USLE-K factor prediction: a case study on water erosion areas in China. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3), 168-176.

Wang, X., Chen, F., Hasi, E., & Li, J. (2008). Desertification in China: an assessment. *Earth-Science Reviews*, 88(3-4), 188-206.

Warren, A. (2002). Land degradation is contextual. *Land Degradation & Development*, 13(6), 449-459.

Wijitkosum, S. (2016). The impact of land use and spatial changes on desertification risk in degraded areas in Thailand. *Sustainable Environment Research*, 26(2), 84-92.

Xu, Z., & Liao, H. (2013). Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 22(4), 749-761.

Ye, J. (2014). A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(5), 2459-2466.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.

Zakerinejad, R., & Masoudi, M. (2019). Quantitative mapping of desertification risk using the modified MEDALUS model: a case study in the Mazayejan Plain, Southwest Iran. *Auc Geographica*, 54(2), 232-239.

BÖLÜM IV

Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahasının (Kastamonu/Tosya) Çölleşme Hassasiyetinin Belirlenmesi*

Derya DEMİRCİ¹
Ebru GÜL²
Melda DÖLARSLAN³

GİRİŞ

Günümüz çevre problemlerinin en önemlilerinden biri olan çölleşme kavramsal olarak 1950 li yıllarda Aubreville (1949) tarafından “Afrika’nın tropik ormanlarında çölleşme” adlı raporda kullanılmıştır. Çölleşme ile ilgili birçok tanımlama yapılmış olmasına karşın bu çalışmaların ortak noktası çölleşmenin doğal

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, deryademirci24@hotmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Çankırı, ebru@karatekin.edu.tr

³ Doç. Dr. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, melda.dolarслан@hbv.edu.tr

*Birinci yazarın yüksek lisans tezinden alınmıştır.

faktörlerin (iklim, jeoloji ve hidroloji gibi) ve insan faaliyetlerinin (kaynakların yanlış yönetimi, aşırı kullanım ve uygunsuz su yönetimi gibi) birleşiminden kaynaklanan küresel bir olgu olduğudur (El-Karouri, 1986; Perry, 1986; Wang & ark., 2008; Laureano, 2011; Shoba & Ramakrishnan, 2016; Azzouzi, Vidal-Pantaleoni & Bentounes, 2017; Becerril-Piña & Mastachi-Loza, 2021). Bu kapsamda çölleşme, düşük kurak arazi verimliliği ile insanların artan maddi ve sosyal talebi arasındaki çatışmadan kaynaklanmaktadır. Kurak topraklar Dünya kara yüzeyinin % 41'ini kaplamakta olup (Gaur & Squires, 2018), bu alanlar Doğu Asya, Kuzey Amerika, Orta Doğu ve Orta Asya gibi bölgelerde (Anarbaev, 2013; Kimura, 2017) kurak toprak ekosistemi hizmetlerine bağımlı olan ve dünya hayvancılığının %50'sini destekleyen yaklaşık 2,5 milyar insana ev sahipliği yapmaktadır (Gaur & Squires, 2018). Bu durum küresel ölçekte çevresel problem olan çölleşme ve kuraklığın boyutunu vurgulamakta ve çölleşme ile mücadelede uluslararası işbirliği ve çözüm odaklı politikaların önemini artırmaktadır. Bununla birlikte hızla artan nüfus artışıyla paralel olarak doğal kaynaklara yönelik artan talep ise çevresel tahribatın artış gösterdiği bir diğer önemli boyuttur.

Çölleşme toprak özellikleri ve bitki örtüsünün bozulmasına, erozyonla toprak taşınmasına, toprakta tuzlanmaya ve verimlilik kaybına, toprağın sıkışmasına ve toprağın kabuklanmasına (Dregne, 1986) ekosistem hizmetlerinin kaybına (D'Odorico,2013) ve yer üstü net birincil üretkenliğin azalması anlamına gelebilir ve bitki örtüsünün yağıştaki değişikliklere karşı duyarlılığını değişmesine (Veron & Paruelo, 2010) neden olmaktadır. Bu bozulmalar doğal olarak meydana gelebildiği gibi özellikle insan etkisi sonucunda artmaktadır. Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen bozulmaların yanısıra tarım alanlarındaki yanlış kullanım ve arazi bozulumu sonucunda oluşan çoraklaşma, ormanlık alanlarda yanlış otlatma ve amaç dışı turizm yapılması, mera alanlarındaki yapının bozulması sonucunda oluşan olumsuzluklar çölleşme riskini daha da artırmaktadır.

Bir bölge vera yöre de çölleşme risk durumunu tespit edilmesinde çok sayıda model geliştirilmiş olsada ulusal ve uluslararası düzeyde en fazla kullanılanları MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use, Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı) ve DIS4ME (Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (Akdeniz Avrupası için Çölleşme Gösterge Sistemi) modelleridir. MEDALUS modelinde iklim, toprak, bitki örtüsü, arazi kullanımı, yeraltı suyu, rüzgâr erozyonu ve çevresel koşullarla ağırlıklandırılarak çölleşmeyi belirlemek için kullanılmaktadır (Kosmas, Kirkby & Geeson, 1999; Sepehr & ark., 2007; Farajzadeh & Egbal, 2007; Boali, Bashari & Jafari, 2019; Aliero, 2021). DIS4ME modelinde ise çölleşmeyi belirlemek için yüzey koşulları, iklim değişikliği, arazi kullanım dinamikleri, sosyo-ekonomik faktörler ve biyofiziksel parametreler gibi faktörlerin yanı sıra bitki örtüsü, toprak nemi gibi çoklu göstergeleri kullanarak çölleşmeyi belirlemek için kullanılmaktadır (Xue & Shukla, 1993; Symeonakis & Drake, 2004; Ibáñez, Valderrama & Puigdefábregas, 2008; D'Odorico & ark., 2013). Cankar (2014), Kazova ile kuzey ve güney yamaçlarında yer alan eğimli arazilerin MEDALUS (Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı) modelinin kullanımı ile bozulmaya hassas alanlarını belirleyebilmek amacı ile gerçekleştirdiği çalışmada 451 noktadan çeşitli fiziksel ve kimyasal karakteristiklerin belirlenmesi için toprak örneklerini almış ve analizlerini yapmış ve çıkan sonuçları değerlendirdiğinde, araştırma alanında yer alan arazilerin büyük bir kısmında, toprak işlemenin yapıyor olmasının arazileri bozulmaya karşı daha kırılğan hale getirdiğini gözlemlemiştir. Budak (2015), Dicle havzasının kuzey-batı bölümünde yürüttüğü çalışmada 22 adet örneleme hattı belirleyerek 452 noktadan 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri almıştır. Çalışma sahasının değerleri sırası ile; %1,95'inin yüksek, % 55,17'sinin orta ve % 21,64'ünün ise düşük kritik düzeyde çölleşmeye hassas olduğu tespit edilirken geriye kalan alanın tamamı bozulmaya karşı kırılğan (% 11,64'ü yüksek, % 6,64 orta ve % 2,75'i düşük düzeyde kırılğan) olarak belirlerken Dicle havzasının arazi bozulmasını ve çölleşmesinin nedenlerini yorumlamıştır. Gül &

Erşahin (2019), Çankırı ili Yapraklı-Sarıkaya çevresinde çölleşme durumunu belirlemek amacıyla tarım, meşe ve çam ormanında yapmış olduğu çalışmada, Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) metodunu kullanarak tarım, meşe ormanı ve çam ormanından belirlediği 632 noktada çalışarak herbir noktanın çölleşme riskini hesaplamıştır. Çalışma alanının yaklaşık 350 ha'lık kısmında çölleşme riski bulunmazken, 310-330 ha'lık alanda düşük, 70-75 ha'lık alanın orta ve yaklaşık 250 ha'lık alanda ise çölleşmenin yüksek risk sınıfında olduğunu hesaplamış ve çalışma sonucunda araziyi kullanma yönteminin çölleşme riski üzerindeki artırıcı etki yapan etkileri olduğunun kanaatine varmıştır. Dölarşlan *et al.* (2015), Çankırı ili Eldivan ilçesinde bulunan farklı ana materyaller üzerinde yer alan mera alanlarında toprak özellikleri ile bitki çeşitliliği ve zenginlik indeksleri arasındaki karşılıklı etkileşimlerinin incelenmesi amacıyla DIS4ME sisteminde yer alan çölleşme kriter ve göstergeleri kullanılarak çölleşme riskini hesaplamışlardır. 34 noktada toprak ve bitki örnekleme yapılmış ve çölleşme etüt formları doldurularak çalışma alanında çölleşme riskini en düşük 5,33 ile orta risk ve en yüksek 7,05 ile yüksek risk olarak sınıflandırmışlardır. Mutlu (2015), Tokat ili sınırlarındaki arazilerde çölleşme riskinin belirlenmesi amacı yürüttüğü çalışmada, 578 adet toprakta pH, elektriksel iletkenlik, kireç, organik madde ve diğer fiziksel ve kimyasal analizlerini yapmış ve MEDALUS modelini kullanarak çalışma alanının toprak kalite ve iklim kalite indekslerini orta derecede ve kaliteli olarak belirlemiştir. Araştırma alanı çölleşme açısından kritik ve kırılgan olarak tespit edilirken tarım alanlarının büyük yer kapladığı sahada kritik değerlerin yüksek çıkmasının sebebini tarımsal olarak yapılan uygulamalarda sorunlar olabileceğine vurgu yapmıştır. Gül, Dölarşlan & ve Uluğ (2019), Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Prof. Dr. Abdülreşit BROHİ Araştırma ve Uygulama Ormanı'nını da DIS4ME kullanılarak yaptıkları hesaplamalar sonucunda çölleşme hassasiyetinin çevresel duyarlı alan (ÇDA) tipine bağlı olarak 1,35-1,52 arasında değişen değerler aldığını ve alanın kritik ve kırılgan hassaslık sınıfında olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu bilgiler ışığında çölleşme süreçlerinin belirlenmesi, izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından en uygun alanlar insan etkisinin daha az olduğu korunan alanlardır. IUCN (1994) korunan alanları, biyolojik çeşitliliğin, doğal ve kültürel kaynakların sürekliliğini ve korunmasını sağlamak amacıyla kurulan, yasalarla ve diğer etkili araçlarla yönetilen kara ve deniz parçaları olarak tanımlamıştır. Diğer bir ifade ile korunan alan (biyolojik çeşitlilik ile çeşitli flora ve fauna türlerinin korunmasını amaçlayan, özel koruma ve koruma mevzuatına sahip arazi veya sulak alandır (Lockwood, Worboys & Kothari, 2006; Rannow & ark., 2014; Kim & ark., 2014; Worboys & Trzyna, 2015). Korunan alanlar devamlılığın sağlanabilmesi açısından yaşamsal öneme sahiptir. (Kuvan, 1999). Bu bağlamda bu tip alanlar çölleşme süreçlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli alanlardır. Korunan alanlarda tehdit oluşturan etmenler; yanlış otlatma, istilacı türlerin varlığı, yasak av, amacına uygun olmayan turizm faaliyetleri ve daha fazlası olarak sıralanmaktadır. Bu tehdit edici faktörlere türlerin ve ekosistemin koruma altına alınması gerekmektedir ve biyolojik çeşitlilik, yaban hayatının korunmasında fonksiyonel olarak önemli alanlardır. Bu nedenle gerek biyolojik çeşitlilik gerekse yaban hayatının devamlılığının sağlanabilmesi açısından korunan alan sayısını fazlalaştırma konusunda çalışmaların yapılması gerekmektedir (Küçük & Ertürk 2013).

Çalışma kapsamında korunan alan statüsünde bulunan Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda çölleşme riski belirlenerek, çölleşme eğilimi ile ekolojik özelliklerden iklim, topografya, toprak ve vejetasyon özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşim incelenmiştir. Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası korunan alan statüsünde olup, özellikle arazi bozulunun en aza indirilmesi (yanlış arazi kullanımı, aşırı otlatma vb. nedenlerle), ekosistem hizmetlerinin ve kültürel değerlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında olumsuz yönde etkisi fazla olan insan faktörünün devre dışı bırakıldığı alandır. Bunun yanında bulunduğu lokelite bakımından Karasal iklim ile Karadeniz iklimi arasında geçiş kuşağında yer alan bölgede olması bakımından iklimsel olarak da

önemli bir alandır. Hem korunan alan olması hem de geçiş kuşağında bulunması bakımından çölleşme eğiliminin en iyi şekilde değerlendirilebileceği bir bölgede oluşu bu alanda yapılan çalışmaların önemini artırmaktadır. Çölleşme eğiliminin belirlenmesinde; çölleşme gösterge ve kriteri olan iklim özellikleri, toprağın fiziksel ve kimyasal içerikleri ile bitki örtüsü karakteristikleri (örtü ile kaplı alan, alanın florası vb.) kullanılacak ve belirlenen risk durumu ve derecesine göre çölleşmeye karşı alınabilecek önlemler hakkında bilgi verilmek amacı ile yapılan bu çalışma daha sonra bölgede ve benzer koşullarda yapılacak diğer çalışmalara referans olabileceği düşünülmektedir.

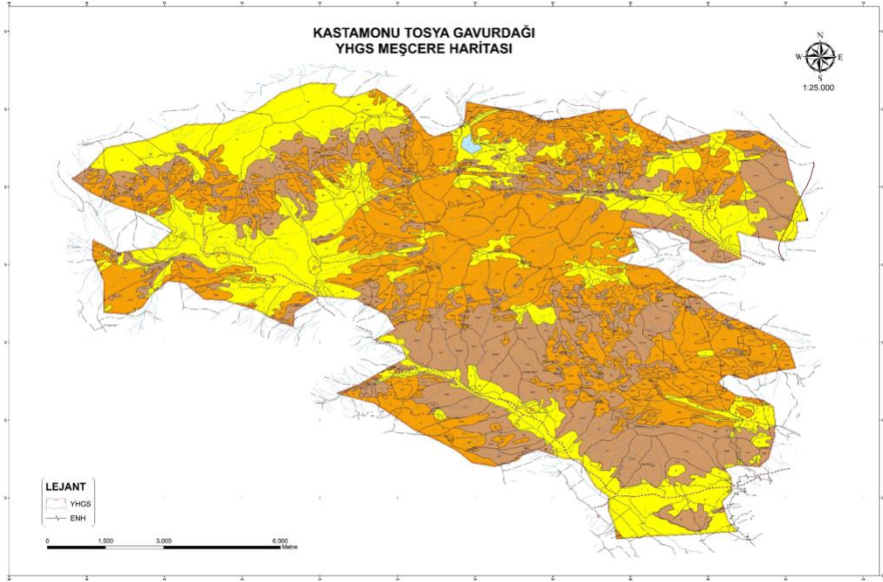
MATERYAL VE METOT

Bu çalışma Kastamonu ili Tosya İlçesi'nde bulunan korunan alan statüsüne giren Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı yaklaşık 9262 ha olup, karaçam, sarıçam ve meşe ormanları ile tarım alanları ve orman içi açıklık (mera) olarak çalışma alanındaki arazi kullanımlarını oluşturmaktadırlar (Şekil 1). Arazi çalışmalarında materyal olarak 1/25000 ölçekli topoğrafik harita, jeoloji haritası, toprak örnekleme ekipmanları, pusula, eğimölçer ve GPS (Global Positioning System) kullanılmıştır. Kastamonu Tosya Gavurdağı Yaban Hayatı ve Geliştirme Sahası Kastamonu-Tosya mülki sınırları içerisine girmektedir. Tosya ilçesine 10 km, Kastamonu iline 77 km uzaklıktadır. Alanın toplam yüz ölçümü 9.261,6 ha olup, denizden yüksekliği 1040 m ile 2380 m (Karataş Tepe) arasında değişmektedir. Arazi çok engebeli ve sarp bir yapıya sahiptir. Alan içerisinde ulaşımın rahat sağlanabileceği iyi bir yol ağı bulunmamaktadır. Özellikle Ilgaz-Hacet kısmına bakan yamaçlara arazi şartları sebebi ile ulaşım çok zordur. Oldukça eğimli ve kırıklı bir arazi yapısı hakim olup ortalama eğim %50-60 civarlarındadır. Düz açık alanlar genellikle yüksek rakımlı tepelerin olduğu yerlerde

bulunup az bir alana sahiptir. Saha içerisinde hiçbir orman köyü veya mahallesi bulunmamaktadır (OGM 2015).



Şekil 1. Gavurdağı yaban hayatı geliştirme sahası meşcere haritası (OGM,2015)

Araştırma Alanının Biyolojik Çeşitliliği ve Ekolojik Özellikleri

Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası Avrupa-Sibirya bitki coğrafyasını temsil eden türlerce zengin bir bölgede yer alıp konumu gereği İran-Turan bitki coğrafyasına komşu bir bölgede bulunmasından dolayı bu alana ait bitki türlerine de rastlanmaktadır. Kastamonu Tosya Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası içinde yapılan araştırma sonuçlarına göre bölgede 20 ağaç ve ağaçcık formunda takson, 27 çalı ve sarılıcı formunda takson, 566 otsu formda takson tespit edilmiştir. Tespit edilen toplam 613 taksonun 97'si endemiktir. IUCN kriterlerine göre 23 tür asgari endişe duyulacak yaygın türlerdendir (OGM 2015).

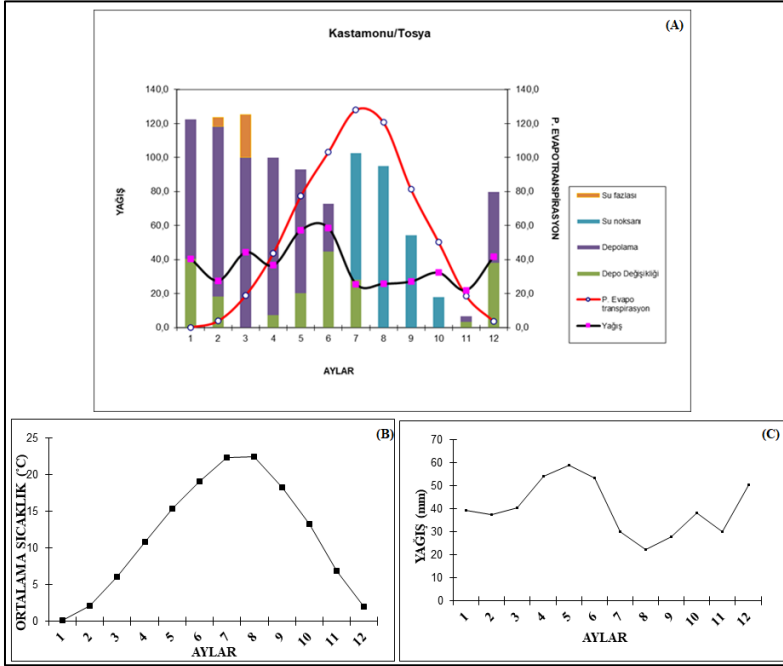
Kastamonu Tosya Gavurdağı YHGS, içinde barındırdığı su kaynakları, doğal ibrelili ve yapraklı ormanlarıyla yaban hayatına önemli katkıları bulunan bir alandır. Ancak yaban hayatında özellikle memeli türler açısından zenginliğinin çok öne çıktığını söylemek mümkün değildir. Alan daha ziyade kuş türleri ve bitki türleri açısından zenginlik göstermektedir. Alanda doğal ya da herhangi bir nedenle bozulmuş doğal kaynak değeri bulunmamaktadır ve çoğunlukla yöreye ait yaban hayvanları ve kemirgenler görülmektedir (OGM 2015).

Yaban hayatı geliştirme sahası içinde besin rezervuarı oluşturan odunsu türler üvez (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), ahlut (*Pyrus elaeagnifolia* Pallas subsp. *elaeagnifolia*), alıç (*Crataegus microphylla* C. Koch.), Fındık (*Corylus avellana* L. var. *avellana*), meşe türleri (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln. - *Quercus pubescens* Willd.), çalimsı türler; kuşburnu (*Rosa pulverulenta* Bieb. *Rosa canina* L.), böğürtlen (*Rubus canescens* DC. var. *canescens*), Tavşan elması (*Cotoneaster nummularia* Fisch. & Mey.), hanım tuzluğu (*Berberis vulgaris* L.), karamuk (*Berberis crataegina* DC.), *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium arctostaphylos* L., *Lonicera caucasica* Pallas. subsp. *caucasica*, *Ribes biebersteinii* Berl. ex DC.'dir. Çevre köylerdeki insanlara da geçim kaynağı olan tıbbi bitkiler de alanda yer sahibi olmaktadır (Güney & ark., 2017).

Araştırma Alanının İklimi

Çalışma alanının iklim tipi Thornthwaite (1948) yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir (Kılınç & ark., 2006). Thornthwaite yönteminde ortalama sıcaklık ve yağış paratemtereleri kullanılmakta olup, bölgenin enlem derecesini kullanarak yağış etkenliğinin grafik şeklinde gösterilmesi Thornthwaite yöntemini diğer yöntemlerden ayırmaktadır (Kılınç & ark., 2006). Çalışma alanının bulunduğu bölgeye en yakın meteoroloji istasyonu Kastamonu ili Tosya ilçesinde olduğundan rasat süresi 32 yıl olan Tosya ilçesi meteoroloji bülteninde (Anonim, 2021) bulunan veriler kullanılmıştır. Çalışma alanında minimum sıcaklık 0,1 °C (Ocak) ve maksimum sıcaklık

22,4°C (Ağustos) olup ortalama sıcaklık 11,6 °C'dir. Yıllık toplam yağış 481,50 mm olup en düşük yağış 22,4 mm ile Ağustos ayında en yüksek yağış ise 54,0 mm ile Nisan ayındadır. Thorntwaite yöntemine göre çalışma alanı iklimi; C1B'1db'3 simgeleri ile ifade edilen Kurak-Az nemli, Mezotermal, Su fazlası yok veya pek az, Okyanusal iklim etkisine yakın özellik göstermektedir. (Şekil 2)



Şekil 2 Çalışma alanı iklim diyagramı

3.2.Yöntemler

Çalışma alanında örnekleme yöntemlerinin ve örnekleme alanlarının belirlenmesi

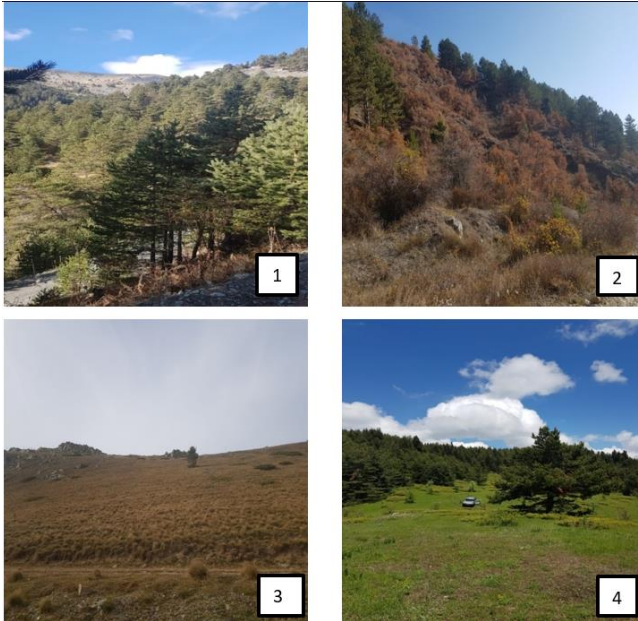
Çalışma alanında alınması gereken örnek alan sayısını hesaplamak için, herbir arazi kullanımından temsili toprak örnekleri alınarak, toprak örneklerinde toprak organik madde (TOM) içeriği

belirlenerek oranlara ait bulgular Denklem (1)'de hesaplanarak alınması gereken örnek sayıları (n) belirlenmiştir.

$$n = \left(\frac{z^2 \sigma^2}{d^2} \right) \quad (1)$$

Eşitlikte yer alan; z:önem seviyesi için z –tablo değeri”, σ : değişkenlere ilişkin standart sapma değerini ve d:güven aralığının yarısıdır (Ott & Longnecker 2015; Ercan, 1997, Wehner, 2000).

Hesaplamalar sonucunda Kastamonu Tosya Gavurdağı YHGS Kastamonu ili Tosya ilçesi mülki sınırları içerisinde rastgele örnekleme yapılarak Çam ormanları için 70 adet, tarım alanları için 55 adet, meşe sahaları için 60 adet, mera alanlarından 65 adet olmak üzere toplam 250 örnekleme noktasında 0-30 cm derinlikten toprak örneği alınmış ve her bir arazin kullanımını için çölleşme etüt formları doldurulmuştur (Şekil 3)



Şekil 3 Gavurdağı Toprak örneklerin alındığı alanların tanıtımı
(1:Çam ormanı, 2: meşe sahası, 3: tarım alanı, 4: mera)

Toprak örneklerinin alınması ve analizi

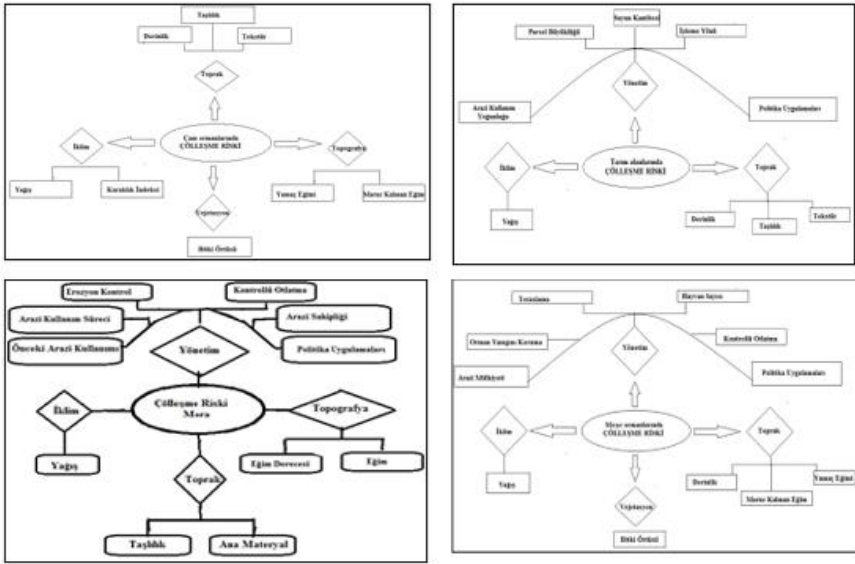
Toprak örnekleme 2021 yılı Kasım ayında toprak yüzeyinden 0-30 cm derinlikten rastgele örnekleme yöntemi ile örnek noktalarının bulunduğu her noktadan birer adet olmak üzere yaklaşık 1,5-2 kg'lık ağırlığında örnekler alınmıştır. Araziden alınan örnekler örnek numarası ile birlikte torbalara konularak laboratuvara götürülmek üzere ağzı kapatılmıştır. Çalışma sahasından getirilen 250 adet örnek analizlere hazır edilmek üzere laboratuvar ortamında hava kuru haline getirildikten sonra dövülerek 2mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazırlanmıştır. Toprak örneklerinde;

- **Toprak Tekstürü:** Hidrometre yöntemi ile toprakların % kil, toz (silt) ve kum içerikleri belirlenmiştir (Gee and Bauder 1979).
- **Toprak Reaksiyonu (pH):** 1/5 oranında hazırlanan toprak su karışımından oluşan numuneler cam elektrotlu prob ile ölçülmüştür (McLean 1983).
- **Elektriksel İletkenlik (EC):** 1/5 oranında hazırlanan toprak su karışımından oluşan numuneler gerekli cihaz ile ölçülmüştür (McLean 1983).
- **Organik Madde:** (Bashour and Sayegh 2007) tarafından belirtildiği üzere Wakley-Black yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.
- **Kireç (CaCO₃):** Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Pansu and Gautheyrou 2007)'a göre tayin edilmiştir.

Desertification indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME)

Çölleşmenin tespitinde kullanılan Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) web tabanlı bir sistem olup, 2004 yılında politikacılar, bilim insanları ve çiftçilerin yani Akdeniz'in Avrupa Ülkelerinde yaşayan her kesimden insana çölleşme kriter ve göstergeleri hakkında bilgi vermek amacıyla DESERTLINKS araştırma projesi kapsamında tasarlanmıştır

(Desertlink 2004). Yaklaşık olarak 150 çölleşme kriteri baz alınarak arazi alanlarında meydana gelen bozulmalarını göz önüne alarak Akdeniz ülkelerinde değişik arazi kullanımlarında çölleşme kriterlerini betimlemişlerdir. Bu göstergeler Fiziksel ve ekolojik, ekonomik ve sosyal olarak katagorize dilmiş olup genel olarak iklim, su, toprak, tarım, arazi kullanımı ve yönetiminden oluşmaktadır (Desertlink 2004). DIS4ME sisteminde çölleşme riski ve çevresel hassaslık derecesinin belirlenmesinin temeli istatistiksel parametrelere dayanmakta olup her bir arazi kullanımı için farklı çoklu regresyon modeli kullanılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Arazi kullanıp tipine göre çölleşme kriter ve göstergeleri (Desertlinks, 2004)

Çalışma alanında baskın orman ağaçları *Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *Caramanica*, *Pinus bruti*, *Quercus robur* L. subsp. *robur* ve *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. subsp. *iberica* türleri yayılış göstermektedir. Bu kapsamda çalışma alanında DIS4ME sisteminde yer alan çam ormanı, meşe ormanı, mera alanları ve tarım arazileri bulunduğu için tarım arazileri için çölleşme etüt formları doldurulmuştur. Bu dört arazi kullanıp tipi için alanda tespit edilecek

kriter ve göstergeler Çizelge 1 de yer almaktadır. Daha sonra web tabanlı sistem olan DIS4ME de çölleşme riski hesabı yapılmıştır. Çölleşme riski DIS4ME sisteminde çam ormanları için denklem 2, meşe ormanları için denklem 3, mera alanları için denklem 4 ve tarım arazileri için denklem 5 kullanılarak hesaplama yapmaktadır. Hesaplamalar tamamlandıktan sonra Çizelge 2 ve 3 kullanılarak tüm alan için çölleşme riski hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{ÇR} = & (7,94) - (0,56 \times \text{bitki örtüsü}) - (0,62 \times \text{derinlik}) + (0,38 \times \text{eğim derecesi}) \\ & - (0,32 \times \text{Tekstür}) - (0,53 \times \text{Taşlılık}) - (2,26 \times \text{yağış}) \\ & + (1,13 \times \text{Kuraklık indeksi}) + (0,65 \times \text{maruz kalınan eğim}) \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned} \text{ÇR} = & (9,11) - (0,44 \times \text{toprak mülkiyeti}) + (0,09 \times \text{hayvan sayısı}) - (0,50 \times \text{bitki örtüsü}) \\ & - (0,83 \times \text{derinlik}) + (0,39 \times \text{yamaç eğimi}) - (1,81 \times \text{yağış}) \\ & + (1,09 \times \text{maruz kalınan eğim}) + (0,13 \times \text{terasların varlığı}) \\ & + (0,20 \times \text{kontrollü otlatma}) - (0,65 \times \text{orman yangını koruma}) \\ & + (0,77 \times \text{politika uygulamaları}) \end{aligned}$$

(3)

$$\begin{aligned} \text{ÇR} = & ((4,94) + (0,39 \times \text{parsel büyüklüğü}) - (0,15 \times \text{işleme yönü}) - (0,11 \times \text{derinlik}) \\ & + (0,22 \times \text{Tekstür}) - (0,26 \times \text{Taşlılık}) - (2,94 \times \text{Yağış}) \\ & + (0,14 \times \text{su kantitesi}) + (3,31 \times \text{arazi kullanım yoğunluğu}) + (1,03 \times \text{politika uygulamaları}) \end{aligned}$$

(4)

$$\begin{aligned} \text{ÇR} = & (9,11) - (0,44 \times \text{toprak mülkiyeti}) + (0,09 \times \text{hayvan sayısı}) - (0,50 \times \text{bitki örtüsü}) \\ & - (0,83 \times \text{derinlik}) + (0,39 \times \text{yamaç eğimi}) - (1,81 \times \text{yağış}) \\ & + (1,09 \times \text{maruz kalınan eğim}) + (0,13 \times \text{terasların varlığı}) \\ & + (0,20 \times \text{kontrollü otlatma}) - (0,65 \times \text{orman yangını koruma}) \\ & + (0,77 \times \text{politika uygulamaları}) \end{aligned}$$

(5)

Çizelge 1. Çölleşme riskinin belirlenmesinde kullanılan indeks değerlerinin parametrelerine ilişkin skorlar (Desertliks, 2004)

İndeksler	Parametreler	Parametre Sınıfı	Skorlar	İndeks Sınıfı	Aralıklar			
Toprak Kalite İndeksi	Ana Materyal	Şeyl, şist, bazik, ultrabazik, konglomeralar, killer	1.0	Yüksek kalite Orta kalite Düşük kalite	<1.13 ≥1.13<=1.46 >1.46			
		Kireçtaşı, granit, riyolit, gnays, kumtaşı, dolomit	1.7					
		Marl, Proklastik	2.0					
	Tekstür	Tın, Kumlu Killi Tın, Kumlu Tın, Tınlı Kum, Killi Tın	1.0					
		Kumlu Kil, Siltli Tın, Siltli Killi Tın	1.2					
		Silt, Kil, Siltli Kil	1.6					
	Taşlılık (%)	>60	2.0					
		20-60	1.3					
	Toprak derinliği (cm)	<20	2.0					
		Derin (>75)	1.0					
Orta (75-30)		2.0						
Drenaj	Sığ (15-30)	3.0						
	Çok Sığ (<15)	4.0						
	İyi	1.0						
Eğim (%)	Orta	1.2						
	Zayıf	2.0						
	<6	1.0						
	6-18	1.2						
İklim Kalite İndeksi	Yağış (mm/yıl)	18-35	1.5	Yüksek kalite Orta kalite Düşük kalite	<1.15 ≥1.15<=1.81 >1.81			
		>35	2.0					
		>650	1.0					
	280-650	2.0						
	<280	4.0						
Kuraklık İndeksi (Bagnouls& Gausse)	Bakı	<50	1.0	Yüksek kalite Orta kalite Düşük kalite	<1.15 ≥1.15<=1.81 >1.81			
		50-75	1.1					
		75-100	1.2					
		100-125	1.4					
		125-150	1.8					
>150	2.0							
Vejetasyon Kalite İndeksi	Bitki Örtüsü (%)	Kuzey, Kuzeybatı, Kuzeydoğu, Düzlük	1.0	Yüksek kalite Orta kalite Düşük kalite	<1.13 ≥1.13<=1.38 >1.38			
		Güney, Güneybatı, Güneydoğu	2.0					
		>40	1.0					
	Yangın Riski	40-10	1.8					
		<10	2.0					
		Bahçecilik	1.0					
	Erozyon koruma	Kuraklık Direnci	Çok Yıllık meralar, tek yıllık meralar, Yapraklı Orman, çalılık			1.3	Yüksek kalite Orta kalite Düşük kalite	<1.13 ≥1.13<=1.38 >1.38
			Akdeniz Makisi			1.6		
			Çam ve diğer iğne yapraklı ormanlar			2.0		
			Herdem yeşil orman(Yapraklı Akdeniz Makisi, İğne yapraklılar, Çok yıllık mera, çalılıklar			1.0		
Yapraklı ormanlar			1.3					
Badem bahçeleri	1.6							
Bahçecilik, tek yıllık ürünler (pirinç, Yulaf vb.)	1.8							
Çok düşük vejetasyon, çıplak toprak.	2.0							
Kuraklık Direnci	Kuraklık Direnci	Herdem yeşil orman, Akdeniz makisi, çıplak Toprak.	1.0	Yüksek kalite Orta kalite Düşük kalite	<1.13 ≥1.13<=1.38 >1.38			
		Yapraklı orman, iğne yapraklı orman, zeytinlik	1.2					
		Badem bahçeleri	1.4					
		Çok yıllık mera, çayır, çalılık	1.7					
			2.0					

Çizelge 2 Çölleşme riski sınıflaması (Desertlinks, 2004)

Risk Sınıfı	Sınıf Değer Aralığı
Risk Yok	$\text{ÇR} < 1,49$
Düşük Risk	$1,50 < \text{ÇR} < 2,49$
Orta Risk	$2,50 < \text{ÇR} < 5,49$
Yüksek Risk	$\text{ÇR} > 5,50$

Çizelge 3 Çevresel hassaslığın belirlenmesinde kullanılan sınıflama (Desertlinks, 2004)

TİP	ALT TİP	ÇDA ARALIĞI
Kritik	C3	$> 1,53$
	C2	$1,42 - 1,53$
	C1	$1,38 - 1,41$
Kırılğan	F3	$1,33 - 1,37$
	F2	$1,27 - 1,32$
	F1	$1,23 - 1,26$
Potansiyel	N	$1,17 - 1,22$
Tehdit Olmayan	P	$< 1,17$

ÇDA: Çevresel Duyarlı (hassas) Alan, N: Araziler bozulmadan etkilenmemiş, P: Potansiyel olarak etkilenmiş, F: Kırılğan çevresel hassaslık, C: Kritik çevresel hassaslık

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma Sahasının Toprak Özellikleri

Çalışma alanında tespit edilen başlıca ana materyal şisttir. Çalışma alanında farklı arazi kullanım türlerine göre toprak özelliklerinin tanımsal istatistikleri Çizelge 4 de yer almaktadır. Toprak tekstürü bakımından topraklar değerlendirildiğinde arazi kullanımına göre alanlarda kum ve kil miktarlarında çok fazla değişkenlik görülmezken toz miktarlarında hafif değişkenlik gözlemlenmiştir. Tarım arazilerini temsil eden toprakların tekstür sınıfları ağırlık olarak Kumlu Killi Balçık ve Killi Balçık, çam ormanlarında Kumlu Killi Balçık ve Killi Balçık, mera alanlarında Kumlu Killi Balçık, Killi Balçık ve Balçık, meşe alanlarını ise temsil eden tekstür sınıfı Kumlu Killi Balçıktır. Kireç (CaCO_3) içeriği bakımından değerlendirildiğinde her arazi kullanımında da kireç içeriği düşük olup, Ergene (1993)' e göre kireçsiz sınıfına girmektedir. Bunun sebebi anakayanın kireç içeriğinin düşük olması ve yağıştan dolayı yıkanmanın fazla olması ile açıklanabilmektedir.

Çalışma alanı topraklarında ortalama organik madde içeriği düşükten yükseğe doğru sırasıyla tarım (%7,20), mera (%10,23), çam (%10,76) ve meşe de (%13,31) olup, Kacar (2009)' a göre organik madde içeriği bakımından zengindir. Bulunan bu değerler literatür ile uyum göstermektedir (Dindaroğlu & Canbolat (2012). Toprak organik maddesinin (TOM) ayrışma derecesi büyük ölçüde bitki türü, ölü örtü miktarı ve dal, kozalak gibi organik girdilerin kimyasal bileşimine bağlıdır (Almendros & ark., 2000; Gunina & ark., 2017). Meşe türleri geniş yapraklı türler olup, kışın yaprağını döken türlerdir. Toprak yüzeyine ulaşan yapraklar ayrışma ile toprağa nüfuz etmekte ve toprakta TOM içeriğinin artışına neden olmaktadır. Bu durum meşe alanlarında TOM içeriğinin yüksek oluşunu açıklamaktadır. Toprakların ortalama pH değerleri incelendiğinde, pH değerlerinde çok fazla farklılık görülmemiş olup pH değerleri hafif asidik özellik göstermektedirler. Arazi kullanımına göre ortalama pH değerleri sırasıyla tarım (6,36), meşe (6,71), çam orman (6,02) ve mera alanlarında (6,19) şeklindedir.

Çalışma alanı Karadeniz bölgesine geçiş hattı üzerinde yer almakta olup, yıllık yağış miktarı yüksektir. Tozsın & ark. (2015) yıllık yağışın yüksek olduğu bölgelerde genellikle toprağın pH değeri düşük ve asidik karakterli olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanı topraklarının tamamı tuzsuzdur.

Çizelge 0. Çalışma alanında farklı arazi kullanım türlerine göre toprak özelliklerinin tanımsal istatistikleri

Arazi kullanımı	Parametreler	Min.	Mak.	AO	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık
Çam Ormanı	Kum(%)	36,00	62,00	49,74	8,169	0,083	-1,370
	Kil (%)	19,00	36,00	27,26	4,782	-0,288	-0,907
	Toz (%)	12,00	36,00	22,81	5,896	0,392	-0,504
	pH	4,80	6,99	6,02	0,472	-0,118	0,569
	EC (dS/m)	0,05	0,24	0,11	0,046	0,898	0,667
	CaCO ₃ (%)	0,64	6,85	2,12	0,962	4,042	20,855
	TOM (%)	0,85	29,10	10,76	7,251	0,851	0,109
Mera Alanı	Kum(%)	31,00	74,00	48,90	10,540	0,456	-0,153
	Kil (%)	15,00	41,00	26,81	6,590	0,576	0,088
	Toz (%)	8,00	35,00	24,23	6,217	-0,778	0,507
	pH	5,53	7,02	6,19	0,485	0,349	-1,130
	EC (dS/m)	0,04	0,51	0,11	0,096	3,271	11,407
	CaCO ₃ (%)	1,75	7,25	2,50	1,146	3,278	11,364
	TOM (%)	0,56	24,85	10,23	7,403	0,495	-1,065
Meşe Ormanı	Kum(%)	34,00	69,00	52,62	8,854	-0,084	-0,303
	Kil (%)	17,00	42,00	26,59	6,484	0,721	-0,066
	Toz (%)	9,00	32,00	20,69	4,638	-0,081	1,259
	pH	5,83	7,30	6,71	0,386	-0,390	-0,400
	EC (dS/m)	0,04	0,30	0,12	0,059	1,152	1,515
	CaCO ₃ (%)	1,12	14,50	3,90	3,238	1,922	3,176
	TOM (%)	0,79	45,13	13,31	11,364	1,276	1,050
Tarım Alanı	Kum(%)	21,00	57,00	41,54	9,948	-0,285	-0,538
	Kil (%)	22,00	54,00	31,29	6,931	1,477	3,807
	Toz (%)	17,00	39,00	27,04	5,229	0,438	-0,129
	pH	5,69	7,35	6,36	0,458	0,490	-0,708
	EC (dS/m)	0,02	0,26	0,09	0,054	1,383	2,734
	CaCO ₃ (%)	1,75	4,30	2,33	0,558	2,264	6,217
	TOM (%)	2,29	14,13	7,20	3,762	0,327	-1,090

KB: KilliBalçık, K: Kil, B: Balçık, KuK: Kumlu Killi, KuKB: Kumlu Killi Balçık

Çölleşme Eğiliminin değerlendirilmesi (DIS4ME)

Yapılan araştırmada çölleşme risk haritasının oluşturulması amacıyla çalışma alanından rastgeleörnekler alınarak farklı arazi kullanım tiplerinin çölleşme risk durumları belirlenmiştir. Toprak örneklerinin alındığı 250 noktanın herbirinde arazi kullanımına göre çölleşme etüt formu doldurulmuştur. Çalışma sahasında Çevresel Duyarlı Alanlar toprak, vejetasyon, yönetim ve iklim kalite indekslerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiştir. İklim kalite indeksinde kullanılan yıllık yağış miktarı aynı değere sahip olduğundan dolayı bütün noktalarda aynı değeri almıştır.

Çam arazilerinde çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

Web tabanlı DIS4ME modeli kullanılarak çalışma alanında çam türlerinin yayılış gösterdiği alanlarda en düşük çölleşme riski 1,44 (risk yok) en yüksek 4,30 (orta risk) olarak hesaplanmış ve ortalama 2,19 ile çam türlerinin yayılış gösterdiği alanlar çölleşme riski orta risk sınıfındadır (Çizelge 5). Orta risk sınıfında olan çam arazileri değerlendirildiğinde bu türlerin yayılış gösterdiği alanlar çölleşmeye karşı hassastır. Çevresel duyarlı alanlar (ÇDA) değerlendirildiğinde 1,16-1,64 arasında değişen değerler almıştır.

Çizelge 5. Çam ormanlarında çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

Parametreler	Min.	Mak.	A.O.	Std. Sapma	Var.	Çar.	Bas.
ÇR	1,44	4,30	2,914	0,747	0,558	0,097	-0,114
HS	1,30	1,47	6,532	26,175	685,127	5,500	30,453
VKI	1,33	1,58	1,505	0,088	0,008	-1,532	0,577
TKI	1,16	1,44	1,293	0,060	0,004	0,211	0,342
IKI	1,30	1,64	1,487	0,172	0,030	-0,204	-2,098
YKI	1,41	1,41	1,410	0,000	0,000	0,000	0,000

ÇR: Çölleşme riski, HS: Çölleşme hassaslık skoru, VKI: vejetasyon kalite indeksi, TKI: Toprak kalite indeksi, IKI: İklim kalite indeksi, YKI: Yönetim kalite indeksi, Min: Minimum, Mak:

Maksimum, A.O: Aritmetik Ortalama, Std. Sapma: Standart Sapma, Var: Varyans, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık

Mera arazilerinde çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

DIS4ME modeli aracılığıyla yapılan hesaplamalar neticesinde alanında mera alanlarında en düşük çölleşme riski 3,97 (orta risk) ve en yüksek 6,49 (yüksek risk) sınıfında olup ortalama 5,23 ile orta risk sınıfındadır (Çizelge 6). Mera alanlarının büyük bir kısmı orta risk sınıfında yer almakta olup bu durum çalışma alanının çölleşmeye karşı hassas olduğunu göstermektedir. ÇDA tiperi 1,08-1,64 arasında değerler almıştır.

Çizelge 6. Mera topraklarında çölleşme risk dağılımları

Parametreler	Min.	Mak.	A.O.	Std. Sapma	Var.	Çar.	Bas.
ÇR	3,97	6,49	5,2394	,68709	,472	-0,304	- 0,991
HS	1,28	1,50	1,3925	,06319	,004	-0,222	- 0,834
VKI	1,30	1,55	1,4206	,10851	,012	-0,238	- 2,030
TKI	1,08	1,46	1,2666	,09820	,010	0,069	- 0,429
IKI	1,30	1,64	1,4913	,17137	,029	-0,265	- 2,063
YKI	1,41	1,41	1,4100	,00000	,000	0,000	0,000

ÇR: Çölleşme riski, HS: Çölleşme hassaslık skoru, VKI: vejetasyon kalite indeksi, TKI: Toprak kalite indeksi, IKI: İklim kalite indeksi, YKI: Yönetim kalite indeksi, Min: Minimum, Mak: Maksimum, A.O: Aritmetik Ortalama, Std. Sapma: Standart Sapma, Var: Varyans, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık

Meşe arazilerinde çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

DIS4ME modeli aracılığıyla yapılan hesaplamalar neticesinde meşe türlerinin yayılış gösterdiği alanlarında en düşük

çölleşme riski 2,63 (düşük risk) ve en yüksek 5,94 (yüksek risk) sınıfında olup ortalama 5,23 ile orta risk sınıfındadır (Çizelge 7). Çalışma alanında meşe türlerinin yayılış gösterdiği alanlarının önemli bir bölümü orta risk sınıfında yer almakta olup bu durum çalışma alanının çölleşmeye karşı hassas olduğunu göstermektedir. ÇDA tipleri 1,17-1,64 arasında değerler almıştır.

Çizelge 7. Meşe alanlarında çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

Parametreler	Min.	Mak.	A.O.	Std. Sapma	Var.	Çar.	Bas.
ÇR	2,63	5,94	4,1500	,85916	,738	-,427	-,269
HS	1,29	1,47	1,4055	,05262	,003	-1,051	,500
VKI	1,26	1,49	1,4041	,09909	,010	-,817	-1,354
TKI	1,17	1,44	1,2934	,07603	,006	,429	-,853
IKI	1,30	1,64	1,5462	,15465	,024	-1,059	-,950
IKI	1,41	1,41	1,4100	,00000	,000	,00000	,000

ÇR: Çölleşme riski, HS: Çölleşme hassaslık skoru, VKI: vejetasyon kalite indeksi, TKI: Toprak kalite indeksi, ÇIKI: İklim kalite indeksi, YKI: Yönetim kalite indeksi, Min: Minimum, Mak: Maksimum, A.O: Aritmetik Ortalama, Std. Sapma: Standart Sapma, Var: Varyans, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık

Tarım arazilerinde çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

DIS4ME modeli aracılığıyla yapılan hesaplamalar neticesinde çalışma alanında tarım arazilerinin bulunduğu örnekleme alanlarında en düşük çölleşme riski 7,13 ile 8,13 arasında değişen değerler almış ve yüksek risk sınıfında yer almaktadır. Tarım arazilerinde ortalama 7,51 ile çölleşme riskinin yüksek risk sınıfındadır (Çizelge 8). ÇDA tipleri 1,16-1,64 arasında değerler almıştır. Tarım arazilerinde çölleşme riskinin yüksek hesaplanmasının nedenleri arasında yanlış ekim yöntemleri önemli bir etkiye sahiptir.

Çizelge 8. Tarım arazilerinde çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar

Parametreler	Min.	Mak.	A.O.	Std. Sapma	Var.	Çar.	Bas.
ÇR	7,16	8,13	7,5113	,20829	,043	1,084	2,006
HS	1,37	1,53	1,4500	,04969	,002	,151	-1,535
VKI	1,51	1,80	1,7408	,09226	,009	-2,103	3,298
TKI	1,16	1,39	1,2346	,06474	,004	,775	-,055
IKI	1,30	1,64	1,4700	,17366	,030	,000	-2,190
YKI	1,41	1,41	1,4100	,00000	,000	,000	,000

ÇR: Çölleşme riski, HS: Çölleşme hassaslık skoru, VKI: vejetasyon kalite indeksi, TKI: Toprak kalite indeksi, IKI: İklim kalite indeksi, YKI: Yönetim kalite indeksi, Min: Minimum, Mak: Maksimum, A.O: Aritmetik Ortalama, Std. Sapma: Standart Sapma, Var: Varyans, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık

Çalışma alanı genelindeki çölleşme riski ana risk faktörlerini;

- Çok yüksek yangın riski ve düşük bitki örtüsü ile karakterize edilen bitki örtüsü türü
- Taşlılığın çok az bulunduğu toprak
- Güneye bakan bir yamaçta, yıllık yağışın düşük olduğu iklim.
- Yıllık yağışın az olduğu bir iklimle ilişkili, güneye bakan bir yamaçta yüksek yangın riski taşıyan bitki örtüsü türü
- Kuraklığa karşı düşük direnç ile karakterize edilen bitki örtüsü
- Erozyon koruması düşük ve orta düzeyde, kuraklığa karşı belirli bir hassasiyet ile karakterize edilen bitki örtüsü
- Sığ toprak oluşumu oluşturmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çölleşme, ekosistem dengesinin bozulması ve doğal kaynakların sürdürülemez şekilde kullanılması sonucunda ortaya çıkan ciddi bir sorundur. Çölleşme riskinin yüksek olduğu alanlarda yapılan plansız ağaç kesimleri, aşırı otlatma, yanlış tarımsal uygulamalar ve su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması, yerel bitki örtüsünün ve toprak yapısının zarar görmesine neden olur. Koruma altındaki ekosistemlerin, bölgesel iklimin ve biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşıyan bu alanlarda çölleşme, erozyonun artmasına, toprak verimliliğinin azalmasına ve su kaynaklarının tükenmesine yol açar. Böylece, ekosistemdeki canlı türleri üzerinde olumsuz etkiler meydana gelir, biyoçeşitlilik azalır ve ekonomik kaynaklar tehlikeye girer. Bu nedenle, korunan alanlarda çölleşmeyle mücadelede sürdürülebilir tarım uygulamaları, su kaynaklarının etkin yönetimi ve ormansızlaşmanın önlenmesi gibi tedbirlerin alınması hayati bir öneme sahiptir. bazı araştırmalar korunan alanlardaki çölleşmenin çeşitliliği koruduğunu, ancak çölleşmenin kendisinin bitki örtüsü ve toprak sorunlarına, biyolojik çeşitlilik değişikliklerine neden olduğunu ve yerel ekonomileri olumsuz etkilediğini öne sürmektedir (Si, Ren & Zhu, 2006; Adeel, 2011). Ayrıca, toplumların bu konuda bilinçlenmesi ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen politikaların benimsenmesi, korunan alanlarda çölleşmenin önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Korunan alanlarında çölleşme riski taşıyabileceği ve bu konu hakkında çalışmaların yapılması gerektiği hakkında dikkat çekmek amacıyla Kastamonu ili Tosya ilçesi Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahasında yapılan çalışmada DIS4ME modeli kullanılarak alanın çölleşmeye karşı hasaasiyeti ve risk seviyesi hesaplanmıştır.

Web tabanlı DIS4ME modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde alanda en düşük 1,44 (risk yok) ve 8,13 ile en yüksek (yüksek risk) çölleşme riski hesaplanmıştır ve çalışma alanında en yüksek risk tarım arazilerinde en düşük risk ise çam ormanlarında hesaplanmıştır. Çalışma alanının tamamında çölleşme değeri birlikte değerlendirildiğinde alanının (%34,91) bölümü risk

yok, (%32,29) bölümü düşük risk, (%7,02) bölümü ise orta risk ve (%25,78)'lik bölümü ise yüksek risklidir. Çalışma alanının risk yok olarak sınıflandırıldığı %34,91'lik kısmı dışında kalan %65,08'i yani 5.850 ha lık kısmı çölleşme tehdidi altındadır. Bütün arazi kullanımları birlikte değerlendirildiğinde, çalışma alanının yaklaşık 6,000 hektarlık büyük bir bölümünün kırılgan hassaslık sınıfında ve 2,500 ha ile kritik hassaslık alt sınıflarındadır. Bu durum arazi gözlemleriyle birlikte değerlendirildiğinde her ne kadar toprak üstü bitki örtüsü yeterli görünse de yapılan hesaplamalar alanda çölleşmenin sesiz şekilde ilerlediğini göstermektedir. Bu kapsamda gerek alanda bulunan bitki örtüsünün korunması gerekse arazi uygulamalarını sağlıklı şekilde takip edilmesi ile ileri seviyede hassaslık sınıfında bulunan çalışma alanında çölleşme hassasiyeti azaltılabilecektir.

KAYNAKÇA

Adeel, Z. (2011). Societal Vulnerability to Desertification and Policy Response Options. In *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* (pp. 853-861). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Aliero, M. M., Ismail, M. H., Alias, M. A., & Sood, A. M. (2021). Geospatial analysis of desertification vulnerability using Mediterranean desertification and land use (MEDALUS) model in Kebbi State, Nigeria. *Applied Geomatics*, 13(4), 527-536.

Almendros, G., Dorado, J., González-Vila, F. J., Blanco, M. J., & Lankes, U. (2000). ¹³C NMR assessment of decomposition patterns during composting of forest and shrub biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(6), 793-804.

Anarbaev, M. (2013). Interrelationship between livelihood, livestock and wildlife: enhancing through sustainable approaches to wildlife management. *Oecologia Montana*, 22(1), 38-41.

Anonim, (2021). Kastamonu-Tosya meteoroloji bülteni, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.

Aubréville, A. (1949). *Climats, forêts et désertification del'Afrique tropicale*, 351 pp., Paris.

Azzouzi, S. A., Vidal-Pantaleoni, A., & Bentounes, H. A. (2017). Desertification monitoring in Biskra, Algeria, with Landsat imagery by means of supervised classification and change detection methods. *IEEE Access*, 5, 9065-9072.

Bashour, I. I. and Sayegh, A. H. 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions, 119 pg, FAO.

Becerril-Piña, R., & Mastachi-Loza, C. A. (2021). Desertification: Causes and countermeasures. *Life on land*, 219-231.

Boali, A., Bashari, H., & Jafari, R. (2019). Evaluating the potential of Bayesian networks for desertification assessment in arid areas of Iran. *Land Degradation & Development*, 30(4), 371-390.

Budak, M. (2015). MEDALUS Modelinin çölleşmeye hassas alanların belirlenmesi ve izlenmesinde dicle havzasına adaptasyonu projesi, 2015-2018, TÜBİTAK, TOVAG (214O374).

Cankar, S. (2014). Kazova'da arazi bozulmasına hassas alanların belirlenmesi ve haritalanması (Master's thesis, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Desertlink, (2004). Web sitesi. Desertification Indicator System for Mediterranean Europe, http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/indicator_system/introduction.htm, Erişim Tarihi: 03.05.2015.

Dindaroğlu, T., & Canbolat, M. Y. (2012). Kuzgun baraj gölü havzasında orman, mera ve çayır bitki örtüsü altında gelişen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 22(1), 1-9.

Dölarıslan, M., Erşahin, S., & Gül, E. (2015). Yarı kurak alanlarda bitki tür zenginliği ile çölleşme eğilimi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi: Çankırı-eldivan örneği. 2014-2015, TÜBİTAK, TOVAG (114O707).

Dregne, H. E. (1986). Desertification of arid lands. In *Physics of desertification* (pp. 4-34). Springer, Dordrecht.

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in water resources*, 51, 326-344.

El-Karouri, M. O. H. (1986). The impact of desertification on land productivity in Sudan. In *Physics of desertification* (pp. 52-58). Dordrecht: Springer Netherlands.

Ercan, M. 1997. Bilimsel araştırmalarda istatistik, Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma

Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi No:6, ISSN: 1300-3933, İzmit.

Ergene, A. (1993). *Toprak Biliminin Temelleri*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları, Türkiye.

Farajzadeh, M., & Egbal, M. N. (2007). Evaluation of MEDALUS model for desertification hazard zonation using GIS; study area: Iyzad Khast plain, Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 10(16), 2622-2630.

Gaur, M. K., & Squires, V. R. (2018). Geographic extent and characteristics of the world's arid zones and their peoples. *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands*, 3-20.

Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1979). *Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters*. Soil Science Society of America Journal, 43(5): 1004-1007.

Gunina, A., Smith, A. R., Kuzyakov, Y., & Jones, D. L. (2017). Microbial uptake and utilization of low molecular weight organic substrates in soil depend on carbon oxidation state. *Biogeochemistry*, 133, 89-100.

Gül, E., & Erşahin, S. (2019). Evaluating the desertification vulnerability of a semiarid landscape under different land uses with the environmental sensitivity index. *Land Degradation & Development*, 30(7), 811-823.

Gül, E., Dölarslan, M. & Uluğ, K. (2019). Yarı kurak ağaçlandırma alanlarında çölleşme eğiliminin değerlendirilmesi: ÇAKÜ Orman Fakültesi, Prof. Dr. Abdülreşit BROHİ Araştırma ve Uygulama Ormanı örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 506-516.

Güney, K., Küçük, Ö., Aktürk, E., & Evcin, Ö. (2017). Biodiversity of Gavurdag Wildlife Development Area. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research* 5(3), 25.

Ibáñez, J., Valderrama, J. M., & Puigdefábregas, J. (2008). Assessing desertification risk using system stability condition analysis. *Ecological Modelling*, 213(2), 180-190.

IUCN, (1994). Uluslararası Doğayı Koruma Birliği, IUCN Species Survival Commission., IUCN Red list categories. IUCN.

Kılınç, M., Kutbay, G., Yalçın, E., & Bilgin, A. (2006). *Bitki ekolojisi ve bitki sosyolojisi uygulamaları*. Palme Yayınevi, ISBN: 975-8982-98-2. Ankara.

Kim, T., Cho, S. H., Larson, E. R., & Armsworth, P. R. (2014). Protected area acquisition costs show economies of scale with area. *Ecological Economics*, 107, 122-132.

Kimura, R. (2017). Validation and application of the monitoring method for degraded land-area-based on a dust erodibility in eastern Asia. *International Journal of Remote Sensing*, 38, 4553 - 4564.

Kosmas, C., Kirkby, M., & Geeson, N. (1999). The MEDALUS project: Mediterranean desertification and land use. *Manual on key indicators of Desertification and mapping environmental sensitive areas to desertification*. EUR, 18882.

Kuvan, Y. (1999). Korunan alan yönetiminin genel esasları ile ülkemizdeki Bolu yöresindeki korunan alanları bir değerlendirmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 49(1-2-3-4): 65-76.

Küçük, M., & Ertürk, E. (2013). Biodiversity and protected areas in Turkey. *Sains Malaysiana*, 42(10): 1455-1460.

Laureano, P. (2011). Traditional Knowledge in Coping with Desertification. In *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* (pp. 893-900). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Lockwood, M., Worboys, G., & Kothari, A. (Eds.). (2006). *Managing protected areas: a global guide*. Earthscan.

McLean, E. O. (1983). Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties*, 9: 199-224.

Mutlu, N. (2015). Yarı kurak bir bölgede çölleşmenin izlenmesini sağlayacak göstergelerinin belirlenmesi ve haritalanması. Doktora Tezi, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

OGM, (2015). Kastamonu Tosya Gavurdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası yönetim ve gelişme planı, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 10. Bölge Müdürlüğü, Kastamonu Şube Müdürlüğü, Kastamonu.

Ott, R. L., & Longnecker, M. T. (2015). *An introduction to statistical methods and data analysis*. Cengage Learning.

Pansu, M., & Gautheyrou, J. (2007). *Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods*. Springer Science & Business Media.

Perry, R. (1986). Desertification processes and impacts in irrigated regions. *Climatic Change*, 9, 43-47.

Rannow, S., Macgregor, N. A., Albrecht, J., Crick, H. Q., Förster, M., Heiland, S., ... & Sienkiewicz, J. (2014). Managing protected areas under climate change: challenges and priorities. *Environmental Management*, 54, 732-743.

Sepehr, A., Hassanli, A. M., Ekhtesasi, M. R., & Jamali, J. B. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental monitoring and Assessment*, 134, 243-254.

Shoba, P., & Ramakrishnan, S. S. (2016). Modeling the contributing factors of desertification and evaluating their relationships to the soil degradation process through geomatic techniques. *solid earth*, 7(2), 341-354.

Si, S., Ren, S., & Zhu, R. (2006). Biodiversity Preservation in the Desertification Region of China. *JOURNAL-NORTHWEST FORESTRY UNIVERSITY*, 21(1), 22.

Symeonakis, E., & Drake, N. (2004). Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *International Journal of remote sensing*, 25(3), 573-592.

Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1): 55-94.

Tozsin, G., Öztaş, T., Arol, A. İ., Kalkan, E., & Koç, E. (2015). Mermer Atıklarının Asidik Toprakların Nötralizasyonu ve Fındık Tarımı Üzerine Etkileri. *MT Bilimsel*, (8), 29-36.

Veron, S. R., & Paruelo, J. M. (2010). Desertification alters the response of vegetation to changes in precipitation. *Journal of Applied Ecology*, 47(6), 1233-1241.

Wang, X., Chen, F., Hasi, E., & Li, J. (2008). Desertification in China: an assessment. *Earth-Science Reviews*, 88(3-4), 188-206.

Wehner, M. F. (2000). A method to aid in the determination of the sampling size of AGCM ensemble simulations. *Climate dynamics*, 16(5): 321-331.

Worboys, G. L., & Trzyna, T. (2015). Managing protected areas. *Protected area governance and management*, 207-250.

Xue, Y., & Shukla, J. (1993). The influence of land surface properties on Sahel climate. Part 1: desertification. *Journal of climate*, 6(12), 2232-2245.

Bitki Biyolojisi ve Arazi Bozulunun Değerlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar

Doğanın karmaşıklığına duyulan hayranlık, insanoğlunu yüzyıllardır keşfetmeye ve anlamaya yönlendirmiştir. Bitkiler, bu doğal dünyanın önemli bir parçasını oluşturur ve biyolojileri, ekosistemlerin temel taşlarından biri olarak çeşitlilik ve dayanıklılık açısından kritik bir rol oynar. Bu kitap, bitki biyolojisi ve arazi bozulumu üzerine odaklanarak, bu temel unsurların anlaşılması ve sürdürülebilir bir gelecek için önemli olan yenilikçi yaklaşımları ele almaktadır. Günümüzde, çevresel sorunlar giderek artmaktadır ve arazi bozulumu, ekosistemlerin istikrarını tehdit eden ciddi bir sorun haline gelmiştir. Ancak, bilim ve teknolojiye hızlı ilerlemelerle birlikte, bu zorlukların üstesinden gelmek için yeni ve etkili çözümler geliştirme potansiyeli artmıştır. Bu kitap, bitki biyolojisi ve arazi bozulumu konularındaki güncel araştırmaları ve yenilikçi yaklaşımları bir araya getirerek, bu alandaki bilgi boşluklarını doldurmayı amaçlamaktadır.

"Zeytin (*Olea Europaea* L.)'de Döllenme Biyolojisi ve Meyve Tutumunu Etkileyen Faktörler" başlıklı açılış bölümünde okuyucular, zeytinin karmaşık biyolojisine ilişkin bilimsel bir araştırmaya davet ediliyor. Bu bölüm, başarılı gübrelemenin esrarengiz süreçlerini ve *Olea Europaea* L.'de meyve tutumunu etkileyen sayısız faktörü sistematik olarak aydınlatmaktadır. Makale, bu ekonomik açıdan karmaşık üreme süreçlerine ilişkin anlayışımızı geliştirmek isteyen araştırmacılar ve uygulayıcılar için değerli bilgiler sunan kapsamlı bir rehber görevi görmektedir.

"Şeker Pancarı Yetiştiriciliğinde Kullanılan Uzaktan Algılama Teknolojilerine Dayalı Bitki Örtüsü İndeksleri: Bir İnceleme" başlıklı ikinci makaleye geçiş yapan okuyucular, şeker pancarı yetiştiriciliğinde uzaktan algılama teknolojilerinin uygulanmasına odaklanan bu incelemede tarımsal uygulamaların optimize edilmesinde ileri teknolojilerin rolünü eleştirel bir şekilde incelemektedir. Bilim camiası için bu bölüm, teknolojinin çağdaş tarım üzerindeki dönüştürücü etkisini kabul ederek, en ileri bilim ve tarımın entegrasyonuna ilişkin inceleli bir bakış açısı sunmaktadır.

"Çölleşme ve Toprak Erozyonu Değerlendirmelerinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Uygulamaları: Bir İnceleme" başlığı altındaki son bölüm seti, çevre bilimi alanını ve onun bulanık mantıkla kesişimini ele alıyor. İklim değişikliğinin tarımsal alanlarımızı tehdit ettiği bir çağda bu bölümler, çölleşme ve toprak erozyonunun etkilerinin değerlendirilmesi ve azaltılmasında Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin (BAHD) pratik uygulamalarına ilişkin kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Bu bölüm araştırmacılar ve uygulamalı çevre problemlerinin yönetiminde kullanılan yenilikçi metodolojilere derin bir bakış sunmaktadır.

Kitabın her bölümü, alanın en güncel literatürüyle donatılmış ve güncel araştırmalara dayanmaktadır. Bu kitap, arazi bozulumu ve toprak erozyonu konularında önemli kavramları anlamaları ve bu konuların önemi hakkında bilgi edinmek isteyen herkes için hayatta uygulama potansiyellerini de keşfedeceklerdir. Kitap, bu üç bölüm, dikkatli okunulduğunda bitki biyolojisinin temel prensiplerini anlamak isteyen öğrenciler, araştırmacılar ve çevre koruma konularında çalışan profesyonellere kapsamlı bir okuyucu kitlesine hitap etmektedir. Yazarlar, bu kitap boyunca, bitki örtüsünün ekosistemlerde oynadığı rolü ve arazi bozulumunun nedenleri ve etkileri üzerine kapsamlı bir analiz sunmuşlardır. Sonuç olarak, Bitki Biyolojisi ve Arazi Bozulunun Değerlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar adlı bu kitap, daha sevgisiyle yan yana duran, bilimin gücü ve teknolojinin ilerlemesi ile gelecek nesillere daha sürdürülebilir bir dünya bırakma misyonuyla, bilgi ve çözüm önerileri sunmaktadır. Umarım bu kitap, okuyuculara hem bitki biyolojisi hem de arazi bozulumu konularında geniş bir perspektif sunar ve bu alanlardaki ileri çalışmalar için bir ilham kaynağı olur.

