

ZİRAAT

ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ
ALANINDA TEORİ VE ARAŞTIRMALAR

Ekim 2022

EDİTÖR
DOÇ. DR. ALİ BOLAT

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi
Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2022
ISBN • 978-605-71770-6-3

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.
The right to publish this book belongs to Serüven Publishing.
Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Yalı Mahallesi İstikbal Caddesi No:6

Güzelbahçe / İZMİR

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Teori ve Araştırmalar

Ekim 2022

Editör

Doç. Dr. Ali Bolat

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

TÜRKİYE’DE KARAYOLU AĞAÇLANDIRMALARI

İbrahim TURNA 1

Bölüm 2

TOHUMLARDA DORMANSİ KIRMA UYGULAMALARI VE BAZI ENDEMİK BİTKİ TOHUMLARINDA YAPILAN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Gül Yücel25

Bölüm 3

BAZI SÜS BİTKİLERİNİN ÇELİKLE KÖKLENDİRİLMESİNDE ORTAM SICAKLIĞI İLE EKSOJEN OKSİN UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Deniz GÜNEY45

İbrahim TURNA45

Bölüm 4

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA İÇİN TARIMSAL FAALİYETLERDE GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİNDEN FAYDALANMA

Ömer ARSLAN.....61

“

Bölüm 1

TÜRKİYE’DE KARAYOLU AĞAÇLANDIRMALARI

İbrahim TURNA¹

”

¹ Prof. Dr. İbrahim TURNA, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080/Trabzon, ORCID ID: 0000-0003-4408-1327

GİRİŞ

Modern yaşamın vazgeçilmez öğelerinin başında gelen ulaştırma, insanoğlunun gerek kendisi gerekse ihtiyacı olan her türlü malzemenin çok çeşitli amaçlarla bir yerden başka bir yere taşınması için oluşturulan hizmetler zinciridir. Yeterli ve çağdaş ulaşım hizmetleri olmadan ülkelerin gelişmesi için gerekli ekonomik ve sosyal yapının sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi mümkün değildir. Ulaşım sistemlerinden biri olan karayolu ulaşım sistemleri diğer sistemlere göre çok daha karmaşık ve uygulanması zordur. Zira diğer ulaşım sistemleri (deniz ve hava gibi) taşınması gerekli objeleri ana noktaya ulaştırma bakımından karayolu ulaşım ağının yerini tutamaz. Bu nedenle karayolu ulaşım ağının planlanması, tesis edilmesi ve bakımlarının ekonomik sosyal ve kültürel değerler yanında ekolojik bakış açısından da iyi planlanması ve uygulanması gerekir. Çağdaş ve medeni bir toplumun en önemli göstergelerinin başında eğitim, iletişim ve ulaşım gelmektedir. Ulaşım ağlarından biri olan karayolları doğadaki yaşamı kolaylaştırmak için yapımı insanoğlu tarafından gerçekleştirilen mühendislik yapılarından birisidir. Dolayısıyla ekosistemi doğal kaynakları, kültürel ve tarihi değerleri ile toplumun hizmetine sunmaktadır.

Türkiye, karayolu ağı ve güvenliği konusunda Cumhuriyet'in kuruluşundan bu yana çok önemli çalışmalara imza atmıştır. Özellikle son dönemlerde yol yapımında ciddi yatırımlar yapılarak, ulaştırma alt yapısı için önemli görevler üstlenen karayollarında; güvenli, ekonomik ve konforlu ulaşım imkânına yönelik otoyol ve bölünmüş yol çalışmaları öne çıkmaktadır. Bu çalışmalarda ana amaç olan ulaşım ağının güvenli ve konforlu olması yanında çevresel boyutlarıyla da ele alınması önem taşımaktadır. Böylece yüksek maliyet ve yoğun emek gerektiren karayolu ulaşım ağının daha uzun süreli, çevreye uyumlu ve fonksiyonel olması sağlanmış olacaktır.

Karayolu, soyut bir kavram olmayıp, çevresi ve kullanıcıları ile bir bütün oluşturmaktadır. Özellikle yol, bulunduğu konum itibarıyla doğayla sıkı bir ilişki içerisinde. Diğer yandan, sosyo - kültürel ve sosyo - ekonomik özellikleri ile de insan yaşamında çok önemli bir yere sahiptir. Karayolu, kendine özgü bir arazi kullanım biçimi olarak, tesis edildiği çevrenin doğasına aykırı bir yerleşim ve yapı gösterir (Bayraktar 1980).

Karayolu ağaçlandırmalarının çevreye uyumlu olabilmesi için yapılması gerekli olan en önemli çalışmalardan birisi de yol kenarı ağaçlandırma çalışmalarıdır. Nitekim Türkiye'de ağaçlandırma çalışmalarının yürütülmesi ve uygulanmasından birinci derece sorumlu kurum olan Orman Genel Müdürlüğü Ağaçlandırma Dairesi Başkanlığı tarafından yol kenarı ağaçlandırma faaliyetleri yürütülmekte olup halen bu çalışmalara devam edilmektedir.

İnsanoğlu yaşamını devam ettirebilmek için yaşadığı çevrenin doğasına müdahale etmiş, bununla birlikte hızlı nüfus artışına paralel olarak ihtiyaçların artması çevre sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Başta insan olmak üzere tüm canlılar, küresel iklim değişikliği, ormanların dejenere olması, erozyon ve çölleşme, toprak, su, hava ve gürültü kirliliği, erozyon tehdidi, trafik yoğunluğuna bağlı egzoz gazı kirliliği gibi çevre sorunlarının tehdidi altındadır. Söz konusu tehlikeler tüm canlıların yaşam alanlarını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. İnsanlar ekosistemden yararlanırken, tüm kaynakları fonksiyonel bir şekilde kullanmalı ve bu kaynakların gelecek nesillere aktarılabilmesi için sürdürülebilirliği göz ardı etmemesi gerekir. Bunu sağlayabilmenin en önemli anahtarı doğanın koruma-kullanma dengesini bozmadan devam ettirmekten geçmektedir (Turna & Güney, 2021).

Karayolu ağaçlandırma faaliyetleri Karayolları Genel Müdürlüğü ile yapılacak protokol (Ağaçlandırma İşbirliği Protokolü) esaslarına göre gerçekleştirilmesi gerekir. Bu tür çalışmaların yoğun emek ve maliyet gerektirmesi yanında etkilerinin uzun zaman diliminde sürdürülebilir olması düşünüldüğünde planlı ve programlı yapılmasının zorunluluğu daha iyi anlaşılabacaktır.

Son yıllarda hızla gelişen karayolu ağının büyümesiyle birlikte gerek karayolları gerekse diğer ilgili kurumların karayolu yeşillendirme çalışmalarına ağırlık verdiği bilinmektedir. Ana amacın yeni açılan ya da genişletilen karayollarının ekosistemde oluşturduğu tahribatı azaltmak, bozulan dengenin iyileştirilmesine katkı sağlamak ve en önemlisi de seyahat edenlerin güvenli, huzurlu ve estetik açıdan konforlu bir şekilde seyahat etmelerini sağlamaktır. Bununla birlikte, araçlardan kaynaklanan gürültü, toz ve ışık gibi olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, yüksek maliyetli ve yoğun emek isteyen karayolu ağaçlandırmalarının tesisi konusunda teknik bilgiler ve yapılan hatalar ele alınmıştır.

TÜRKİYE'DE İLK KARAYOLU AĞAÇLANDIRMALARI

Türkiye karayolu ağaçlandırma çalışmalarının tarihi süreci incelendiğinde; yol ağaçlandırmalarının geçmişi 150 yıl öncesine kadar gitmektedir. Bunun ilk örnekleri İstanbul ili ve yakın çevresine ait Dolmabahçe Sarayı-Beşiktaş arası (1856), Beykoz- Abrahampaşa Korusu yolu (1870) ile Büyükdere-Belgrad ormanı arasındaki (1873) yol ağaçlandırmalarıdır (Yazıcı, 2012). Şehirlerarası yol ağaçlandırmalarına ait ilk örnek 1895 yılında Mersin-Adana demiryolu ve 1900-1908 yılları arasında gerçekleştirilen Hicaz Demiryolu güzergâhında yapılan ağaçlandırmalardır. Cumhuriyet döneminde de karayolu ağaçlandırma çalışmaları devam etmiştir. Yalova-Termal karayolu kenarındaki çınar ağaçlandırmaları, Tarsus-Karabucak ve Muğla-Marmaris karayolu güzergâhındaki (Gökova) okaliptüs alle ağaçlandırmaları bunlardan bazılarıdır.

1923'te Türkiye Cumhuriyeti'nin ulusal sınırları içinde kalan alanda Osmanlı İmparatorluğu'ndan, 4 000 km'si iyi durumda, 13 900 km stabilize ve 4 450 km toprak yol olmak üzere toplam 18 350 km'lik bir karayolu ağı kalmıştır (Can, 2000). Türkiye'de 1923 yılında 18 335 km olan karayolları, 1930'da 29 636 km'ye, 1938'de 40 235 km'ye ve 1939 yılında ise 40 900 km'ye çıkabilmiştir. Bu yolların bir kısmı ise bozuk vasıflıdır (As, 2006).

Gökova okaliptüs yolu bugün için “aşıklar yolu” olarak bilinmektedir. Yolum giderek artan trafik yoğunluğunu karşılaması amacıyla yeni yol ilavesi yapılarak mevcut yolun korunması karayolu ağaçlandırmalarının tesis ve sürdürülebilirliği bakımından önemini ortaya koymaktadır (Şekil 1). 1970'li yıllarda Eskişehir-Ankara karayolu üzerindeki İmişehir yol ağaçlandırmalarında karaçam ve sedir türleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Gökova'yı Marmaris'e bağlayan karayolundaki Okaliptüs ağaçlarının eski ve mevcut kullanımı (URL.1)

Karayolu ağaçlandırmalarının başlangıçta demiryolları boyunca gerçekleştirilmesinin ana nedeni taşımacılığın ilk yıllarda demiryolu ile gerçekleştiriliyor olmasıdır. 1980'li yıllardan sonra karayolu ile taşımacılık giderek artmıştır. Buna bağlı olarak karayolu yapımı sürekli gelişim göstermiş ve egemen ulaşım sistemi haline gelmiştir. Bununla birlikte karayolu taşımacılığının ağırlıklı kullanılmasının bir sonucu olarak trafik yoğunluğu, hava ve gürültü kirliliği yanında çevresel sorunlar da giderek çoğalmıştır. 2000'li yıllarda bölünmüş ve daha modern, standartları gelişmiş yolların inşasına başlanmıştır.

Türkiye mevcut durum itibarıyla, yolcu taşımacılığının yaklaşık %97'sini, yük taşımacılığının ise % 89'unu karayoluyla gerçekleştirmektedir (Çetin et al, 2011). Avrupa ekonomisi ve toplumları da, karayolu ulaşımına önemli ölçüde bağımlı olup yük taşımacılığının %44'ünü kamyonlarla taşınmakta, yolcuların %85'i otomobil veya otobüslerle seyahat etmektedir. Dolayısıyla karayolu taşımacılığının giderek artmasına bağlı olarak olası çevresel sorunların ortadan kaldırılması ya da azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması kaçınılmazdır (Anonim, 2000). Nitekim ağaçlandırma çalışmalarında sorumlu kurum olan Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında başlatılan yol kenarı ağaçlandırmaları kap-

samında, toplam 23.343 km yol kenarı ağaçlandırması yapılarak toplamda 16.761.227 adet fidan dikimi gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde 2014-2016 yıllarını kapsayan “Yol Kenarı Ağaçlandırmaları Eylem Planı” hazırlanmış ve uygulamalar yapılmıştır. Takip eden yıllarda yeni yapılan yollarda ihtiyaç duyulan yol kenarı ağaçlandırmalarına devam edilmiştir.

Karayolu ağaçlandırmalarını sadece ağaçlar ekseninde ele almak bilimsellikten uzaklaşmak demektir. Zira karayolu güzergâhları orta refüjler, kavşaklar, kazı ve dolgu şevleri ile yol kenarlarında yer alan otsu ve odunsu bitki örtüsünün bütününe kapsamaktadır. Bu manada yol ağaçlandırmalarının bitki tür çeşitliliği kadar yaban hayatı çeşitliliğine de katkıları bulunmaktadır.

KARAYOLU AĞAÇLANDIRMA KAVRAMI ve ÖNEMİ

Karayolu Ağaçlandırma Kavramı

Ağaçlandırma; orman yetiştirmeye uygun her türlü arazi (bozuk ya da boşluklu orman alanları, orman içi açıklıklar, hazineden bitkilendirme amaçlı tahsis edilen alanlar, şehir içi ve şehirlerarası yol kenarları, vb.) üzerinde ekim veya dikim yoluyla yeniden orman kurmaya verilen genel bir isimdir. Yeni ormanların kurulması; planlamadan tür seçimine, tesis tekniğinden koruma ve bakım çalışmalarına kadar bir dizi teknik çalışmaya da içine alır (Turna, 2017).

Ağaçlandırma çalışmaları bir veya birden fazla amaca hizmet etmek amacıyla gerçekleştirilir. Bunlar arasında odun üretimi (ekonomik), toprak ve su koruma (ekolojik), estetik, rekreatif ve çevre koruma (sosyal) amaçlı ağaçlandırmalar sayılabilir. Karayolu ağaçlandırmaları amaçları gereği yapısal olarak bozulan ekosistemlerin ıslah edilmesi, karayolu ulaşım ağının güvenliği ve konforu yanında gerek estetik ve rekreatif yönüyle, gerekse biyolojik çeşitlilik odaklı çevrenin korunması bakımından çok önemli işlevler üstlenmektedir.

Karayolu ağaçlandırma kavramı içerisinde kentlerin mücavir alanları içerisinde kalan yollardan ziyade şehirlerarası yollarda yapılan ağaçlandırmalar anlaşılmalıdır. Kentsel alanlar içerisindeki sokak, cadde, bulvar ve karayolu gibi ulaşım ağları boyunca yapılan bitkilendirme çalışmaları kent içi yol ağaçlandırmaları olarak isimlendirilir. Zira kent içi yol ağaçlandırmalarında, yol güzergâhları boyunca ekilen/dikilen her türlü bitkisel materyalin başta yetiştirme ortamı koşulları (biyotik ve abiyotik faktörler) yanında her türlü alt ve üst yapının etkilediği bir ortam söz konusudur. Şehirlerarası karayolu ağaçlandırmalarında ise, kentsel alanlardan farklı olarak yol boyunca değişen özelliklerdeki ekolojik koşullar ile farklı görünümdeki mimari yapı ve mekanlarla birlikte dikey ve yatay boyutlardaki görünümlemlerle karşılaşılmaktadır.

Karayolu ağaçlandırmalarında iklim, gürültüyü azaltma ve toz tutma yanında, insan psikolojisine yaptığı olumlu katkılar ile trafiğin yönlendirilmesi, bazı noktaların vurgulanması, sürücünün ilgi alanının sınırlandırılması, park eden araçlara gölge etkisi ve yaya güvenliği sağlaması görevleri yerine getirilir (Aslanboğa, 1986; 2002). Bunların dışında karayolu ağaçlandırmalarının habitat ve yaban hayatı üzerindeki etkilerini de dikkate almak gerekir. Zira karayolları, son derece teknik ve bilimsel olduğu kadar yüksek maliyet gerektiren çalışmalar olup ekosistem üzerinde çok büyük baskılar oluşturmaktadır. Bu baskıların olumsuzluklarını giderebilmek ya da minimum düzeylere indirebilmek yanında olumlu yönlerinin de toplum tarafından kullanılabilir olması için bazı teknik ve bilimsel uygulama esaslarına göre hareket etmek gerekir. Dolayısıyla karayolu ağaçlandırmaları normal ağaçlandırma çalışmalarına kıyasla çok daha hassas davranılarak gerçekleştirilmelidir.

Karayolu ağaçlandırmalarında başarılı olabilmek için öncelikle yol güzergâhına ilişkin kriterlerin tespiti ve analizinin doğru yapılması gerekir. Bunlar arasında, trafikteki hız sınırları, güzergâh boyunca topografik yapıda yapılacak değişiklikler, yolun kendi özellikleri (tek veya çift yönlü, bölünmüş ve tek ya da çok şeritli, orta refüjlü, park ve dinlenme yerleri, vb.), kazı ve dolgu şevleri ile yol boyunca oluşacak geometrik yol standartları gibi kriterlerin bilinmesi önemlidir. Zira otoban yol ile gidiş gelişli tek şeritli bir yolda hız limitleri değişeceği gibi yolun büyüklüğü nedeniyle çevrede yarattığı etkiler de farklı olacaktır. Bunun gibi düz bir hat boyunca devam eden bir yol ile eğimli ve topografik yapının sık sık değişim gösterdiği bir güzergâhtaki yolun bitkilendirilmesi farklı olacaktır.

Karayolu Ağaçlandırmalarının Önemi

Türkiye'nin coğrafi yapısı ve özellikle yeryüzü şekilleri dikkate alındığında, karayolları, gerek inşaat, gerekse trafik hizmetlerinin sürdürülmesi aşamalarında geçtikleri güzergâhlar boyunca ekosistem bütünlüğünü bozmaktadır. Bunun bir sonucu olarak parçalı bir yapı ile kırsal mekanları böler, bu alanları kullanan canlıların yaşantılarını geçici de olsa sekteye uğratırlar. Özellikle hassas ekosistemlerin olduğu yerlerden geçen yol ağları yaban hayatı, biyolojik çeşitlilik, doğal ve kültürel değerler, manzara terasları gibi alanlara zarar verebilir. Yapılacak planlamalarda bu özellikler dikkate alınarak biryandan yolun güvenilir ve konforlu olmasına diğer yandan da ekosistemin sürdürülebilirliğine katkı sağlanmalıdır.

Karayolu ağaçlandırmalarının amacı ve önemini anlayabilmek için yol ağaçlandırmalarının fonksiyonlarını yetiştirme ortamı özellikleri ile birlikte değerlendirmek gerekir. Karayolu ağaçlandırmaları klasik manada ele alındığında inşaat tekniği, trafik tekniği ve güvenliği bakımından ele alınabildiği gibi ekolojik uygunluk yönünden de değerlendirilmelidir.

İnşaat tekniği bakımından; güzergâhlar boyunca toprak stabilizasyonu sağlamak, toprak erozyonu ve kaymalarını engellemek, çığ, kaya ve taş düşmelerine karşı direnç oluşturmak, yol yapımı nedeni ile bozulan doğayı iyileştirmek ve yol güzergâhı boyunca oluşan kazı ve dolgu şevleri ile çevrenin bütünleşik görünüm kazanmasını sağlayarak trafik akışını engelleyecek oluşumlara izin vermemek gerekir.

Trafik tekniği ve güvenliği bakımından; yolun trafiği yönlendirmesi amacıyla iyi bir görüş hattına sahip olması, trafikteki far ve aydınlatma amaçlı ışıklarının sürücülere daha güvenli ulaşmasını sağlamak, olası trafik kazalarına karşı önleyici setler oluşturmak, rüzgâr, gürültü ve tozlara karşı perdeleme, sürücülerin dikkatine yola vermelerini sağlamak,

Görsel değerler bakımından; doğal güzelliklere değer katmak, güzergâhlar boyunca doğal peyzaja uyumlu yeni fonksiyonel alanlar (park ve dinlenme yerleri) tesis etmek, istenmeyen objeleri gizlemek, görsel ve estetik değerlerin artırılması için güzel bir görünüm kazandırmak,

Ekolojik yönden; ekosistem hizmetlerinin iyi bilinmesi ve buna göre planlama, uygulama, bakım ve koruma ile yönetimin sürdürülebilir olması önemsenir. Dolayısıyla karayolu ağaçlandırma çalışmalarının ekosistem hizmetleri, bitkilendirme çalışmalarında temel kriter olmalıdır. *Saumel et al.,(2016)*, ekosistemin topluma sunduğu hizmetleri dört kategoride ele almıştır. Bunlar; düzenleyici, tedarik edici, biyoçeşitlilik ve habitat hizmetleri ile kültürel hizmetlerdir.

-Düzenleyici hizmetler: kendi içerisinde, hava kalitesi iyileştirme, iklimsel (sıcaklık, yağış, fırtına vb.) verileri yumuşatma, karbon tutulumu sağlama, gürültü kirliliğini azaltma ve su ekonomisi düzenleme ile kaliteyi artırma hizmetleri olarak sınıflandırılır.

-Tedarik amaçlı hizmetler: kapsamında, güzergahlar boyunca her türlü genetik kaynağın muhafazası, gerek yabani gerekse evcilleşmiş hayvanlarının yaşam alanlarının korunması, başta insan olmak üzere tüm canlıların gıda gereksinimlerine katkı verilmesi düşünülmelidir. Trafikten kaynaklanabilecek her türlü olumsuzluğun (zehirli gaz salınımı, trafik kazaları vb.) ortadan kaldırılarak yaşam kalitesi ve besin zincirine hizmet etmesi gerekir. Başta yer altı su kaynakları olmak üzere su akışının düzenlenmesi de tedarik hizmetleri kapsamında değerlendirilir.

-Biyoçeşitlilik ve habitat hizmetleri; ekosistem bütünlüğünü zorunlu olarak bozan yollar, bu alanları kullanan canlıların yaşam alanları olup gerek flora gerekse fauna açısından habitat bütünlüğünün yeniden tesis edilmesini gerektirir. Aksi durumda biyoçeşitliliğin devamlılığı sağlanamaz. Bu nedenle bozulmuş ekosistemin restorasyonu ya da rehabilitasyo-

nu, flora ve fauna için uygun alanlar oluşturarak biyoçeşitliliği artırmaya, habitat bütünlüğünü sağlamaya hizmet etmelidir.

-Sosyo-Kültürel hizmetler: toplumun ekosistem hizmetleri içerisindeki beklentilerinden ilk akla gelen ve belki de en çok dile getirilen hizmetlerdir. Zira karayolu ağaçlandırma çalışmalarının birinci öncelikli amacı rekreasyonel olmasıdır. Ulaşım hizmetleri esnasında insanların eğlenme, dinlenme ve sosyal faaliyetlerde bulunması hem kamusal hizmet hem de halk sağlığı açısından önemlidir. Bu nedenle psikolojik, estetik ve dinlenme amaçlı fonksiyonların karşılanması istenir. Ayrıca karayolu güzergâhlarının ağaçlandırmaları ile arazi değerlerindeki artış, doğayla iç içe olma, halkın doğayı tanıması ve biyolojik çeşitlilik hakkında bilgilenmesi gibi hizmetler sunmaktadır.

Özetle yol ağaçlandırmalarındaki temel gayemiz; ulaşım ağının önemli bir objesi olan karayollarının tabiatta meydana getirdiği tahribatı azaltmak, seyahat edenlerin güvenli ve estetik açıdan konforlu şekilde seyahatine katkıda bulunmak, araçlardan kaynaklanan gürültü, toz ve ışık gibi olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olmaktır. Hedeflenen amaç ya da amaçlara ulaşabilmek için temel esasların iyi bilinmesi ve bunlara uygun hareket edilmesi gerekir. Öncelikle güzergâhlar boyunca trafik güvenliği görsel açıdan genişlik ve derinliğin kaybolmamasına, kırsal peyzajın korunması ve bozulan yerlerin restore/rehabilite edilmesi, kazı ve dolgu şevlerinin ivedilikle yeşillendirilmesine dikkat edilmelidir. Günümüz teknolojik gelişmelerine paralel olarak karayolları ve yakın çevresinde çok büyük ve modern teknik yapılar tesis edilmekte, yer yer topografik yapıya uyulsa da ekosistemde büyük hasarlara neden olunmaktadır. Özellikle kazı ve dolgu şevleri, viyadükler, kavşaklar ve bağlantı yolları ile mevcut doğal yapı bozulmaktadır. Organik maddece zengin toprağın taşındığı, bitkilendirmeye uygun olmayan anormal yetiştirme ortamlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Kazı ve dolgu şevleri bitkisel materyal yerine yüzey kapatıcı yapay elemanlarla hareketli yüzeysel alanlar gizlenmektedir.

KARAYOLU BİTKİLENDİRME TEKNİKLERİ

Karayolu ağaçlandırmaları ulaşım ağının yapısına göre ana yol, bölünmüş yol, otoyol, gibi farklı şekillerde tesisi edilirler. Her bir yol güzergâhının yetiştirme ortamı özelliklerine bağlı olarak bitki örtüsü ve çevresel tahribatlar ile ulaşım ve trafik hızlarındaki kriterler plantasyon tekniklerinde farklı yaklaşımları gerektirir. Bu nedenle karayolu ağaçlandırmaları özel nitelikli ağaçlandırma sınıfında ele alınır. Dolayısıyla projelendirme ve ağaçlandırma teknikleri hakkında kısa bilgi verildikten sonra karayolu ağaçlandırmaları ele alınacaktır.

Projelendirme çalışmaları

Karayolu ağaçlandırma çalışmaları bir plan ve program dâhilinde yapılır. Gerek projelendirme ve gerekse uygulama çalışmaları, yol yapım aşamasının başında ele alınmalı, bütüncül bir yaklaşımla sürdürülebilirlik ilkesine göre yürütülmelidir. Aksi durumlarda hazırlanan projelerin uygulamaya aktarılmasında sorunlar yaşanmakta, ileri aşamada yapılacak değişikliklerle (sık revizyonlarla) harcanan emekler boşa gitmektedir. Projelendirme, daha önceden güzergâhı belirlenmiş ve yol yapım çalışmalarının arazideki aplikasyonu tamamlanmış karayolu güzergâhı boyunca hazırlanır. Amaç tespiti güzergâhların bütüncül özellikleri değerlendirilerek karara bağlanır. Karayolu ağaçlandırmalarında yol güzergâhının genel özellikleri, projelendirme ve nihayetinde bitkilendirmelerin yapılması ile sonlandırılır. Bütün bu çalışmalar esas itibarıyla etüt-proje çalışmaları olup; envanter çalışmaları (büroda), yol güzergâhında yapılacak etüt çalışmaları (etüt-avan proje) ve nihai projelendirme (uygulama detay projelendirme) aşamalarını kapsar.

Envanter (Büro) Çalışmaları: Öncelikle karayolu yol yapım proje verilerinin alınması, güzergâhlar boyunca ekolojik ve görsel analiz verilerine altlık oluşturacak topografik harita, toprak ve ana materyale ait varsa haritalar ve raporlar, doğal vejetasyona ilişkin raporlar, iklim verileri gibi güzergâhlara ilişkin her türlü bilgi ve belgelerin elde edilmesi gerekir. Bu aşamada karayolu trafik akışındaki hız sınırları, güzergâhlar boyunca karşılaşılabilecek olan yerleşim yerlerinin durumu, arazi yapısındaki değişiklikler belirlenmelidir. Yine ana yol, orta refüj, kavşak ve kenar çizgilerinin konumları ve çevre ile ilişkileri, kazı ve dolgu şevlerinin boyutları harita üzerinde belirlenmelidir. Benzer şekilde değişen genişlik ve yükseklikte yatık ve biçimlendirilmiş eğimler, birbirleri ile uyumlu yatay ve düşey kavisler gibi kendi içinde ve çevre ile uyumlu şekilde planlanmış yol elemanları gibi geometrik yol standartlarının tespiti de bitkilendirme çalışmalarına etki eden önemli kriterlerdendir. Şerit sayısı, bölünmüş yollar ile bağlantı yolları, park ve dinlenme yerlerinin konumu ve genel özellikleri önceden belirlenmelidir. Böylece yol ağaçlandırmalarında yerinde yapılan tespitlere göre arazinin jeomorfolojik özelliklerini güçlendirerek ana amaç olan trafiğin daha güvenilir ve konforlu olmasına, çevreye uyumlu, görsel kaliteyi artıran bitkilendirmeler ile gerçekleştirilir. Planların genel olarak 1/2000 – 1/5000 ölçeklerde, özel durumlarda ise 1/200 – 1/100 ölçeklerde hazırlanması ve lejant kısmında verilen bilgilerin özel simgelerle gösterilmesine dikkat edilir.

Arazi Çalışmaları: Büroda elde edilen belgelerle birlikte güzergâh boyunca incelemeler yapılır. Bu çalışmalarda gerek ekolojik gerekse görsel analizlere uygun olarak bitkilendirmelerin amaçları belirlenir. Bitkilendirme yapılacak alanlar ile amaca uygun bitkisel materyalin seçimine

karar verilir. Yer seçimi, amaç tespiti ve türlerin belirlenmesinden sonra saha hazırlama, materyalin temini, nakli, ekim veya dikim yöntemi, koruma ve bakımlar için alınması gerekli önlemler not edilir. Arazi çalışmalarında ekolojik koşullar başta olmak üzere ana amaç olan trafik güvenliği ve konforlu seyahat etmeye katkı sağlayacak çevre ile uyumlu görsel kaliteyi ana eksene alan bitkisel materyalin belirlenmesi için gerekli analizler yapılır.

Karayolu ağaçlandırmalarında bitkisel materyal olarak, ağaç, ağaççık, çalı, sarılıcılar, çiçekler, yer örtücüler, çim vb. çok çeşitli materyaller kullanılabilir. Biyoçeşitlilik bakımından zengin bir floraya sahip olan Türkiye, tür seçiminde önemli avantajlara sahip olmasına rağmen yöreye uygun türler yerine yabancı menşeli türlerin tercih edildiği görülmektedir. Örnek olması bakımından, karayolu güzergâhları boyunca gerek orta refüjlerde gerekse yol kenarlarında Türkiye genelinde top akasyaların (*Robinia pseudoacacia* “*Umbracaulifera*”), Karadeniz sahil yolu boyunca zakkumlarla (*Nerium* sp.), hurma (*Phoenix* sp) ve palmiye (*Washingtonia* sp.) türleri gibi yöresellik kanununa uymayan türlerin kullanıldığı görülmektedir. Oysa karayolu güzergâhları boyunca farklı yetiştirme ortamı isteklerine (iklim, toprak) uygun değişik formlarda ve estetik değerlere sahip bitkisel materyallerin seçimine dikkat edilmelidir. Dolayısıyla karayolu ağaçlandırmalarında bitkisel materyalin seçiminde; dikim yerinin ekolojik özelliklerine uygun, türün biyolojisi gereği fonksiyonel özellikte olmasına dikkat edilmelidir. Dirik (2008), ağaçlandırmalarda bitki türleri seçiminde; ekolojik uyum, biyolojik kapasite, estetik ve işlevsel değerleri ile bakım gereksinimlerini dikkate alan beş aşamalı bir değerlendirmeyi esas almaktadır.

Ekolojik Uyum: Karayolu güzergahının ekolojik özellikleri ile ağaçlandırmada kullanılacak türlerin yetiştirme ortamı istekleri birbirine uygun olmalıdır. *Türkiye’de karayolları ulaşım ağında giderek artmakta olan mega projelerle çok geniş alanlarda doğa tahribatları söz konusudur. Bu alanların inşaa aşaması sonrasında hemen ağaçlandırılması için yoğun çalışmaların yapıldığı bilinmektedir. Maalesef yürütülmekte olan çalışmaların büyük bir kısmında ekolojik uyuma dikkat edilmeden tür seçimlerinin yapıldığı görülmektedir.*

Biyolojik Kapasite: Yol ağaçlandırmalarında kullanılacak taksonların ekolojik özellikleri kadar biyolojik kapasitelerinin de bilinmesi gerekir. Biyolojik kapasite bitkilerden beklenen fonksiyonların karşılanmasında önemli olup yol güvenliği yanında morfolojik özellikleri ile estetik ve fonksiyonel etkilerini kısa zamanda göstermeleri ve uzun dönemli sürdürmeleri beklenir. Her şeyden önce bitkisel materyalin standartlara uygun kalite ölçütlerinde olması istenir. Her türlü biyotik ve abiyotik faktörlere karşı dayanıklı türlerin seçilmesi gerek bakım maliyetleri gerekse çevre sorunları bakımından önemlidir.

Estetik Değer: Karayolu bitkilendirmelerinde fonksiyonel açıdan birinci sırada yol güvenliği ve estetiklik gelmektedir. Bu nedenle tür seçiminde; kullanılacak türlerin farklı form ve habitusları, kabuktaki farklı desenleri, dallanma morfolojilerindeki farklı görselleri, sürgün ve kabuktaki sıra dışı renkleri, yaprakların sayısız çeşitlilik gösteren biçimleri ve mevsimsel olarak doğanın birçok rengini sergilemeleri, meyvelerindeki estetikliği, mutluluk, huzur gibi güzel hisler uyandıran rengârenk çiçekleri, yaprakların rüzgârla çıkardığı haz veren sesleri ve çok sayıda hayvan çeşidine ev sahipliği yapmaları gibi birçok özelliği titizlikle ele alınmalıdır. Tür seçiminde maksimum tepe taç gelişimi, çalışılacak yolun boyutlarına ve budamalara uygun olmalıdır. İmkânlar ölçüsünde tekdüze (monoton) türlerden ziyade tür çeşitliliğini artıran bitkiler seçilmelidir. Karayolu boyunca seyir güvenliği ve huzurunun sağlanmasına yol ile doğal peyzaj arasındaki ilişkilerin doğru tesisine yönelik değerlendirmeler önemlidir. Bu değerlendirmeler plan kararlarında olduğu gibi uygulamalarda da yön vericidir.

İşlevsellik: Karayolu ağaçlandırmaları, planlandığı şekilde fonksiyonel özellikleri karşılayacak özelliklerde olmalıdır. Örneğin, bitki türlerinin seçiminde; düzgün ve dalsız gövde uzunluğu bakımından minimum 2.0-2.5 m yükseklikte dikey yönde dallanmalı, yatay yöndeki dallanmalarda trafik akışı yönünde en az 5 m'lik net boş mekan oluşturacak dalsız gövde yüksekliğine sahip olmaları gerekir (Ürgenç, 1990). Dallanma türe özgü bir formda gelişmiş, gövdenin en az 2/3'ü dallı olmalıdır. Yolu kullananların güvenlik ve konforunun sağlanmasına yönelik olarak karayolunun; kar, taş ve toprak kaymalarından korunması, refüjlü karayollarında far ışıklarının yol açtığı rahatsızlığın önlenmesi, dalgalı arazilerde görüş uzaklığının arttırılması, köprü, kavşak, yerleşim ve rekreasyon alanlarının belirtilmesi vb. çalışmalar işlevsellik bakımından öne çıkan kriterlerden bazılarıdır. Bununla birlikte yaprağını döken türlerin yaprak döküm sürelerinin kısa olmasına, yaprak ve meyvelerin kaygan bir zemin oluşturmamasına, meyve veya kozalakları araçlara ya da yayalara zarar vermeyecek türlerden seçilmesine dikkat edilmelidir. Kullanılacak türlerin farklı renk ve taç formunda olması, yeterli büyüklüklerde münferit ya da gruplar halinde ve tekrarlı bir şekilde kullanılması sürücülerin yol güvenliği bakımından önem taşımaktadır.

Bakım ve Koruma Gereksinimi: Karayolu ağaçlandırmalarında başta bitki türlerinin seçimi ve kullanım yerleri olmak üzere ekolojik uyum, biyolojik kapasite, estetik değer ve işlevsellik gibi esas kriterlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması ve buna göre karar verilmesi önemlidir. Böylece bakım ve koruma faaliyetleri ve ekonominin de uygulanabilirliği sağlanır. Yol bitkilendirmeleri seçim kriterlerini Gilman & Sadowski (2007), sosyal (ağaçların estetik, meyve, gölgeleme, rüzgar perdesi, gürül-

tüyü önleme, kirleticileri filtreleme vb. amaçları), ekonomik (tesis, bakım ve işletme giderleri), kurumsal (peyzaj politikaları, çevre planları vb.), biyolojik (ağaçların kentsel ortama uyum yetenekleri), eğitim (bilgi, kurallar, denemeler ve tecrübe), ekolojik (iklim, toprak koşulları ve bitkilerin adaptasyon durumu), kültürel kısıtlar (binalar, elektrik hatları gibi kamu hizmetleri) ve sınırlayıcı etmenler (otoyol, refüzler, kavşaklar, vb.) olarak belirtmektedir.

Güzergah boyunca yol kenarlarında ve şevlerinde yapılan bitkilendirmeler estetik ve fonksiyonel açıdan büyük önem taşımaktadır. Ancak tüm bitkilendirmelerde estetizm az ya da çok dikkate alınmalıdır. Sürücüler içinden geçtikleri tabiatı ve önünde giden yolu algılamak isterler. Bu mekân dizilerini ve tabiatın değişik yapılarını ön plana çıkarmada en çok kullanılan materyal bitkililerdir.

Projelendirme: Gerek envanter gerekse arazi incelemeleri sonrasında karayolu güzergahı boyunca yapılacak bitkilendirme çalışmalarının proje pozisyonuna uygun olarak raporlanması gerekir. Böylece; her bir fonksiyona uygun olarak kullanılacak odunsu (ağaç, ağaççık çalı vb.) ve otsu taksonların dendrolojik özelliklerin, yolun özelliklerine göre bitkilerin nerelere ve hangi tekniklerle dikileceği belirlenir. Ayrıca dikimlerin sıra, alle ve perde tesisleri, münferit, küme, grup gibi düzenli, düzensiz ya da saf veya karışık dikim şekilleri, dikim aralık mesafeleri gibi bitkilendirme esasları ayrıntılı ve haritalar üzerinde gösterilecek şekilde saptanır. Özellikle rüzgâr, toz, gürültü, kar siperlikleri, heyelan, kaya ve taş yuvarlanmalarını önleme gibi fonksiyonlar ayrıntılı bir şekilde yöreye uygun olarak projelerde ele alınmalıdır.

Ağaçlandırma Teknikleri

Karayolu ağaçlandırmalarında yukarıda belirtilen hususlar da dikkate alınarak bitki materyalinin seçimi, kullanım yerlerinin doğru tespiti ve bakım ve koruma çalışmalarının zamanında ve tekniğine uygun olarak yapılması ağaçlandırma tekniğini esasını oluşturur. Bununla birlikte ağaçlandırma yapılacak karayolu parçalarının kendine özgü bazı özelliklerinin de iyi analiz edilmesi gerekir. Türkiye karayolu ağaçlandırmalarının genel özellikleri ve temel sorunlar kullanım yerlerine göre ayrı ayrı ele alınacaktır.

Kavşaklar ve Orta Refüjlerin Bitkilendirilmesi

Kavşaklar, karayollarının birbirleriyle bağlantı yaptıkları ve birbirine geçişi sağlayan önemli yapı elemanlarıdır. Orta refüjler ise, ters istikamette hareket eden araçların şeritlerini ayırmak, karşılıklı trafik arasında fiziksel bir perde görevi yapmak, göz kamaştıran farların etkisini azaltmak ve sürücüler için monotonluğu kırmak gibi temel görevleri bulun-

maktadır. Bu nedenle, trafikte gerek dönüşlerde sürücü görüşünü engellememesi, gerekse uzun açık görüş mesafesine sahip olan karayollarında, kavşaklar ve orta refüjler son derece önemli görevler üstlenmektedir. Bu alanlarda yapılacak bitkilendirmelerde, kavşak giriş çıkışlarında sürücülere yol göstermeleri ve mesaj vermeleri sağlanmalıdır.

Özellikle ağaç, ağaççık, çalı gibi bitkisel materyalin doğru seçimi yanında doğru yerde kullanılması gerekir. Türkiye karayolları boyunca yapılan ağaçlandırma çalışmalarında karşılaşılan hataların başında, kavşaklar ve orta refüjlerin fonksiyonlarını karşılamaya katkı sağlayacak bitkisel materyalin özellikleri ile dikim yerlerinin ekolojik (toprak, iklim ve fizyografik) özellikleri dikkate alınmadan yapılması gelmektedir. Dolayısıyla kavşaklar ve orta refüj ağaçlandırmalarında; kullanılacak bitkisel materyal, kendilerinden beklenen fonksiyonları karşılayacak özelliklerde olmalıdır. Bitkiler devamlılık gösteren bir perde ya da bariyer oluşturacak, çiçeklenme zamanı, rengi, yaprak dokusu gibi özellikleri ile çevredeki bitkilerle kontrast özelliklere sahip olmalıdır.

Kavşaklarda gerçekleştirilen bitkilendirmelerin uzaktan kolayca algılanabilecek şekilde uygulanması, sürücülerde sinyal etkisi meydana getirecek ve bu sayede sürücülerini yavaşlatarak ya da durdurarak kavşak trafiğini daha güvenli bir hale getirecektir.

Ana yollar ve tali yolların bağlantı yerlerindeki rampalar boyunca çalı türleri tercih edilerek ana ve tali yol arasındaki görüş kapatılmamalıdır. Benzer şekilde yerleşim yerleri çevresindeki ana yolların ve kavşakların görüş etkisi de engellenmemelidir.

Orta refüjlerde, genel olarak ağaç yerine ağaççık ve çalı formundaki türlerin tercih edilmesi daha doğrudur. Bu nedenle orta refüj genişliğine bağlı olarak 2-3 m'den fazla boylanmayan yoğun dallanma ve yapraklanma yapabilen özellikle her dem yeşil taksonlardan oluşan bitkiler seçilmelidir. Benzer şekilde yer örtücü ve hızlı büyüme özelliğine sahip, vurgu etkisi yapabilecek türlere yer verilmelidir. Bu türler münferit olabileceği gibi daha çok gruplar halinde ve doğru aralık mesafelerde olmalıdır.

Orta refüj genişliği 3-4 m'den az olan yerlere kesinlikle ağaç dikilmemesi, çalı türleri kullanılmalı, genişliği 1,5 m'nin altında olan orta refüjlere ise çalı dahi dikilmemelidir. Bu konu Türkiye'de gerek şehir içi gerekse şehirlerarası karayolu ağaçlandırmalarında karşılaşılan problemlerin başında gelmektedir. Özellikle karayolu ağaçlandırmalarında orta refüj için gerekli alansal genişliğin (ortalama 7 m) olmadığı, dar olan alanlarda da kullanılan bitkisel materyalin potansiyel maksimum boy, tepe tacı ve kök yayılım alanları dikkate alınmadan kullanıldığı görülmektedir. Bu durum orta refüjlerde olduğu gibi bazı kavşaklarda da sıkça karşımıza çıkmaktadır. Basit bir örnek vermek gerekirse Erzurum-Aşkale arasındaki bölün-

müş (üç gidiş, üç geliş) karayolu orta refüj ağaçlandırmaları incelendiğinde; bir ibreli (mavi ladin, Avrupa ladini) bir yapraklı (akçaağaç, armut, dişbudak vb.) olacak şekilde sıralar halinde dikilen fidanların aralarına bodur ardıç (*Juniperus sabina*) ve ispirya (*Spiraea* sp.) dikilmiştir. Orta refüj genişliğinin 2-3 m arasında değiştiği alanda yapılan dikimler sonrasındaki ilk iki yıl içerisinde fidanların %70-80'inin kuruduğu anlaşılmıştır. Kurumanın ötesinde dikilen ibreli ve yapraklı ağaç türlerinin 40-50 yıl sonraki boy ve tepe çapı gelişimi yanında kök yayılışı hiç hesaba katılmadan dikimler gerçekleştirilmiştir. Benzer durum Doğu Karadeniz'deki Samsun-Sarp karayolunda da çok daha dar orta refüj bitkilendirmelerinde görülmektedir. Türkiye genelinde ise orta refüj genişliğine uygun bitkisel materyal seçiminde benzer hatalara sık rastlanıldığı, başlangıçta çok başarılı gibi görünen ağaçlandırmaların gelecekte büyük sorunlara neden olacağı açıktır. Orta refüj genişliklerinin başlangıçta fazla tutulması bitkilendirme başarısını artıracak gibi ileride yola ilave şerit yapımında da daha ekonomik hareket etmeye imkan sağlar.

Orta refüj ağaçlandırmalarında dikkat edilmesi gerektiği halde ihmal edilen konulardan birisi de dikim yerlerinin doğru belirlenememesidir. Dikim yerlerinin belirlenmesinde, topoğrafik yapının da etkisiyle orta refüjlerin konumu önemlidir. Refüjlerin bir kısmının yol kaplamasına nazaran daha yüksek veya düşük kotta bulunması bitki tür seçiminde ve dikim yerlerinin belirlenmesinde etkilidir. Benzer durum yol güzergahının geçtiği yerin yetiştirme ortamı özelliklerinde iklim kriterleri (iklim değişimindeki olası senaryolar da dahil) dikkate alınması önemlidir. Örneğin orta refüjlerdeki dikim alanlarının kurak bölgelerdeki çukurlu (su tutulumu), yağışlı bölgelerde ise tümsek (fazla suyu saptırıcı) şeklinde hazırlanması bitkisel materyalin yaşam kalitesini artırması bakımından önemlidir.

Orta refüj bitkilendirmelerinde mümkün olduğunca boylu ağaç kullanılmamalıdır. Bunun ana nedeni ise belirli bir hızla sürüş yapılan yollarda ağaçların yol üzerine dökülen yaprakları, kuruyan, kırılan ve yola savrulan dalları kazalara neden olabilmektedir. Ayrıca gölgeleme sonucu yağmur ve karın hızlı kuruması ve donması ya da yumuşayıp çözülmesi ile kayganlaşan zeminler de çeşitli kazalara sebep olabilmektedir.

Şevlerin Bitkilendirilmesi

Karayolları geçtikleri arazinin topoğrafik özelliklerine bağlı olarak, ortaya bir takım kazı ve dolgu şevleri çıkabilmektedir. Bu şevlerinin eğimleri toprak yapısı ve ana kaya tiplerine bağlı olarak farklı olabilmektedir. Bu durum drenaj sorunu, erozyon kontrolü ve bitkilendirme tekniklerinde daha hassas davranmayı gerektirir. Zira doğal yapının bozulduğu, bitki örtüsünün ve üst toprak tabakalarının uzaklaştırıldığı alanların trafik güvenliğinin sağlanması ve ekosistem dengesinin yeniden kazandırılması

çok kolay değildir. Dolayısıyla gerek kazı gerekse dolgu şevlerinin ağaçlandırılmasında eğimlerin mümkün olduğunda düşük (1:3, 1:4) tutulması, doğal yapıyla uyumlu bağlantılara yer verilmesi, bitkilendirme sonrası bakım çalışmalarını da kolaylaştırır. Bilindiği gibi şev eğiminin belirlenmesinde; zeminin kendini tutma özelliği ile dolgu veya yarmanın yüksekliği etkilidir. Kendisini tutan zeminlerde şev eğiminin biraz daha yüksek olabileceği, yüksek dolgularda ise eğiminin düşük tutulması daha geniş bir arazi şeridini gerektirse de hem trafik güvenliği hem de bitkilendirme yönünden tercih edilir. Dolgu şeyleri için 3/2, 3/1 ve 4/1, yarma şeyleri için 1/2, 1/1, 2/1 ve 3/2 değerleri kullanılabilir.

Şevlerin ağaçlandırılmasında; şevin tipi (kazı, yarma, dolgu vb.), toprak ve ana kaya özellikleri, şevin eğimi ve kullanılacak bitkisel materyal önemlidir. Özellikle bitkisel materyalin seçiminde çok büyük hatalar yapılmaktadır. Türün biyolojik özellikleri ve nihai formu hemen hiç dikkate alınmadan materyal seçimi yapılabilmektedir. Özellikle kazı şevlerinde çok büyük hataların yapıldığı gözlenmektedir. Bilindiği gibi kazı şevlerinde toprak ya çok sığ ya da ana kayadan oluşmakta ve organik madde bakımından oldukça fakir olup bu alanlara sedir, çam, göknar gibi ileride boylanma yeteneği yüksek ibreli türler dikilmektedir. Oysa eğimin çok yüksek olduğu alanlarda kalıp halinde hazırlanmış ve yer örtücü materyallerin tekniğine uygun olarak dikilmesi, sonrasında bitki besin elementleri ile desteklenmesi ve bakımları sürekli yapılması gerekir.

Eğimin fazla olduğu yerlerde ise özel tekniklerin kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Eğimli kenar, içerisine toprak doldurulmuş gözenekli polietilen torbalar üst üste konularak, içeriye doğru kısmen eğim verilmelidir. Eğimin normalleştiği üst yüzeyde, yer örtücü bitkilerin ekim ya da dikimi kolaylıkla yapılabilmektedir. Çuvalların aralıklarında köklenebilen bitkilerin dalları sandaviçleme sistemiyle sıkıştırılarak bitkilerin gelişmesi ve ortamı stabil bir duruma getirmeleri sağlanır. Bu koşullarda hem eğimli yüzey hem de üst yüzey yeşilleceğinden eğimli alanlar doğaya yeniden kazandırılacaktır (Güçlü, 1993).

Tür seçimindeki hataların yanında dikim yerlerinin seçiminde de yanlışlıklar yapılmaktadır. Bunun neticesinde ilerleyen yıllarda genellikle kar kırması, rüzgâr devriği, trafiğin engellenmesi, tepe tacının giderek genişlemesi ile yolun gölgelenmesi, yaprak ve ibrelerle sürüş güvenliğinin tehlikeye atılması, çok geniş alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Oysa kazı şevlerinde toprak isteği bakımından kanaatkâr ve yöresellik kanununa uygun çalı türleri ve özellikle sürünücü yer örtücü türlerin kullanılabileceği potansiyel şevler bulunmaktadır. Nitekim Türkiye karayolu şevlerinde (İstanbul-Ankara karayolunun bazı yerlerinde) çok güzel şev bitkilendirme örnekleri bulunmaktadır.

Genel olarak şevlerin bitkilendirilmesinde kullanılan ana dikim yönteminin çukur dikimi olduğu, bunun içinde açılacak dikim çukurlarının olabildiğince geniş açılması ve organik gübre + bitkisel toprak + şev toprağı karışımından oluşan harç ile doldurulması ve destek çubukları ile desteklenmesi dikim başarısını artırır.

Karayolu ağaçlandırmalarında gerek kazı gerekse dolgu alanlarında inşa edilen duvarların bitkilendirilmesinde de farklı bir bakış açısı gerekir. Duvarın konumu, yüksekliği, yola olan uzaklığı bitki türlerinin seçiminde olduğu kadar dikim yerinde de etkilidir. Bitkilendirmelerin doğal çevreyle uyumlu olması yanında trafik konforu ve güvenliğini sağlamayı amaçlamalıdır. Duvar önlerine yoğun ve boylu fidan dikmek yerine duvarın görsel etkisini yumuşatmak amaçlı bitkilendirmeler yapılmalıdır. Dar alanlardaki duvarlarda sarılıcı-tırmanıcı türlere yer verilmelidir.

Yol Kenarı Ağaçlandırmaları

Yol kenarı ağaçlandırmaları, yol ile kırsal çevre arasındaki ilişkileri etkileyen en önemli planlama girişimidir. Dolayısıyla yol kenarı boyunca yapılacak ağaçlandırmalarda; bir yandan yolun geçtiği güzergâhın estetik değeri, diğer taraftan da güzergahın ekolojik değerlerini, trafik emniyetini ve ekonomik faktörleri dikkate alan önemli bir çalışmadır.

Karayolu ağaçlandırmalarında kavşak, orta refüj ile kazı ve dolgu şevlerinde yapılan ağaçlandırmalara göre daha kolay tesis edilirler. Bununla beraber fonksiyonel özellikleri dikkate alınarak çok iyi tasarlanmalı ve belirlenen amaçlara göre tesis edilmeleri istenir. Örneğin yolun geçtiği güzergâhın konumuna göre **fırtına ve kar perdesi** amaçlı dikimler yapılabileceği gibi kırsal yerleşim alanlarında **gürültü kirliliğini önlemeye** yönelik dikimler farklı materyali ve dikim tekniklerini gerektirir.

Gürültü kirliliğinin önlemek amaçlı tesis edilecek perdelerin olabildiğince gürültü kaynağına yakın, koruma alanına uzak olması istenir. Perdeler gürültünün geliş yönüne dik olacak şekilde birkaç bitki sırasından (çalı, ağaççık ve ağaç) oluşturulmalıdır. Sık ve 30 m genişliğinde tesis edilmiş gürültü perdesi gürültüyü 5- 15 dB düzeyinde azaltabilmektedir. Gürültü şiddetinde 10 dB azalma, gürültü kirliliğinin %50 düzeyinde, 15 dB lik bir azalma ise %65 düzeyinde önlenmesine karşılık gelmektedir (Dirik 2008). Seçilecek bitkisel materyal, olabildiğince boylu, yoğun yapraklanma ve sık dallanma özelliklerine sahip ağaç türleri ile onlarla iyi kombinasyonlar oluşturan ağaççık ve çalı türleri olmalıdır. Kavşaklar ve eğimin yüksek olduğu yerlerde gürültü daha fazla hissedileceğinden, trafik şeridinden yaklaşık 5-15 m mesafede ve yol boyunca 6-15 m genişliğinde çalılar, ağaççıklar ve ağaçlardan oluşan perdeler olabildiğince sık dikilmelidir. Genel olarak ibreli taksonlar, geniş yapraklılara göre daha

etkili olduğundan tercih edilmelidir. Ayrıca toza ve egzoz gazlarına dayanıklı bitkilerin seçimine dikkat edilmelidir.

Yoğun kar yağışı ve fırtına etkisinin görüldüğü karayolu güzergâhlarında, yolların kar birikimiyle kapanması, rüzgâr ve fırtınanın zararlı etkilerinin azaltılması ya da giderilmesi için hâkim rüzgâr yönüne dik bitkisel materyallerin dikilmesi ile yolun daha güvenli hale getirilmesi sağlanabilir. Bitkilendirmelerin yoldan yaklaşık 20-25 m uzaklıkta tesis edilmesi, çalı, ağaççık ve ağaç şeklindeki farklı boyutlardaki materyali belirli tasarım ilkelerine göre dikilmesi gerekir. Ağaç türlerinin ibrelili ve kazık köklü türlerden olması, dikim aralık mesafelerinin daha sık yapılması (geçirgenlik oranı %40-60) kar ve fırtına zararlarını önleme bakımından önemlidir. Rüzgâr perdelerinin tesisi 3-5 sıralı olacak şekilde 4-5 farklı bitki türünden ibrelili+yapraklı karışımı olacak şekilde yapılır. Ürgenç (1998), kar siperleri için kullanılacak bitkilerin bölge koşullarına uygun doğal çevre ile uyum sağlayacak türlerden seçilmesi ve ağaçlar arasında 1.5-5 m, orta boylu ağaç ve ağaççıklar arasında 0.5-1 m, çalılar arasında ise 0.4-0.5 m mesafe olacak şekilde tesis edilmesi gerektiğinin belirtmektedir.

Karayolu ağaçlandırmalarında doğru yere doğru bitki türünün dikilmesi ileriki yıllarda ana amaç olan görsel kalite ve trafik güvenliğini sağlama bakımından faydalı olabileceği gibi yanlış tür seçimi ve hatalı dikim yerleri, beklenen amacı sağlamayacağı gibi bakım ve koruma masraflarının da artırıcı etki yapacaktır. Türkiye karayolu ağaçlandırmalarında karşılaşılan en büyük sorun bu özelliklerden bir ya da bir kaçına dikkat edilememesidir.

Türkiye karayolu ağaçlandırmalarında karşılaşılan önemli sorunlardan biri de yolun gelecekte meydana gelebilecek trafik yoğunluğu dikate alınmadan ağaçlandırmanın gerçekleştirilmesidir. Yol genişletme ya da ilave şerit eklenmesi durumunda dikilen bitkisel materyalin başka bir alana taşınmasına gerek olmadan sökülüp atılmakta ya da üzeri örtülmektedir. Nitekim Maçka-Zigana karayolu boyunca yapılan ağaçlandırma çalışmalarının tamamı (Turna et al., 2006) bugün itibarıyla yol genişletme ve asfaltlama çalışmaları nedeniyle ortadan kaldırılmıştır. Burada fidan maliyetinden, tesis masraflarına ve bakım çalışmalarına kadar yapılan bütün harcamaların plansızlık nedeniyle yok edildiği görülmektedir.

Karayolu yol kenarı ağaçlandırmalarında karşılaşılan önemli bir diğer sorun, materyalin kaynağı (orijini) ve kalite kriterlerine uygun olmamasıdır. Nitekim tarafımızdan Erzurum-Aşkale karayolunda yapılan incelemelerde karayollarında kullanılan fidanların büyük bir kısmının yurtdışından ithal edilmiş ve standart dışı fidanlar olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama 5-6 m boylarında, göğüs yüksekliği çapı 4-8 cm olan, 70 cm'lik

rootball, sepetli ya da saksılı fidanlar kullanılmıştır. Gerek orta refüjlerde gerekse yol kenarlarında dikilen fidanların %70-80 oranında kurudukları tespit edilmiştir. Aynı alana dikilen yerli üretim karaağaçlarda ölüm oranı ise %10-15'i geçmektedir. Aynı alanda yol kenarında yapılan dikimlerde yol kenarına ibrelili ağaç türleri kırsal tarafta ise yapraklı ağaç, ağaççık ve çalı türlerinin dikilmiş olduğu belirlenmiştir. Oysa dikim şekli, orta bölümde boylu, kenarlara doğru ise ağaççık ve çalı türleri gelecek şekilde uygulanmalı ve karışımın türlerin biyolojilerine göre belirlenmelidir.

Türkiye karayolu ağaçlandırmalarında hatalı uygulamalar yanında doğru bitkilendirme çalışmalarının yapıldığı bilinmektedir. Nitekim eğimin oldukça düşük olduğu ve toprak bakımından yeterli olan kazı ve dolgu şevlerinde tekniğine uygun bitkilendirmelerin yapıldığı yol kenarı ağaçlandırmaları da bulunmaktadır. Örnek vermek gerekirse OGM tarafından (OGM, 2021) karayolu yol kenarı ağaçlandırmaları eylem planı kapsamında, Tekirdağ Orman İşletme Müdürlüğü tarafından yapılan Çerkezköy-Lüleburgaz arasındaki 100 km.'lik çift şeritli karayolu ağaçlandırmalarında ekskavatörle yapılan toprak işleminin ardından 100 metrede bir değişiklik yapılarak toplam 145 000 adet fidan dikimi gerçekleştirilmiştir. Yöreye uygun karaçam, fıstıkçamı sedir, servi gibi ibrelili türlerin yanında çınar, ıhlamur, akçaağaç, dişbudak, iğde, mahlep ve katalpa gibi yapraklı türlerin münferit karışımdan ziyade grup ya da küme karışımlarıyla görsel bakımdan renk kontrastlığı oluşturulmaya çalışılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Karayolu şev bitkilendirmelerinin doğru türlerle yanlış yerde kullanımı

Şekilde görüldüğü gibi dikilen fidanlar rüzgâr ve kar gibi olumsuz faktörlere karşı fidan destek kazıkları ile koruma altına alınmıştır. Tür seçiminde yöreye uygun doğal türlere öncelik verilmiş olmasına rağmen türlerin dikim yerlerinin seçiminde daha dikkatli olmak gerekir. Zira yol ağaçlandırmalarında trafik akışının olduğu taraflarda ağaç türlerin yerine çalı, ağaççık ve devamında ağaç türlerinin tercih edilmesiyle, hem süs bitkisi özelliği taşıması hem de ufuk çizgisi genişliği oluşturması, görsel bakımdan daha güzel bir etki meydana getirecektir. Nitekim çok doğru dikim yeri ve tür seçimine ait örneklerde karayollarında görülebilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Karayolu ağaçlandırmalarında doğru türlerin doğru yerde kullanımı

Benzer şekilde “Yol Kenarı Ağaçlandırma Eylem Planı” çerçevesinde 2020 yılı içerisinde Kayseri-Erciyes-Develi güzergâhındaki yol kenarlarında sarıçam, , mavi ladin, sedir, mavi servi gibi ibrelî türlerle birlikte huş, titrek kavak, akçaağaç, muşmula, y. akasya ve ateş dikenî türlerinden oluşan 163 bin adet fidan dikilmiştir. Yozgat-Sekili-Kırıkkale ve Yozgat-Çekerek ilçesi çevre yolunda sedir, mavi ladin, y. akasya, akçaağaç, mahlep, süs eriği gibi türlerden oluşan yaklaşık 75 bin fidan dikiminin gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Yine 2016 yılı verilerine göre Manisa’da 86 km’lik karayolu ağaçlandırmasının yapıldığı bilinmektedir (OGM, 2022). Yapılan ağaçlandırma çalışmalarında, karayollarını daha yeşil ve estetik bir görüntüye kavuşturmak, biyolojik çeşitliliğin arttırılması ve erozyonun önlenmesi amaçlanmaktadır.

Karayolu kenarlarına yapılacak dikimlerde yol kenarından itibaren ağaç, ağaççık ve çalı türleri şeklindeki dikim sıraları, bu ağaçların rüzgâr ve fırtınalı havalarda kuruyan, kırılan dallarının, hatta devrilen gövde-lerin yola ve trafik akışına zarar vermesi söz konusudur. Yine yol kenarındaki ağaçların yoldan çıkan araçların bunlara çarpması sonucunda da maddi ve manevi hasarlara neden olduğu unutulmamalıdır.

Karayollarında yol güvenliğini sağlamak için kullanılan çelik bariyerler, özellikle bölünmüş yollarda doğal görünümü bozmakta, monotonluğa sebep olmakta ve olası kazalarda can ve mal kayıplarının artmasına

neden olabilmektedir. Bu çeşit bariyerlerin yetiştirme ortamı koşullarına uygun çalı ya da ağaççık türleri ile kapatılması ve perdeleme çalışmalarının yapılması gerekir. Böylece hem kaza anında bitkilerin esnek oluşundan dolayı kazanın şiddeti azalacak hem de bariyerin soğuk görünümü gizlenerek görsel kalite artırılabilecektir.

SONUŞ ve ÖNERİLER

Karayolu ağaçlandırmaları sıradan ağaçlandırmalar olmayıp özel nitelikli ağaçlandırmalar olduğu unutulmamalıdır. Bu kapsamında ekosistemde önemli değişikliklere neden olan karayolu ulaşım ağının trafik güvenliği yanında çevresel faktörler dikkate alınarak ağaçlandırılması gerekir. Yapılacak ağaçlandırmalarda başta ekolojik koşullar olmak üzere doğayla uyumlu çok amaçlı bitkisel materyalin seçilmesi ve tekniğine uygun bir şekilde araziye aplikasyonu yapılmalıdır. Böylece karayolu boyunca gerek işlevsel gerekse görsel bakımından sürdürülebilirlik sağlanır.

Karayolu ağaçlandırmalarında tür seçiminde yapılan yanlışlar, karayolu güvenliğini tehlikeye atması yanında ağaçlandırmaların fonksiyonel olmasını kısıtladığı gibi koruma ve bakım müdahalelerini de zorlaştırmaktadır. Örneğin karayolu trafik akış güzergâhına yakın (1-3 m) mesafelerde dikilen y. akasya, kokar ağaç gibi yapraklı türlerin kök yayılımı ve sürgün verme özelliği nedeniyle sürekli bakım gerektirmeleri çok karşılaşılan bir durumdur. Özellikle orta refüjlerde ve yol kenarlarına dikilen kavak, okaliptüs, çınar gibi hızlı gelişen ancak rüzgâr ve fırtınadan çok kolay etkilenen türler de sürüş güvenliğini tehlikeye atmaları bakımından dikkate değerdir.

Bazı yol ve caddelerde, ibreli ağaç hatta ibreli çalılarla yapılan uygulamalarla karşılaşılmaktadır. Karayollarında genellikle yeterli genişlikte olmayan orta refüj ve kavşaklarda gördüğümüz sedir, ladin gibi ibreli türler ile çınar, akçaağaç, dişbudak gibi tepesini yayma eğilimindeki türler büyüme hızına bağlı olarak araç ve yaya trafiğinde çok büyük sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu tür yanlış tür seçimi ile yapılan uygulamalar emek, zaman ve parasal kayıplara neden olmaktadır.

Mevcut uygulamalara bakıldığında genel olarak başta tür seçimi (yabancı orijinli - yetiştirme ortamı koşullarına uygun olmayan) olmak üzere dikim tekniklerinde (aralık x mesafe), bakım ve koruma çalışmalarında bir takım eksikliklerin ve hataların olduğu görülmektedir. Karayolu bitkilendirmelerde seçilecek taksonların, kazık köklü, toprak isteği bakımından kanaatkâr ve toprak yüzeyini kaplayabilme özelliğinde olması önemlidir.

Dikimlerde kullanılacak fidanların, fidan standartlarına uygun olmaması ve dikim öncesi görecek işlemlere (fidan nakli, gömü vb.) yeterince

dikkat edilmemesi uygulamadaki diğer hatalardandır. Özellikle hassas ekosistemin olduğu karayollarında fidanların kaliteli olması önemlidir.

Bitkilendirmelerde karışıma gidilmesi yanında tek tek farklı taksonların yan yana değil çok sayıda bitki grupları halinde dikilmesi gerek görsellik bakımından gerekse olası olumsuzluklar karşısında boşlukların oluşmaması için tercih edilmelidir. Dikim yerlerinin doğru seçimi önemli olup, yol kenarından en az 1 m, havai hat direklerinden 4 m, kanalizasyon hattı ve telefon kabloların 2 m. mesafede olması gerekir. Orta refüj genişliği 3 m'den az olan yerlere ağaç dikilmemesi, çalı türlerinin kullanılması, genişliği 1,5 m'nin altında olan yerlere ise çalı dahi dikilmemesi, çimlendirme ile yetinilmesi gerekir.

Hassas alanlarda bitki dikiminden sonra toprağın nem kaybını önlemek için malç uygulaması, toprağın sıkışmasını önlemek için de taş-çakıl blokajının yapılması planlanmalıdır.

Uygulamalarda dikilecek fidanlar, ağaçlandırma standartlarına uygun, kullanım yerine göre, asgari üç kez repikaj görmüş, en az 2,5 m dalsız gövdeye sahip, gövde çapının asgari 5 cm tepe ve kök dengesinin belirtilen oranlarda olması planlanmalıdır.

Karayolu ağaçlandırmalarında sürücülerin trafik işaretlerinden önce bitkiler tarafından uyarılması, yönlendirilmesi ve sürüş konforunu yakalaması için yol ağaçlandırmalarının iyi planlanması, uygulanması ve bakımının yapılması gerekir.

Genel olarak ele alındığında karayolu güzergâhları boyunca yapılacak bitkilendirmelerle monotonluğun kırılması, sinyal etkisinin (yönlendirme) oluşturulması, yeni iskân alanları ile bağlantıların tesisi, kar ve rüzgâr perdelerinin fonksiyonel olması, çirkin görüntülerin perdelenmesi, karşı yönden gelecek far ışıklarına karşı perdeleme görevinin gerçekleştirilmesi, yerleşim alanları, bağ, bahçe sınırlarının ayrımı ile park ve dinlenme yerlerinin düzenlenmesi gibi konulara dikkat edilmelidir.

İklim değişikliği başta olmak üzere ekolojik dengenin bozulmasına yönelik faaliyetlerin arttığı bir dönemde, daha çok yeşil alanların tesis edileceği karayolları ve yakın çevresine doğal bir görünüm kazandırmak için gerekli önlemlerin alınması şarttır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 3194 Sayılı İmar Kanunu ve İlgili Yönetmelikler, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, Ankara, 2000.
- A. Bayraktar, “Karayolları Ekolojik Baskılarının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdenlenmesi Ve İzmir-Ankara Karayolunda Bir Örnekleme Üzerinde Araştırmalar,” Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi ,Yayın No:423,İzmir, 1980.
- B.B. Can, “Demiryolundan Petrole Chester Projesi (1908-1923),” Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul, 2000.
- B. Çetin, S. Barış, S. Saroğlu, “Türkiye’de Karayollarının Gelişimine Tarihsel Bir Bakış,” Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt: 1, Sayı: 1, ss. 123-150, 2011.
- B.Ö. Seçkin, “Karayolu ve Peyzajı,” *İÜ. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 36, Sayı:4. İstanbul, 1986.
- C. Dağıstanlı, S. Önder, “İsparta-Eğirdir Karayolunun Peyzaj Planlama İlkeleri Açısından İncelenmesi,” *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2009, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 154-166, 2009.
- E.F. Gilman, L. Sadowski, “Choosing Suitable Trees for Urban and Suburban Sites: Site Evaluation and Species Selection,” The Urban Forest Hurricane Recovery Program, ENH 1057, 1–9, 2007.
- E. As, “Cumhuriyet Döneminde Ulaşım Politikaları (1923-1960)”, Dokuz Eylül Üniversitesi AİİT Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir, 2006.
- F. Yazıcı, “İstanbul İli Avrupa Yakasındaki Kent Ağaçlarında Budama Çalışmalarının Değerlendirilmesi,” KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2012.
- G. Özcan, “Gökova Aşıklar Yolu’nun Hüzünlü Hikayesi,” 2021. <https://www.rehbername.com/rehberce> (Accessed Date: 20.07.2022).
- H. Dirik, “Plantasyon (Bitkilendirme ve Dikim) Teknikleri,” İ. Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 490. ISBN 978- 975-404-800-1. İstanbul, 2008.
- I. Säumel, F. Weber, I. Kowarik, “Toward Livable and Healthy Urban Streets: Road Side Vegetation Provides Ecosystem Services Where People Live and Move,” *Environmental Science & Policy*, 62, 24-33, 2016.
- İ. Aslanboğa, “Kentlerde Yol Ağaçlandırması,” TÜBİTAK Yapı Araştırması Enstitüsü. Yayın No: 354s. 1986.
- İ. Aslanboğa, “Odunsu Bitkilerle Bitkilendirmenin İşleve Uygun Tasarımının ve Bakımının Planlanması İlkeleri,” Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını, İzmir, 2002.
- İ. Turna, “Kent Ormancılığı (Kentsel Yeşil Alanlar),” KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 245, Fakülte Yayın No: 43. Trabzon, 2017.

- İ. Turna, D. Güney, 2021. “Kent İçi Yol Ağaçlandırmaları,” Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler II,” Gece Kitaplığı, Ankara, ss.363-390, 2021.
- İ. Turna, D. Güney, E. Eroğlu, “Maçka-Zigana Karayolu Güzergahı Ağaçlandırma Çalışmalarının Başarısı Üzerine Bir Araştırma,” *Düzce Orman Fakültesi Dergisi*. Cilt:2. 32-42. Düzce, 2006.
- K. Güçlü, “Karayollarında Yeşil Dokunun Artırılması,” Atatürk Üniv. Ziraat Fak .Der. 24 (IX 218- 222, 1993.
- M.S. Sağtekin, “İstanbul İli Anadolu Yakası 2. Karayolu (D-100) Güzergâhındaki Yeşil Alanların Bitkilendirme Esasları ve Öneriler,” İstanbul Sabahattin Zaim Üniv. FBE. Yüksek Lisans Tezi. 110s. İstanbul, 2020.
- OGM 2021, “Karayolları Yeşilleniyor,” (Accessed Date: 20.01.2021).
- OGM 2022, “Karayolları Fidanlarla Yeşilleniyor,” <https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/> (Accessed Date 20.07.2022)
- S. Ürgenç, “Genel Plantasyon ve Ağaçlandırma Tekniği (Arborikültür),” İ.Ü. Orman Fak. Yayını No:3644/407, İstanbul, 1990.
- S. Ürgenç, “Genel Plantasyon ve Ağaçlandırma Tekniği,” İÜ. Orman Fak. Yayın No: 444 s 290-347, İstanbul, 1998.

“

Bölüm 2

**TOHUMLARDA DORMANSİ KIRMA
UYGULAMALARI VE BAZI ENDEMİK
BİTKİ TOHUMLARINDA YAPILAN
UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

Gül YÜCEL¹

”

¹ Gül Yücel, Dr. Öğretim Üyesi, Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, Yalova Meslek Yüksek Okulu, Yalova Üniversitesi ORCID: 0000-0003-1235-4482

GİRİŞ

Çimlenme, bitki yaşam döngüsündeki en hassas aşamalardan biridir. Özellikle zorlu habitatlarda, nüfusun yenilenmesindeki başarıda çimlenmenin ve çimlenme oranlarının kritik bir önemi vardır Baskin ve Baskin, (2014). Bitkilerin yaşamlarında bu denli büyük bir öneme sahip olan çimlenmeyle birlikte, tohumların dağılması sonlanır. Tohumlardaki dağılımın sonlanması bitki gelişiminin yeri ve zamanlaması üzerinde etkili olur. Çimlenmeyi tohum dökülmesinden sonra başlayan ve biten bir süreç olarak düşünmek cazip gelse de gerçekte tohum çimlenme davranışının en önemli yönlerinin çoğu, tohum olgunlaşması sırasında belirlenir ve tohum dağılımının kontrolü ile de yakından bağlantılıdır (Penfield, 2017). Tohum, gelecek nesil bitkilerden sorumlu olan, germplazmı koruyan, tür çeşitliliğini ve üretim kapasitesini artıran ana bağımsız yapıya sahiptir (Sharififar ve ark., 2015; Rifna, 2019). Bitkisel üretim döngüsü içinde yalnızca tohumun kendisi değil, onun uygun biçimde ekilmesi ve en uygun şartlarda çimlendirilmesi bu döngünün en temel ve önemli bir basamağı olarak kabul edilmelidir (Yıldız ve ark., 2017). Tohum üretimi ve çimlenme kendi aralarında yakından bağlantılı oldukları gibi, bitki türlerinin hayatta kalması ve dağılmasıyla da yakından bağlantılıdır. Tohumun ana rolü, embriyoyu korumak ve bitki yaşam döngüsünün tamamlanması için uyumlu mevsimlerle, çimlenmeyi eşleştirmek için çevresel bilgileri algılamaktır. Çimlenme, tohum kabuğu tarafından suyun emilimden, kökçüğün çıkışına kadar olan tüm olayları kapsar (Carrera-Castaño ve ark., 2020).

Tarihin ilk dönemlerinden bu yana insanoğlu gereksinim duyduğu bitkisel kaynakları doğal bitki örtüsünden sağlama yoluna gitmiştir. Hatta zaman içinde doğadan tohum toplayarak bitki elde etme insanoğlu için bir gelir kapısı niteliği kazanmıştır. Ancak Uluslararası Dünya Doğa Koruma Birliği (IUCN), günümüz dünyasında yeryüzünün farklı bölgelerinde bazı türlerin nesillerinin devamlılığının tehlike altına girdiğini, hatta bazılarının tükendiğini bildirmektedir (Nohutçu ve ark., 2019). Özellikle bazı bitki türlerinde aralıksız devam eden ve bilgisizce yapılan toplanmalarla önemli ölçüde kayıplar meydana gelmektedir. Konuya ait hiçbir bilgi sahibi olmadan doğadan bitki toplamayı tamamen engellemek mümkün olmasa bile, minimum düzeyde tutabilmek için toplumsal bilgilendirme yoluna gidilmeli ve özellikle gelecek kuşakları tehlike altında bulunan türlerin kültürlerinin yapılarak üretilmeleri sağlanmalıdır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Bu türlerde kültürel yollarla yapılacak çoğaltım yöntemlerinin uygulanması için gereken önlemlerin alınması ve yaptırımların uygulanması ise tüm dünyada kabul görmüş bir çözüm yolu olarak karşımıza çıkmaktadır (Okay ve Günöz, 2009). Özellikle geçtiğimiz on yıl içinde tüm dünyayı saran ve evrensel hale dönüşen genetik çeşitlilikteki sürdürülebilirliğin sağlanamayacağı kaygısının minimize edilebilmesi için yaşamsal

devamlılığı tehlike altında bulunan ve dar yayılım gösteren bitki türlerinin tohumlarında çimlendirmeye yönelik araştırmaların yapılmasının gerekli olduğuna dikkat çekilmektedir (Cousins ve ark., 2014). “Endemik, nadir ve tehdit altında” olarak değerlendirilen türlerin üreme biyolojisinin değişik basamakları hakkında ayrıntılı bilgiler edinmenin, söz konusu kavramların anlaşılmasına yardımcı olacağı, bunun yanında türlerin koruma yönetimleriyle ilgili kararların alınmasında destekleyici unsur olabileceği belirtilmektedir.

Ne yazık ki bugün Türkiye’de biyolojik çeşitliliğin kaynağı olarak bilinen çok sayıdaki endemik türün de insan hareketliliği, yangınlar, kuraklık, iklim değişiklikleri, yukarıda söz edilen bilinçsiz doğa tahribatları gibi pek çok sebeple kaybolma olasılığı bulunmaktadır (Hilooğlu, 2016).

Çimlendirme çalışmaları bitki ekolojisi ve yönetimi ile ilgili değişik sorulara cevap verebilmek için yapılmaktadır. Bu tür çalışmalar, nesli tükenmekte olan veya tehdit altındaki türlerin korunmasında ve istilacı yabancı türlerin ve yabani otların yönetiminde karar vermeye yardımcı olmak için nesnel kriterler sağlayabilir. Örneğin, tohum çimlenmesi ve canlılığı ile ilgili çalışmalar ex situ koruma tesislerinde tohum koleksiyonlarının kalitesi hakkında çok ihtiyaç duyulan bilgileri sağlamaktadır. Bu tür çalışmalarda, nihai çimlenme, çimlenme zamanı, oranı, homojenliği ve senkronizasyonu analiz edilebilir (Sileshi, 2012).

2.TOHUMDA DORMANSİ

Dormansi, canlı bir tohumun çimlenme için koşullar uygun olsa bile çimlenmeyi başaramaması olarak açıklanabilen, tohum gelişiminin herhangi bir evresinde meydana gelebilen ve belirli bir süre çimlenmeyi durağan hale getiren bir kavram olarak ifade edilir (Boyraz ve ark., 2019; Odabaş ve ark., 2020). Buna karşın belirli bir zaman dilimi içerisinde ve çimlenmenin meydana gelmesi için uygun olan çevresel şartlarda veya bunların kombinasyonunda çimlenmesi gerçekleşmeyen tohumlar, dormant tohum olarak tanımlanır. Türlerin dormansi ve çimlenme modellerini tanımlamak için şunlar kullanılır: (1) ‘dormansi modeli’, yani dormansiyi azaltan ve uygunsuz tetikleyen çevresel olaylar; (2) ‘çimlenme tercihleri’, yani çimlenme için uygun olan (veya uyku halinin azaltılması sırasında oluşan) ortamlar; ve (3) ‘dormansinin gücü’. Ekolojik olarak anlamlı olması için, tohum dormansisi bir tohum partisinin sürekli bir özelliği olarak kabul edilmelidir (tek bir tohum için bir süreklilik mi yoksa bir açma-kapama özelliği mi olduğu kesin olarak bilinmese de) (Karlsson ve ark., 2008). Dormansinin biçimi, genel olarak birbiriyle ilişkisi olan türler arasında benzerlik gösterse de bu durum, kimi zaman da, aynı familya içerisinde yer alan, hatta aynı yaşam alanında bulunan türler arasında bile değişiklikler gösterebilir. Işık ve sıcaklık da çimlenme üzerinde etkili olan

çevresel faktörler arasındadır. Yaygın olarak kabul edilen görüş, iri olmayan tohumların çimlenme sırasında ışık gereksinimlerinin bulunduğu buna karşın, çimlenme için iri tohumların ışığa gereksinimlerinin olmadığı yönündedir. Özetle dormansi, zaman içinde yavaş yavaş ilerleyen bir süreçte oluşup, korunan ve her bir tür için farklı gerçekleşen bir olgudur. Bunun sonucunda dormansi ortadan kalktığında çimlenmeyi önleyen bütün engeller kaybolmakta dormansi tetiklendiğinde ise tekrar ortaya çıkmaktadırlar. Bu süregelen bir akış olup, dormansinin ortadan kalktığı belli bir anda çevre şartlarında oluşabilecek herhangi bir değişim daha derin bir dormansinin uyarılmasına neden olabilir. Sonuç olarak tohum dormansisinin çevresel koşullarla uyumlu olmayı gerektiren bir özelliği bulunmaktadır (Kırmızı, 2019).

Çevre faktörlerinin, canlıların yaşamlarını tehdit edecek biçimde ekstrem değerlere ulaşması halinde, türün yaşamda kalmayı sürdürebilmek için bazı adaptasyonları geliştirmesi büyük önem taşır. Örneğin her tür için farklılık gösteren sıcaklığın çok düşük veya çok yüksek olduğu değerlerde veya aşırı kurak koşullarda, yeni kuşakları meydana getirecek olan bireylere ait, yapıların canlı kalabilmeleri ve bunu devam ettirebilmeleri de bu uyum yeteneklerine bağlı olarak değişmektedir. Başka canlılarda farklı şekillerde meydana çıkan, ekstrem çevre şartlarında uzaklaşma, çok sayıda hayvan için göç etme, kış uykusuna yatma benzeri davranış biçimleriyle ortaya çıkarken, bitkiler için bu tepkisel davranış, canlılık faaliyetlerinin asgari seviyelere düştüğü “dormansi” olayıyla yerine getirilir. Dormansi, canlıların tüm yaşam biçimlerinde oluşabilen ve gelişimin durağan hale geldiği olağan bir olaydır. Bu olayda temel hedef ve metabolizmanın çalışma biçimleri birbirine benzer yapıdadır. Burada takson ya da birey canlılığını olumsuz koşullarda da sürdürebilmek için, metabolizmaya ait faaliyetleri asgari seviyeye indirir ve bu yolla gelişimini ve çimlenme sürecini kontrol altına alır. Bu bağlamda dormansi, bütün çevre faktörleri uygun olsa bile, dışsal kaynaklı herhangi bir etki olmaksızın tohumdaki uyku halinin sürmesi olarak tanımlanır, oysa dormansi farklı yöntemlerle kırıldığında, tohumlarda metabolik aktivite başlamakta, embrio gelişmekte ve kökçüğün tohum kabuğundan çıkışı mümkün hale gelmektedir. Öte yandan dormansi, çimlenme zamanını kontrol altına alarak ve genetik altyapılı bir durdurma mekanizması gibi çalışarak tohumların uygun olmayan dönemlerde çimlenmesini engeller. Böylece taksonun canlılığı korunmuş, yaşamda kalması ve sürdürülebilirliği sağlanmış olur.

Ayrıca tohum dormansisi, türe ait kolonizasyon ve kuruluş başarısı için de temel bir belirleyici gibi görev yapar. Dormansinin düzeyi ve türü, tohumların çimlenme zamanını da yöneterek popülasyonlardaki doğal seleksiyona, dolayısıyla da bitkinin hayatta kalma sürecine önemli derecede katkıda bulunur. Tohum dormansisi, çimlenme zamanlamasını

kontrol ederek bitkinin hayatta kalmasını güçlü bir şekilde etkileyebilir. Bu nedenle tohum dormansisinin türü, kolonizasyon, adaptasyon, türleşme ve yok olma gibi pek çok süreçte rol oynar (Willis ve ark., 2014; Boyraz ve ark., 2019). Dormansi sayesinde çimlenmenin ötelenmesi, tohuma yeni bir lokasyonda uygun dönemde çimlenme olanağı yaratarak, farklı sezon özelliklerini barındıran yeni bir populasyon oluşumuna neden olabilir. Dormansi, tohumların olgunlaşması sürecinde oluşan ve ekolojik unsurlar müsait olana değin çimlenme üzerinde denetimi olan bir olaydır (Finch-Savage ve Footitt, 2017). Bu nedenle dormansinin, tohumlu bitkilerin çoğalmasında önemli derecede yararlarının olabileceğini söylemek de mümkündür (Baroux ve Grossniklaus, 2019; Boyraz ve ark., 2019).

Dormansi sayesinde bitkiler extrem ekolojik şartlar (soğuk, sıcak, kuraklık vb. stresli çevre koşulları) karşısında daha dirençli olurlar. Dormansinin bu özelliği, temel tarım ürünlerinden buğday, pirinç ve mısır tohumlarının daha uzun depolanmasını ve tohumla çoğalan türlerin biyoçeşitliliğinin korunmasını da sağlamış olur. Dormansi süresi bitki türüne göre çok farklı zamanlar alabilir. Bu süre birkaç günden, birkaç haftaya veya yıla kadar değişebilir. Bu özellik de değişik bilimsel çalışmalar için zaman kaybettirici olabilir (Temel ve Tokur, 2005).

3.DORMANSİNİN FARKLI BİÇİMLERİ

Tiwari ve ark., 2016'ya göre süs bitkileri üretiminde genetik özelliklerin aktarılmasında kullanılan ilk girdi tohumdur. Tohumlarda görülen dormansi ise dış veya iç etkenlerin neden olduğu, en uygun koşullarda bile tohumun çimlenmesini engelleyen fizyolojik bir olaydır. Süs bitkilerinde tohum dormansisi hem tohum üretimini hem de çimlenmeyi etkiler. Ayrıca bir tohum grubunun tohum kalitesini ve karmaşık değerlendirmesini yapabilmek için hızlı bir çimlenmeye ihtiyaç duyan tohum analistleri için de tohumlardaki dormansi son derece önemlidir. Süs bitkilerinde tohumlar, tohum dormansisi ile ilgili olarak sert tohum kabuğu, olgunlaşmamış ilkel embriyolar ve inhibitörler gibi çeşitli mekanizmalar sergiler. Bu mekanizmalar toprağın erimesi veya donması, mikroorganizma faaliyeti, normal koşullarda hayvanların tohumları yemesi, orman yangınları ve çeşitli toprak faaliyeti ile bozulabilir. Süs bitkilerinin tohumlarındaki dormansi dışsal veya içsel kaynaklı olarak oluşabilmektedir. Dışsal kaynaklı dormansi, fiziksel, kimyasal veya mekanik, içsel kaynaklı dormansi ise morfolojik veya fizyolojik olabilir. Bunların dışında bazı durumlarda ise, morfolojik veya fizyolojik dormansi birlikte ortaya çıkabilmektedir.

Aynı konuda görüş bildiren Penfield (2017)'ya göre ise, en basit haliyle tohum, etrafında gaz alışverişini ve su geçişini önleyen basit bir fiziksel bariyer oluşturur ve bu şekilde dormansi hali oluşabilir. "Fiziksel dormansi" olarak adlandırılan bu olayda tohumlar, bariyeri bozmak ve çimlen-

meye izin vermek için genellikle ya kazıma ya da hayvan bağırsağından (ilişkili sindirim enzimleriyle dolu) geçiş işlemi gerektirir. “Morfolojik dormansi” halinde ise tohum türlerinde, embriyo az gelişmiş halde kalır ve embriyonun, dökülmeden sonra büyümesine devam ettiği dönemde de uykuda bir faz vardır, fakat sonunda çevre dokuları kırılır ve dormansi sonlanır. Öte yandan, tohumların çoğu, embriyo veya onu çevreleyen endosperm dokuları tarafından başlatılan bir sessizlik programı olan “Fizyolojik dormansi” sergiler. Fizyolojik dormansi, çimlenmeyi destekleyen spesifik çevresel tetikleyicilerin yokluğunda, çimlenmeyi önlemek için çimlenmeyi engelleyen hormonları kullanır Rhie ve ark., (2015) ise Kuzey yarıkürenin ılıman bölgelerinde tohum içinde bulunan az gelişmiş embrioların şartlar uygun hale geldiğinde 30 gün veya daha kısa sürede herhangi bir ön işleme gerek kalmadan çimlenebiliyorsa morfolojik dormansiden (MD) söz edilebileceğini, ancak, gelişmemiş embrioları barındıran tohumların çimlenmesini tamamlamak için 30 günden fazla süreye ihtiyaç göstermesi durumunda morfofizyolojik dormansi (MPD) olarak bilinen hem morfolojik hem de fizyolojik dormansiye sahip olduklarını belirtmektedirler.

Kırmızı (2019) ise; Baskin ve Baskin (1998)’e dayandırarak günümüzde tohum biyolojisi çalışmaları için uygun bulunan ve bilimsel çevrelerce yaygın biçimde kullanılan, farklı dormansi biçimlerinin ayrımını şöyle ifade etmektedir.

❖ Fizyolojik Dormansi (FD)

Dormansinin, Gymnospermelerde ve Angiospermelerde çok sayıda türde en fazla rastlanan biçimidir.

Fizyolojik dormansi, dormansinin derinliğine göre üç ayrı sınıfa ayrılmaktadır;

➤ Derin Fizyolojik dormansi:

- Embriolar normal olmayan anormal fidecikler meydana getirir,
- Dormansinin bu biçiminde GA_3 uygulaması çimlenmeyi tetiklemede etkili olmaz ve dormansi ortadan kalkmaz
- Çimlenme için soğuk katlama (asgari 12-16 hafta) uygulaması gerekir.

➤ Orta Şiddetteki Fizyolojik Dormansi

- Tohumdan çıkmış embriolar normal fidecikler meydana getirirler,
- Bir kısım tür için GA_3 uygulamasının çimlenmeyi tetiklediği söylenebilir.

- Çimlenme için soğuk katlama (asgari 8-12 hafta) uygulaması gerekir.
- Kuru depolama uygulandığında soğukta katlama periyodu azalabilir.

➤ **Hafif ya da Yüzeysel Fizyolojik Dormansi**

Bu dormansi biçimi çok sayıda tohumda görülmektedir. Hafif ya da yüzeysel dormansinin de alt türleri bulunmaktadır. Yüzeysel fizyolojik dormansi diye tanımladığımız bu durgunluk halinde tohum çimlenme sıcaklık aralıkları daha geniştir.

- Fidecikler normal olarak meydana gelir.
- GA_3 çimlenmede tetikleyici olur.
- Türlerle göre değişmekle birlikte soğuk veya ılık katlamalar dormansiyi ortadan kaldırabilir.
- Kuru şartlardaki depo koşulları olgunlaşmaya katkıda bulunabilir.

❖ **Morfolojik Dormansi**

Bu dormansi biçiminde embriyo ölçülerinin gelişemediği ve hipokotil, kotiledonların vb. alanların farklılaştığı söylenebilir. Burada embriyonun fizyolojik olarak durgun olmadığı yalnızca çimlenebilmek için daha fazla süreye gereksinim duyduğunu ifade etmek mümkündür.

❖ **Morfofizyolojik Dormansi**

Bu dormansi durumunda hem gelişmesini tamamlamamış bir embriyo, hem de olaya katılan fizyolojik bir unsur söz konusudur. Dormansinin kırılması için bu tohumlarda soğuk-sıcak katlama ve GA_3 uygulaması gerekli olabilir.

❖ **Fiziksel Dormansi**

Bu dormansi türünde tohumun kabuğunda geçirimsiz bir tabaka mevcut olduğundan suyun içeriye girişi gerçekleşmez. Mekanik yollarla veya kimyasal yollarla yapılan aşındırma uygulamaları oluşan fiziksel dormansiyi ortadan kaldırabilir.

❖ **Kombinasyonel Dormansi**

İmpermeabl bir kabuk yapısına sahip olan tohuma, fizyolojik embriyo dormansisinin eşlik ettiği özel bir durumdur.

Dormansiyi oluşturan aksaklıklar ve bunların hangi düzeyde olduğu her tür için farklı olabilir. Dahası aynı türde bile tohumun hangi yılda ve yılın hangi döneminde hasat edildiği, tohumların alındığı popülasyonlar arasındaki değişimler ve popülasyon içindeki bireyler arasındaki fark-

lılıklara bağlı olarak değişimler sergilenebilmektedir. Bu nedenle çimlenme çalışmalarının, yayımlanan kaynaklara bağlı kalınarak türler üzerinde yörelere özgü olarak da yapılması gereklidir (Tilki ve Kebeşoğlu, 2009; Kulaç ve ark., 2009; Kulaç ve ark., 2014).

Diğer taraftan tohum dormansinin çimlenmeye kırılması, bazı fiziksel faktörler (ışık, sıcaklık ve nem) ve endojen büyüme düzenleyici hormonlar (GA ve ABA) tarafından kontrol edilir. GA tohum çimlenmesini uyarır, oysa ABA dormansinin kurulması ve sürdürülmesinde rol oynar. GA etkisini ilk olarak embriyonun büyüme potansiyelini artırarak ve ikinci olarak hidrolitik enzimleri indükleyerek olmak üzere iki şekilde gösterir (Gupta ve Chakrabarty, 2013).

4. DORMANSİYİ KIRMAK İÇİN YAPILAN UYGULAMALAR

Bilindiği gibi tarımsal üretimin temel taşlarından biri hatta belki de en önemlisi tohumdur. Bu gerçeklik nitelikli tohum kullanımını da beraberinde getirmektedir. Ne ölçüde nitelikli tohum kullanılırsa birim alandan elde edilen verim de o ölçüde artacaktır. Çimlenme zorluğu yaşayan veya heterojen yapıda çimlenen tohumlarda ekim sonrası toprakta yaşanacak bazı olumsuz koşullar (tuzluluk, yüksek veya düşük sıcaklıklar) fideciklerin toprak yüzeyine öngörülenden daha uzun sürede ve düzensiz biçimde çıkmasına neden olacaktır (Sönmez ve ark., 2019).

Yukarıda da oldukça ayrıntılı biçimde açıklandığı gibi; geçirgen olmayan tohum kabuğu, embriyonun yeterince gelişmemesi, çevre faktörleri bakımından tohumun özel tercihleri, tohum içinde büyümeyi engelleyen maddelerin bulunması, kökün yayılımında ve gelişiminde engel teşkil eden çeşitli mekanik önleyiciler vb. gibi nedenlerden herhangi biri tek başına ya da birkaç tanesi bir arada etki yaparak dormansiyi oluşturabilmektedirler. Yaşanan bu dormansi sonucunda yeterli düzeyde tohum çimlenememekte, fidelerin ilk çıkış sürecinde önemli derecede kayıplar oluşmakta, dolayısıyla da üretim aşamasında çok çeşitli düzensizlikler oluşmaktadır. Bu türden düzensizliklerin önlenmesi için tohumun gereksinin duyduğu en uygun koşulların sağlanması gerekmektedir. Ancak bu optimum koşulları doğal süreçte ve doğada karşılamak her zaman mümkün olamayacağından hızlı, güçlü ve homojen bir çimlenme elde edebilmek ve tohumun çimlenme performansını artırabilmek için çimlenme öncesinde bazı önlemler yapılmaktadır (Endes, 2018).

Bu türden çalışmalarda tohumların gibberellik asit (GA_3), nitrik asit (HNO_3), sülfürik asit (H_2SO_4), potasyum nitrat (KNO_3) ve kinetin çözeltilerinde veya bunların farklı kombinasyonlarında farklı dozlar ve sürelerde bekletilmesi, ön ışıltmaya alınması ve tohum kabuğunun kırılması gibi işlemlerin tohumlarda çimlenme süresini kısalttığı ve çimlenme oranını

artırdığı tespit edilmiştir (Odabaş ve ark., 2020).

Çimlenmeyi uyaran ön işlemler kombine edilerek, yani birkaç işlem birbirini izleyen biçimde kullanıldığında çimlenme engelleri daha kolay ortadan kalkarak etkin bir çimlenme başarısı elde edilebilmektedir. Örneğin burada; tohumların soğuk katlama öncesi suda bekletilmesi veya yüksek sıcaklıktaki su içine kısa süreli daldırılmaları ya da soğuk katlama ardından GA_3 uygulaması gibi pek çok uygulamadan söz edilebilir. Ancak unutulmamalıdır ki; çimlenmeden önce uygulanan ve birbirini takip eden her bir işlem çimlenmedeki başarıyı artırırken, çimlenme sürecini uzatacaktır (Akat ve ark., 2017).

Bu bölümde; tohumlarda çimlenme engellerinin kaldırılması ve dormansinin kırılabilmesi için yapılan bazı uygulamalarla ilgili açıklayıcı bilgilere yer verilecektir.

4.1. Katlama Uygulaması (Strifikasyon)

Önemli bir ön işlem olarak değerlendirilen katlama uygulamaları temel olarak soğuk katlama ve sıcak katlama olarak iki farklı biçimde gerçekleştirilir. Uygulanan yöntem olarak da birbirine çok benzerler. İki uygulama arasındaki temel fark ise katlama süresince katlama ortamının sıcaklık değeridir (Karakurt ve ark., 2010). Çok genel bir ifade ile sıcak katlama için, ortamdaki sıcaklığın gece değeri olarak 20 °C, gündüz değeri olarak 30 °C olabileceği önerilmektedir. Ancak tür bazında bu değerlerde farklılıkların olabileceği mutlaka dikkate alınmalıdır. Ancak soğuk katlama daha yaygın biçimde kullanılmakta ve uygulama alanı bulmaktadır (Akat ve ark., 2017).

Nemli ortamda 0-10 °C sıcaklıklarda yapılan soğukta katlamanın pek çok türde dormansiyi kırdığı rapor edilmiştir (Baskin ve Baskin, 2014). Soğukta katlamanın amacı, dinlenme halindeki embriyoları çimlenme olgunluğuna getirmek ve tohum kabuklarının yapısını değiştirmektedir. Katlama, embriyoda bazı fizyolojik olaylara sebep olmakta ve tohumların çimlenme olgunluğuna gelmelerini sağlamaktadır (Yaviç ve ark., 2016). Mengüç (1996) ise soğukta katlamayı nemli tohumların çimlenmeden önce belirli bir süre düşük sıcaklıkta tutulması olarak tanımlamaktadır. Aynı araştırmacıya göre, birçok ağaç ve çalı tohumlarında bu işlem yapılmadıkça çok yavaş ve düzensiz biçimde çimlenme olmaktadır. Bazı durumlarda soğuk katlamayla tohum kabuğunun bir miktar yumuşaması sağlansa da çok sert kabuklu tohumlarda soğuk katlama öncesi sıcak katlamaya tabi tutulmaları uygun olmaktadır. Ayrıca katlamada kullanılacak materyalin, katlama yapılmadan önce nemlendirilmesi gereklidir. Katlamaya alınacak tohumlar nemli katlama materyali arasına birbirine değmeden dizilir. Bir sıra tohum bir sıra katlama materyali olacak şekilde katmanlar oluşturulur. Katlama sıcaklığı soğuk hava depolarında veya buzdolabı gibi ortam-

larda sabit tutulabilir. Genel olarak 0-4 °C' uygun olmaktadır. *Abies* ve *Picea* tohumları 4 °C'de 1-3 ay, *Chamaecyparis* tohumları 4 °C'de 2-3 ay katlanarak çimlenme olgunluğuna gelirler. Khudonogova ve ark., (2019) ise *Berberis amurensis*, *Berberis sibirica*, *Berberis thunbergii*, *Lonicera tatarica*, *Malus pallasiana*, *Phyllodendron amurense*, *Physocarpus opulifolius*, *Prunus virginiana*, *Swida alba*, *Tilia cordata*, *Viburnum lantana* tohumları için soğuk katlamanın gerekli olduğunu belirtmiştir. Öte yandan Keun ve ark., (2016) *Jasminus fruticans* L. gibi kabuğu sert olmayan tohumlarda sıcak ve soğuk katlamanın etkin bir şekilde dormansiyi kırarak ve çimlenmeye neden olduğunun altını çizmektedirler.

Katlama işlemlerinde genel olarak kum, turba, perlit, ponza gibi ortamlar kullanılmaktadır. Birçok çalışmada katlama işlemleri için bu ortamlar kullanılmıştır (Kulaç ve ark., 2014). Küçük tohumlar nemli filtre kağıtları arasında, petri kapları içinde de katlamaya alınabilmektedir. Katlamada kullanılacak kaplar plastik malzemeden olursa nemli şartlarda daha olumlu sonuçlar alınabilir. Bu amaçla plastik kasalar, plastik kutular vb. malzemeler kullanılabilir. Kullanılan malzemelerin temiz olması ve katlama materyalinin katlamadan önce fungusla işlem görmesi nemli ortamda oluşabilecek hastalık etmenlerini minimize edecektir.

4.2. Aşındırma Uygulaması Skarifikasyon

Burada kullanılan yöntemler fiziksel dormansi yaşayan tohumlar için uygundur ve uygulamadaki temel hedef geçirgen olmayan tohum kabuğunu yumuşatarak geçirgen hale getirmektir (Pipinis ve ark., 2014). Tohumu kabuğu herhangi bir zarar gördüğünde, dış kısımdaki nemli alandan su tohumun içine girmeyi başarır. Bunun sonucunda da tohum dinlenme halinden çıkar ve çimlenme süreci başlamış olur. Bu yapıdaki tohumlarda eğer herhangi bir uygulama yapılmazsa çimlenme oranı düşmektedir (Hazar ve ark., 2020). Bu amaçla iki farklı yöntem kullanılır, bunlardan birincisi mekanik aşındırma, diğeri asitle aşındırma.

4.2.1. Mekanik aşındırma

Yöntem tohum kabuğunun değişik materyallerle geçirgen hale getirilebilmesi esasına dayanır. Bu amaçla zımparalama kağıtlarından, çizme ve delme aletlerinden ve daha geniş kapsamlı üretimler için tohum kabuğunda hasar oluşturmaya yönelik geliştirilmiş makinelerden yararlanılır (Ghantous ve Sandler, 2012). Mekanik aşındırma sırasında dikkatli davranılmalı işlem tohumlara zarar verecek kadar ileriye götürülmemelidir. Bu işlem sonrası tohumları uzun süre koruyabilmek oldukça zordur çünkü bu noktada tohum kabuğu incelenerek patojenler için bir ortam oluşturmuş olabilir o nedenle işlemten sonra hızlıca ekim işleminin yapılması tercih edilmelidir. Mekanik aşındırma, tohumun meyve etinden ayrılması, temizlenmesi veya hasat işlemleri sırasında da kısmen oluşmaktadır. An-

cak bu düzeydeki aşındırmalar her zaman sert tohum kabuğunun geçirgen hale gelmesi için yeterli olmayabilir (Mengüç, 1996). Örneğin çin üzümü chinaberry (*Melia azedarach* L.) ve *acacia* (*Acacia* Mill spp.) tohumları için zımpara kağıdı ile zımparalama uygun bir yöntemdir (İhtisham ve ark., 2021).

4.2.2. Asitle aşındırma

Sert tohum kabuğunun aşındırılması konusunda en yaygın kullanılan maddelerden biri yüksek konsantrasyonlarda hazırlanan sülfirik asittir. Bu konudaki geleneksel yaklaşım, %96-98'lik H_2SO_4 konsantrasyonlarında tohumların bekletilmesidir. Uygulama sırasında aside dayanıklı, tercihan cam kaplar kullanılır. Tohumlar bu kapların içerisine yerleştirildikten sonra bir kısım tohumun üzerine iki kısım asit gelecek şekilde uygulama yapılır ve belirli aralıklarla çok yavaş biçimde karıştırılır. Ancak bu noktada işlem sırasında oluşabilecek kazalara karşı önlemler alınmalı, mümkünse özel giysiler ve gözlük tercih edilmelidir. Tohum kabuğundaki incelme gözlenmeli yeterli düzeye ulaştığına karar verildiğinde uygulama bitirilmeli ve 10 dakikadan az olmayacak şekilde tohumlar çeşme suyu altında durulanmalıdır. Hafifçe kuruyan tohumların ekimi yapılabilir. Uygulamanın süresi asidin, hangi konsantrasyonda olacağı tamamen çalışılan türe özgü değişmektedir (Ghantous ve Sandler, 2012; Hashim ve ark., 2018; İhtisham ve ark. 2021).

Örneğin *Sophora* tohumlarında yapılan bir çalışmada 10 ila 120 dakikalık süreler arasında değişen konsantre sülfirik asit uygulamaları yalnızca çimlenme oranını artırmakla kalmamış aynı zamanda çimlenme süresini de kısaltmıştır (İhtisham ve ark., 2021).

4.3.Suda Islatma Uygulaması

4.3.1.Durgun suda bekletme

Tohum yüzeyinin geçirgenliğini sağlamak ve yüzeyde kalıntı oluşturabilecek bir takım engelleyici kimyasal maddelerden arındırmak için tohumların değişik sürelerde durgun suda bekletilmesi işlemidir (Şin ve ark., 2018).

4.3.2.Yüksek sıcaklıkta suda bekletme

Kaynayan su uygulaması (95 -100 °C): Bu uygulamada tohumların suya dayanıklı bir materyal içine dağılmayacak şekilde konarak, kaynamakta olan su içerisinde farklı sürelerde daldırılması söz konusudur. İşlem sonrasında tohumlar saf su ile soğutulmalıdır (Tuncer ve Ummuhan, 2017). Bu uygulamada suyun sıcaklığı her zaman kaynama sıcaklığında olmayabilir. Homojen olarak seçilen tohumlar farklı sıcaklıklarda (40, 50, 60, 70 ve 80 °C) ve farklı bekletme sürelerinde de sıcak su uygulamasına

tabi tutulabilirler (Şin ve ark., 2018).

Tohumlar ister durgun suda ıslatılsın ister yüksek sıcaklık derecelerindeki (hatta kaynamakta olan) suda bekletilsin burada suyun sıcaklığı ve bekletilme süreleri türlere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, nesli tükenmekte olan tohumları ile yapılan bir çalışmada *Iliamna remota* Greene (Kankakee mallow, *Malvaceae*) tohumları 60 saniye süreyle 70, 80, 90 veya 100 °C'deki suya daldırılmış, başka bir denemede ise tohumlar 0, 10, 20, 30 veya 60 saniye süreyle 80 ° C'ye daldırılmıştır. Her iki denemenin sonucunda tohumlarda en iyi çimlenme oranının 80c'deki 20 sn'lik uygulamadan alındığı görülmüştür (McDonnell ve ark., 2012).

4.4. Değişik Kimyasal Madde Uygulamaları

Tohumdaki dormansi hem çevresel hem de fizyolojik faktörler sayesinde devreden çıkabilir. Örneğin, GA_3 , KNO_3 ün dormant tohumlarda yaygın olarak uygulandığı ve çimlenmeyi teşvik ettiği bilinmektedir (Lee ve ark., 2016; Cornea-Cipcigan, 2020; Yang ve ark., 2020). Gibberellik asit (GA_3) tohumların çimlenmesi sırasında çok değişkenli ve düzenleyici etki yaparak aktif bir görev alır. Hatta bazan gibberellinler, dormant tohumların ihtiyaç duyduğu nemli soğuk katlama, ön üşütme, ışık, nitrat gibi geleneksel uygulamaların yerine geçebilir. Öte yandan GA_3 'ün bütün bitkilerin tohumlarının çimlenmesindeki etkileri ve katkısı aynı düzeyde olmamaktadır. Yapılan değişik araştırmaların sonuçları dikkate alındığında, GA_3 'ün bazı bitki türlerinin tohumlarının çimlenmesinde büyük oranda etkili olduğu, bazı türlerde ise etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Özellikle derin fizyolojik dormansiye sahip tohumlarda gibberellinlerin etkili olmadığının ve uzun süreli nemli katlamaya ihtiyaç duyulabileceğinin unutulmaması gerektiğinin altı çizilmektedir (Hilhorst, 2011; Hajyzadeh ve ark., 2017). Dormant halde bulunan tohumlarda dormansinin sürmesinde etkin rol oynayan ABA düzeyinin yüksek, endojen kaynaklı GA_3 düzeyininse düşük olması önemli bir noktadır. Bu nedenle de endojen kaynaklı GA_3 eksikliğinin dışsal uygulamalarla ortadan kaldırılması, uygun ve bilinen bir yöntemdir.

Diğer taraftan KNO_3 da çimlenme üzerinde teşvik edici rol oynamaktadır. Görevinin tam olarak açıklanamamasına rağmen pek çok kaynakta KNO_3 'ün tohumlardaki dormansinin kaldırılmasında işlevsel olduğu belirtilmektedir (Hilooğlu ve ark., 2016).

Gültekin (2005) ise ardıç tohumlarında uyguladığı NaCl çözeltilerinin tohum çimlenmesini önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Yine tohumlarda dormansiye ortadan kaldırmak için kullanılan kimyasal maddelerden biri de değişik konsantrasyonlardaki sodium hydroxide NaOH çözeltileridir (Majd ve ark., 2013).

4.5. Kuru Saklama Uygulaması

Tohumlardaki durgunluk hali tohumun olgunlaşmasından sonraki kuru saklama periyodunda giderilebilir (Nelson ve ark., 2017). Yine benzer şekilde Baskin ve Baskin, (2020) birçok bitki araştırmacısı, oda sıcaklığında bir süre uygulanan kuru depolamanın tohumlardaki dormansiye kırabileceğinin farkındadır. Bununla birlikte, türe bağlı olarak, tohumların son olgunlaşma gereksinimleri değişebilmektedir. 1950’li yıllarda ise, “sonradan olgunlaşma”, kavramı esas olarak, kuru depolama sırasında dormansinin kırılmasını tanımlamak için kullanılmıştır.

5. ENDEMİK BİTKİLER VE TOHUMLA ÜRETİMLERİNİN ÖNEMİ

Tüm dünyada kabul gördüğü şekliyle “biyoçeşitliğin korunması ve sürdürülebilir” olması artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu sürecin ilk basamağı, soyu tükenmekte olan bitki türlerinin gelecek nesillerini güvence altına almak ve ekosistemin bozulmadan varlığını devam ettirmesi için gereken önlemleri almaktır (Ganatsas ve ark., 2019; Locke ve ark., 2019). Yukarıda açıklanan zorunluluğu somut hale getirmek için Rio Sözleşmesi imzalanmış ve bu uluslararası sözleşmenin altında imzası bulunan her ülke için biyolojik envanter oluşturmak ve bu biyoçeşitliliği korumak bir gereklilik haline dönüştürülmüştür (Ocak ve ark., 2017). Bütün bu çabalara karşın endemik bitkilerin yeterince korunduğunu ve yok olma risklerinin olmadığını söylemek bugün için mümkün değildir (Öztürk ve Yiğit, 2013). Bu gerçeğin açabileceği olumsuz sonuçları minimize edebilmek için önerilen çözümlerden biri de söz konusu bitkilere ait çimlenme biyolojilerinin ve dormansi biçimlerinin bilinmesidir (Kırmızı ve ark., 2019). Aşağıdaki görsellerde, endemik bitkilerin tohumla çoğaltılmasına yönelik yaptığımız çalışmalarda uygulanan dormansi kırma uygulamalarından bazılarına ait örnekler yer almaktadır (Şekil 1., Şekil 2., Şekil 3.).

5.1.Tohumla Üretilen Bazı Endemik Bitkilerde Dormansi Kırma Uygulaması Örnekleri



Şekil 1. *Onosma armena* tohumlarına uygulanan soğukta katlama örneği



Şekil 2. *Latirus undulates* tohumlarına uygulanan kaynar suya daldırma örneği



Şekil 3. *Centaurea hermanni* tohumlarında GA_3 uygulaması örneği

KAYNAKLAR

- Akat, H., Şahin, O., Çetinkale Demirkan, G., Akar Saraçoğlu, Ö. (2017). Süs bitkileri üretim teknikleri. Editör İbrahim Yokaş. Efil Yayınevi. pp. 112-114.
- Şin, B., Kadioğlu, İ., Altuntaş, G., Kekeç, M., Kazankıran, T. (2018). Çeti [Prosopis farcta (Banksve Sol.) JF Mac.]'nin Tohum Çimlenme Biyolojisinin Araştırılması. *Turkish Journal of Weed Science*, 21(1), 53-60.
- Baroux, C., Grossniklaus, U. (2019). Seeds—An evolutionary innovation underlying reproductive success in flowering plants. *Current topics in developmental biology*, 131, 605-642.
- Baskin, C. C., Baskin, J. M. (1998). Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Elsevier.
- Baskin, C., Baskin, J.M. (2014) Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination (Second Edition). Academic Press, San Diego.
- Baskin, C. C., Baskin, J. M. (2020). Breaking seed dormancy during dry storage: a useful tool or major problem for successful restoration via direct seeding?. *Plants*, 9(5), 636.
- Boyraz, M., Korkmaz, H., Durmaz, A. (2019). Tohumda dormansi ve çimlenme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(3), 92-105.
- Carrera-Castaño, G., Calleja-Cabrera, J., Pernas, M., Gómez, L., Oñate-Sánchez, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*, 9(6), 703.
- Cornea-Cipcigan, M., Pamfil, D., Sisea, C. R., Mărgăoan, R. (2020). Gibberellic acid can improve seed germination and ornamental quality of selected *Cyclamen* species grown under short and long days. *Agronomy*, 10(4), 516.
- Cousins, S. R., Witkowski, E. T. F., Mycock, D. J. (2014). Seed storage and germination in Kumara plicatilis, a tree aloe endemic to mountain fynbos in the Boland, south-western Cape, *South Africa. South African Journal of Botany*, 94, 190-194.
- Endes, Z. (2018). Bazı tohum ön uygulamalarının iki farklı çörek otu türüne ait (*Nigella sativa* L. ve *Nigella damascena* L.) tohumların çimlenme ve çıkış performansı üzerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(1), 29-37.
- Finch-Savage, W. E., Footitt, S. (2017). Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. *Journal of Experimental Botany*, 68(4), 843-856.
- Ganatsas, P., Tsakalimi, M., Damianidis, C., Stefanaki, A., Kalapothareas, T., Karydopoulos, T., Papapavlou, K. (2019). Regeneration ecology of the rare plant species *Verbascum dingleri*: Implications for species conservation. *Sustainability*, 11(12), 3305.

- Ghantous, K. M., Sandler, H. A. (2012). Mechanical scarification of dodder seeds with a handheld rotary tool. *Weed technology*, 26(3), 485-489.
- Göktaş, Ö., Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
- Gupta, R., Chakrabarty, S. K. (2013). Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. *Plant signaling & behavior*, 8(9), e25504.
- Gültekin, H. C. (2005). Bodur Ardiç (*Juniperus communis* L. subsp. *nana* Syme.), Diken Ardiç (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*) ve Sabin Ardiçta (*Juniperus sabina* L.) Tohumların Çimlenmesi Üzerine Farklı Ekim Zamanlarının Etkisi. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi* 6 (1-2), 102-112.
- Hajyzadeh, M., Yıldırım, M. U., Karagöz, İ., Sarıhan, E. O., Khawar, K. M. (2017). Farklı Yaşlardaki Anason (*Pimpinella anisum* L.) Tohumlarının Çimlenmesine Gibberellik Asitin (GA₃) Etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 332-336.
- Hashim, İ. F., Aşkın, M. A., Yıldırım, A. N. (2018). Bazı uygulamaların menengiç (*Pistacia terebinthus* L.) tohumlarının çimlenmesi ve çıkışı üzerine etkileiri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 27-39.
- Hazar, D., İçöz, A. İ., Baktır, İ. (2020). Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerine bazı giberellik asit ve skarifikasyon uygulamalarının etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Özel Sayı), 159-172.
- Hilhorst, H. W. (2011). Standardizing seed dormancy research. In *Seed Dormancy* (pp. 43-52). Humana Press.
- Hilooğlu, M., Yücel, E., Kandemir, A., Sözen, E. (2016). Endemik *Teucrium leucophyllum* (Lamiaceae) tohumlarında in vitro çimlendirme çalışmaları. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 53-61.
- Ihtisham, M., Amjad, N., Nauman, M., Ali, A., Riaz, K., Sajid, M., Shahid, M. O. (2021). Germination, Winter Survival and Plant Growth of *Sophora secundiflora* as Affected by Sowing Dates and Seed Scarification. *Sarhad Journal of Agriculture*, 37(2), 456-467.
- Karakurt, H., Aslantaş, R., Eşitken, A. (2010). Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerinde etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-128.
- Karlsson, L. M., Tamado, T., Milberg, P. (2008). Inter-species comparison of seed dormancy and germination of six annual *Asteraceae* weeds in an ecological context. *Seed Science Research*, 18(1), 35-45.
- Keun, S. J., Hee, K. J., Kyung, L. A. (2016). Effect of warm and cold stratification, and ethanol treatment on germination of *Corylopsis* seeds. *Horticultural Science*, 43(2), 84-91.

- Khudonogova, E., Zatssepina, O., Polovinkina, S., Rachenko, M., Tyapaeva, M. (2019, August). Seed germination of woody and shrubby introduced species. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 316, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Kırmızı, S. (2019). Alpin Bitkilerde Dormansi ve Çimlenme. In Mathematics and Natural Sciences-2019/2, 44.
- Kırmızı, S., Arslan H., Gülerüz G. (2019). Soğuk Stratifikasyon Uygulamalarının Endemik *Muscari bourgaei* Tohumlarında Çimlenme Üzerine Etkisi - The Effects Of Cold Stratification Treatments On The Germination Of Endemic *Muscari bourgaei* Seeds, I. International Ornamental Plants Congress, I. International Ornamental Plants Congress, 9 - 11 October 2019 Bursa, TURKEY pp. 46-50.
- Kulaç, Ş., Güney, D., Turna, İ. (2009). Tohum Toplama ve Ekim Zamanı İle Yetiştirme Ortamının Yabani Kiraz (*Prunus avium* L.) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1), 37-44.
- Kulaç, Ş., Güney, D., Gürpınar, A., Karaca, Z. (2014). Farklı Populasyonlardan Toplanan Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Tohumlarında Populasyonlar Arası ve İçi Çimlenme Varyasyonları. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, 111-116.
- Lee, J. W., Kim, Y. C., Kim, J. U., Jo, I. H., Kim, K. H., Kim, D. H. (2016). Effects of gibberellic acid and alternating temperature on breaking seed dormancy of *Panax ginseng* CA Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 24(4), 284-293.
- Locke, H., Ellis, E. C., Venter, O., Schuster, R., Ma, K., Shen, X., Woodley S., Kingston N., Bhola N., Strassburg B. B. N., Paulsch A., Williams B., Watson, J. E. (2019). Three global conditions for biodiversity conservation and sustainable use: An implementation framework. *National Science Review*, 6(6), 1080-1082.
- Majd, R., Aghaie, P., Monfared, E. K., Alebrahim, M. T. (2013). Evaluating of some treatments on breaking seed dormancy in Mesquite. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(7), 1433-1439.
- McDonnell, A., Grant, M., Coons, J. M. (2012). Effects of hot water on breaking seed dormancy of the endangered *Kankakee mallow* (*Iliamna remota* Greene (Malvaceae). *Erigenia*, 8.
- Mengüç, A. (1996). Süs Bitkileri. Anadolu Üniversitesi Yayınları No:904, Açıköğretim Fakültesi Yayınları No:486. 337s., Eskişehir
- Nelson, S. K., Ariizumi, T., Steber, C. M. (2017). Biology in the dry seed: Transcriptome changes associated with dry seed dormancy and dormancy loss in the *Arabidopsis* GA-insensitive *sleepy1-2* mutant. *Frontiers in plant science*, 8, 2158.

- Nohutçu, L., Tunçtürk, M., Tunçtürk, R. (2019). Yabani Bitkiler ve Sürdürülebilirlik. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 142-151.
- Ocak, A., Öztürk, D., Kara, G. (2017). Bilecik Florası. *Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık*, ISBN 978-60565470-8-9.
- Odabaş, S., Kara, Ş. M., Özcan, M. M. (2020). Bazı Kimyasal uygulamaların siyah mürver (*Sambucus nigra* L.) tohumlarında dormansinin kırılması ve çimlenme üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 920-927.
- Okay, Y., Günöz, A. (2009). Gölbaşı'na endemik *Centaurea tchihatcheffii* Fisch. et Mey. tohumlarının çimlenmesi üzerine bazı uygulamaların etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(02), 119-126.
- Öztürk, A., Yiğit, N. (2013). Türkiye'deki Bazı Endemik Türler ve Süs Bitkisi Olarak Kullanım Olanakları. *V. Süs Bitkileri Kongresi*, 6(09), 748-752.
- Penfield, S. (2017). Seed dormancy and germination. *Current Biology*, 27(17), R874-R878.
- Pipinis, E., Milios, E., Tomazos, N., Smiris, P. (2014). Breaking dormancy and germination of *Cotinus coggygia* Scop. seeds by means of sulphuric acid scarification, cold stratification and gibberellic acid. *Silva Balcanica*, 15(1), 38-46.
- Rhie, Y. H., Lee, S. Y., Kim, K. S. (2015). Seed dormancy and germination in *Jeffersonia dubia* (Berberidaceae) as affected by temperature and gibberellic acid. *Plant Biology*, 17(2), 327-334.
- Rifna, E. J., Ramanan, K. R., Mahendran, R. (2019). Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science ve Technology*, 86, 95-108.
- Sharififar, A., Nazari, M., Asghari, H. R. (2015). Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(3), 102-104.
- Sileshi, G. W. (2012). A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. *Seed Science Research*, 22(3), 145-159.
- Sönmez, Ç., Gökçöl, A., Soysal, A. Ö. Ş., Bayram, E., Çelen, A. E. (2019). Research on germination and emergence performance enhancing treatments on sage (*Salvia* spp.) species. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(3), 504-510.
- Temel, M., Tokur, S. (2005). Bazı *Origanum* L.(Lamiaceae) taksonlarının tohum çimlenme davranışlarının belirlenmesi.
- Tilki, F., Kebeşoğlu, A. (2009). Karaçalı (*Paliurus spina-christi* Mill.) ve Nar (*Punica granatum* L.) tohumlarının çimlenme özelliklerinin belirlenmesi.

- Tiwari, A. K., Tiwari, T. N., Prasad, S. R. (2016). Seed dormancy in ornamental plants: A review. *Indian J. Agric. Sci*, 86, 580-592.
- Tuncer, B., Ummuhan, F. (2017). Molehiya (*Corchorus olitorius* L.) tohumlarındaki dormansi probleminin çözümüne yönelik araştırma. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 268-274.
- Willis, C. G., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Auld, J. R., Venable, D. L., Cavers-Bares, J., Donohue, K., Rubio de Casas, R., NESCent Germination Working Group. (2014). The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*, 203(1), 300-309.
- Yang, L. E., Peng, D. L., Li, Z. M., Huang, L., Yang, J., Sun, H. (2020). Cold stratification, temperature, light, GA₃, and KNO₃ effects on seed germination of *Primula beesiana* from Yunnan, China. *Plant diversity*, 42(3), 168-173.
- Yaviç, A., Doğan, A., Kazankaya, A., Encu, T., (2016). Van Gölü Havzası Farklı Lokasyonlarından Alınan Ceviz Tohumlarında Çimlenme Sonrası Kök Kesimi Uygulamasının Çöğür Gelişimi Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 621 - 631.
- Yıldız, S., Karagöz, F. P., Dursun, A. (2017). Giberellik asit ön uygulamasına tabi tutulmuş hüsnüyusuf (*Dianthus barbatus* L.) tohumlarının tuz stresinde çimlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 1-7.

“

Bölüm 3

**BAZI SÜS BİTKİLERİNİN ÇELİKLE
KÖKLENDİRİLMESİNDE ORTAM
SICAKLIĞI İLE EKSOJEN OKSİN
UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

*Deniz GÜNEY¹
İbrahim TURNA²*

”

1 Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, ORCID: 0000-0001-7222-6162, d_guney@ktu.edu.tr

2 Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, ORCID: 0000-0003-4408-1327, turna@ktu.edu.tr

GİRİŞ

Rosaceae familyasının bir üyesi olan *Spiraea* L. cinsi 100'den fazla türü bünyesinde barındırmaktadır (Kûdela, 2007). Bu çalı cinsi, kuzey yarım kürenin ılıman ve subtropikal bölgelerinde yayılış göstermektedir (Businský ve Businská, 2002). Peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan cinse ait bir tür içinde 15 ila 20 kültivar olabilmektedir (Zasada ve Stickney, 2007). *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zab., *S. cantoniensis* Lour. ve *S. trilobata* L. türlerinin çaprazlanmasından elde edilen bir melezdır (Harris, 1917). Bordür, çit, paravan ve soliter olarak kullanıma uygun olan bu melez, gösterişli beyaz çiçek kurullarına ve zarif bir büyüme yapısına sahip olduğundan park ve bahçelerde çokça kullanılmaktadır (Kûdela, 2007). Caprifoliaceae familyasına ait geniş yapraklı ve yapraklarını döken meşhur bir çalı cinsi olan *Weigela* Thunb. (Yokoyama vd., 2002), doğu Asya'da doğal olarak yayılış göstermektedir (Huxley, 1992). Son yıllarda süs bitkileri endüstrisindeki önemi artan cinsin farklı yaprak ve çiçek renklerine, büyüme biçimlerine ve yeniden çiçeklenme özelliklerine sahip 180'den fazla melezi veya kültivarı mevcuttur (Wood, 2016). İlkbaharda ve yaz başında beyazdan pembeye ya da kırmızıya renk değıştiren dekoratif çiçeklere sahip cinsin en yaygın olarak üretilen türü *W. florida* (Bunge.) A. DC. olup, 1-3 metreye kadar boylanabilmektedir (Touchell vd., 2006). Çoğu melez veya kültivara altlık teşkil eden tür (Duron ve Decourtye, 1990), genellikle çelikle üretim yöntemiyle çoğaltılabilmektedir (Weigle ve Stephens, 1991). Dekoratif ve estetik özelliklerinden dolayı peyzaj çalışmalarında, park ve bahçelerde çokça kullanılan bu iki önemli süs bitkisi türünün sürekli ihtiyaç duyulan fidan arzının karşılanabilmesi için üretim koşullarının araştırılması büyük önem arz etmektedir.

Generatif üretim ile tohumdan yetiştirilen fidanların gelişmesi için gereken süre, vejetatif olarak üretilen bir fidana göre çok daha uzun zaman almaktadır (Hartmann vd., 2002). Vejetatif üretim yöntemi genetik devamlılık, yüksek verimlilik, üretkenlik ve en önemlisi yıl boyunca fidan üretimi yapılabilmesi gibi avantajlarından dolayı, üretim sorunları olan türlerin çoğaltılabilmesi için çok iyi bir alternatif olduğundan en önemli bitki üretim tekniklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Tyub vd., 2007; Oliveira ve Ribeiro, 2013; Wendling vd., 2016; Stuepp vd., 2018). Çelikle üretim, en çok tercih edilen vejetatif üretim yöntemlerinden biri olup, üretilecek bitkiden alınan ve çelik adı verilen yaprak, kök veya gövde yaprak parçası ile yeni bir bitki oluşturma tekniğidir. Çelikleri odunlaşma durumu ve yıl içindeki toplama zamanı dikkate alınarak yumuşak, yarı odunsu ve odunsu çelik olacak şekilde üç grupta sınıflandırmak mümkündür (Ürgenç, 1992; Hartmann vd., 2002; Yahyaoğlu ve Güney, 2013; Turna, 2017).

Çelikle üretim süs bitkilerinin ticari amaçlarla üretilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeliklerde kök oluşumu fitohormonlar, bitki türü,

anaç bitkinin yaşı, çelik tipi, çelik boyutu, köklendirme ortamı, sıcaklık, ışık, alttan ısıtma gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Hartmann vd., 2002; Gehlot vd., 2014). Her ne kadar bitkiler çelikle üretimde kök ve sürgün oluşumu için gerekli maddelere sahip olsalar da (Hartmann vd., 2002), çoğu bitki, hücre farklılaşması ve kök oluşumunun başlaması için spesifik kimyasallara (fitohormonlar, mineral bileşenler vb.) ihtiyaç duymaktadır (Erst vd., 2018).

Oksinler bitkilerde büyüme ve gelişmeyi etkileyen en önemli fitohormon grubu olup (Çetin, 2002; Grunewald vd., 2009), kök oluşumunda merkezi rol oynamakta (Davis vd., 1989; De Klerk vd., 1999), köklenmenin başlamasını ve yeni oluşan köklerin büyümelerini teşvik etmekte (Nordström vd., 1991; Bellamine vd., 1998; Nag vd., 2001), köklenme yüzdesini, kök sayısını ve kalitesini artırmaktadırlar (Macdonald, 1987). Bazı türler, bir oksin muamelesi olmaksızın kolayca köklenirken, bazı diğer türler ise köklenme için bazı özel uygulamalara ihtiyaç duymaktadır (Griffith, 1998; Hartmann vd., 2002). Çeliklerin köklendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan oksinlerin indol-3-asetik asit, indol-3-bütirik asit ve α -naftalin asetik asit olduğu ifade edilmektedir (Cooper, 1935; Fogaça ve Fett-Neto, 2005).

Köklendirme ortamı da çelikle üretimde köklenmeyi etkileyen en önemli faktörlerden biri olup (Abebe, 2017; Singh and Chauhan, 2020), kök oluşumu ve uzamasının metabolik süreci için oksijen sağlama, su tedariği, karanlık bir ortam oluşturma ve çeliklerin destekli bir şekilde durması olarak belirtilen dört temel fonksiyonu yerine getirmektedir (Loach, 1985; Hartmann vd., 2002). Nem tutması, iyi havalanması, steril ve hafif olması gibi özellikleri ile perlit bu üretim yönteminde sıklıkla tercih edilmektedir (Şimşek, 1993; Hartmann vd., 2002).

Bu çalışmada *Spiraea x vanhouttei* ve *Weigela florida* türlerinin yumuşak çelikler ile üretilmesinde farklı köklendirme ortamı sıcaklıkları ile eksojen oksin uygulamalarının köklenme başarısı üzerine etkileri araştırılmış olup en iyi üretim koşullarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada peyzaj tasarımları için sıklıkla tercih edilen *Spiraea x vanhouttei* ve *Weigela florida* türleri vejetatif yolla üretilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemin bir alt dalı olan çelikle üretimin kullanıldığı çalışmada çalışma materyalleri Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Kanuni Yerleşkesinde bulunan anaç bitkilerin son yıllık sürgünlerinden temin edilmiştir. *S. x vanhouttei* için nisan ve *W. florida* için ise mayıs ayında alınarak 10-12 cm uzunluğunda hazırlanan yumuşak çelikler bekletilmeden aynı gün içerisinde köklendirme ortamına aktarılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Köklendirme ortamına aktarılan çelikler ve köklenme durumları (Üstte: *S. x vanhouttei*; Altta: *W. florida*)

Teknolojik donanımlara sahip KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasında (40°59'34" K, 39°46'38" D) çeliklerin köklenmeye tepkilerini araştırmak amacıyla mistleme, sisleme, sulama ve sıcaklık ayarlarını düzenleyebilen otomasyon sistemi kullanılarak iki farklı sera ortamı kurgulanmıştır. Sera-1 ve Sera-2 olarak isimlendirilen bu ortamlarda hava sıcaklığı $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve nem seviyesi $\%70 \pm 2$ olarak ayarlanmış ve her iki sera ortamında da köklendirme ortamı olarak yüksek su tutma ve havalanma kapasitesinden dolayı perlit tercih edilmiştir. Sera-1 ve Sera-2 ortamlarını birbirinden ayıran düzenleme köklendirme ortamı sıcaklığında yapılmış olup sıcaklıklar sırasıyla $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ olacak şekilde belirlenmiştir. Ayrıca, çeliklerin köklenmelerini teşvik etmek amacıyla oksin grubunda yer alan indol-3-bütrik asit (IBA), indol-3-asetik asit

(IAA) ve α -naftalin asetik asitin (NAA) 3000 ve 5000 ppm dozları pudra formunda hazırlanmış ve kullanılmıştır.

Araştırma tesadüfi bloklar deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak tesis edilmiştir. 2 tür $\times$ 2 sera ortamı $\times$ 1 köklendirme ortamı $\times$ 3 fitohormon $\times$ 2 doz $\times$ 10 çelik $\times$ 3 tekrar olmak üzere 720 adet çelik ile 2 tür $\times$ 2 sera ortamı $\times$ 1 köklendirme ortamı $\times$ 1 kontrol $\times$ 10 çelik $\times$ 3 tekrar olmak üzere 120 adet çelik olacak şekilde toplamda 840 adet çelik köklendirmeye alınmıştır. Buradan hareketle, Sera-1 ve Sera-2 ortamlarında ayrı ayrı olmak üzere köklendirmeye alınan 3000 ve 5000 ppm dozlarındaki IBA, IAA ve NAA fitohormon uygulamaları ile kontrol çelikleri çalışmanın işlemlerini oluşturmaktadır.

Araştırmada ilk kallus ve kök oluşumları ile köklenme yüzdesi (KY), kök boyu (KB) ve kök sayısı (KS) değerleri tespit edilmiştir. Çalışma devam ederken çeliklerin köklenme durumları düzenli olarak yapılan kontrollerle takip edilmiş olup ilk kallus ve kök oluşumları da bu kontroller esnasında belirlenmiştir. Elde edilen veriler IBM SPSS 23.0 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı üzerine farklı sera ortamlarının (SO) ve fitohormonların (FH) etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ortaya koymak amacıyla varyans analizi (univariate) yapılmıştır. Ayrıca, ölçülen parametreler açısından her iki sera ortamındaki veriler birlikte değerlendirilerek fitohormonların oluşturduğu gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR

Spiraea x vanhouttei çelikleri için dikimden 10 gün sonra ilk kallus oluşumu hem Sera-1 (köklendirme ortamı sıcaklığı $25\pm 2^\circ\text{C}$) hem de Sera-2 (köklendirme ortamı sıcaklığı $20\pm 2^\circ\text{C}$) ortamlarındaki IAA 3000 ppm işleminde belirlenirken, ilk kök oluşumu da benzer şekilde her iki sera ortamındaki aynı işlemde 21 gün sonunda tespit edilmiştir. *Weigela florida* çeliklerinde ilk kallus ve ilk kök oluşumlarının sırasıyla dikimden sonraki yedinci ve on dördüncü günde Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki NAA 3000 ppm işleminde meydana geldiği belirlenmiştir. *S. x vanhouttei* çelikleri için köklenme süreci 48 gün sonunda tamamlanırken, *W. florida* çelikleri için bu süreç 43 gün sürmüştür. *S. x vanhouttei* türü için sera ortamı ve fitohormonlara bağlı olarak köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı parametreleri ile varyans analizi sonuçları (univariate) Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. *Spiraea x vanhouttei* çeliklerine ilişkin KY, KB, KS ve varyans analizi sonuçları

Tür	SO	FH	KY (%)	KB (cm)	KS (adet)
<i>Spiraea x vanhouttei</i>	SO-1	IBA 3000 ppm	100,00±0,00	5,97±2,06	10,97±2,77
		IBA 5000 ppm	100,00±0,00	5,86±1,33	12,60±3,25
		IAA 3000 ppm	100,00±0,00	5,46±1,85	8,87±3,48
		IAA 5000 ppm	96,67±5,77	5,96±1,47	9,90±2,86
		NAA 3000 ppm	100,00±0,00	6,39±1,36	10,00±1,44
		NAA 5000 ppm	100,00±0,00	6,09±1,54	10,83±2,35
		Kontrol	96,67±5,77	6,02±1,53	9,59±1,55
		Ortalama	99,05±3,01	5,96±1,61	10,40±2,83
	SO-2	IBA 3000 ppm	100,00±0,00	5,49±1,82	9,97±2,37
		IBA 5000 ppm	100,00±0,00	4,89±1,95	9,77±2,80
		IAA 3000 ppm	96,67±5,77	4,34±1,70	8,41±2,77
		IAA 5000 ppm	100,00±0,00	4,30±1,35	9,37±1,65
		NAA 3000 ppm	90,00±10,00	4,72±1,59	9,44±2,65
		NAA 5000 ppm	96,67±5,77	4,75±1,35	10,72±3,22
		Kontrol	100,00±0,00	4,38±1,39	7,80±2,46
		Ortalama	97,62±5,39	4,70±1,63	9,35±2,71
	Ortalama	IBA 3000 ppm	100,00±0,00	5,73±1,94	10,47±2,61
		IBA 5000 ppm	100,00±0,00	5,37±1,73	11,18±3,33
		IAA 3000 ppm	98,33±4,08	4,91±1,85	8,64±3,13
		IAA 5000 ppm	98,33±4,08	5,11±1,63	9,63±2,32
		NAA 3000 ppm	95,00±8,37	5,60±1,68	9,74±2,10
		NAA 5000 ppm	98,33±4,08	5,43±1,59	10,78±2,79
		Kontrol	98,33±4,08	5,18±1,67	8,68±2,23
		Ortalama	98,33±4,37	5,33±1,74	9,88±2,82
	SO	F	1,286	64,140	16,256
		p	0,266	0,000**	0,000**
	FH	F	1,000	1,753	8,504
		p	0,445	0,107	0,000**
	SO x FH	F	1,952	1,132	1,986
		p	0,107	0,343	0,067

** $p < 0,01$ (İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.)

Tablo 1'deki varyans analizi sonuçlarına göre, *S. x vanhouttei* için köklenme yüzdesi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmemiştir. Kök boyu açısından yalnızca sera ortamları arasında, kök sayısı açısından ise sera ortamları ve fitohormonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Türe ilişkin en yüksek köklenme yüzdesi %100 olarak Sera-1 ortamındaki IBA 3000, IBA 5000, IAA 3000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm işlemlerinde ve Sera-2 ortamındaki IBA 3000, IBA 5000, IAA 5000 ppm işlemleri ile kontrol çeliklerinde elde edilmiştir. En uzun kök boyu (6,39 cm) ve en yüksek miktardaki kök sayısı (12,60 adet) değerleri sırasıyla Sera-1 ortamındaki NAA 3000 ve IBA 5000 ppm işlemlerinde meydana gelmiştir. *S. x vanhouttei* türünde elde edilen ortalama köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı değerleri incelendiğinde, Sera-1 ortamının-

da (%99,05, 5,96 cm ve 10,40 adet) Sera-2 ortamına (%97,62, 4,70 cm ve 9,35 adet) kıyasla daha başarılı sonuçların ortaya çıktığı tespit edilmiştir. *W. florida* türü için sera ortamı ve fitohormonlara bağlı olarak köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı parametreleri ile varyans analizi sonuçları (univariate) Tablo 2’de verilmiştir.

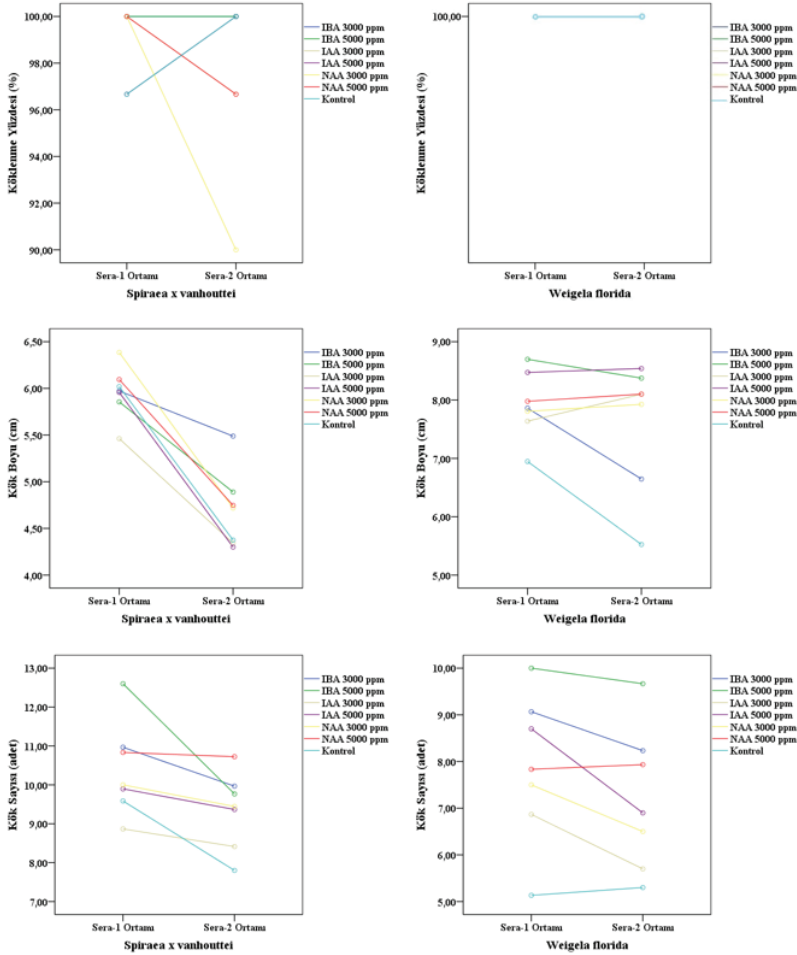
Tablo 2. *Weigela florida* çeliklerine ilişkin KY, KB, KS ve varyans analizi sonuçları

Tür	SO	FH	KY (%)	KB (cm)	KS (adet)
<i>Weigela florida</i>	SO-1	IBA 3000 ppm	100,00±0,00	7,86±2,38	9,07±3,88
		IBA 5000 ppm	100,00±0,00	8,70±2,38	10,00±3,46
		IAA 3000 ppm	100,00±0,00	7,64±1,86	6,87±2,22
		IAA 5000 ppm	100,00±0,00	8,47±2,02	8,70±2,79
		NAA 3000 ppm	100,00±0,00	7,81±2,66	7,50±3,60
		NAA 5000 ppm	100,00±0,00	7,98±2,93	7,83±2,85
		Kontrol	100,00±0,00	6,95±2,28	5,13±3,03
		Ortalama	100,00±0,00	7,91±2,41	7,87±3,45
	SO-2	IBA 3000 ppm	100,00±0,00	6,65±1,73	8,23±3,28
		IBA 5000 ppm	100,00±0,00	8,38±1,56	9,67±3,64
		IAA 3000 ppm	100,00±0,00	8,10±2,22	5,70±2,76
		IAA 5000 ppm	100,00±0,00	8,54±2,54	6,90±2,73
		NAA 3000 ppm	100,00±0,00	7,93±1,53	6,50±2,99
		NAA 5000 ppm	100,00±0,00	8,10±2,32	7,93±3,00
		Kontrol	100,00±0,00	5,53±2,65	5,30±2,88
		Ortalama	100,00±0,00	7,60±2,33	7,18±3,33
	Ortalama	IBA 3000 ppm	100,00±0,00	7,25±2,15	8,65±3,58
		IBA 5000 ppm	100,00±0,00	8,54±2,00	9,83±3,53
		IAA 3000 ppm	100,00±0,00	7,87±2,04	6,28±2,55
		IAA 5000 ppm	100,00±0,00	8,51±2,28	7,80±2,89
		NAA 3000 ppm	100,00±0,00	7,87±2,15	7,00±3,32
		NAA 5000 ppm	100,00±0,00	8,04±2,62	7,88±2,91
		Kontrol	100,00±0,00	6,24±2,55	5,22±2,93
		Ortalama	100,00±0,00	7,76±2,37	7,52±3,41
	SO	F	-	2,013	5,249
		p	-	0,157	0,022*
	FH	F	-	7,540	14,422
		p	-	0,000**	0,000**
	SO x FH	F	-	1,552	0,791
		p	-	0,160	0,577

* $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$ (İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.)

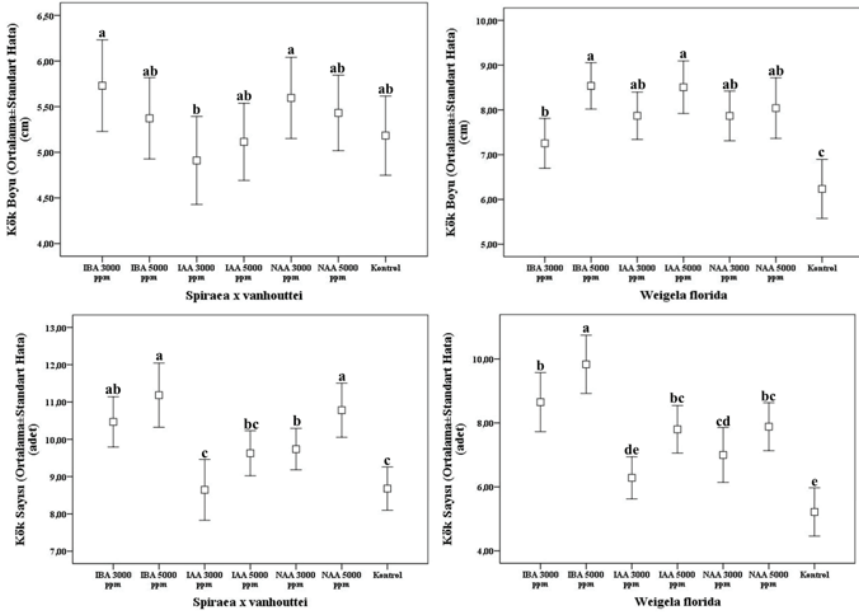
W. florida türüne ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, köklenme yüzdesi açısından tüm işlemlerde %100 başarı sağlandığından istatistiksel olarak yorumlanabilir değerler ortaya çıkmamıştır. Kök boyu açısından yalnızca fitohormonlar arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar

meydana gelirken, kök sayısı açısından sera ortamları arasında %95 güven düzeyinde ve fitohormonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Her iki sera ortamındaki tüm işlemlerde köklenme yüzdesi %100 olarak elde edilmiş olup, işlemler arasındaki ayrışmalar kök boyu ve kök sayısı değerleri açısından olmuştur. Buna göre, en uzun kök boyu ve en yüksek miktardaki kök sayısı değerleri Sera-1 ortamındaki IBA 5000 ppm işleminde sırasıyla 8,70 cm ve 10,00 adet olarak elde edilmiştir. *S. x vanhouttei* türünde olduğu gibi *W. florida* açısından da ortalama kök boyu ve kök sayısı değerleri Sera-1 ortamında (7,91 cm ve 7,87 adet) Sera-2 ortamına (7,60 cm ve 7,18 adet) kıyasla daha yüksek sonuçlar ortaya çıkmıştır. Köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı açısından elde edilen değerlerin işlemlere bağlı olarak sera ortamlarındaki değişimi grafiksel olarak Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. KY, KB ve KS açısından fitohormon uygulamalarının sera ortamlarındaki değişimi

Köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısına ilişkin grafikler incelendiğinde, genellikle Sera-1 ortamında hem *S. x vanhouttei* hem de *W. florida* için daha yüksek ortalama değerler ortaya çıkmıştır. Köklenme yüzdesi açısından *S. x vanhouttei* türünde IBA 3000 ve IBA 5000 ppm işlemleri her iki sera ortamında da aynı sonuçlara sahipken, IAA 3000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm işlemleri Sera-1 ortamında, IAA 5000 ppm ile kontrol işlemleri ise Sera-2 ortamında daha yüksek sonuçlara sahip olmuştur. *W. florida* türünde ise tüm işlemler her iki sera ortamında da %100 ile aynı değere sahip olduğundan bu türde köklenme yüzdesi açısından sera ortamları arasında değişiklik meydana gelmemiştir. Kök boyuna ilişkin grafik incelendiğinde, *S. x vanhouttei* türünde tüm işlemlerde Sera-1 ortamında daha yüksek sonuçlar ortaya çıkmıştır. *W. florida* türünde IBA 3000, IBA 5000 ppm ile kontrol işlemlerinde Sera-1 ortamında, IAA 3000, IAA 5000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm işlemlerinde ise Sera-2 ortamında daha yüksek kök boyu değerleri elde edilmiştir. *S. x vanhouttei* türü için kök sayısı grafiğine göre, yine Sera-1 ortamındaki tüm işlemlerde Sera-2 ortamına kıyasla daha yüksek değerler tespit edilmiştir. *W. florida* türünde ise kontrol ve NAA 5000 ppm işlemleri dışında kök sayısı açısından Sera-1 ortamı yine daha yüksek sonuçlara ev sahipliği yapmıştır. Kök boyu ve kök sayısı değerlerine ilişkin Duncan testi sonucunda işlemler arasında meydana gelen gruplar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kök boyu ve kök sayısı değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Şekil 2 incelendiğinde, *S. x vanhouttei* türünde kök boyu açısından üç, kök sayısı açısından ise beş farklı grup ortaya çıkmıştır. Kök boyuna ilişkin grafiğe göre, IBA 3000 ve NAA 3000 ppm işlemleri ilk grubu, IBA 5000, IAA 5000, NAA 5000 ppm işlemleri ile kontrol ikinci grubu, IAA 3000 ppm işlemi ise tek başına üçüncü grubu meydana getirmiştir. Kök sayısına ilişkin grafiğe göre ise IBA 5000 ve NAA 5000 ppm işlemleri ilk grubu, IAA 3000 ppm ile kontrol ise son grubu oluşturmuştur. *W. florida* türünde kök boyu açısından dört, kök sayısı açısından ise altı farklı grup ortaya çıkmıştır. Kök boyuna ilişkin grafiğe göre, IBA 5000 ve IAA 5000 ppm işlemleri ilk grupta, IAA 3000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm işlemleri ikinci grupta, IBA 3000 ppm işlemi üçüncü grupta yer alırken, kontrol çelikleri de dördüncü ve son grupta yer almıştır. Kök sayısına ilişkin grafiğe bakıldığında ise IBA 5000 ppm işlemi birinci grubu meydana getirirken, altıncı ve son grubu da kontrol işlemi meydana getirmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Spiraea x vanhouttei ve *Weigela florida* yumuşak çeliklerinin köklenme başarısı üzerine farklı sera ortamı ve fitohormonların etkilerinin araştırıldığı çalışmada, Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki IBA 3000, IBA 5000, IAA 3000, IAA 5000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm ile kontrol çelikleri çalışmanın işlemlerini oluşturmaktadır. Çalışma sonucunda, hava sıcaklığı ve nem düzeyleri aynı olan iki sera ortamından köklendirme ortamı sıcaklığının hava sıcaklığından 5 °C daha yüksek olduğu Sera-1 ortamı, ölçülen parametreler açısından her iki tür için de genellikle daha yüksek sonuçlara ev sahipliği yapmıştır. Çelikle üretimde sıcaklık ve oksin uygulamalarının etkilerini araştıran Güney vd. (2016) *Magnolia liliiflora* Desr. türünde, Bayraktar vd. (2018a) *Taxus baccata* L. türünde, Güney vd. (2021a) *Juniperus communis* L. ve *Juniperus chinensis* L. türlerinde, Güney vd. (2021b) *Chamaecyparis lawsoniana* ‘Ellwoodii’, *Cryptomeria japonica* ‘Elegans’ ve *x Cupressocyparis leylandii* kültivarlarında ve Bayraktar vd. (2022) *Acer palmatum* Thunb. türünde köklendirme ortamı sıcaklığının hava sıcaklığından 5 °C daha fazla olmasının köklenme yüzdesi üzerine olumlu etkilerinin olduğunu ve morfolojik açıdan kaliteli bitkilerin üretilmesi için önerilebileceğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda, hem *S. x vanhouttei* hem de *W. florida* çeliklerinde en yüksek köklenme yüzdesi %100 olarak belirlenmiştir. Bu köklenme yüzdesi değeri *W. florida* için her iki sera ortamında yer alan tüm işlemlerde elde edilirken, *S. x vanhouttei* için Sera-1 ortamındaki IBA 3000, IBA 5000, IAA 3000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm işlemlerinde ve Sera-2 ortamındaki IBA 3000, IBA 5000, IAA 5000 ppm işlemleri ile kontrol çeliklerinde elde edilmiştir. Kök boyu ve kök sayısına ilişkin sonuçlar incelendiğinde en yüksek değerlerin elde edildiği Sera-1 ortamının her iki tür için de daha uygun ortam koşullarına sahip olduğu tespit edilmiştir. *S.*

x vanhouttei türünde en uzun kök boyu 6,39 cm ile NAA 3000 ppm işleminde ve en yüksek miktardaki kök sayısı da 12,60 adet ile IBA 5000 ppm işleminde ortaya çıkmıştır. *W. florida* türünde ise hem en uzun kök boyu (8,70 cm) hem de en yüksek miktardaki kök sayısı (10,00 adet) değerleri IBA 5000 ppm işleminde elde edilmiştir. İon (2011) tarafından *S. salicifolia* L. türüne ilişkin yapılan çalışmada, en yüksek köklenme yüzdesi yumuşak çeliklerde %61 olarak, sert çeliklerde ise %93 olarak belirlenmiştir. *S. salicifolia* üzerine yapılan başka bir çalışmada, en yüksek köklenme yüzdesi %97.7 olarak, en uzun kök boyu 10,72 cm olarak ve en yüksek miktardaki kök sayısı da 18,4 adet olarak IBA 2000 ppm işleminde tespit edilmiştir (Yılmaz, 2012). Vlad vd. (2010) yaptıkları çalışmada, *W. florida* türünün çelikle üretilmesi üzerine köklendirme ortamlarının etkilerini araştırmıştır. Çalışma neticesinde en yüksek köklenme yüzdesi %84 ile %50 turba + %50 perlit karışım ortamında elde edilmiştir.

Araştırma sonucunda *S. x vanhouttei* ve *W. florida* çeliklerinin köklendirilmesi üzerine eksojen oksin uygulamalarının özellikle kök morfolojisi açısından olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Çelikle üretim üzerine oksin etkilerinin araştırıldığı birçok çalışma mevcuttur. Bayraktar vd. (2017) *Cryptomeria japonica* ‘Elegans’ üzerine, Bayraktar vd. (2018b) *Elaeagnus umbellata* üzerine, Yıldırım vd. (2020) *Salix anatolica* üzerine ve Güney vd. (2021c) *Azalea* sp. üzerine yaptıkları çalışmalarda eksojen olarak uyguladıkları oksin hormonlarının köklenmeyi pozitif yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

S. x vanhouttei ve *W. florida* için en iyi üretim koşullarının araştırıldığı bu çalışma, estetik görünümleri nedeniyle özellikle peyzaj çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bu türlerin kaliteli bireylerinden alınan vejetatif bitki parçaları ile genetiği anaç bitki ile aynı olan kaliteli bireylerin sürekli üretimini kolaylıkla sağlamak adına üreticilere yol gösterici niteliktedir.

KAYNAKÇA

- Abebe, H. (2017). *Effect of cane length and rooting media on rooting and shoot growth of grape (Vitis vinifera L.) stem cuttings at Raya Valley, Northern Ethiopia* (Masters's thesis). Hawassa University College of Agriculture.
- Bayraktar, A., Güney, D. ve Chavoshi, S.H. (2022). Kırmızı yapraklı japon akçağacının çelikle üretilmesinde farklı sera ortamları ile oksinlerin etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 84-90.
- Bayraktar, A., Atar, F., Yıldırım, N. and Turna, I. (2018a). Effects of different media and hormones on propagation by cuttings of European yew (*Taxus baccata* L.). *Sumarski List*, 142(9-10), 509-516.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F. and Turna, I. (2018b). Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 5(2), 112-116.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F. and Turna, I. (2017). The effects of rooting media and some auxins on propagation by cutting of *Cryptomeria japonica* D.Don 'Elegans' (Henk&Hochst.) Mast. International Forestry and Environment Symposium (ss. 202), November 7-10, Trabzon.
- Bellamine, J., Penel, C., Greppin, H. and Gaspar, T. (1998). Confirmation of the role of auxin and calcium in the late phase of adventitious root formation. *Plant Growth Regulator*, 26, 191-194. <https://doi.org/10.1023/A:1006182801823>
- Businský R. and Businská L. (2002). The genus *Spiraea* in cultivation in Bohemia, Moravia and Slovakia. *Acta Průhoniana*, 72, 165.
- Cooper, W.C. (1935). Hormones in relation to root formation on stem cuttings. *Plant Physiology*, 10(4), 789-794. <https://doi.org/10.1104/pp.10.4.789>
- Çetin, V. (2002). Meyve ve sebzelerde kullanılan bitki gelişmeyi düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 2, 40-50.
- Davis, T.D., Haissig, B.E. and Sankhla, N. (1989). *Adventitious root formation in cuttings. Advances in Plant Sciences Series*. Vol. 2. Dioscorides Press, Portland, Oregon, USA.
- De Klerk, G.J., Van der Krieken, W. and De Jong, J. (1999). Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 35(3), 189-199. <https://doi.org/10.1007/s11627-999-0076-z>
- Duron, M. and Decourtye, L. (1990). In vitro variation in *Weigela*, p. 607-619. In: Y.P.S. Bajaj (ed.). Somaclonal variation in crop improvement I. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Erst, A.A., Gorbunov, A.B. and Erst, A.S. (2018). Effect of concentration, method of auxin application and cultivation conditions on in vitro rooting of

- bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.). *Journal of Berry Research*, 8, 41-53.
- Fogaça, C.M. and Fett-Neto, A.G. (2005). Role of Auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 45(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10725-004-6547-7>
- Gehlot, A., Gupta, R.K., Tripathi, A., Arya, I.D. and Arya, S. (2014). Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: Effect of auxin and rooting media on adventitious root induction in mini-cuttings. *Advances in Forestry Science*, 1, 1-9.
- Griffith, L.P. (1998). Tropical foliage plants: A grower's guide. Ball Publishing, Batavia, IL.
- Grunewald, W., Noorden, G.V., Isterdael, G.V., Beeckman, T., Gheysen, G. and Mathesius, U. (2009). Manipulation of auxin transport in plant roots during rhizobium symbiosis and nematode parasitism. *Plant Cell*, 21(9), 2553-2562. <https://doi.org/10.1105/tpc.109.069617>
- Güney, D., Chavoshi, S.H., Bayraktar, A. and Atar, F. (2021a). The effects of temperature and exogenous auxin on cutting propagation of some junipers. *Dendrobiology*, 86, 29-38.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F. and Turna, I. (2021b). The effects of different factors on propagation by hardwood cuttings of some coniferous ornamental plants. *Şumarski List*, 145(9-10), 467-477.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F. ve Turna, İ. (2021c). Açelya (*Azalea* sp.) çeliklerinin köklendirilmesi üzerine farklı fitohormonların etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8(1), 80-87.
- Güney, D., Chavoshi, S.H. ve Bayraktar, A. (2016). *Magnolia liliiflora* türünün çelik ile köklendirilmesi üzerine farklı sera ortamı ve hormonların etkisi. VI. Süs Bitkileri Kongresi, Tam Metin Bildiriler Kitabı (57-62), 19-22 Nisan, Antalya.
- Harris, J.A. (1917). On the distribution of abnormalities in the inflorescence of *Spiraea vanhouttei*. *American Journal of Botany*, 4, 624-636.
- Hartmann, T.H., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R.L. (2002). *Plant propagation, principles and practises*. New Jersey, pp. 880.
- Huxley, A. (1992). *The new royal horticultural society dictionary of gardening*. Macmillan Press, London, UK.
- Ion, S. (2011). Propagation of some ornamental species (*Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Spiraea salicifolia* L., *Forsythia* sp.) at the Botanical Garden "Al. Buia" from Craiova. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 41(2): 237-242.
- Kúdela, V. (2007). Inflorescence blast and flower bud abnormalities. *Czech J. Genet. Plant Breed*, 43(4), 135-143.

- Loach, K. (1985). Rooting of cuttings in relation to the propagation medium. *Comb. Proc. Intl. Plant Prop. Soc.* 35, 473-485.
- Macdonald, B. (1987). *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Timber Press, Portland, OR.
- Nag, S., Saha, K. and Choudhuri, M.A. (2001). Role of auxin and polyamines in adventitious root formation in relation to changes in compounds involved in rooting. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20, 182-194. <https://doi.org/10.1007/s003440010016>
- Nordström, A.C., Jacobs, F.A. and Eliasson, L. (1991). Effect of exogenous indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid on internal levels of the respective auxins and their conjugation with aspartic acid during adventitious root formation in pea cuttings. *Plant Physiology*, 96, 856-861. <https://doi.org/10.1104/pp.96.3.856>
- Oliveira, M.C. and Ribeiro J.F. (2013). Enraizamento de estacas de *Euplassa inaequalis* (Pohl) Engl. de mata de galeria em diferentes estações do ano. *Bioscience Journal*, 29, 991-999.
- Singh, K.K. and J.S.A. (2020). Review on vegetative propagation of grape (*Vitis vinifera* L) through cutting. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 9, 50-55.
- Stuepp, C.A., Wendling, I., Xavier, A. and Zuffellatoribas, K.C. (2018). Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53, 985-1002.
- Şimşek, Y. (1993). *Orman Ağaçların Islahına Giriş*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 312s., Ankara.
- Touchell, D., Vilorio, Z., Ranney, T. ve Ivors, K. (2006). Intergeneric hybrids between *Weigela* and *Diervilla* (Caprifoliaceae). *SNA Res. Conf.*, 51, 591-594.
- Turna, İ. (2017). *Kent ormancılığı (Kentsel yeşil alanlar)*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 245, Fakülte Yayın No: 43, Trabzon: KTÜ Matbaası.
- Tyub, S., Kamili, A.N. and Shah, A.M. (2007). Effect of BAP on shoot regeneration in shoot tip cultures of *Lavandula officinalis*. *Journal of Research & Development*, 7, 125-130.
- Ürgenç, S. (1992). *Ağaç ve süs bitkileri fidanlık ve yetiştirme tekniği*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Yayınları No. 3676, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No. 418, İstanbul.
- Vlad, M., Vlad, I., Vlad, I., Bartha, S. and Vlad, R. (2010). The substratum influence on cutting's rooting of *Weigela florida*. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului*, 15, 339-341.
- Weigle, J. and Stephens, L. (1991). 'Red Prince' *Weigela*. *HortScience*, 26, 218-219.

- Wendling, I., Stuepp, C.A. and Zuffellato-Ribas, K.C. (2016). Araucaria clonal forestry: Types of cuttings and mother tree sex in field survival and growth. *Cerne*, 22, 19-26.
- Wood, T. 2016. *Weigela*: Opinions of a reformed plant snob. Available at <https://www.provenwinners.com/learn/weigela-opinionsreformed-plant-snob>.
- Yahyaoglu, Z. ve Güney, D. (2013). *Ağaç ıslahı ders notu*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No: 93, Trabzon.
- Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M. and Turna, I. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, 39(3), 300-308.
- Yılmaz, G. (2012). *Bazı önemli süs bitkilerinin çelikle çoğaltılması* (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Yokoyama, J., Fukuda, T., Yokoyama, A. and Maki, M. (2002). The intersectional hybrid between *Weigela hortensis* and *W. maximowiczii* (Caprifoliaceae). *Bot. J. Linn. Soc.*, 138, 369-380.
- Zasada, J.C. and Stickney, P.F. (2007). *Spiraea* L. Available at <http://www.nsl.fs.fed.us/spirea.pdf>.

“

Bölüm 4

**SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA İÇİN
TARIMSAL FAALİYETLERDE GÜNEŞ
ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİNDEN
FAYDALANMA**

Ömer ARSLAN¹

”

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, MAUN Kampus Yerleşkesi, 49250, Muş/Türkiye, ORCID :0000-0003-4190-5271, oyusufoglu@hotmail.com

1. GİRİŞ

İnsanoğlu, yaşamını sürdürebilmek için tarımsal üretime gereksinim duymaktadır. Tarımsal işletme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için de elektrik enerjisi, benzin, motorin vb. değişik enerji kaynakları kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi (nükleer santraller hariç) ağırlıklı olarak doğal gaz, kömür, fueloil gibi fosil yakıtların termik güç santrallerinde yakılmasıyla elde edilir. Elektrik enerjisi daha sonra tarımsal cihaz ve ekipmanlarda kullanılır veya benzin, motorin gibi petrol türevleri doğrudan içten yanmalı motorlar da yakılarak önce ısı enerji üretilir daha sonra da bu ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülerek tarımsal cihaz ve ekipmanların çalışması için enerji ihtiyacı karşılanmış olur.

Bir yandan dünyanın belirli bölgelerinde hızlı nüfus artışı öte yandan gelişmekte olan ülkelerdeki refah seviyesinin yükselmesi, enerji tüketiminde dramatik bir artışı doğurmaktadır. Enerji talebindeki bu hızlı artış, bir yandan fosil yakıtların fiyatlarında yükselmeye neden olurken öte yandan da bu sınırlı ve yenilemeyen enerji kaynaklarının hızla tükenmesine yol açmaktadır. Hatta bu hızlı talep artışı, alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarıyla frenlenmez ise bu kaynakların önümüzdeki yüzyılda tükeneceği öngörüsü yapılmaktadır (Ahamed vd., 2011). Ayrıca bu fosil yakıtlardan elde edilen enerjiler, sera gazı emisyonlarında artışa; bu da küresel ısınmaya neden olmaktadır. Günümüzde küresel sıcaklığın sürekli yükselmesiyle hızlı bir küresel iklim değişimi oluşmakta bu değişimler de hava koşullarını ciddi şekilde etkileyerek tarımsal ürünlerde ve ekosistemde hasara yol açarak tarımsal faaliyetlerin gelecekteki sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu küresel zorlukların ana nedeni tarımsal faaliyetler, sanayi ve tüm sektörlerde yenilenemeyen enerji tüketiminin artmasıdır. Bu durum akademisyenleri, araştırmacıları ve politika yapıcılarını alternatif yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde daha fazla mesai harcamaya zorlamaktadır (World Farmers' Organisation, 2017). Bu yüzden, tarım alanındaki diğer ilerlemelerle birlikte, alternatif yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının araştırılması ve tarımsal faaliyetlerin bu alternatif enerji kaynaklarından karşılanması, sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerin ana odak noktası olmaya başlamıştır. Bu alternatif enerji kaynaklarından biri güneş enerjisi olarak öne çıkmaktadır. Konvansiyonel fosil yakıtları, yenilenebilir ve temiz bir enerji olan güneş enerjisiyle değiştirilerek atmosferdeki karbondioksit emisyonu azaltılabilir ve bu da sera gazı emisyonlarının kontrol edilmesine yardımcı olabilir. Bu durum çevrenin korunmasına yardımcı olabilecek, karbondioksit emisyonu içermeyen yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisini cazip hale getirmektedir (Behera vd., 2015). Güneş, sisteminin doğuşundan bu yana Güneş'te füzyon işlemiyle güneş enerjisi üretildiğinden sonsuz bir enerji elde edilmektedir. Güneş enerjisinin doğrudan ve dolaylı olarak kullanı-

labilen birçok özelliği vardır. Güneş enerjisi, fosil yakıtlar gibi belli bir coğrafyaya özgü bir enerji olmayıp küresel ölçekte daha eşit bir şekilde ülkelerde var olan, bol ve aynı zamanda temiz bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle, tüm yenilenebilir enerji çeşitleri arasında en rekabetçi seçeneklerden biri olarak kabul edilmektedir (Fang, Li ve Song, 2018). Ayrıca tarım sektöründe güneş enerjisinin farklı özelliklerinden farklı uygulamalar için yararlanmak amacıyla farklı yöntemler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Örneğin, güneş enerjisinin termal özelliğinden doğrudan faydalanılarak açık alanda sebzeler, meyveler, ekinler vb. kurutulmaktadır. Bu ürünlerin doğrudan güneş enerjisi aracılığıyla kurutulması uzun süre alıp zaman kaybına yol açmaktadır. Ayrıca bu gıdada toz miktarını artırmakta; gıdada besi kaybı, böcek ve sineklerle kirlenme olasılığının yükselmesine yol açmaktadır. Ayrıca rüzgâr ve yağmur gibi öngörülemeyen iklim hareketleri kurutulan gıdalarda ciddi zararlara neden olabilmektedir. Modern zamanlarda, güneş enerjisi aracılığıyla gıda ürünlerinin doğrudan fakat kapalı bir ortamda kurutulma amacıyla kullanımı için çeşitli güneş kurutucuları geliştirilmiştir. Özellikle son çeyrek yüzyılda güneş enerjisi, kimyasal enerji ve bilhassa elektrik enerjisi gibi diğer enerji türlerine dönüştürüldükten sonra değişik hizmetler için çeşitli şekillerde kullanılmış ve güneş enerjisinin verimli olarak elde edilmesinde dönüşüm yöntemlerinin iyileştirilmesi için araştırmalara büyük önem verilmiştir. Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşmesiyle, güneş enerjisinin hayatın değişik alanlarında kullanımı büyük ölçüde artmıştır. Güneş enerjisinin tarımsal faaliyetlerde kullanımı için tarım alanında pek çok araştırma yapılmaktadır. Bu kullanım kesinlikle enerji kıtlığını hafifletmekle kalmaz, aynı zamanda yıl boyunca tüm dünyada ucuz, kolay, bol ve yaygın olarak bulunan bir enerji kaynağını değerlendirmeye katkı sağlar. Bu tek başına güneş enerjisinin su pompalama, aydınlatma, böcek ilacı spreyi ve traktör gibi çeşitli makinelerde kullanımının yaygınlaşmayla beraber daha yenilikçi güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesini de beraberinde getirmektedir. Ancak güneş enerjisinin tarımda bu şekilde kullanımı hala sınırlıdır, bu nimetlerden faydalanmak ve gelecekteki enerji gereksinimlerine umut olmak için çok fazla farkındalık oluşturacak araştırmalara gereksinim vardır.

Gelişmekte olan ülkelerdeki tarımsal faaliyetlerde enerji tüketim miktarının yüksekliği maliyetlerin yükselmesine sebep olduğu için bu ülkelerde geleneksel tarım uygulamalarının reforma tabi tutulması gerekmektedir (Afsharzade vd., 2016). Çünkü sürdürülebilir tarım uygulamalarının mevcut doğal kaynakları yok olmaktan kurtarmaya yardımcı olacağına dair elde büyük kanıtlar vardır. Gelişmekte olan ülkelerde birçok çiftçinin gerekli enerjiyi dolaylı veya doğrudan fosil yakıtlardan temin etmeye devam etmesi ve yenilenebilir kaynaklardan çok az faydalanması, sürdürülebilir

tarımsal ekosistemin gelişiminin önündeki en büyük bariyerlerin başında gelmektedir (Corré vd., 2003). Bu nedenle, çiftçilerin sürdürülebilir tarım uygulamalarını benimsemelerini sağlayarak etkin çevresel ve doğal kaynak yönetimi yoluyla kalkınmanın çevresel sorun oluşturmamasını mümkün olduğunca önlemek gerekmektedir. Ayrıca bunu destekleyecek kamu politikaları geliştirmek ve bu politikaları etkin bir şekilde uygulamak için hükümetlerin gerekli adımları atması hayati öneme sahiptir. Bununla birlikte, tarımla ilgili faaliyetler çok fazla sera gazı emisyonu yaydığından, gıda arz güvenliği sorunsalı, iklim değişikliği ve ekosistemdeki bozulmayı azaltmak için çiftçilerin alternatif enerji teknolojilerini uygulayarak organik tarım gibi ekolojik ve üretken sürdürülebilir tarım uygulamalarına geçmeleri gerekmektedir (Bellarby vd., 2008). Yenilenebilir güneş enerjisi kaynaklarının kullanılması, çiftçilerin fosil enerji kaynaklarına bağımlılığını azaltırken küresel çevre sorunlarının azalmasına büyük katkı sağlayacağından çevre ve sağlık açısından da birçok faydası bulunmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisinin ücretsiz olması ve yatırım maliyetlerinin teknolojik ilerlemelerden dolayı oldukça makul bir sürede karşılanabilmesinden dolayı tarımsal üretimde enerji maliyet girdisini büyük ölçüde düşürmesi sürdürülebilir tarıma büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, tarımsal çiftçilikte enerji teknolojisinin kullanılması, daha az kirlilik ve iyi organik hasat verimi ile halk sağlığının iyileştirilmesine yardımcı olur. Bu organik hasat, insanları birçok hastalıktan ve su-hava kirliliği gibi iklim değişikliğinden kaynaklanan diğer ilgili hastalıklardan koruyarak sağlık sorunlarından da kurtarmaktadır (Aroonsrimorakot ve Laiphrakpam, 2019). Bir yandan daha fazla çiftçinin güneş enerjisiyle çalışan tarımsal makine, cihaz ve ekipman kullanımını özendirmek ve öte yandan halihazırdaki güneş enerjisiyle çalışan bu ekipmanların çok daha yüksek verimle çalışması ve maliyetlerini düşürme çalışmalarına etkin bir teşvik ve destek vermek düşük maliyetli ancak yüksek verimli sürdürülebilir tarım hedefinin gerçekleşmesine büyük katkısı olacaktır. Özellikle uzak kırsal küçük ölçekli çiftliklerde, yenilikçi tarım teknolojilerinin kullanılmasıyla verimi yüksek kaliteli gıda ürünlerini düşük maliyetli yatırımla elde edilmesini temin eden tarımsal yönetim sistemine sahip olmak çok önemlidir (UCS, 2017). Genel olarak, enerji maliyetindeki artıştan ilk etkilenenlerin küçük ölçekli çiftçilik yapanlar olduğu ve birçoğunun ürünlerini maliyetinden daha düşük bir fiyata satmak zorunda kaldıkları için kâr elde edemediği düşünüldüğünde ülkelerin kırsallarının gelişiminde güneş enerji teknolojilerinden faydalanmanın önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, yenilikçi güneş enerjisi teknolojilerinin bakımı ve işletilmesi dizel motor veya elektrikle çalışan tarımsal makine ve ekipmanlarından daha ucuz ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Çiftçiler alternatif ve ucuz yenilenebilir güneş enerjisi teknolojilerini tarımsal faaliyetlerinde kullandıklarında tasarruf ettikleri para ve zamanı çiftliklerinin gerekli diğer faaliyet alanlarında değerlendirmiş olurlar (Costantini ve Braceva, 2017).

Bu çalışmada, güneş enerjisinin farklı tarımsal faaliyetler için uygulanabilirliği konusunda farkındalığı artırmak ve güneş enerjisinin tarım sektörü ve tarımsal sanayinin gelişimindeki potansiyel rolü ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Burada güneş enerjisinin avantajlarından yararlanmak ve onu farklı uygulamalar yoluyla çeşitli tarımsal faaliyetlerin gerçekleşmesi için tüketimi irdelenmektedir. Ayrıca güneş enerjisinin tarım sektörünün değişik alanlarında kullanılmasındaki iyileştirme için yapılan araştırmalar da ele alınmıştır.

2. Tarımda Güneş Enerjisi Teknolojileri

Tarım çiftliklerinde teknoloji hızla değişiyor ve gelişiyor. Bu geliştirmeler, çiftlik makine ve ekipmanlarını, çiftlik tesis ve binalarını ve hayvancılığı içeren iyileştirmeleri kapsamaktadır. Hepimizin bildiği gibi güneş enerjisi dünyadaki en büyük ve en ucuz enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, tarım çiftliklerinde enerji temini ve tedarikini kolayca gerçekleştirebilir. Tarım için çeşitli güneş enerjisini emici cihaz ve sistemler geliştirilmiştir ve çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir. Bu, güneş ilaçlama ve tohum ekme makineleri, güneş serası ısıtması, güneş enerjiyle mahsul kurutucuları, güneş su pompaları, güneş havalandırma pompaları gibi güneş enerjisiyle çalışan termal ve elektrikli cihazları kapsamaktadır.

2.1. Güneş Enerjisiyle Çalışan İlaçlama ve Tohum Ekme Makineleri

Güneş pestisit püskürtme makinesi, küçük çiftçilerin üretkenliklerini artırmaları için tasarlanmıştır. Şarj edilebilir piller ve direkt güneş aydınlatma seçenekleri ile bu makineler rahatlıkla taşınarak kullanılabilir. İlaçlama faaliyeti çoğunlukla gündüz yapılır, bu nedenle bu ilaçlama makineleri doğrudan güneş enerjisinden faydalanılarak kullanılabilir. Bundan dolayı da bu makinelere ayrıca şarjlı batarya takılmasına gerek duyulmaz. Ayrıca güneş enerjisiyle çalışan tohum serpme ve ekim makineleri, küçük tarlalara ve ayrıca geleneksel makinelerin bulunamadığı alanlara tohum serpip ekmek için basit ve kullanışlı bir seçenek sunar. Böylece, güneş enerjili otomatik ilaçlama ve tohum ekme makineleri, ağır iş makinelerine ihtiyacı azaltarak tarımsal faaliyetlerin etkin bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacaktır (Sawalakhe vd., 2015). Bugün radyo frekans kontrollü güneş ekim makineleri de çiftçilerde çevre dostu tohum ekme ve yarma faaliyetlerini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Bu radyo frekans kontrollü ekim makineleri, tohumları gereken derinlik ve optimum mesafede ekimini kolaylıkla gerçekleşmesini sağlayan bluetooth yardımı ile çalışmaktadır (Krishna vd., 2021).

2.2. Güneş Enerjisiyle Tarımsal Mahsullerin Kurutulması

Tarımsal mahsullerin çürümeden ve bozulmadan uzun süre muhafaza edilerek tüketiciye taze ve besleyici bir ürün olarak erişmesi gerek-

mektedir. Tarlalardan elde edilen mahsuller tüketiciye besin değeri kaybı en düşük bir şekilde ulaşabilmesi için değişik şekillerde muhafaza edilir. Böylece hem mahsullerin heba olması önlenmiş hem de daha yüksek katma değeri elde edilmiş olur. Bu koruma süreci, çiftlik büyüklüğüne ve ürün dağıtım stratejilerine bağlı olarak evsel düzeyden endüstriyel düzeye kadar olabilir. Farklı muhafaza yöntemleri arasında dondurma, konserve, kurutma ve dehidrasyon yer alır. Bunlar arasında ekinlerin ve yiyeceklerin kurutulması, her sıcaklık ve ortamda çalışabilen basit ve kolay bir yöntemdir. Kurutma, mahsul ve gıda ürünlerinin içindeki gereğinden fazla olan nemi uzaklaştırmak için ısıtma işlemi aracılığıyla buharlaştırılmayı kapsayan kolay bir metottur. Kurutma, depolama ömrünü uzatır ve ürünün uzun bir süre kaliteli bir şekilde korunmasını sağlar. Geleneksel olarak, çiftçiler genellikle kolay ve ekonomik bir teknik olduğu için tahıl, çeltik, sebze ve meyve hasatlarını parlak güneş ışığı altında kurutmak için açık alana yayarlar. Ancak bu geleneksel teknik, basit ve ekonomik olmasına rağmen gıdada besin değeri kaybına ve ayrıca ekinlerin toz kapması, böcek, kuş, kemirgenler, rüzgâr, yağmur ve diğer hava koşulları tarafından kontamine olma olasılığını daha da yükseltmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için yenilikçi güneş kurutma ekipmanlarını kullanmak gerekmektedir. Bu, mahsullerin daha hızlı ve daha düzgün bir şekilde kurutulmasını sağlar ve aynı zamanda yağmurdan, kuşlardan, böcek ve kemirgenlerden koruyarak besin değeri korunmuş bir şekilde ekinlerin kurutulması sağlanmış olur (EREC, 2003; UCS 2017).

Bu nedenle, son birkaç on yıldan beri, yiyeceklerden ve mahsullerden nemi uzaklaştırmak için değişik birçok güneş kurutucu sistemleri geliştirilip kullanılmaya başlanılmıştır. Bu güneş kurutucuları, farklı şekil, boyut ve yapılar da etkinliklerini artırmak için tasarlanmışlardır. Bu güneş kurutucuları, ısı transfer yöntemine, geometrilerine ve yapılarına bağlı olarak değişik uygulamalar için kullanılmaktadır. Kurutma işlemlerinde kontrol edilecek ana parametre, gıdaya belirli miktarda ısı akışı sağlanarak mahsulün kurutulması sağlanmaktadır. Güneş enerjisiyle çalışan kurutucular, ısıtma düzenine bağlı olarak aktif ve pasif kurutucular olarak iki ana kategoriye ayrılırlar. Aktif güneş kurutucularında, güneş enerjisi toplayıcısından mahsul kurutma yataklarına ısı enerjisi akışı pompa ve fan gibi harici araçlarla yapılmakta ve pasif kurutucularda ise ısı, rüzgâr basıncı veya kaldırma kuvveti ile doğal yoldan dolaştırılır veya alternatif olarak bu ikisinin hibrid kombinasyonu ile kurutucular çalışır. En yaygın güneş enerjisi kurutucusu, güneş enerjisini daha yüksek miktarda toplayabilen ve sonuç olarak daha yüksek kurutma sıcaklığına ulaşabilen bir güneş kolektörüne bağlı raf tasarımına dayanmaktadır. Güneş kolektörü, şeffaf bir kapakla yönetilen basit bir kara kutu olabilir. Doğal konveksiyon veya sıradan bir güneş fanı, güneş kolektöründen raflara yerleştirilen

ürünlere hava akışını sağlamak için kullanılabilir. Tarım endüstrisinde büyük ölçekli uygulamalar için aktif bir kurutucu türü olan mekanize güneş kurutucusu kullanılır. Burada havayı ısıtmak için güneş enerjisiyle ısıtılan kazanlar kullanılır ve fanlar tarafından mahsullerin yataklarına yaklaştırmaya zorlandığı aktif bir kurutucu tipi kullanılır. Sonuç olarak, güneş enerjisiyle çalışan kurutma ekipmanları, ekonomik ve verimli olduğu için çiftçilere birçok fayda sağlamaktadır. Hasat tarihi seçiminde daha fazla esneklik sağlar ve depolama sırasında nemden kaynaklanan hasarlardan korumuş olunur (Wakjira, 2010).

2.3. Güneş Enerjisiyle Isıtılan Seralar

Tarımsal ekinlerden gereken verimi alabilmek için nem, sıcaklık ve ışık yoğunluğu dahil olmak üzere uygun bir ekosisteme gereksinim vardır. Bu parametrelerin mahsul büyümesi ve verimi üzerinde büyük etkisi vardır. Tüm bu parametreler, hiçbir zaman sabit kalmayan ve her zaman arzulanan bir şekilde elverişli olmayacak tarzda doğa tarafından kontrol edilir ve belirlenir. Çevre ve hava koşullarında, mahsuller gelişimi için bazen elverişli ve bazen çok kötü olan birçok değişken vardır. Tarım çiftliklerinde üretimin sürekliliği için elverişli bir ortam ve koşullar gereklidir. Bu koşullar seralar aracılığıyla rahatlıkla oluşturulabilir. Genel olarak, dünyadaki seralar fotosentez için aydınlatma ihtiyaçlarını karşılamak için güneş ışığını kullanır. Ancak ısıtma için gereken enerji fosil yakıtlar gibi farklı enerji kaynaklarından temin edilebilmektedir. Seralarda genelde bitkilerinin büyümesi için gereken sıcaklığı elde etmek için petrol veya doğal gaz gibi geleneksel enerji kaynakları kullanılır. Bununla birlikte, güneş enerjili seralar hem ısıtma hem de aydınlatma için güneş enerjisini kullanmak üzere inşa edilmiştir. Güneş serası, ekinlerin ve sebzelerin uygun iklim koşulları ve uygun koşullar altında yetiştirildiği kapalı bir yapıdır. Serada fotosentez için kontrollü bir güneş ışığı temin edilmekte ve ayrıca dışarının sıcak veya soğuk olmasından bağımsız olarak ekinler için uygun bir sıcaklık sağlanmaktadır. Bu yüzden güneş seralarında yıl boyunca ekin yetiştirilebilir. Bu seralarda güneş enerjisi değişik şekillerde toplanıp depolandığından sera tasarımlarında farklılıklar vardır. Güneş seralarında ekinlerin büyümesini etkileyen birçok parametre vardır. Bunlar güneş ışığının yoğunluğu, sera sıcaklığı, çevre sıcaklığı, sera ve çevresinin nemi, besin maddeleri ve karbondioksit gibi parametrelerdir. Sonuç olarak seralar bitkilere kontrollü koşullarda büyüebilecekleri bir ortam ve tüm bu parametrelerin optimize edilmiş değerlerini sağlar. Güneş enerjisiyle çalışan bir seranın tasarımı, birçok açıdan sıradan bir seradan farklıdır. Güneş serası tasarımında etkin bir sera tasarımı için burada sıralayacağımız unsurlara dikkat edilmelidir. Bu unsurlar sırasıyla ifade edilirse; camlar güneş enerjisini maksimum alacak şekilde yönlendirilmeli, soğuk havlarda güneş ısını tutmak için farklı ısı depolama malzemeleri kulla-

nılmalı, ısı kaybını en aza indiren cam malzemeler tercih edilmeli ve son olarak sıcak havalarda serayı serin tutabilmek için doğal havalandırma kullanılmalıdır (Tariq, Ashraf ve Hasnain, 2021)

Sera ısıtması sayesinde çiftçiler, tarımsal üretim için uygun olmayan iklim koşullarında bile farklı birçok türde ürün yetiştirerek dünyadaki gıda kıtlığı sorununun azalmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca mevsim gözetmeksizin yıl boyunca her türlü mahsulün veya meyvenin yetiştirilebilmesi imkânı oluştururlar. Sonuç olarak, insanlar tüm yıl boyunca mevcut olan her türlü gıdayı tüketebilme imkânına kavuşur. Cihaz, gece ve hatta bulutlu hava koşullarında kullanım için ısıyı muhafaza etmeye yardımcı olur. Sistem genel olarak güney tarafında güneş ışığını yakalamak için inşa edilirken, kuzey tarafı daha yüksek bitki büyümesini teşvik etmek için alanı ısıtmak için penceresiz olarak yalıtılmıştır. Bu çiftçilik yöntemi, güneş enerjisinden maksimum seviyede faydalanmayı sağlayan malzemeleri kullanarak çiftçilik üretimini iyileştirmek için sıcaklığı kontrol edebilme ve yenilikleri uygulama imkânı oluşturmaktadır. Çiftçiler, seralar aracılığıyla iklimin olumsuz etkilerini minimize edebilirler. Örneğin, soğuk iklimlerde çiftçiler seraların içindeki ısıtıcıları devreye sokarken, nemli veya kuru iklimlerde fan kullanabilirler. Örtü altı yetiştiriciliğinin bir diğer avantajı da çiftçilerin ürünlerini dikey alanda, raflarda veya tavadan sarkıtarak yetiştirmelerine olanak sağlaması ve bu sayede tarımsal alanından tasarruf etme imkânı elde etmeleridir. Bu yöntemi kullanmanın öne çıkan başlıca avantajlarından biri güneş enerjisiyle çalışan bir sera fosil yakıt kaynaklarıyla ısıtılan bir seradan genellikle çok daha düşük enerji faturası çıkarır ve aynı zamanda çevre temiz bir enerji kaynağıdır. Dezavantajı ise bulutlu günlerde yeterli ısı elde edilememesidir (EREC, 2003; NYSERDA, 2009).

2.4. Güneş Enerjisiyle Çalışan Traktörler

Traktör, tarımsal işlemleri çok kolaylaştıran, mahsul verimini ve üretimini artıran, tarımda kullanılan temel bir makinedir. Traktörler, kendilerine takılan çeşitli araç ve gereçler yardımıyla tohum ekimi, gübreleme, ilaçlama, mahsul hasadı gibi birçok işlemin yerine getirerek gerekli gücü temin ettiğinden çok fonksiyonlu ve kompakt bir makine işlevi görür. Traktör ayrıca çiftliklerde ve pazarlarda mahsul ve malzeme taşımak için de kullanılır. Traktörler genelde motorinle çalıştığından tarımsal faaliyetlerin maliyetini artırır. Aynı zamanda bir fosil yakıt olan motorinin yanmasıyla ısı oluşumu esnasında karbondioksit ve bazen de tam yanma gerçekleşmediğinde karbon monoksit başta olmak üzere çevreye zararlı atıklar üretildiğinden hava kirliliğine yol açar. Güneş enerjili traktörler, gündüzleri PV aracılığıyla doğrudan güneş enerjisinden üretilen elektrikle çalışabilen ve geceleri de gündüzleri akülerde depolanan enerjiyi kullanarak çalışmaya devam edebilen iyi bir seçenek haline gelmiştir. Güneş enerjili traktörler,

teknolojik olarak bir nevi başlangıç aşmasında olmasına rağmen teknolojik gelişim potansiyelinden dolayı tarımsal faaliyetlerin maliyeti düşük ve temiz bir enerjiyle gerçekleşmesi konusunda büyük umut vaat etmektedir (Sutar ve Butale, 2020). Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren güneş panelleri (PV), traktörlere bağlanan ekipmanlara sabitlenerek gereken elektrik enerjisi temin edilir. Genelde güneş panelleri traktörün üstüne montajlanır. Ancak bu şekilde güneş enerjisiyle çalışan bir traktörün akülerinde depolanabilecek enerji çok küçük olduğundan bir traktör tek bir akü şarjı ile uzun süre çalışamaz. Tarlalarda güneş enerjisiyle çalışan elektrikli traktörlerde kullanılan akülerin enerji yoğunluğunun düşük olmasından dolayı çalışma verimliliği de düşüktür. Ayrıca akülerin şarj süresi nispeten uzun olduğundan traktörleri uzun süre çalıştırabilmek için yedek aküye ihtiyaç duyulacaktır (Vaidya, 2019).

2.5. Güneş Enerjisiyle Çalışan Sulama Sistemleri

Sulama, mahsullerin büyümesi için temel bileşenlerden biri olan suyun ekine erişimini sağlar. Tarım, sektörü dünyadaki en büyük su tüketicisidir ve tatlı su tüketiminin yaklaşık %70'i tarımsal üretimde harcanmaktadır. Dünyada genelde yeraltı sularının önemli ölçüde çekilmesi, sulamanın su pompaları aracılığıyla yapılmasını zorunlu kılması fosil yakıt talebinin artışına da neden olmaktadır. Sulamada fosil yakıtların yerine bir enerji ikamesi olarak güneş enerjisinden faydalanmak çevresel atıkları önlemek ve maliyetinin ucuzlamasını sağlamasından dolayı sürdürülebilir bir tarım için önemli bir potansiyel vaat etmektedir. Güneş enerjisiyle çalışan su pompalarının dizel benzeri fosil yakıtlarla çalışan geleneksel su motorlarına göre çeşitli avantajları vardır. Örneğin fosil yakıtlarla çalışan motorlar hem enerji tüketimi pahalı hem de gürültü çalışmakta ve hava kirliliğine yol açmaktadırlar. Ayrıca, bir dizel pompanın başlangıç yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti ile değişen parçalarının maliyeti, bir güneş fotovoltaik (PV) pompasından 2-4 kat daha yüksektir (Shiklomanov, 2000). Bu nedenle, güneş enerjili su pompalama sistemi, uygun maliyetli, çevre dostu ve düşük bakım gerektiren bir çözüm olup, özellikle kırsal bölgelerdeki yeraltı sularının pompalanması veya ekinleri sulamak için su depolama havuzlarından su pompalamada ideal bir sistemdir.

Güneş enerjili pompalama sistemlerinin uygun şekilde tasarlanması ve damlama, fıskiye, yağmurlama veya yatak ve karık sulama yöntemleri gibi yüksek verimli sulama sistemleri ile ilişkilendirilmesi durumunda daha ekonomik bir seçenek olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, sınırlı su mevcudiyeti ve tuzlu yeraltı su kaynakları nedeniyle güneş enerjisi sistemlerinin kurulduğu alanlar için yenilikçi çözümü benimsemek için büyük bir potansiyel vaat etmektedir. Buna ek olarak, sulama yapıldıktan sonra var olan kaynak çiftlikte başka amaçlar için de kullanılabilir. Güneş enerjisiyle çalışan su pompası, çalışma için gerekli enerjiyi güneş

ışığını elektriğe dönüştüren fotovoltaik (PV) panellerden karşılamaktadır. PV paneller, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bir motora (DC veya AC) bağlanır. Bu mekanik enerji, su kuyusu veya kotası düşük su kaynağından suyu istenilen yüksekliğe pompalamak için kullanılır. Bir güneş enerjisi pompalama sisteminin su pompalama kapasitesi, basma yüksekliği, akış ve pompaya giden güç temelinde belirlenir. Su pompasının verimli çalışması için gereken güç miktarına göre gereken fotovoltaik (PV) panel büyüklüğü belirlenir. Tipik bir güneş enerjisi pompalama sistemi, bir pompalama ünitesi, güneş panelleri, invertör, PV montaj yapısı ve ayak vanaları gibi ekipmanlardan oluşur. Güneş enerjisi pompalama sistemi bileşenleri ve tasarımı hakkında detaylı bilgi literatürde bulunabilir (Bingöl, 2021). Güneş enerjili su pompaları dalgıç, yüzey ve yüzer su pompaları olarak sınıflandırılabilir. Gerekli miktarda suyu daha derin kuyulardan çıkarmak için dalgıç pompalar tercih edilir. Bununla birlikte, yüzey pompaları sığ yeraltı suyu akiferlerinden (kayaçlardan) su çıkarmak için kullanışlıdır. 25°C'nin üzerindeki sıcaklık güneş enerjisini azaltır. Toz birikimi de PV panellerin verimini düşürür. Sprinkler temizleyici/soğutucu takılı değilse, kir ve sıcaklık etkilerini karşılamak için ek %25-30 PV panelleri gerekir. Ancak, bölgenin hava kalitesi koşullarına bağlıdır. Toz giderme ve sıcaklık etkilerini azaltmak için sprinkler kullanılmasının PV güneş paneli performansını %7-9 oranında iyileştirdiği bulunmuştur. Ayrıca güneş enerjisiyle çalışan pompa sistemlerinin verimi, güneş panelleri manuel olarak kontrol edilerek %20'ye kadar artırılabilir. Otomatik güneş izlemenin kullanılması, pompa verimliliğini yükseltir ancak sistem maliyetini önemli ölçüde artırır (Chandel, Naik ve Chandel, 2015)

2.6. Güneş Enerjisi Yardımıyla Gübre Üretimi

Gübreler, mahsul verimini artırmada modern tarımda merkezi bir role sahiptir. Gübre üretiminde iyi bilinen bir Haber-Bosch termokimyasal işlemiyle üretilen amonyak, en önemli kimyasal gübrelere biridir. Bu işlemle yılda 140 milyon ton amonyak üretilmektedir. Bu amonyak üretimi, yılda yaklaşık 2,5 Exajoule varan büyük miktarda enerji tüketir. İşlemi yürütmek için hidrojen metandan elde edilir ve bu da yılda 340 milyon ton karbondioksitin çevreye salınmasına sebep olur (Comer vd., 2019). Amonyak üretim tesislerinin kurulumu büyük maliyet gerektirdiğinden dünya çapında 100'den az amonyak üreten işletme vardır. Gübrelerin daha iyi kullanılması için bu geleneksel gübre üretiminin büyük işletmeler yerine yerelde küçük işletmeler aracılığıyla yapılması küçük ölçekli sürdürülebilir tarım büyük katkı sağlayacaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için güneş enerjisine dayalı gübre üretimi iyi bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Güneş enerjisi, dinitrojeni, mahsuller için besleyici azot bileşenlerine (gübrelere) dönüştürebilir. Yerelde güneş enerjisi yardımıyla gübre üret-

me, uluslararası nakliye maliyetlerini en aza indirerek azot temelli toprak besleyici gübrelerin üretim maliyetini büyük ölçüde azaltacaktır. Ayrıca, yerelde istihdam imkânı sağlayacaktır. Gelişmekte olan ülkelerde güneş enerjisiyle gübre üretimini gerçekleştirebilmek, ülkelerin uzak kırsalındaki tarımı geliştirecek ve çiftçileri ekonomik olarak kazançlı kılacaktır. Her şeyden önce güneş enerjisiyle üretilen gübreler metan tüketimini ve karbon salınımıyla oluşan çevresel sorunları azaltmaya katkı sağlayacaktır. Güneş enerjisi kullanılarak gübre üretimi, çiftliklerde veya çitliklere yakın mahallerde güneş enerjisi, su ve havadaki azot kullanılarak azot bazlı gübreler üretmeyi kapsar. Bu yüzden eko-ekonomik bir avantaj sağlar. Bu güneş gübreleri amonyak kullanımını azaltacaktır. Yapılan bir araştırmada güneş enerjisiyle gübre üretimi amonyak veya üre bazlı gübrelerin kullanımını %10 oranında azaltarak yılda 250 Petajul enerji tasarrufu sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Güneş enerjisiyle gübre üretiminde daha fazla ilerleme sağlayabilmek için oda sıcaklığında dinitrojen fiksasyonu için iyi ve güvenilir bir stratejiye gereksinim vardır. Bu ilerleme ancak iyi tasarlanmış koşullar ve yaklaşımlarla biyomühendislik ve kataliz araştırmaları aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Güneş gübrelerinde nitrojenin bu şekilde sabitlenmesi, düşük nitrojen konsantrasyonu sağlayacak verimli elektrokimyasal ve fotokimyasal doğal süreçle gerçekleştirilebilir. Daha düşük azot konsantrasyonu içeren bu güneş enerjisiyle gübre eldesi, karakteristik olarak daha güvenli ve besleyicidir (Vicente ve Dean, 2017; Foster vd., 2018). Güneş enerjisi yardımıyla gübre üretimi, bazı yönlerden güneş hidrojenasyonu üretimine benzer. Çünkü ışık Emilimi olarak, katalizörlerin reaksiyonu ve emici malzemedeki enerji transferi her iki işlemde de yer alır. Ancak, güneş enerjisiyle gübre üretimi tarım çiftliği altyapısı ile entegre edilerek ve farklı uygulamalar için kullanılabilir. Güneş enerjisiyle gübre üretimi için gerekli olan bu tür süreçlerin önemli yönlerden bazıları, güneş enerjisinin yakalanması veya emilmesi, güneş gübrelerinin üretimi için kataliz reaksiyonu ve ayırma işlemleridir. Tüm bu güneş enerjisiyle gübre üretim sürecinde, güneş enerjisi güneş pilleri tarafından emilir ve/veya dinitrojen, oksijen ve suyu nitratlar ve sulu çözeltide amonyak gibi nitrojen ürünlerine dönüştürmek için bir elektrokimyasal reaksiyon başlatma potansiyeli sağlayan fotokatalitik parçacıklar tarafından emilir. Bu güneş yakıtı teknolojileri, merkezileştirilmiş devasa endüstriyel üretime kıyasla, merkezi olmayan uzak yerlerde veya tarımsal alanlarda üretim ve kullanım için iyi motivasyonlara sahiptir (Tariq, Ashraf ve Hasnain, 2021).

2.7. Güneş Enerjisiyle Süt Mandıralarının Enerji İhtiyacının Karşılanması

Küçük süt üreticilerinin süt değeri zinciri, güneş enerjisiyle soğutma teknolojisi kullanılarak geliştirilebilir. Süt soğutma teknolojisi maliyet-

lidir ve çoğunlukla küçük mandıra sahiplerinin bu amaçla göl tesisleri vardır. Genellikle, bu küçük ölçekli mandıra sahipleri, üyelerinden topladıkları sütü, pazara veya süt fabrikalarına tedarik etmektedirler. Sıcak iklim koşullarında sıcak havalarda sütü soğutan tesislerin gölleri, sütte yüksek oranda bakteri oluşmasına neden olabilmektedir. Sütün korunmasını sağlamanın acil ve en basit bir yolu, soğutma amacıyla buz veya dondurucu kullanmaktır. Ancak, küçük mandıraların çoğu ulusal enerji nakil hatlarının olmadığı uzak kırsal bölgelerde konumlandıklarından güneş enerjisiyle çalışan dondurucular iyi bir seçenek olarak durmaktadır. Bu dondurucularda üretilen buz, daha iyi ve etkili bir soğutma için süt konteynerlerinde kullanılabilir. Dünyada birçok akademik araştırma enstitüsü, güneş enerjisiyle aracılığıyla etkili süt soğuma konusunda geliştirme çalışmalarına devam etmektedirler. Ancak hâlihazırda var olan güneş enerjisiyle çalışan dondurucular kullanılarak sütü soğutmak için buz üretilmektedir. Süt kaplarına konulan buz miktarına bağlı olarak süt altı ile on altı saat arasında muhafaza edebilmektedir. Böylece bu mandıra çiftliklerinde, çevre dostu ve temiz enerji olan güneş enerjisinden yararlanarak süt ürünlerinin uzak ve ulusal elektrik şebekenin ulaşmadığı bölgelerde korunması sağlanmaktadır. Son olarak mandıralarda sterilizasyon işlemi için düşük sıcaklık değerine sahip buhara gereksinim duyulmaktadır. Gerçekten bu buhar güneş enerjisinden faydalanılarak üretilir. Parabolik oluklu kolektörler, buhar ve diğer yüksek sıcaklık gerektiren faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Süt çiftliklerinde, bu amaç için su sıcaklığını 27-67°C'den yükseltmek için güneş enerjisiyle çalışan su ısıtıcısından faydalanılabilir (Desai vd., 2013). Böylece süt mandıralarda güneşten elde edilen ısı enerjisi büyük bir enerji tasarrufu sağlayarak bu işletmelerin karlılığını artırmaya büyük katkı sağlayabilir.

2.8. Güneş Enerjisiyle Çiftliklerde Su ve Alan Isıtma

Güneş enerjisi, su ve alan ısıtması için de kullanılabilir. Güneş enerjili ısıtma sistemleri maliyeti düşük, kirlilik içermemesi ve çalıştırılması kolay olduğundan dolayı avantajlı bir sistemdir. Cihaz genellikle bir kolektör ve depolama tankından oluşur. Burada kolektördeki su gündüz ısıtılır, daha sonra pompalanır veya ısıtılan su depolama tankına iletir. Bu cihazın kullanılması, yılda 1,5 ton karbondioksit salınımını önleyebilir (Solar Water Heating, 2017). Güneş enerjisiyle alan ısıtma sistemi, ısıtma için sıcak su yerine ısı enerjisi kullanması dışında güneş enerjili su ısıtma sistemine benzer. Hayvancılık yapılan işletme ve Mandıraların kapalı alanlarının ısıtılmasında güneş enerjisiyle alan ısıtma sistemlerinden faydalanılır. Ayrıca bir çiftlik binasında güneş enerjisi alan ısıtma sistemi kullanıldığında kirlenmiş iç havayı değiştirerek hava kalitesini iyileştirir. Buna ek olarak güneş enerjisi kullanımı daha ucuz olduğu için enerji tüketiminden tasarruf sağlar. Güneş enerjisiyle alan ısıtma ayrıca artan doğal havalandırma

sistemi ile yaz aylarında sıcak havalarda karbondioksit varlığından kurtulmayı sağlar ve bu da hayvanların sağlıklı ve güvenli yetiştirilmesi için hava kalitesinin yükseltilerek iyileştirilmesine yardımcı olur (Aroonsri-morakot ve Laiphrakpam, 2019).

2.9. Fotovoltaik Elektrik Üretimi

Fotovoltaik teknolojisi, herhangi bir çevresel tahribat olmadan bir cihazdaki güneş radyasyonunu elektrığe dönüştürmeye yardımcı olur (Ali vd., 2012). Herhangi bir zamanda kullanılabilir. Ancak güneş ışığı güçlü olduğunda veya doğrudan Foto Voltaik bileşene çarptığında elektrik frekansı daha güçlü olur. Bu cihaz güneş pili olarak işlev görerek ilde depolanmış enerji şeklinde kullanılabilir veya elektrik nakil hatlarının geçmediği bölgelerde doğrudan elektrikli cihaz olarak kullanılabilir. PV enerjisinin kullanılması, dizel jeneratörler, rüzgâr türbinleri veya piller gibi diğer elektrik üreten sistemleri kullanmaktan daha ucuz ve bakım maliyeti daha düşük olduğundan toplam maliyet açısından daha tasarrufludur. Ayrıca, bu sistem aracılığıyla elektrik üretimi yenilenebilir ve gürültü veya kirlilik olmadan gerçekleşir. Bu cihaz elektrik bağlantısının olmadığı uzak yerlerde, tarım çiftliklerinde ve tarımsal sulamada ve kırsaldaki köylerin su ihtiyacını karşılama alanlarında kullanım için çok elverişlidir. Bu nedenle, çok sayıda çiftçi, hayvancılık, ekinler ve küçük ölçekli sulama için bir çözüm olduğu için yaz aylarında fotovoltaik enerjisine güvenmektedir (Pauline, 2016). Güneş enerjisinin birçok faydası olmasına rağmen, bazı dezavantajları da vardır. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması ve aynı zamanda akşam saatlerinde güneş enerjisinden faydalanamamak öne çıkan dezavantajlarıdır, Güneş enerjisinden geceleri yararlanılmasından dolayı tesisin tüm gün sorunsuz çalışması için güneş pili gibi pahalı depolama cihazları gerekir ve pillerin her 3 ila 5 yılda bir değiştirilmesi gerekebilir. Güneş enerjisi dönüşümünün verimliliği nispeten düşük olduğundan, kurulum için ihtiyaç duyulan alan çok büyüktür. Son olarak, güneş enerjisi büyük ölçüde atmosfer koşullarına bağlıdır. Örneğin, bir hafta süren fırtına varsa enerji mevcut olmayabilir ve bulutlu günler yağmurlu günlere göre daha az miktarda güneş enerjisi sağlama eğiliminde olabilir.

3. Sonuç ve Tartışma

Tarım sektörü, insanoğlunun yaşamı için gerekli gıdayı temin ettiğinden hayati öneme sahip bir sektördür. Artan nüfus artışına karşın küresel iklim değişikliğiyle verimli tarım arazilerinin küçülmesi, dünyanın ihtiyaç duyduğu gıda talebini karşılayacak üretimin gerçekleştirilebilmesini güçleştirmektedir. Ayrıca Covid-19 salgınının tüm sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de üretimi sekteye uğratmıştır. Buna ek olarak Çin ve Rusya gibi yükselen Asya ülkelerinin güçlenmesinin önüne set çekmeye çalışan ABD öncülüğündeki Batılı güçlerin Ukrayna-Rusya savaşı örne-

ğinde olduğu gibi savaş kışkırtıcılığı yapmaları ve Çin-Tayvan örneğinde olduğu gibi gerilimleri yükseltme çabasına girişmeleri özellikle hububat ürünlerine erişimi zorlaştırmıştır. Bu nedenlerden dolayı da son iki yıl içinde gıda fiyatlarında, dramatik artışlar yaşanmıştır. Bu çalkantılı dönem gıda teminini zorlaştırdığından gıdada arz güvenliği daha da önemli hale gelmiştir. Buna ek olarak tarımsal faaliyetlerin yanı sıra tüm sektörlerde üretim faaliyetlerinin gerçekleşmesinde ana girdi olan enerjinin de önemini artırmıştır. Ukrayna-Rusya savaşının enerjide dışa bağımlı olan AB ülkeleri ve Türkiye için fiyat yükselmelerini beraberinde getirmesi, tüm sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de maliyetlerin çok yükselmesini yol açmıştır. Bu durum fosil kaynak fakiri tüm ülkeler gibi ülkemizde de enerjide yerel ve yenilenebilir kaynaklarından maksimum ölçüde faydalanmayı zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmada, tarımsal faaliyetleri kolaylıkla gerçekleşmesini sağlayan makine ve ekipmanların gereksinim duyduğu enerjinin güneş enerjisiyle karşılanması konusu detaylıca irdelenmiştir.

Tarımsal teknolojiler, tarımsal faaliyetleri kolaylaştırarak üretimde verimliliği arttırmakta ve aynı zamanda bu teknolojiler Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarıyla daha da geliştirilmektedir. Ancak teknolojiye bağlı tarımının bu hızlı gelişiminde enerjiye talep daha da atmıştır. Enerji arzının genelde fosil yakıtlardan sağlanması bu yenilemeyen kaynakların çevreye zararlı gazları salarak tüm canlılar için hayati tehdit oluşturmakta ve yanı sıra iklim değişikliğine yol açmaktadır. İklim değişikliğinin tarımsal üretime verdiği en önemli zararlardan biri verimli tarım arazilerin gittikçe küçülmesidir. Ayrıca sınırlı rezervlere sahip fosil yakıtlara olan talep artışı enerji maliyetlerinin gün geçtikçe yükselmesine de sebep olmaktadır. Bu sorunlarının üstesinden gelmek için daha ucuz, kolay ve bol miktarda bulunan; çevreye zarar vermeyen temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Neyse ki Güneş, üzerinde bol miktarda güneş yakıtı bulunan ve dünyanın ömrüne kadar sürebilen devasa bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle güneş enerjisi, yeryüzünde mevcut en büyük ve en ucuz enerji kaynağı potansiyelini vaat etmektedir. Tarımsal üretim faaliyetlerinde, güneş enerjisinin ısıtma özelliğinden doğrudan faydalanılmakta veya güneş enerjisi elektrik veya kimyasal gibi başka bir enerji türüne dönüştürülerek tarımsal makine ve ekipmanın enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde güneş enerjisini alternatif enerji olarak kullanmanın birçok faydası vardır. Güneş enerjisi teknolojileri; tohum ekim, gübreleme, sera ısıtma, mahsul kurutma, tarımsal sulama ve hayvancılık işletmelerinin enerji gereksinimleri karşılayarak enerji maliyet girdisinin büyük ölçüde düşmesine yardımcı olmaktadır. Buna ek olarak tarımsal faaliyetlerde doğrudan veya dolaylı olarak (termik güç santralleri aracılığıyla elektrik üretimi) fosil yakıtları yerine yenilenebilir ve temiz bir alternatif bir ener-

ji kaynağı olan güneş enerjisi kullanılması CO₂ emisyonunu azalmasına katkı sağlayacaktır. Çünkü CO₂, etkin sera gazlarından biri olup küresel ısınmayı artırarak küresel iklim değişikliklerine sebep olan bileşenlerden biridir. Fosil yakıtların aksine güneş enerjisi atmosfere sera gazı salmaz ve aynı zamanda ucuz, bol ve uygun maliyettedir. Bu da onu sürdürülebilir tarımsal üretim için iyi bir seçenek haline getirmektedir.

KAYNAKÇA

- Afsharzade, N., Papzan, A., Delangizan, S. and Ashjaee, M. (2016). On-farm energy use (Case of Dire County, Kermanshah Province). *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 6:217-224.
- Ali, S. M., Dash, N. and Pradhan, A. (2012). Role of renewable energy on agriculture. *International Journal of Engineering Sciences and Emerging Technologies*, 4:51-57.
- Aroonsrimorakot, S., Laiphrakpam, M. (2019). Application of Solar Energy Technology in Agricultural Farming for Sustainable Development: A Review Article. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(5):685-692.
- Ahamed, J. U., Saidur, R., Masjuki, H. H., Mekhilef, S., Ali, M. B. and Furqon, M. H. (2011). An application of energy and exergy analysis in agricultural sector of Malaysia. *Energy Policy*, 39:7922-7929.
- Behera, B. S., Behera, R. S. and Behera, A. C. (2015). Solar energy applications for agriculture in India. *International Journal of Energy, Sustainability and Environmental Engineering*, 1:107-110.
- Bellarby, J., Foereid, B. and Hastings, A. (2008). Cool farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential. Greenpeace International.
- Bingöl, A. (2021). Tarımsal Sulamada Güneş Enerjisinin Kullanımı: Muş İli Örneği. Muş Alparslan Üniversitesi Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Chandel, S.S., Naik, M.N., Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49:1084-1099.
- Comer, B.M., Fuentes, P., Dimkpa, C.O., Liu, Y., Fernandez, C.A., Arora, P., Realf, M., Singh, U., Hatzell, M.C. and Medford, A.J. (2019). Prospects and Challenges for Solar Fertilizers. *Joule*, 3:1578-1605.
- Corré, W. J., Schroder, J. J. and Verhagen, A. (2003). Energy use in conventional and organic farming systems. In *Proceedings of the Open Meeting of the International Fertiliser Society*. Thursday 3rd April 2003 in London, pp. 24-24.
- Costantini, V., Bracceva, F. (2017). Social costs of energy disruptions. Center for European Policy Studies: Brussels, Belgium, 2004; Retrieved from <http://www.ceps.be>.
- Desai, D.D., Raol, J.B., Patel, S., Chauhan, I. (2013). Application of Solar energy for sustainable Dairy Development. *European Journal of Sustainable Development*, 2(4):131-140.
- EREC. (2003). Agricultural applications of solar energy. Energy efficiency and Renewable Energy Cleaning house (EREC) United State Department of Energy, Merrifield. Retrieved from www.p2pays.org/ref/24/23989.htm.

- Fang, H., Li, J., Song, W. (2018). Sustainable site selection for photovoltaic power plant: An integrated approach based on prospect theory. *Energy Conversion and Management*, 174:755-768. doi:10.1016/J. ENCONMAN.2018.08. 092. 406
- Foster, S.L., Bakovic, S.I., Duda, R.D., Maheshwari, S., Milton, R.D., Minter, S.D., Janik, M.J., Renner, J.N. and Greenlee, L.F. (2018). Catalysts for nitrogen reduction to ammonia. *Nature Catal.*, 1:490-500.
- Krishna,S., Yadav, G., Kumar, H., Punith, N., Ashwini, M.V. (2021). Bluetooth Based Solar Seed Sowing Machine. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*,8(9)-a518-a522. <http://www.jetir.org/papers/JETIR2109072.pdf>
- NYSERDA (2009). Introduction to solar energy applications for agriculture. New York State Energy Research Development Authority, New York. Retrieved from www.power Naturally.org.
- Sawalakhe, P.V., Wandhare A., Sontakke, A., Patil, B., Bawanwade, R. & Kurjekar, S. (2015). Solar Powered Seed Sowing Machine. *Global Journal of Advanced Research*, 2(4):712-717
- Shiklomanov, I.A. (2000), World water resources and water use: Present assessment and outlook for 2025, in World Water Scenarios Analyses, edited by F. R. Rijsberman, Earthscan, London.
- Sutar, S.M., Butale, M.C. (2020). Solar Powered Multi-Functioned Electric Technology in Agriculture 20 Tractor for Agriculture Usage. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3 (3).
- Tariq, G. H., Ashraf, M., Hasnain, U. S. (2021). Solar Technology in Agriculture. In Ahmad, F. & Sultan, M. (Eds.), *Technology in Agriculture*. London, United Kingdom, IntechOpen.
- UCS (2017). Renewable Energy and Agriculture. Union of Concerned Scientists, Cambridge, UK. Retrieved from http://www.ucsusa.org/clean_energy/coalvswind/gd_reandag.html.
- Vaidya, A.S. (2019). A Study of Solar Electric Tractor for Small Scale Farming. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 8(3).
- Vicente, E.J., Dean, D.R. (2017). Keeping the nitrogen-fixation dream alive. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114:3009-3011.
- Wakjira, M. (2010). Solar drying of fruits and windows of opportunities in Ethiopia. *African Journal of Food Science*, 4(13):790–802.
- World Farmers’ Organisation (2017). Agricultural applications of solar energy - Overview and policies. Retrieved from <http://www.wfo-oma.com/news/agricultural-applications-of-solar-energy-overviewpolicies.html>.