

USE OF CLIMATE-RESILIENT PLANTS IN ARID AND SEMI-ARID LANDS

Bilgi SARIHAN - Ramazan ACAR - Aydın UZUN

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: bilgisarihan48@gmail.com

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6074-5966>

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Mail: racar@selcuk.edu.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3347-6537>

Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Mail: aydinuzun@erciyes.edu.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9496-0640>

ABSTRACT

The world is currently undergoing significant impacts from global warming, exacerbated by rapid population growth and increased energy and fuel consumption, leading to the degradation of natural resources. Climate change, as a consequence of global warming, is causing a rising incidence of drought and related problems in various regions, including Türkiye. The issues faced in arid and semi-arid areas at risk of drought include wind erosion, desiccation, and desertification. Efforts to identify sensitive areas vulnerable to desertification and wind erosion are crucial for developing effective rehabilitation strategies. By prioritizing the identification and adaptation of climate-resilient plants, the objective is to support the rehabilitation of such areas. In this context, recent initiatives by the General Directorate of Combating Desertification and Erosion (ÇEMGM) focus on identifying and implementing climate-resilient herbaceous, semi-shrub, shrub, and tree species for afforestation projects. Data on the survival rates and growth metrics of plants applied in local arid and barren soils have been meticulously monitored and documented. The findings indicate that species such as crested wheatgrass (*Agropyron cristatum*), intermediate wheatgrass (*Agropyron intermedium*), kochia (*Kochia prostrata*), four-wing saltbush (*Atriplex canescens*), and tamarisk (*Tamarix* sp.) have demonstrated higher adaptation rates in these environments. Furthermore, molecular characterization studies and tissue culture analyses of materials collected from various genotypes of wild pear (*Pyrus elaeagnifolia*) and hawthorn (*Crataegus* spp.) in drought-prone regions have revealed significant genetic variation among the genotypes. Resistant and genetically superior genotypes have been identified and propagated through grafting to establish genetic resource gardens. The plant adaptation and identification efforts offer solutions for determining suitable species for afforestation in areas sensitive to desertification and wind erosion, while also ensuring the sustainability of plant sourcing. In the past, experiences have highlighted the importance of using certain climate-resilient plant species in combating wind erosion and desertification, emphasizing their role in achieving success in such areas. Given the ecological conditions and anthropogenic impacts, it is essential to implement key criteria in afforestation activities, such as site protection, land preparation, and ensuring planting success through practices such as initial watering of seedlings, water harvesting, and soil conservation techniques. The overall objectives of these studies include the establishment of new carbon sink areas with zero emissions, the rehabilitation of degraded pastures and other non-forested areas, contributing to the balance of land degradation, improving soil ecology, creating feed and food sources, and providing climate-resilient, nature-based solutions for urban environments through drought-resistant afforestation in parks, gardens, and urban forests.

Keywords: Climate Change, Drought, Arid and Semi-Arid Lands, Wind Erosion, Desertification, Climate-Resilient Plants

Makale Atıf Bilgisi:

Sarıhan, B. – Acar, R. – Uzun, A. (2024). "Kurak ve Yarı Kurak Alanlarda İklim Dirençli Bitkilerin Kullanılması". *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, Yıl: 3, Çölleşme, Erozyon ve İklim Değişikliği Özel Sayısı, s. (183-223)

Makale Türü:

Araştırma

Geliş Tarihi:

30.10.2024

Kabul Tarihi:

3.11.2024

Yayın Tarihi:

08.11.2024

Yayın Sezonu:

Kasım 2024

KURAK VE YARI KURAK ALANLARDA İKLİM DİRENÇLİ BİTKİLERİN KULLANILMASI

Bilgi SARIHAN - Ramazan Acar - Aydın UZUN

ÖZ

Hızlı nüfus artışıyla birlikte enerji ve yakıt tüketimindeki artışın yanı sıra doğal kaynakların tahribi sonucu küresel ısınmanın etkileri giderek ciddi boyutlarda hissedilmektedir. Küresel ısınmanın bir sonucu olan iklim değişikliği, dünyanın bazı bölgelerinde olduğu gibi Türkiye’de de kuraklığa bağlı sorunların katlanarak artmasına neden olmaktadır. Kuraklık riski altındaki bölgelerde bulunan kurak ve yarı kurak alanların sorunları arasında rüzgâr erozyonu, çoraklık ve çölleşme gibi problemler yer almaktadır. İyileştirme çalışmalarına öncelik verilecek sahaları belirten çölleşmeye ve rüzgâr erozyonuna hassas alanların belirlenmesi çalışmaları, olumsuzluklarla mücadelede önemli bir altlık olarak kullanılmaktadır. Kurak ve yarı kurak alanlar ile marjinal sahalardaki olumsuzluklara karşı iklim dirençli bitki tespit ve adaptasyon çalışmalarına ağırlık verilerek, bu tür sahalarda iyileştirilmesinde tespit ve adaptasyonu yapılmış türlere öncelik verilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, son yıllarda Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEMGM) tarafından bu alanlarda bitkilendirme çalışmalarında yer verilen, bazı iklim dirençli otsu, yarı çalı, çalı ve ağaç türlerinin tespiti ve uygulanması çalışmaları yürütülmektedir. İklim dirençli bitki tespit çalışmalarında, bazı yerel alanlardaki kurak ve çorak topraklarda uygulanan bitkilerin yaşama başarı oranları ve büyümeleri takip edilmiştir. Sonuçlara göre; otlak ayırığı (*Agropyron cristatum*), mavi ayırık (*Agrapyron intermedium*), bozkır otu (*Kochia prostrata*), dört kanatlı tuz çalısı (*Atriplex canescens*), ılgın (*Tamarix sp.*) gibi türlerin alana daha yüksek oranda adapte oldukları tespit edilmiştir. Diğer taraftan, kuraklığa sahip farklı bölgelerde yetişen doğal ahlut (*Pyrus elaeagnifolia*) ve alıç (*Crataegus Spp.*) genotiplerinden toplanan materyallerin moleküler karakterizasyon çalışmaları ve doku kültürü analizleri genotipler arasında yüksek düzeyde varyasyonların olduğunu ortaya koymuştur. Dirençli ve genetik olarak kaliteli genotipler belirlenip aşı ile çoğaltılarak genetik materyal bahçeleri oluşturulmuştur. Bitki adaptasyon ve tespit çalışmaları; çölleşme ve rüzgâr erozyonu hassasiyetinin yüksek olduğu bölgeler ile sorunlu toprak koşullarına sahip alanlarda bitkilendirme çalışmalarında kullanılabilecek uygun bitkilerin belirlenmesi ve bitki temininin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesini çözüm olarak sunmaktadır. Geçmişte, rüzgâr erozyonu ve çölleşmeyle mücadelede, bazı iklim dirençli bitki türlerinin kullanılmasının bu tür sahalardaki

başarısının sağlanmasıdaki önemini ifade eden deneyimlere değinilmiştir. Sahanın ekolojik koşulları ve antropojenik etkiler nedeniyle, bitkilendirme faaliyetlerinde sahayı koruma altına almak, arazi ön hazırlığı yapmak, bitki yetiştirmede bazı önemli kriter ve hususların uygulanması bu tür sahaların başarıya ulaşmasında önemli katkı sağlamaktadır. Çalışmaların genel amaçları arasında; sıfır emisyonda kilit rol oynayan yeni karbon yutak alanlarının oluşturulmasının sağlanması, bozulmuş mera ve orman dışı diğer alanların ıslahı, arazi tahribatının dengelenmesine katkı sağlanması, toprak ekolojisini iyileştirme, yem ve gıda kaynağı oluşturma yer almaktadır. Ayrıca, şehirlerde iklim değişikliğini tetikleyen ve iklim değişikliğinden kaynaklanan etkilere karşı iklim dirençli ve doğa temelli çözümler kapsamında yerleşim yeri park-bahçe alanları ve şehir ormanlarındaki kurakçıl bitkilendirme çalışmalarına katkıda bulunma olanaklarını sağlayabilmesi bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Kuraklık, Kurak ve Yarı Kurak Alan, Rüzgâr Erozyonu, Çölleşme, İklim Dirençli Bitkiler

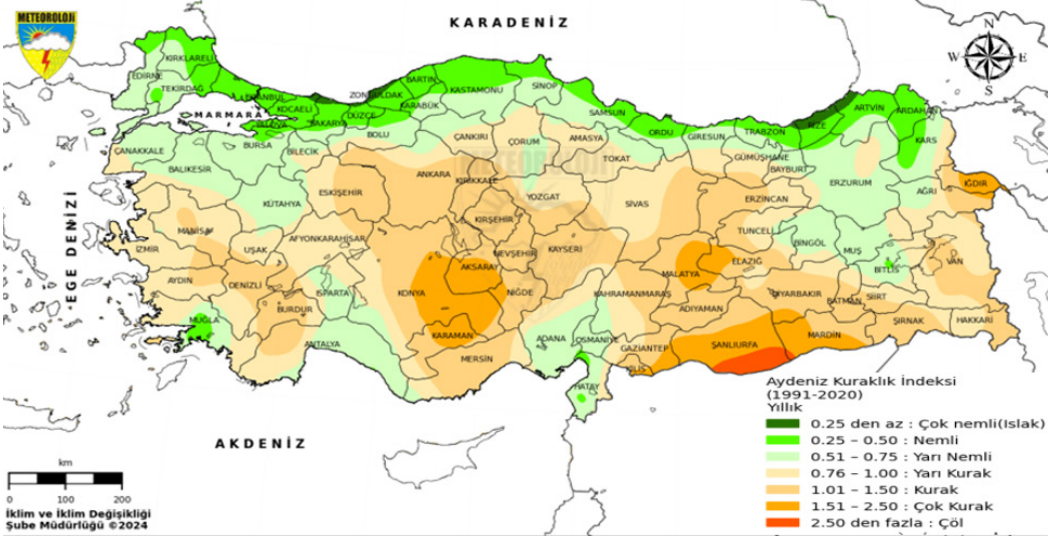
1. Giriş

Sera gazı salınımlarındaki artışla birlikte, antropojenik küresel ısınma hızının arttığı ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan iklim değişikliğinin yaşandığı bir sürece girildiği vurgulanmaktadır (Türkeş, 2008). İnsan faaliyetleri olarak fosil yakıtların kullanılması, sanayiye bağlı kimyasal süreçler, ulaşım faaliyetleri ve yanlış arazi kullanım şekilleri gibi etkinlikler küresel ısınmaya sebep olmaktadır (Türkeş, 2003).

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2013 yılında yayımlanan son raporuna göre, yakın gelecekte Akdeniz Havzası'nda sıcak hava dalgalarında artış olabileceği ve Türkiye'de sıcaklıkların 1-2 °C artış gösterebileceği belirtilmiştir (IPCC, 2013). Küresel ısınmadan etkilenme riski yüksek olan Türkiye'de, önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğinin etkisi olan kuraklık sorunu ile birlikte kurak ve yarı kurak alan miktarlarının artacağı, buna bağlı olarak erozyon, çoraklık (tuzluluk ve alkalilik) ve çölleşme sorunlarının ciddi boyutlara ulaşacağı üzerine durulmaktadır (Türkeş, 2002). Özellikle, İç Anadolu bozkırlarına komşu arazilerin yarı kurak alanlar vasfına dönüşeceği vurgulanmaktadır (Gül vd., 2019).

Dünya karasal alanlarının yaklaşık %46'sını kurak ve yarı kurak alanlar oluşturmaktadır. Dünya üzerinde kurak alanlar ise dünya yüzeyinin yaklaşık %35'ini kaplamaktadır. Tam karasal iklim koşullarında yer alan çöller de eklendiğinde dünya alanının %41,3'lük kısmında kuraklık tehdidi söz konusudur. Türkiye, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi'nde belirtildiği gibi kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanları barındırmaktadır. Ülkemizin yaklaşık %65'i kurak ve yarı kurak alanlar vasfında olduğu belirtilmiştir (UNCCD, 2011). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) kullandığı Aydeniz

iklim sınıflandırmasına (Şekil 1) göre, Türkiye ikliminin belirlenmesinde yer alan parametreler; ortalama sıcaklık, yağış, ortalama nispi nem ve ortalama güneşlenme süresidir. Uzun yıllara ait (1991-2020) verilere göre aylık olarak yapılan hesaplamalarda, özellikle vejetasyon devresi boyunca (Nisan-Ekim) kuraklık felaketinin yaşandığı ortaya konmuştur. Yıllık iklim sınıflandırmasında çok nemliden çöl iklimine doğru sıralanarak sınıflandırmalar sonucunda, ülkemizin kuraklık tehdidi altında olan bölgeleri İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, yer yer Akdeniz ve Ege bölgelerinin iç kısımları ile yerel olarak Doğu Anadolu'nun İç Anadolu'ya bağlanan yerleri ve İç Anadolu'nun iç kısımları olduğu belirtilmiştir (MGM, 2024).



Şekil 1: Aydeniz İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi (MGM, 2024)

ÇEMGM, ülkemizde yer alan kurak ve yarı kurak alanlardaki sorunlu alanları ve hassasiyetlerini (çölleşme ve rüzgâr erozyonu hassasiyetleri) belirleyerek, bu alanlardaki olumsuzluklarla (kuraklık, rüzgâr erozyonu, çoraklık ve çölleşme) mücadele kapsamında kullanılabilir iklim dirençli bitkilerin adaptasyon, tespit ve uygulama çalışmalarını paydaşlarla birlikte yürütmektedir.

Bu çalışmada, başlangıçta küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak kuraklık konusuna değinilmiştir. Kuraklıkla birlikte kurak ve yarı kurak alanlardaki sorunlar vurgulanarak, bu sorunlarla mücadelede dikkate alınması gereken çalışmalardan bahsedilmiştir. Bu bağlamda, çalışma üç bölüm halinde sunulmuştur: 1) Kuraklık tehdidi altındaki alanlarda (mera, orman dışı diğer alanlar) insan kaynaklı tahribatlar, çölleşme, rüzgâr erozyonu ve çoraklık problemlerine yer verilerek, bu problemlerin alansal dağılım ve sınıflandırma dağılımları ele alınmıştır. 2) Bu alanlardaki (kurak ve yarı kurak) problemlere karşı doğa temelli bir çözüm olarak, iklim dirençli bitkilendirmenin önemi

vurgulanmıştır. Bu kapsamda, bitki seçim kriterlerine, bitki ekim/dikim faaliyetlerinde başarıyı artıran hususlara ve bazı bitkilerin adaptasyonu ile tespit çalışmalarına yer verilmiştir. 3) Sonuç kısmında ise iki bölümün genel bir değerlendirmesi yapılarak önerilerde bulunulmuştur

2. Kurak ve Yarı Kurak Alanlarda Başlıca Sorunlar

2.1. Çölleşme Hassasiyeti

Çölleşme; kurak, yarı kurak, yarı nemli alanlarda iklim değişimleri etkilerinin yanısıra insan faaliyetlerinden de kaynaklanan arazi tahribatı sonucu ortaya çıkmaktadır. Çölleşme, arazi bozulumu etkenleri (insan faaliyetleri, kuraklık, toprak erozyonu ve çoraklaşma gibi) sonucunda dünya üzerinde yaklaşık 1,2 milyar insanın yaşam koşullarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir (IPCC, 2013). Çölleşme; kuraklık, toprak erozyonu, çoraklaşma, insan etkileri, küresel ısınma ve iklim değişikliği arasında birbirlerini etkileyen reaksiyon zinciri olarak gelişmektedir (Karagöz vd., 2015).

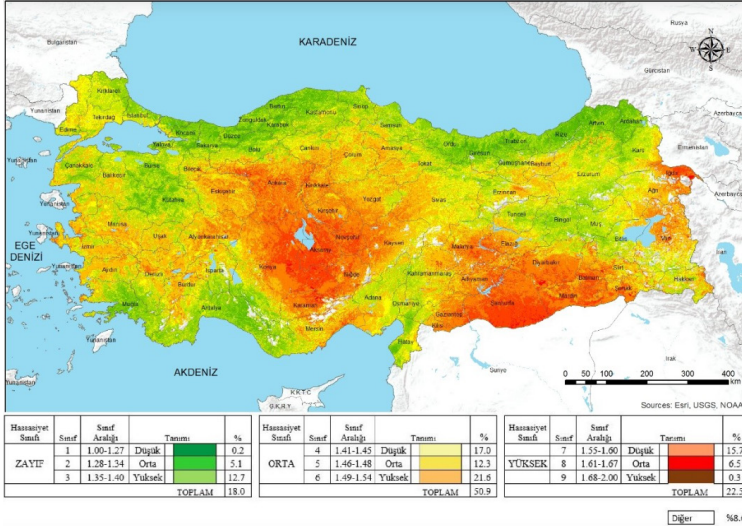
Kuraklığın her geçen gün daha yakından hissedildiği ülkemizin kurak ve yarı kurak bölgelerinde, yetişme evresi boyunca yağış eksikliği bitki yetişmesinin önünde büyük bir engeldir. Yıllık toplam yağışın, uzun yıllar yağışlarına kıyasla miktar olarak normallere yakın olsa da, iklim değişikliği ile birlikte vejetasyon mevsiminde yağışların ani ve şiddetli olması yağmur suyunun toprağa girmesini engelleyerek yüzeysel akışa neden olmaktadır. Yağmur suyunun toprakta depolanamaması, artan sıcaklık ve kuru esen rüzgârla birlikte evaporasyon (buharlaşma) oranının artması, bu alanların toprak nem noksanlığına uğrayarak bitkilerin yaşamsal faaliyetleri için gereken miktarda suya ulaşma olanaklarını oldukça düşürmektedir.

Meteorolojik kuraklığın ve akabinde tarımsal kuraklığın yaşandığı günümüzde, diğer taraftan yerleşim yeri, gıda ve yem kaynaklarına duyulan ihtiyaçların aşırı şekilde artması bazı olumsuz sebep ve sonuçları beraberinde getirmektedir. Yanlış arazi kullanımı, yanlış tarım uygulamaları (kimyasallar, toplu nadasa bırakma, tek düze ürün yetiştiriciliği, vahşi sulama, rüzgâr sezonunda uzun soluklu ekim sürüşleri, anız yakma, tarla kenarı çalı temizliği, su sondajları vb.) su kaynaklarının azalmasına ve tarım alanlarının çoraklaşmasına neden olmaktadır. Büyük çoğunluğu kurak ve yarı kurak alanlarda bulunan mera alanlarında aşırı otlatma, zamansız ve plansız otlatma, ıslah çalışmalarında uygun bitki türlerinin kullanılmaması, açmacılık ve mera alanlarının amaç dışı kullanılması gibi birçok bilinçsizce yapılan davranışlar da kurak ve yarı kurak alanlardaki sorunları tehlikeli boyutlara getirmektedir. Özellikle İç Anadolu

ve Güneydoğu Anadolu topraklarının toprak erozyonuna karşı korunaksız olması, bunun yanında arazi tahribatında sürece dahil olması bu bölgeleri çölleşmeyle karşı karşıya getireceği aşikârdır.

Bölgedeki doğal çevre, insanlar ve diğer canlıları olumsuz yönde etkileyen çölleşme; ekolojik ve ekonomik kayıplara neden olarak gıda ve su kıtlığı, hastalık, işsizlik ve göç gibi olumsuzluklara yol açmaktadır.

İklim, su, toprak, arazi örtüsü ve arazi kullanımı, topoğrafya ve jeomorfoloji, sosyo-ekonomi ve yönetim kriterlerinin kullanıldığı modelde, ÇEMGM ve TÜBİTAK-BİLGEM işbirliği tarafından ortaya konan 'Türkiye Çölleşme Hassasiyet Haritası'na (Şekil 2) göre, çölleşmeye meyilin özellikle kuraklık indislerinin ortaya koyduğu kurak ve yarı kurak alanların bulunduğu bölgelerde (İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu) yoğun olarak tespit edilmiştir. Ülkemizin %22,5'i yüksek riskli çölleşme tehdidi altında olup, %50,9'u orta, %18'i zayıf hassasiyet grubunda yer almaktadır (ÇEM, 2015). Türkiye'deki orman alanlarının yalnızca %0,36'sı yüksek çölleşme hassasiyetine sahipken, %30,79'u orta ve %68,86'sı düşük düzeyde çölleşme hassasiyetindedir. Tarım alanlarında çölleşme hassasiyeti daha yüksek derecede olup; tarım alanlarının yaklaşık olarak %26,25'i yüksek, %64,77'si orta ve %8,98'i ise düşük derecede çölleşme hassasiyeti altında bulunmaktadır. Mera alanlarının ise yaklaşık % 34,56'sı yüksek, %52,45'i orta ve %12,99'u düşük çölleşme hassasiyetine sahiptir. Konya gibi yarı kurak iklim özelliği gösteren bölgelerimiz, çölleşme tehdidi altındaki tehlikeli (koyu kırmızı uyarı) alanları oluşturmaktadır. Konya-Karapınar, Iğdır-Aralık ve Urfa-Ceylanpınar çok yüksek hassasiyeti gösteren bölgeler olarak görülürken, Tuz Gölü havzası, Ereğli-Karaman bölgesi, Urfa-Ceylanpınar-Mardin-Batman hattı ile Eskişehir çevresi orta ve yüksek hassasiyet grubunu oluşturmaktadır (ÇEM, 2015).



Şekil 2: Türkiye Çölleşme Hassasiyet Haritası (ÇEM, 2015)

2.2. Rüzgâr Erozyonu Hassasiyeti

Toprağın bulunduğu yerde korunup tutulması, bölgedeki çölleşmeyle mücadelenin arazideki uygulamalarının en başında gelmektedir. Nitekim toprak; sürdürülebilir tarım ve kaliteli çevre ekosistemi servislerini sağlamaktadır (Daily, 1997). Başka bir ifadeyle, toprak; gıda sağlama, iklim düzenleme, su koruma, hava kalitesi ve tarımsal sürdürülebilirlik gibi birçok fonksiyona hizmet etmektedir (Palm, 2014).

Kurak ve yarı kurak alanların çölleşmeye dönüşmesini hızlandıracak en büyük tehlikeler arasında, hatta son safhasında; toprağın üst katman verimli yüzeyin kaybına sebebiyet veren rüzgâr erozyonu yer almaktadır. Dünya nüfusunun altıda birinin kurak bölgelerde yaşadığı bilinmektedir (Gore, 1979). Öyle ki; bu alanlardaki geniş ovalarda arazi bozulmasının en büyük etkenleri yüksek hızda esen rüzgârlar ve kıt yağışlardır (Fryrear, 1981). Dünya genelinde 500 milyon hektardan fazla alan rüzgâr erozyonu tarafından olumsuz yönde etkilenmektedir (Grini, 2003). Küresel olarak bu etki, kurak ve yarı kurak alanlarda yalnızca yerel ve bölgesel çevrede değil, aynı zamanda kıtalar arasında verimli üst toprak besinleri ve toprak materyalinin taşınmasından da sorumludur (Gillette, 2004).

Türkiye’de, su erozyonu etkisi kadar üzerinde durulmayan, ancak 465.913 hektar alanda doğrudan ciddi problemler oluşturan rüzgâr erozyonunun, özellikle Orta Anadolu Bölgesi’nde ve özellikle de Konya-Karapınar (Şekil 3) ve çevresinde 322.474 hektar alanda tehlike oluşturduğu tespit edilmiştir (Acar, 2010). Ova, 1960’lı yıllarda kuraklık ile birlikte rüzgârın aşındırma, taşıma ve biriktirme etkileriyle şiddetli rüzgâr erozyonuna maruz kalarak arazi bozulmasının son safhası olan çölleşme tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır.

Tipik kurak bölge morfolojisinin görüldüğü Karapınar Ovasında, rüzgârın aşındırıcı ve biriktirici etkileriyle kum reliefleri oluşmuştur. Bunların oluşmasında, kayaç ve toprak özellikleri, yüzey şekilleri (eski göl tabanı, ova), iklim koşulları (sıcaklık, don olayları, rüzgâr yönü ve şiddeti ile kuraklık) başlıca faktörlerdir (Özdemir, 2023).

Sahada, yüzeyin rüzgâr erozyonuna uygun zeminin oluşması, topografik özelliklerin yanı sıra sahadaki kumların köken itibarıyla eski akarsu delta depoları olmaları ve buna bağlı olarak sahanın deflasyona elverişli olmasıdır (Erinç, 1963).

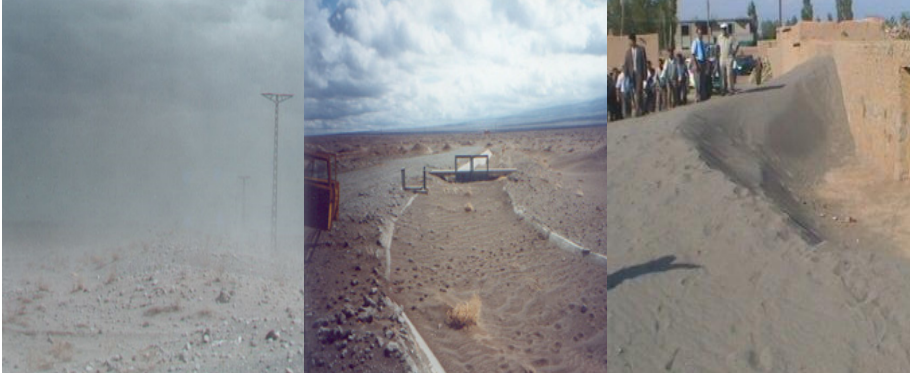
Karapınar Taşlığı çevresinde kireçtaşı, yaşlı piroklastikler, bazalt ve andezitler, kuvaterner yaşlı volkano-sedimenter kayaçlar, yamaç molozları, alüvyal yelpazeler, alüvyonlar ve kumlar bulunmaktadır. Ova tabanı ve volkanik tepeleri de bünyesinde bulunduran Karapınar Ovası, plüviyal göl tabanıdır. Göl ovasındaki klastik kayaçlar, çevreden ova tabanına yönelen akarsuların oluşturduğu alüvyal yelpazeler ve iklim özellikleri rüzgâr erozyonuna hassasiyeti oluşturmaktadır (Özdemir, 2023). Yılın yarısından fazlasında rüzgâr erozyonundan yoğun olarak etkilenen Karapınar, yarı kurak iklime sahiptir. 1964-2021 yılları arası istasyon verilerine göre yıllık ortalama

sıcaklık 11.2 °C, yıllık yağış miktarı ise 295.4 mm'dir. Ovada, don olayları sonucu kayalar ayrışarak rüzgârla taşınabilecek boyutlara dönüşmektedir. Yöredeki, çölleşme süreçlerinden olan kumullar ve kumul topografyasının oluşumundan kuşkusuz rüzgâr deflasyonu öncelikli etkidir (Erinç, 1963). Rüzgârın frekansı, hızı ve şiddeti materyalleri yerinden hareket ettirip, başka yerlerde depolanmasını sağlayacak nitelikte olan sahada; toprakların gevşek yapılı olması, kireç, tuz, jips içermesi ve kumlu tekstüre sahip olması rüzgâr erozyonuna karşı direnci düşürmektedir. Potansiyel evapotranspirasyonun 1.500 mm, yıllara göre 200-300 mm arasında değişen yağış miktarı ile kuraklık tehdidi altındaki yörede, doğal step yayılış göstermiştir. Seyrek yayılış gösteren step, yanlış arazi kullanımı ve aşırı otlatma ile birlikte bitki örtüsünün yok edilmesi rüzgâr erozyonunu önlemedeki etkili sürdürülebilir unsuru (bitki örtüsü) ortadan kaldırmaktadır. Sulak alanlardaki kurumalar, toprak yüzeyinin kuruyup toz haline gelmesine sebep olmuştur. Tüm bu etkenlere insan kaynaklı arazi tahribatı, aşırı otlatma ve yanlış arazi kullanımı da eklenmiş olup, Karapınar Ovasında, çöl bölgelerinde yaygın olarak görülen kum-toz fırtınaları artmış, tarım alanlarını, kara yolu ulaşımını, hava-su kalitesini ve yerleşim yerlerini tehdit ederek insanlar göç etmek zorunda kalmıştır (Özdemir, 2023). Ovada, hakim rüzgâr yönü N ve S kaynaklı rüzgârlardır. Hakim rüzgârlardan SW rüzgârları toprak malzemelerini (kum, toz) NE yönüne taşıdığı (Şekil 3) dönemde kum yığınlarını Karapınar önlerine kadar ulaştırmıştır (Erinç, 1963).



Şekil 3: 1960'lı Yıllar-Konya, Karapınar rüzgâr erozyonundan etkilenen, çölleşme etkisi altındaki alanda bilinçsizce yapılan insan kaynaklı doğal bitki örtüsünün tahribatı (sol üstte), oluşan kumullar (sağ üstte), olumsuz olarak etkilenen yerleşim yeri (sol altta) ve günümüzde mevcut eolien şekillerinden oluşan kum reliefinin olduğu örnek tepesi (sağ altta) (Konya Toprak, Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü arşivi)

Rüzgâr erozyonuna maruz kalmış ve çölleşmenin en hızlı gerçekleştiği illerden bir diğeri ise Iğdır'dır. Yıllık yağışın 250 mm olduğu bu bölgede aşırı kuraklık söz konusudur. Iğdır ilinin Aralık ilçesindeki saha, Türkiye'de Konya-Karapınar'dan sonra 13.542 hektarlık alanıyla ikinci büyük rüzgâr erozyonu sahasıdır. Rüzgârın çıkmasıyla birlikte, bitki örtüsünden yoksun olan bu sahada kumul hareketi başlayıp toz bulutu şeklinde yükselerek civardaki su ve hava kalitesini bozmuş; tıpkı Karapınar' da olduğu gibi yerleşim yerlerini, tarım alanlarını, sulama kanallarını, karayolu ulaşımını olumsuz şekilde etkilemiştir.



Şekil 4: 2004 Yılına ait Iğdır-Aralık rüzgâr erozyonu zararları ve çölleşme emareleri (Iğdır Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü arşivi)

ÇEMGM tarafından yürütülen çalışmalar neticesinde, rüzgâr erozyonu hassasiyetinin çok daha geniş alanlarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Ülkemizde yakın zamana kadar parsel bazlı çalışmalarla rüzgâr erozyonun etkilediği alanlar hesaplanmaya çalışılmıştır. İklim değişikliği de göz önüne alındığında, rüzgâr erozyonuyla mücadelede daha etkin olabilmek ve geleceğe yönelik sürdürülebilir çalışmaların ortaya konabilmesi için etkilenen alanların ülkesel ölçekte hesaplanması son derece önemlidir.

Bu nedenle ülkemizde rüzgâr erozyonu hassasiyetine sahip alanlar ile rüzgâr erozyonuna maruz kalan alanların bir sistemle tespit edilerek sürdürülebilir toprak yönetimi ve sürdürülebilir arazi yönetimi kapsamında bu alanlarda alınacak önlemlerin (rüzgâr erozyonu ile mücadele) belirlenmesinde ilgili planlayıcı devlet kuruluşlarınca da kullanılmak üzere model temelli sistemlerin kurulması maksadıyla Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli İzleme Sistemi (UDREMİS) kurulmuştur (ÇEM, 2016). Türkiye ölçeğinde rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarın modellenmesinde Yenilenmiş Rüzgâr Erozyonu Eşitliği: RWEQ (Fryrear, 2000) esas alınarak ÇEMGM tarafından değerlendirme çalışmalarına yönelik olarak 'Ulusal Ölçekte Rüzgâr Erozyonu Hassasiyet Haritası'nın (Şekil 6) hazırlanması hedeflenmiştir. Hesaplamalarda, İklim Faktörü (kg m^{-1}), Toprak Duyarlılık Faktörü (%), Toprak Kabuklanma Faktörü (%), Arazi

Pürüzlülük Faktörü, Bitki Örtüsü Faktörü (%) etmenlerinin kullanıldığı eşitlikte Birim Alandan Taşınan Toprak Kaybı'nın ($\text{kg m}^{-2}\text{yıl}^{-1}$) ortaya konması amaçlanmıştır (Şekil 5).

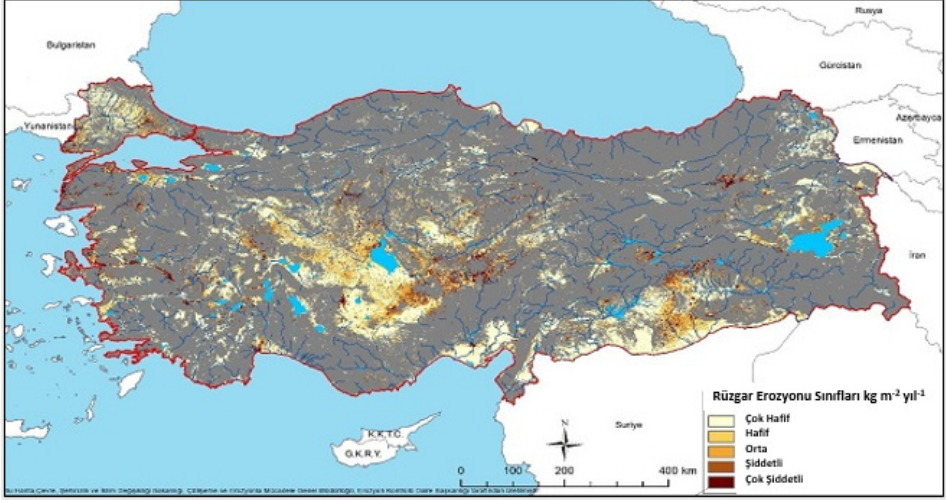


$$Q_{max} = 109,8 (W_F * E_F * S_{CF} * K' * S_{LRC})$$

$$s = 150,71 (W_F * E_F * S_{CF} * K' * S_{LRC})^{-0,3711} \quad S_L = \frac{2x}{s^2} Q_{max} e^{-\left(\frac{x}{s}\right)^2}$$

Şekil 5: Yenilenmiş Rüzgâr Erozyonu Eşitliği (ÇEM, 2018)

Kurak ve yarı kurak koşullar altındaki arazilerde, iklim faktörü hesaplamalarına göre mesafe bazında, rüzgâr erozyonuyla uzun yıllar yıllık ortalamada taşınan sediment miktarı $355.281 \text{ kg m}^{-1}$ olduğu ortaya konmuştur. Aylık bazdaki hesaplamalara göre ise özellikle İç Anadolu Bölgesinde, topografik yapısı itibariyle eğimin %6'dan az olduğu kurak, geniş ve düz tarım arazilerinde ve diğer orman dışı alanlarda toprak yüzeyine henüz vejetasyonun gelmediği Mart ayında en yüksek miktarda sediment kaybının yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır (İnce vd., 2018).



Şekil 6: Türkiye Rüzgâr Erozyonu Hassasiyet Haritası (ÇEM, 2018)

Model yaklaşımıyla, ülkesel ölçekte ve gerektiğinde farklı havza boyutlarında rüzgâr erozyonu durumunun da ortaya konabilmesi, çalışmanın çıktıları arasında yer alması amaçlanmıştır. 2018 yılı sonunda modelin tüm parametreleri güncellenerek, ulusal ölçekte rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarı ve rüzgâr erozyonu potansiyeline sahip alanları gösteren haritaya göre, ilk belirlemelerde 1,2 milyon hektar alanda şiddetli ve çok şiddetli rüzgâr erozyonu duyarlılığı olduğu hesaplanmıştır. Alansal olarak, Kızılırmak, Konya ve Dicle-Fırat havzaları en fazla duyarlılığa sahip havzalar olarak öne çıkmaktadır. Yerel ölçekte ise Konya-Karapınar, Iğdır-Aralık ve bazı kıyı kumulları yüksek hassasiyet göstermektedir. Bitki örtüsünden yoksun, geniş ovalara sahip, sert rüzgârlara maruz kalan, toprak nem açığının oldukça uzun süreli ve fazla olduğu, arazi tahribatına uğramış ve çölleşmeye yüz tutmuş kurak ve yarı kurak alanlar ile kumullarda rüzgâr erozyonu hassasiyetinin çok şiddetli olduğu model çalışma sonucunda ortaya konmuştur. Aynı zamanda, model; kum-toz fırtınalarının materyal kaynağını oluşturan alanları tespit etmede önemli rol oynamaktadır.

2.3. Marjinal Alanlar

Kurak ve yarı kurak alanların belirgin diğer bir sorunu, marjinal alanlar olarak da nitelendirilen tuzluluk-alkalilik (çoraklık) tehdididir. Dünya Toprak Haritası verilerine göre, dünya genelinde 954 milyon hektar alanın tuzluluk problemi nedeniyle bitkisel üretkenliğinin önemli ölçüde düştüğü belirtilmiştir. Özellikle tarım alanlarında, yanlış sulama yöntemleri ile drenajın zayıf olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda tuzluluk oluşmaktadır (Ekmekçi, 2005). Türkiye Geliştirilmiş

Toprak Haritası Etütleri'nin (1966-1971) tuzluluk-alkalilik kriterlerine göre ülkemizde 1.518,722 hektar alanda çoraklık (tuzluluk-alkalilik) mevcuttur. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün İl Arazi Varlığı Raporlarına göre, ülkemizde drenaj ve çoraklık problem görülen toplam alanı 2.569,297 hektardır (Sönmez, 2003). Toprakta biriken tuzlar, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozmakta ve bölgedeki bitkilerin gelişimini engellemektedir (Güngör, 1993).

Tablo 1: Çorak Toprakların Sınıflandırılması (U.S. SalinityLab. Staff, 1954)

| Toplam Tuz (%) | EC dS/m | Değişebilir Sodyum (%) | Ph | Toprak Adı |
|----------------|---------|------------------------|--------|--------------|
| 0.15< | 4< | 15> | 8.5> | Tuzlu |
| 0.15< | 4< | 15< | 8.5< | Tuzlu-Alkali |
| 0.15> | 4> | 15< | 8.5-10 | Alkali |

Çorak toprakların sınıflandırılmasına göre; toplamda çorak arazilerin % 74'ü tuzlu, % 25.5'i tuzlu-alkali ve % 0.5'i alkali topraklardan oluşmaktadır.

Çorak alanların oluşumu, belirgin özellikleri ve bitki üzerindeki etkileri Tablo 2' de detaylandırılmıştır.

Tablo 2: Çoraklık Oluşumu, Özellikleri ve Etkileri (Sözmez, 2003)

| ÇORAKLIK DURUMU | DOĞAL OLUŞUMU | FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ | KİMYASAL ÖZELLİKLERİ | BİTKİLERE ETKİSİ |
|-----------------|---|--|--|---|
| TUZLU TOPRAKLAR | Kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunurlar. Genelde deniz suyunun etkisinde kalmış ve göl alanlarında oluşurlar. | Tuzlar, killerin yumaklaş- masını ve toprağın stabil bir yapıda olmasını sağlar. Hava ve su geçirgenliği ile diğer özellikleri normal topraklara benzer. | Sodyum, kalsiyum ve magnezyumun klorür ve sülfatlardan oluşan nötral çözünebilir tuzlar hakimdir. pH'sı 8.2' den azdır. elektriksel iletkenlik (EC) 4 dS m ⁻¹ 'den yüksek, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 15'den azdır. | Tuzların toprak çözeltisinin osmotik basıncını artırarak suyun yarıyışlılığını azaltır ve fizyolojik kuraklığa neden olur. Na, Cl, B vb. gibi özel iyonların toksikliği ortaya çıkabilir. |

| | | | | |
|-----------------------|--|--|---|---|
| ALKALI TOPRAKLAR | Kurak ve yarı kurak bölgelerde buharlaşma ile toprak çözeltisinde sodyu mun artması ile oluşur. | Killerin dispers olmasıyla yapı bozuktur. Yetersiz drenaja sahiptirler. Genelde balçıklaşır ve geç tava gelir. Islak iken yağlı, plastik ve yapışkan, kuru iken sertleşerek çatlaklar oluşturur. | Alkali hidrolizine yol açan Na_2CO_3 gibi tuzlar oldukça yoğundur. 8.2'den yüksek pH alkaliliğin kuvvetli bir göstergesidir. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 15'den fazla, EC 4 dS m^{-1} 'den genellikle düşüktür. | Bozuk toprak yapısıyla yüksek toprak pH'sının bitki beslenmesinde düzensizliklere neden olmasıyla Na, CO_3^{2-} , Mo, B vb. gibi özel iyonların toksik etkileri bitki gelişimini etkiler. |
| MAGNEZYUMLU TOPRAKLAR | Kurak ve yarı kurak bölgelerde, serpantin, bazalt ve dolomit gibi kayalar üzerinde, ana materyalin etkisiyle oluşur. | Sodyumlu topraklarda görülen benzer fiziksel özelliklere sahiptir. | Toprak çözeltisinde magnezyum hakim iyonudur. toprağın pH değeri 9'a kadar yükselir. | Toprak çözeltisinin osmotik basıncını artırır, aynı osmotik basınçlı nötral tuzlardan daha toksik etki yaratır. Bu iyonların toksik etkisi bitki gelişimini etkiler, beslenme dengesizliğine neden olabilir (Ca eksikliği gibi). |
| JİPSLİ TOPRAKLAR | Kurak ve yarı kurak bölgelerde, jips içeren kayaların etkisiyle oluşur. | Kurak bölge topraklarında fazla miktarda jips olması toprakların çimentolaşmasına sebep olur. | Kalsiyum ve sülfat iyonları hakimdir. Toprağın pH değeri 5-8 arasındadır. | Kalsiyumun fazlalığı antagonistik etki yaparak diğer elementlerin alımını etkiler. Ayrıca osmotik basıncın artmasına ve dolayısıyla fizyolojik kuraklığa neden olur. |

Tuzluluğun ortaya çıkmasındaki en önemli etmen, yağış veya sulamayla toprağa giren suyun, bitkinin kök bölgesindeki tuzları yıkayarak uzaklaştırarak yeterlilikte olmamasıdır. Toprağın yüzeyinin boş olması, buharlaşma ile topraktan olan su kaybını artırarak tuzun toprak üst katmanlarında konsantrasyonunun artmasına sebep olmaktadır. Bu alanlarda, bitkilendirme çalışmalarında çözüm için tuzluluğa ve kuraklığa dirençli türlerin seçilip uygulanması elzemdir.

2.4. Kuraklık Tehdidi Altındaki Mera Alanlarının Tahribatı

Kurak ve yarı kurak alanların bir diğer sorunu, verimsiz mera vasfındaki bozulmuş mera sahalarına sahip olmalarıdır. Dünya üzerinde, mera alanlarının büyük bir kısmı kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yer almaktadır. Bu sahalarda yağışın düşük olmasının yanında, insan faaliyetlerinden kaynaklanan baskılardan dolayı vejetasyon örtüsünün zamanla yok olmasına sebebiyet verilmektedir. Benzer iklim koşulları ve antropojenik etkiler ülkemiz mera alanları için de geçerlidir. Öyle ki, ülkemizdeki mera alanlarının çoğunluğu kurak ve yarı kurak alanlarda yer almaktadır (Tablo 3).

Tablo 3: Mera Alanlarının Değişimi ve Bölgelere Göre Dağılımı (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024)

| MERA ALANLARININ DEĞİŞİMİ | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------|-------------------|------|------------------|------|------------------------|------|------------------------|
| BÖLGELE R | 1970 Köy Hizmetleri | | 1991 Tarım Sayımı | | 2001 TUIK SAYIMI | | 1998-2022 Mera Kanunu* | | Kuru Ot Verimi (Kg/ha) |
| | Alanı (ha) | % | Alanı (ha) | % | Alan (ha) | % | Alanı (ha) | % | |
| EGE | 1.027.900 | 1,32 | 615.900 | 0,79 | 802.879 | 1,03 | 440.166 | 0,56 | 600 |
| MARMA- RA | 463.600 | 0,59 | 564.100 | 0,72 | 552.662 | 0,71 | 292.238 | 0,37 | 600 |
| AKDENİZ | 1.002.400 | 1,29 | 434.300 | 0,56 | 659.334 | 0,85 | 579.041 | 0,74 | 500 |
| İÇ ANA- DOLU | 5.884.200 | 7,54 | 3.890.300 | 4,99 | 4.570.182 | 5,86 | 4.221.480 | 5,41 | 450 |
| KARADE- NİZ | 1.993.100 | 2,56 | 1.556.000 | 1,99 | 1.533.605 | 1,97 | 1.130.918 | 1,45 | 1.000 |
| DOĞU ANADO- LU | 9.162.100 | 11,75 | 4.573.400 | 5,86 | 5.485.449 | 7,03 | 5.585.789 | 7,16 | 900 |
| GÜNEY- DOĞU ANADO- LU | 2.165.100 | 2,78 | 743.600 | 0,95 | 1.012.576 | 1,30 | 898.069 | 1,15 | 450 |
| TOPLAM | 21.698.400 | | 12.377.600 | | 14.616.687 | | 13.147.701 | | |
| * 4342 sayılı Mera Kanunu kapsamında yerleşim yeri bazında Tespit-Tehdit çalışmaları tamamlanmış olup kadastro çalışmalarında tescil harici bırakılmış alanlarda çalışmalar devam etmektedir. Hesaplama Türkiye yüz ölçümü 78.000.000 hektar olarak alınmıştır. | | | | | | | | | |

Kuraklığın ciddi olarak hissedildiği Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun bazı yerel (Iğdır-Aralık) topraklarında yer alan tarım ve mera alanları, âtil arazi durumuna dönüşmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlarda, tarım alanlarında olduğu gibi, sürdürülebilir arazi yönetiminden uzak kalmış bozuk mera alanları da rüzgâr erozyonunu önlemeye yönelik yeteneklerini kaybetmiş durumdadır (Tekeli, 2005). Alanın kuru ve vejetasyondan yoksun oluşu, özellikle mera alanlarında çayır-mera biyokütle yetersizliğine ve şiddetli rüzgâr erozyonu ile kum-toz fırtınası olaylarına karşı direnç kaybına neden olmaktadır. Toprak muhafazasının sağlanamadığı bu topraklar, aşırı kuraklık ve insan etkisi (amaç dışı kullanım, aşırı ve zamansız otlatma vd.) nedeniyle çölleşmeye yüz tutmuştur. Örneğin, Iğdır-Aralık yöresinde yeşil kuşak ağaçlandırma çalışmalarının başlatıldığı 2004 yılına kadar çöl koşullarının yaşanmasında, iklimin son derece sıcak ve kurak olması (yıllık ortalama sıcaklık 12.9 °C, yıllık ortalama yağış 244.2 mm, buharlaşma 1252.9 mm, nispi nem %44) ile beraber; sahanın rüzgâr erozyonuna ve çölleşmeye karşı mücadelesinde kilit rol oynayan doğal bitki örtüsünün Ebuçehil Çalısı (*Ephedra distachya*)-insan kaynaklı tahribata uğraması etkili olmuştur (Şekil 7). Esasen, 13.542 hektar rüzgâr erozyonuna maruz kalan arazinin %82'si mera tahsisli olmasına rağmen, saha mera vasfını sergilemekten çok uzak kalmıştır.



Şekil 7: 2004 Yılı; Iğdır – Aralık, meralarda zamansız, plansız ve aşırı otlatma (solda), yakacak için sahanın doğal bitki örtüsünün insan kaynaklı tahribatı (sağda) (Iğdır Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü arşivi, 2010)

Oysa, derin köklü ve kurağa dayanıklı çalı formundaki bitki olan Ebuçehil Çalısı, tahrip edilmediği taktirde, taç kısmı 3-4 m genişleyerek toprak yüzeyini örterek rüzgâra karşı kum hareketini önlediği gözlemlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: 2004 Yılı öncesi Iğdır-Aralık rüzgâr erozyonu sahası, sahanın doğal bitki örtüsü; Ebuçehil Çalısı (Ephedra distachya) (Iğdır Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü arşivi, 2010)

Ülkemizdeki kaba yem kaynaklarının önemli bir kısmını çayır-mera alanları oluşturmaktadır. Hayvansal üretimin çoğunlukla doğal mera alanlarına bağlı olduğu topraklarımızda, ıslah çalışmalarından uzak bir kullanımla yıpranmış ve biyokütle üretimleri önemli oranda düşmüş meralar karşımıza çıkmaktadır (Tarkan, 1972). Ülkemizdeki mera alanlarının %70'inin bitki örtüsünün bozulmuş olduğu ve buna bağlı olarak bu alanlarda toprak muhafazasının çok da mümkün olmadığı ortaya konmuştur (Erkun, 1999). Özellikle kurak alanlarda yer alan mera sahalarının bitki örtüsü aşınmış, rüzgâr erozyonuna hassas duruma gelmiş, toprak örtüsü erozyondan zarar görmüş ve doğal dirençli otsu türlerin dahi yetişemeyeceği verimsiz hale dönüşmüştür (Bakır ve Açıköz, 1976).

Kırsal ekolojik müşterekler olan meralar; biyoçeşitlilik, erozyonu önleme, gıda egemenliği ve yerel sürdürülebilir kalkınma gibi servislerinin yanında iklim değişikliği azaltım ve uyum sürecindeki rolleri değerlendirildiğinde önemli karbon yutak alanları oldukları anlaşılmaktadır. Küresel karbon stokunun % 10'dan fazlası mera alanlarında tuttuğu tahmin edilmektedir (Anderson, 1991). Yaklaşık 200-300 milyar ton Pg CO₂ karbon yutağının mera alanlarında olduğu tahmin edilmektedir (Batjes ve Sombroek, 1997). İklim değişikliği sonucunda kuraklık nedeniyle karbon emilimi azalabileceği, ancak sürdürülebilir arazi ıslahı ile karbon yutağının artırılacağı üzerine durulmaktadır. Ülkemizde yer alan ve kırılabilir yapıya sahip mera alanlarının iyileştirilmesinde, kırsal kalkınma ve iklim değişikliğine uyum stratejeleri de dikkate alınarak uygun bitkilerle biyokütle artırımı uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

3. Kurak ve Yarı Kurak Alanlardaki Sorunlarla Mücadelede Doğa Temelli ve İklim Dirençli Çözümler

3.1. Alanda Bitki Örtüsünün Geliştirilmesi

Bitki örtüleri, toprak yüzeyini korumada ve toprak ekosisteminin sağlığı açısından kilit rol oynamaktadır (Dabney, 2001). Ekolojik ve ekonomik faydaları son derece önemli olan bitkiler; su, hava ve toprak kalitesini artırmanın yanında, yem ve gıda sağlama özelliklerini bünyelerinde barındırmaktadır. Ayrıca, sera gazı salınımıyla mücadelede karbon yutak alanlarını oluşturmaktadır.

Verimli toprağın bulunduğu yerde korunup tutulması ve kalitesinin artırılması, kurak ve yarı kurak alanlardaki başlıca sorunlara karşı alınabilecek en büyük aksiyonların başında yer almaktadır. Bitki örtüsünden yoksun kuru toprakların bozulmuş alanlar vasfına dönüşmesini hızlandıran en büyük tehlikelerden birisinin rüzgâr erozyonu olduğu bilinmektedir. Kuraklığın yaşandığı alanlarda çölleşmeyi hızlandıracak en tehlikeli olayların başında yer alan rüzgâr erozyonu etkilerini azaltmak için kullanılabilir uygulamalar arasında yüzeyin pürüzlendirilmesi, toprağın agregatlaştırılması, rüzgâr bariyerlerinin kullanılması ve vejetasyonun oluşturulması ve sürdürülmesi yer almaktadır (Woodruff, 1972).

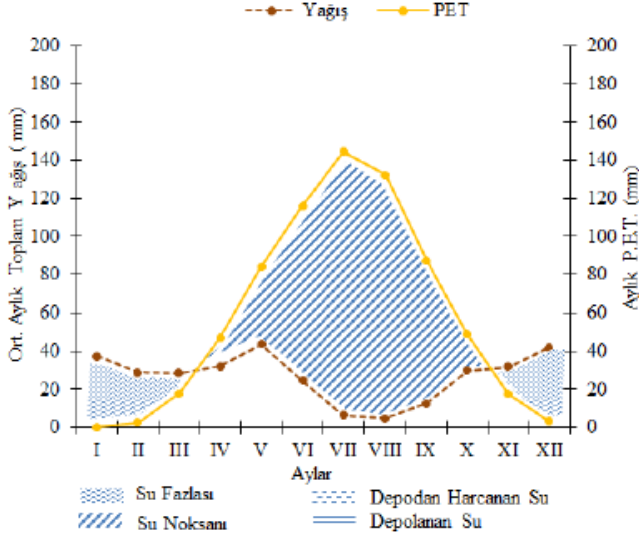
Vejetasyonun geliştirilmesi ve sürdürülmesi, rüzgâr erozyonunun kontrolü için önemli bir yöntem haline gelmiş olup, kurak bölgelerdeki topraklar için rüzgâr erozyonu ile mücadelede en iyi uygulamalar arasında sahanın bitki ile kaplanması yer almaktadır (Sporhich, 1998).

Tipik olarak, bitkilerin en iyi şekilde yetiştiği yerler nemli ve yüksek yağışlı alanlar veya sulanan arazilerdir. Ancak bitkiler, erozyonu kontrol etmek için kurak alanlarda da kullanılmaktadır. Kurak alanlarda bitki örtülerinin en önemli servisleri arasında toprak yüzeyini örtü biçiminde kaplamak ve rüzgâr erozyonunun etkilerini kırmak yer alır (Bilbro, 1991). Bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı %15'in altına indiği yerlerde, rüzgâr erozyonunun önemli derecede arttığı tespit edilmiştir (Uluocak, 1979). Bitki örtüsü aşınmaz malzemeler altında sınıflandırılmakta olup, toprağın %20 aşınmaz malzeme ile kaplanması toprak kaybını %57 azaltırken, toprağın %50 oranında kaplanması ise toprak kaybının %95'e kadar azaltmaktadır (Fryrear, 1985).

Kurak ve yarı kurak alanlarda toprak muhafazasının sağlanabilmesi ve vejetasyonun oluşturulabilmesi her bitki çeşidiyle mümkün olamamaktadır. Bitkilendirme faaliyetlerinin, daha önceki adaptasyon ve tespit çalışmalarında başarılı olunan türlerin seçimi ile başlatılması, kuşkusuz yerel alandaki başarıyı artıracaktır.

3.2. Bitki Seçim Kriterlerinin Uygulanması

Özellikle kurak alanlar, etkin karasal iklim koşulları altında olmaları sebebiyle, vejetasyon sezonu süresince nem noksanıyla karşı karşıya kalmaktadırlar (Atalay, 2002). ÇEMGM'nin bitkilendirme faaliyetlerini yürüttüğü alanların çoğunluğu, aşırı kurak ve çorak alanlardır. Ankara, Aksaray, Konya, Karaman, Kırşehir gibi kuraklığın ciddi bir problem olduğu yörelerde yürütülen bitki adaptasyon ve uygulama çalışmaları; kısıtlı sulama imkânlarıyla veya sulama imkânının olmadığı sahalarda, sulama yapılmaksızın devam ettirilmektedir. Bu yerlerde, vejetasyon sezonunda su noksanlığı çeken bitkiler ciddi oranda su stresine girmektedir. Eskişehir – Aksaray arası meteoroloji istasyonlarının son 60 yıllık verilerine göre bölgede mayıs ayından ekim ayına kadar benzer eğilim yapısıyla su noksanlığı görülmektedir. Çok kurak ve rüzgâr erozyonuna maruz kalarak çölleşme tehdidi altında olan Konya havzası, 300 mm civarında toplam yıllık yağış ve 11°C ortalama sıcaklığa sahiptir (Yıldız vd., 2018). Thornthwaite Su Bilançosu'na göre, Konya ve çevresi için Ortalama Aylık Toplam Yağış (mm) ile Aylık Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) (mm) karşılaştırıldığında, bu alandaki toprağın, bitkilerin yetiştirme sezonu boyunca su noksanlığı etkisi altında kaldığı anlaşılmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Thornthwaite su açığı bilançosu; Konya ve çevresi (Yıldız vd., 2018)

Thornthwaite yöntemine göre bir yerin su bilançosuna ait tablo, o yerin aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve aylık evapotranspirasyon değerlerinden faydalanılarak hazırlanır. Bu değerler kullanılarak elde edilen su bilançosuna ait tablolar, toprakta yıl içinde birikmiş suyu, birikmiş suyun aylık değişmesini, yıllık gerçek evapotranspirasyon miktarlarını, topraktaki su

fazlasını, su eksikliğini, akışı ve nemlilik oranını göstermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1991-2020 yılları arası Thornthwaite su açığı bilançosu verilerine göre İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi kurak ve yarı kurak alanlara sahip bölgelerde su açığı bilançosu trendinin vejetasyon sezonu süresince benzer yapıda olduğu anlaşılmaktadır (MGM, 2023).

Toprak derinliği yeterli olsa da su noksanlığı zamanının bitki yetiştirme sezonuna denk gelmesi, bu alanlarda bitki örtüsü oluşumunun önündeki en büyük engeldir. ÇEMGM ve paydaşları, bu tür alanların bitki adaptasyon ve bitkilendirme faaliyetlerinde kullanılacak bitkilerin seçimlerinde göz önünde bulundurdıkları bazı kriterler uygulanmaktadır:

- Bölgedeki doğal olarak yetişen bitkileri tespit ederek, önceliği bu türlere vermek.
- Doğal olarak yetişmiş türler yoksa, bölgenin şartlarına uyum sağlayabilecek alternatif türlere yer vermek.
- Yerel alanda daha önce bitki adaptasyon çalışmaları var ise, başarılı olunan türlere öncelik vermek.
- Kurak ve yarı kurak yerlerdeki başlıca problemlerden olan tuzluluğa, rüzgâr etkisine, su noksanlığına, ağır bünyeli, kumlu ve sıg topraklara uyabilen bitkileri seçmek (Örneğin, Konya (Karapınar Ovası) veya İç Anadolu bölgesinde bitkilendirme faaliyetlerinde seçilecek bitkilerde çölleşmeyle mücadele kapsamında; kuraklığa dayanıklılık, soğuk şartlara dayanıklılık ve bazı bölgelerde de tuzluluk ve yüksek kireçliliğe dayanıklılık gibi özellikler)

Ülkemizde, çölleşme ile damgalanmış olan Karapınar Ovası, diğer taraftan çölleşmeyle mücadeleye de örnek olmuştur. 1962 yılında başlatılan mücadelede saha öncelikle ihata ile koruma altına alınmış, bitkilendirme faaliyetlerinin yapılacağı kısımlar kumul hareketini durdurmak ve rüzgârın bitki gelişimi üzerindeki zararlı etkilerini kırmak için rüzgâr kırıcı kamış perdelerle çevrelenmiştir. Otsu tür kapsamında çavdar (*Secale cereale*), otlak ayrığı (*Agropyron cristatum*), yüksek otlak ayrığı (*Agropyron elongatum*), kılçiksız brom (*Bromus inermis*), domuz ayrığı (*Dactylis glomerata*), İtalyan çimi (*Lolium italicum*), İngiliz çimi (*Lolium perenne*), sudan otu (*Sorghum sudanense*), aktaş yoncası (*Melilotus alba*), sarı taş yoncası (*Melilotus officinalis*), korunga (*Onobrychis sativa*), koca fiğ (*Vicia narbonensis*), tüylü fiğ (*Vicia villosa*), adi fiğ (*Vicia sativa*) gibi türler ekilmiştir. Çalı ve ağaç türlerinden akasya (*Robinia pseudo-acacia* L.), iğde (*Eleagnus*), ahlat (*Pyrus elaeagnifolia*), mahlep (*Prunus mahaleb*), gladiçya (*Gladitsia triacanthos*), dişbudak (*Fraxinus excelsior*), karaağaç (*Ulmus carpiniifolia*), akçaağaç (*Acer* sp. L.) ve sofora (*Sophora japonica*) dikimi yapılmıştır. Dikilen türlerden en iyi sonucu; akasya, dişbudak ve iğde vermiştir (Şekil 10). Yine, alanda söğüt (*Salix* l.), kavak (*Populus nigra*),

gladiçya (*Gladitsia triacanthos*), mazı (*Thuja orientalis*), kızılıcık (*Cornus*), aylantus (*Ailantus glandolusa*), meşe (*Quercus*), sedir (*Cedrus libani*), karaçam (*Pinus nigra*) dikimi yapılmıştır (Özdoğan, 1976). Kuraklık neticesinde susuz kalan karaçam, sedir ve meşe de kurumalar tespit edilmiştir. Alanda 2011 yılında uygulanan tuz çalısı (*Atriplex canescens*) ise yem kaynağı oluşturma, toprak koruma ve ıslahta alternatif bir tür olarak kullanılabilir türler arasına girmiştir (Şekil 10).



Şekil 10: 1962 yılından sonra yıllara sâri bitkilendirme faaliyetleri ile Konya, Karapınar rüzgâr erozyonu ve çölleşme ile mücadele sahasında uygulanan tuz çalısı (sağda) ve akasya, dişbudak ve iğde gibi türlerin (solda) başarılarını gösteren son yıllara ait halleri (Yazarın kendi arşivinden)

- Kurağa çok daha iyi uyum sağlayabilen Kök/Gövde oranı fazla derin köklü ve hızlı köklenen bitkileri tercih etmek. (Örneğin, yarı çalı olan Kohya: Bozkır otununun 1 m boy yaparken 6 m derine kök salması, çalı olan dört kanatlı tuz çalısının 2.5 m boy yaparken 6 m derinlikte kök atması gibi.)
- Uzun boylu ağaçların bu tür alanlara adaptasyonunun sağlanmasını kolaylaştıracak uygun ortamın hazırlanmasında, kurağa ve tuzluluğa yüksek toleranslı otsu ve çalimsı türleri öncü bitkiler olarak tercih etmek.
- Çok amaçlı ekolojik ve ekonomik hizmet verebilecek türleri seçmek (hayvancılık, arıcılık, gıda, toprak koruma, ıslah, yutak alan oluşturma, arazi tahribatının dengelenmesi gibi amaçlara katkı sağlayabilecek).
- Seçilen bitkilerin ileriki dönemlerdeki çalışmalarda temininin sağlanabilmesi için generatif (tohumla) ve vejetatif (bitki parçaları ile aşu kalem, doku vb.) üretilebilme kabiliyetlerinin olması.
- Mümkün olduğu kadar otlatma baskısına dayanıklı ve uzun ömürlü bitkilerin seçilmesi.

Bitkilendirme çalışmalarında kullanılabilen bitki çeşitliliğinin oldukça kısıtlı olduğu İç Anadolu'da (Karaman, Kırşehir, Konya çevresi) tespit çalışmalarına göre kullanım imkânı olan bazı bitki türlerinin listesi (Tablo 4) oluşturulmuştur (Acar, 2013).

Tablo 4: İç Anadolu Kurak Sahalarında Kullanılma İmkânı Olan Bitki Türleri (Acar, 2013)

| Ağaçlar | Çalılar | Çok Yıllık Otlar |
|--|--|---|
| Karaçam (<i>Pinus nigra</i>) | Menengiç (<i>Pistacia terebinthus</i>) | |
| Sedir (<i>Cedrus libani</i>) | İlgın (<i>Tamarix sp.</i>) | |
| Ardıç türleri (<i>Juniperus sp.</i>) | Ak saksavul (<i>Haloxylon persicum</i>) | Koyun yumağı (<i>Festuca ovina</i>) |
| İğde (<i>Eleagnus angustifolia</i>) | Kara saksavul (<i>Haloxylon aphyllum</i>) | Gümüş otu (<i>Koeleria cristata</i>) |
| Badem (<i>Prunus amygdalus</i>) | Ebuçehil çalısı (<i>Caligonum polygonoides</i>) | Ayrıklar (<i>Agropyron sp.</i>) |
| Yabani badem (<i>Prunus</i>) | Katırtırnağı (<i>Genista involucrata</i>) | Korungalar (<i>Onobrychis sp.</i>) |
| Mahlep (<i>Prunus mahalep</i>) | Anadolu teke dikenini (<i>Lycium anatolicum</i>) | Nohut geveni (<i>Astragalus cicer</i>) |
| Alıç (<i>Crateagus sp.</i>) | Bozkır otu (<i>Kochia prostrata</i>) | Çayır düğmesi (<i>Poterium sanguisorba</i>) |
| Ahlat (<i>Pyrus elaeagnifolia</i>) | Tuz çalısı (<i>Atriplex canescens</i>) | Bromlar (<i>Bromus sp.</i>) |
| Yalancı akasya (<i>Robinia pseudoacacia</i>) | Gevenler (<i>Astragalus sp.</i>) | |
| Kokar ağaç (<i>Ailanthus glandulosa</i>) | Tapir (<i>Marrubium parviflorum</i>) | |
| Karaağaç (<i>Ulmus sp.</i>) | | |
| Meşe (<i>Quercus pubescens</i>) | | |

Kurak, yarı kurak ve marjinal alanların bitkilendirilmesinde, çalışılacak saha koşullarına özgü ekolojik, biyolojik ve sosyo-ekonomik kısıtlar dikkate alınarak tür seçiminin yapılması başarıya ulaştıracak en iyi yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Tür seçiminin, bu tür alanlarda iyileştirme hızını önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Ayrıca, bitkilendirme çalışmaları genel alan ölçeğine göre tür seçimi yapılmadan, çalışmanın yapılacağı sahaya özgü yerel iklim ve toprak özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir (FAO, 1989; Evans ve Turnbull, 2004).

Bitki seçim kriterlerinin uygulanması, sadece ıslah çalışmalarında bitki ekim-dikim faaliyetlerinin yapılacağı saha için değil, bitki adaptasyon çalışmalarında yerel saha denemeleri ve gen kaynakları bahçelerinin oluşturulması için de geçerlidir.

3.3. Kullanılabilecek Bazı Bitki Türlerinin Adaptasyon, Tespit ve Uygulama Çalışmalarının Yapılması

3.3.1. Bitki Adaptasyonu ve Tespitinde Yerel Saha Denemeleri

Sorunlu alanların sahip olduğu ekosistemlerin hassasiyeti, sahanın bitkilendirilmesinde dirençli doğal ve yerel türlere öncelik verilmesini gerektirse de, uyum sağlayabilen yabancı türlere de yer verilmesini gerektirmektedir (Evans ve Turnbull, 2004). Kullanılabilecek tür ve kökenlerin tespiti, stres unsurları (yağış azlığı, su kıtlığı, yüksek sıcaklık ve evaporasyon, toprakta yetersiz nem ve besin elementleri, tuzluluk, kireçlilik vb.) altında denenmiş ve başarı ile uyum sağlamış türleri ortaya koyduğu için, gelecek bitkilendirme çalışmalarında bu türlere öncelik verilmesi dönüşüm potansiyelini artıracaktır. Her ne kadar genel bölge koşullarına göre kullanma imkânı olan bitkilerin listesi oluşturulsa da, mutlaka bitkilendirmenin yapılacağı yerel saha koşullarında (spesifik iklim ve toprak özelliklerine göre) adaptasyon ve tespit çalışmaları yapılmış türler değerlendirilmelidir.

Ülkemizde tuzlu alanların fazla olması ve artış göstermesi sonucu bu alanların değerlendirilmesi kapsamında alternatif türlerin yetiştirilmesi ve bu doğrultuda kuraklık, erozyon, çölleşme ve çoraklıkla mücadele edilmesi ile iyileştirme çalışmalarının yürütülmesi amacıyla dirençli bitkilerin tespiti ve adaptasyonu çalışmaları yapılmaktadır. 2014-2018 yılları arasında, kurak iklim ve çorak (tuzlu-alkali) toprak özellikleri taşıyan Kırşehir İli Malya Tarım İşletmeleri Müdürlüğü Arazisi'nde ÇEMGM, Ankara Üniversitesi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM), Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM), Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü işbirliği içerisinde yürütülen 'Tuzlu ve Alkali Alanlarda Kullanılabilecek Bazı Bitki Türlerinin Tespiti ve Adaptasyonu Projesi' gerçekleştirilmiştir. Malya Tarım İşletmesi'nin toplam arazi varlığı 209.525 dekar olup; kültür altındaki arazi varlığı 151.545 da, kültür dışı arazi varlığı 57.980 dekar'dır. 20 yıllık ekiliş üzerine düşen yağış ortalaması 278 mm yağış miktarı ile aşırı kurak olan bu alanın 48.988 dekar'ında ciddi düzeyde toprakta tuzluluk ve alkalilik problemi vardır. Bu tür topraklarda tuzluluğa dayanıklı, gıda ve yem kaynağı oluşturabilen, toprak yüzeyini kaplayarak toprak erozyonunu azaltma niteliğindeki, kökleriyle derine inen ve taban suyu seviyesini düşüren tuzcul yem bitkileri ve tuza dayanıklı çalimsı formdaki bitkiler kullanılması uygun görülmektedir. Deneme, Kırşehir Malya tarım İşletmesi arazisinde, tuzluluğa sahip noktada yürütülmüştür. Analizlere göre deneme alanı topraklarının jips ve tuzdan kaynaklı sorunlu topraklar olduğu, toprak özelliklerinin kısa mesafelerde değişim gösterdiği anlaşılmıştır. Bu durum özellikle tuz (1.04-52.60 dS/m) ve jips (kalitatif olarak az-çok) kapsamlarında bu

durum daha belirgindir. Deneme alanlarının toprakları, tuz etki etmiş topraklar grubunda olup jips içerikleri nedeniyle jipsli topraklar olarak belirtilmiştir. ılgın (*Tamarix ramossisima*), mahlep (*Cerasus mahaleb*), dört yapraklı tuz çalısı (*Atriplex canescens*), ebu cehil çalısı (*Polygonaceae*) ve kuş iğdesi (*Elaeagnus angustifolis*) fidanları araziye dikilmiştir. Kontrol, toprak düzenleyiceler (zeolit + leonardit) ve ahır gübresi uygulaması olmak üzere üç uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulamaların hepsinde yer alan tüm bitkiler hesaba katılarak gerçekleştirilen tespitite, bitki adaptasyon yüzdesine göre deneme alanında proje süresi sonunda (2018) yaşama yüzdesi (%100) açısından en iyi adapte olan bitki dört kanatlı tuz çalısı olmuştur. Sırasıyla ılgın (%98), mahlep (%39), iğde (%31) ve en düşük zerdali (%23) izlemiştir. Denemedeki diğer tür olan ebu cehil çalısı varlık gösterememiştir. Genel olarak bitki boyları ve çaplarının yıllara bağlı olarak arttığı izlenmiştir. Bitkinin boyu ile bitkinin gövde çapı arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. *Atriplex canescens* türünün tuz dışında bor'a da dayanıklı olduğu deneyimlenmiştir. Sahaya daha öncesinde dikilmiş olan *Atriplex canescens* bitkilerinden de anlaşıldığı üzere; uzun süre yeşilliğini koruduğu, tohum oluşturduğu ve bu alanın türün tohumlarını elde etmek için uygun bir ortam olduğu tespit edilmiştir (Karakaya vd., 2018).



Şekil 11: 2018 yılı; Kırşehir, Malya; deneme alanında *Atriplex canescens* görüntüsü (Yazarın kendi arşivinden, 2018)

Alanda sonradan eklenen, gelir getirici çalı türü olan kurt üzümü (*Lycium barbarum*) türlerinin neredeyse tamamı başarılı bir şekilde adaptasyon göstermiştir (Şekil 12). Kardeşlenme özelliği ile alana hızla yayılan bu türün, gelecekte benzer sahalarda kullanılabilecek potansiyel türler arasında yer alması planlanmaktadır.



Şekil 12: 2018 yılı; Kırşehir, Malya; deneme alanında *Lycium barbarum* görüntüsü
(Yazarın kendi arşivinden, 2018)

Diğer taraftan, yine aynı alanda (Kırşehir, Malya Tarım İşletmeleri Müdürlüğü Arazisi) Ankara Üniversitesi ile gerçekleştirilen bir çalışmada, 2016-2020 yılları arasında 'Marjinal (Tuzlu-Alkali) ve Rüzgâr Erozyonundan Etkilenmiş Alanlarda Bazı Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkilerinin Adaptasyonu Projesi' kapsamında, bu alana adapte olabilecek, yem kaynağı oluşturma ve erozyonu önleme potansiyeli yüksek olan çok yıllık buğdaygil ve baklagil otsu ve yarı çalı bitkileri denenmiştir. Uygulanan türler arasında otlak arpası (*Elymus junceus*), korunga (*Onobrychis sativa*), otlak ayrığı (*Agropyron cristatum*), patlangaç (*Colutea arborescens*), mavi ayrık (*Agrapyron intermedium*), sarı çiçekli gazal boynuzu (*Lotus corniculatus*), yonca (*Medicago sativa*) yer almaktadır. İlk yılın sonunda, bu türlerden üçü başarılı şekilde uyum sağlamıştır; mavi ayrık, otlak ayrığı ve otlak arpası. İkinci yılda ise mavi ayrık ve otlak arpası yaşam göstermiştir. Ayrıca, alanda yüksek otlak ayrığı'nın (*Agropyron Elongatum*) doğal yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (ÇEM, 2021). Önceki çalışmalardan, bu tür alanlarda doğal olarak yetişen yabancı formda tuz çalısı, yüksek otlak ayrığı, bozkır otu, yabancı arpa gibi çayır mer'a bitkilerinin tuza karşı tolerant oldukları belirlenmiştir. Doğal yetişen türler arasında ise tuza dayanıklılığı en yüksek olan yem bitkisinin, yüksek otlak ayrığı olduğu tespit edilmiştir. Bu bitkinin elektriksel iletkenliği 7.5 dS m⁻¹ olan topraklarda yetişebildiği bildirilmiştir (Maas, 1985; Ashraf, 1994).

Ülkemiz mera alanlarının büyük bir kısmının kurak ve yarı kurak alanlarda yer alması nedeniyle, mera alanlarında araştırma geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kurak ve sorunlu toprak özelliklerine sahip mera sahalarında adaptasyon ve ıslah çalışmaları gerçekleştirilmek üzere; Konya Selçuk Üniversitesi ve İl Tarım Orman ve Müdürlüğü ile birlikte kurak iklim ve sorunlu toprak problemlerine sahip Karaman ili Ayrancı ilçesi Üçharman (Divle) köyünde bulunan sahaya 'Model Mera Uygulama Projesi' kapsamında bitkilendirme çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmada toprak muhafazası ve su

hasadı amacıyla, mera tipi teras, kuru duvar eşik, kafes tel eşik, çuvallı sette, taş toplama ve gözeleme gibi yapılar tesis edilmiştir (Acar, 2023). Ağır killi balçık ve yer yer yaşlı kumlu toprak yapısına sahip çalışma alanında tuzluluk problemi bulunmamakla birlikte, toprak yüksek kireç oranına sahip ve organik madde bakımından fakirdir. Saha, İç Anadolu'nun karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Mera tipi teraslara ve gözleme çukurlarına bozkır otu (*Kochia prostrata*) ve tuz çalısı (*Atriplex canescens*), anadolu tekedikeni (*Lycium anatolicum*), ılgın (*Tamarix sp.*), tuz ağacı (*Nitraria schoberi*), kurt üzümü (*Lycium barbarum*), alıç (*Crataegus spp.*), dut (*Morus sp.*), ceviz (*Juglans regia*), ova karaağacı (*Ulmus minör*), iğde (*Eleagnus sp.*), saplı meşe (*Quercus robur*) ve lavanta (*L. angustifolia*) kullanılmıştır. Ayrıca bu tür meralara adapte olabilecek otsu türler; korunga (*Onobrychis sativa*), yonca (*Medicago sativa*), çayır düğmesi (*Poterium sanguisorba*), köpek dişi (*Cynodon dactylon*), kılıksız brom (*Bromus inermis*) ve fiğ (*Vicia sativa*) kullanılmıştır.

Yapılan uygulamalar neticesinde, koruma altındaki mera sahasında, zayıf mera vasfındaki alanın orta mera vasfına dönüştüğü gözlemlenmiştir. Karasal iklimin ve erozyonun hakim olduğu merada, iki yıl sonunda (2022) uygulama alanında bitki ile kaplı alan (ortalama yüzey kaplama oranı: %62.5), uygulama dışından (ortalama yüzey kaplama oranı: %25) daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, uygulama alanı içinde botanik kompozisyon bakımından uygulama alanı içinde en fazla Buğdaygiller familyası'na (ortalama yüzey kaplama oranı: %66.6) ait olduğu tespit edilmiştir (Acar, 2023). Yine, kuraklığa dayanıklı ve kök/gövde oranı yüksek, karasal iklim koşullarına daha iyi adapte olabilen çalı ve yarıçalı türlerinden; dört kanatlı amerikan tuz çalısı ve formundaki bozkır otu sahaya önemli oranda uyum sağlamıştır (Acar, 2023).



Şekil 13: 2021 yılı; Karaman, Ayrancı; model mera uygulama sahası (Yazarın kendi arşivinden, 2021)

Başarılı olunan türler arasından bozkır otu ve dört kanatlı tuz çalısı, Chenopodiaceae familyasına ait çalı türleridir. Bu türler, mera ıslahında ve erozyon kontrolü çalışmaları kapsamında, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya ve İran gibi kuraklık görülen ülke topraklarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bozkır otu, Türkiye, Doğu Sibirya, Afganistan, Çin, Hindistan, Moğolistan, Tibet, Kafkaslarda ve Türkistan ülkelerinin doğal bir türüdür. dört kanatlı tuz çalısı ise Meksika'dan Kanada'ya kadar Kuzey Amerika'nın kurak alanları'nda doğal olarak yetişmektedir (Acar, 2013; Le Houérou, 2000). Kuraklığa ve tuzluluğa karşı toleranslı olan bu iki tür, mera alanlarında kuru yem periyodunda yeşil kalan ve kış aylarına kadar otlatma süresini uzatabilen çalılardır.

Dört kanatlı tuz çalısı, odunsu gövde açısından zengin olup, 6 metre derinliğe kadar köklenebilir ve 2.5 metreye kadar boylanabilirken, geniş yana büyüme yeteneğine desahiptir. Yaprak ve sürgünlerinde %18 protein oranı bulunmaktadır ve protein, yağ ve karbonhidrat oranları yonca ile kıyaslanabilir düzeydedir. Doğal yetiştirme alanlarının dışında da geniş bir toprak adaptasyonuna sahip olan bu tür, kışa ve kurak koşullara dayanıklı, planlı otlatmaya uygun alternatif bir çalı türü olarak değerlendirilmektedir (Cibils, 1998). Tuz çalısı türlerinin (*Atriplex* sp.) aşırı tuzlu ve kurak koşullar için bilinen mera bitkilerine göre daha uygun oldukları bildirilmiştir (Naidu ve Harwood, 1997).

Ülkemizde kullanımının yaygınlaştırılması planlanan bu tür üzerinde, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen 'Dört Kanatlı Tuz Çalısı Adaptasyon ve Yem Potansiyelinin Araştırılması Çalışmaları' başarıya ulaşmıştır. Bu türün, bölgede (Konya-Karapınar çevresi) kuraklık, rüzgâr erozyonu ve çölleşme sorunlarına karşı kullanıldığı bilinmektedir (Erdoğdu, 2013).

3.3.2. Genetik Karakteri Kaliteli ve Sağlam Bireylerden Oluşan Gen Kaynakları Bahçesinin Kurulması

Ağaçlandırmalarda kullanılacak genotiplerin, generatif (tohum) ve vejetatif (aşı, çelik vb.) üretim materyalinin mevcut iklim ve toprak koşullarına adapte olmuş doğal türlerden teminini sağlamak, yerel genetik biyoçeşitliliğin ve ekolojik özelliklerin korunması açısından son derece önemlidir.

İklim değişikliği ve çölleşmeyle mücadele kapsamında, gelecekte şehir park ve bahçelerinin bitkilendirilmesinden yeni karbon yutak alanlarının oluşturulması çalışmalarına varana kadar kullanılabilecek genetik kaynaklar oluşturulmaktadır. Bu doğrultuda, Doğal Ahlat ve Alıç Gen Kaynakları Bahçesi oluşturma çalışmaları ÇEMGM, Erciyes Üniversitesi, OGM, Eğirdir Meyvecilik Araştırma Enstitüsü ve Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü ile iş birliğinde, "Doğal Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia*) ve Alıç (*Crataegus* Spp.)" türlerinin kaliteli bireylerinin gen kaynakları koruma altına alınarak bu kaynakların çoğaltılması çalışmaları başlatılmıştır (ÇEM, 2018; ÇEM, 2022). Laboratuvar çalışmalarını Erciyes Üniversitesinin yürüttüğü çalışmada, ÇEMGM daha çok genotip materyallerinin sahalardan toplanması görevini üstlenmiştir.

İki tür kapsamında yapılan çalışmalardan ilki; 'Doğal Ahlat (*Pyrus Elaeagrifolia* Pall.) Populasyonlarındaki İri Meyveli Tiplerin Belirlenmesi, Moleküler Karakterizasyonu, Vejetatif Çoğaltma Kapasiteleri İle Kurak-Yarıkurak Alanlarda Kullanım İmkânlarının Belirlenmesi Ve Muhafazası Ar-Ge Projesi' (ÇEM, 2018) diğeri ise; 'Doğal Alıç (*Crataegus* Spp.) Populasyonlarındaki İri Ve Sarı Meyveli Tiplerin Belirlenmesi, Moleküler Karakterizasyonu, Vejetatif Çoğaltma Kapasiteleri İle Kurak-Yarıkurak Alanlarda Kullanım İmkânlarının Belirlenmesi Ve Muhafazası Ar-Ge Projesi' dir (ÇEM, 2022).

Moleküler Karakterizasyon Çalışmaları ve Doku Kültürü Analizleri yapılan genotipler arasında yüksek düzeyde varyasyonlar tespit edilmiştir. Meyve iriliği ve bazı ağaç özellikleri bakımından öne çıkan ve değişik amaçlar (kurak alan ağaçlandırması, park-bahçe bitkilendirilmesi ve meyve verimi vb.) için kullanılacak dirençli ve genetik olarak kaliteli genotipler belirlenmiştir. Belirlenen genotiplerin aşı ile çoğaltılarak koruma altına alınması sağlanmıştır.

Bu bağlamda, ülkemiz genelinde kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan 20'den fazla ilimizden yaklaşık 100 adet doğal ahlat ve alıç ağaçları tespit edilmiş; iri meyveli, sağlıklı görünümüne sahip, ekstrem yerlerde yetişmiş ağaçlardan aşı kalemleri, yaprak ve meyve materyalleri alınarak bu iki türümüze ait aşı parselleri ve genetik materyal bahçeleri üç ilde (Isparta, Burdur ve Kayseri) kurulmuştur (Şekil 14).



Şekil 14: 2022 yılı; Ahlat (solda) ve Alıç (sağda) gen kaynakları bahçesi
(Yazarın kendi arşivinden, 2022)

Gen kaynakları bahçelerinin kurulması ve iklim direncine katkıları göz ardı edilemeyecek öneme sahiptir. Yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olan bu doğal türlerden kurulan gen kaynakları bahçeleri sayesinde, iklim değişimine uyum kapsamında kurak alanların ağaçlandırılması, çölleşme ve erozyonla mücadele edilmesi amaçlanmaktadır. Su kısıtı bulunan ülkeler arasında yer alan ülkemizin gelecekte su sıkıntısı çeken ülkeler arasında olabileceği göz önüne alınarak, şehirlerimize yapılacak park ve bahçelerin ağaçlandırılmasında minimum su ihtiyacı gerektiren bu türlerin fidan üretim devamlılığının sağlanması

hedeflenmektedir. Ayrıca, iri ve kaliteli meyveleri sayesinde, kurak ve yarı kurak alanlarda yapılacak ağaçlandırma çalışmaları neticesinde kırsal alanda yaşayan yöre halkına ekonomik gelir sağlanması da hedefler arasındadır.

İklim dirençli bitkilerden olan bu iki tür; hava, su ve toprağı korumayı içeren Yeşil Dönüşüm hedefleri kapsamında biyolojik çeşitliliğin korunması ve yeni yutak alanları oluşturma çalışmalarında kullanılarak Net Sıfır Emisyon hedefine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, akademik camia için bu türler, bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere materyal (gen materyalleri) temin edilmesi açısından da önemli bir kaynak oluşturacaktır. Bu iki türü daha yakından tanımlamak gerekirse:

- Ahlat (*Pyrus elaeagrifolia*), Rosaceae familyasına ait olan *Pyrus elaeagrifolia*, Anadolu'da yaygın yetişme bölgelerine sahip olan yabancı armut türüdür. Yaklaşık 10 tür çeşitliliğine sahip olan ahlat; muşmula ve armut gibi meyve ağaç türlerine anaç olarak kullanılmaktadır. Anayurdu Anadolu olarak kabul edilen türün yetiştiği alanlar Türkiye, Ukrayna ve Güneydoğu Avrupa'dır (Özbek, 1978). Gıda ve tıp alanlarında kullanımı olan bu türün kış soğuklarına ve diğer *Pyrus* türlerinin yetişmesine uygun olmayan kurak ve kireçli koşullarda yetiştiği tespit edilmiştir (Lombard vd., 1987).
- Alıç (*Crataegus* spp.), Rosaceae familyası, *Crataegus* cinsi içerisinde yer alan türün dünya üzerinde yaklaşık 200 çeşidi bulunmaktadır. Genellikle kuzey yarım kürede ılıman iklim koşullarında yayılış gösterdiği bilinmektedir (Gültekin, 2007). Alıç gen kaynakları açısından gen merkezlerinden biri olarak kabul edilen ülkemizde yaklaşık 20 tür çeşitliliği bulunmaktadır (Özdeveci, 2006). Kuzeydoğu Anadolu, Avrupa, Kıbrıs, Suriye ve Kuzey Irak bölgeleri alıçın anavatanı olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2019). Gıda, yem, tıp, kozmetik, peyzaj, park, bahçe, canlı çit alanlarında kullanımının yanında elma, armut ve muşmula için anaç olan bu türün yetiştiği çevre ve yetişme koşulları göz önüne alındığı zaman kuraklığa dayanım özelliği olduğu ortaya konan bu türün kurak ve yarı kurak bölgelerin ağaçlandırılmasında kullanılmaktadır (Akça, 2020).

3.4. Çalışma Konsepti Oluşturma, Bitki Ekim/Dikim Faaliyetleri ve Arazi Hazırlığı Aşamasında Bazı Önemli Hususların Uygulanması

ÇEMGM ve paydaşları, kuraklık ve diğer sorunların olduğu bölgelerde bitkilendirme (bitki ekim/dikim) çalışmalarında başarıyı artırmak için bazı önemli hususların uygulanmasına dikkat çekmektedir. Bu tür sahaların ıslahını sağlamak amacıyla yürütülen bitkilendirme çalışmaları oldukça zahmetli olduğu ve yüksek maliyetli olmasa da ekonomik bir kaynak gerektirdiği bilinmektedir. Bu nedenle, saha çalışmalarının sürdürülebilirliğini desteklemek amacıyla yeterli ekonomik kaynağın ve deneyimli personelin sağlanması, çalışmanın hedeflerine ve hedef kitesine ulaşmasını olumlu yönde etkilemektedir.

Arazi hazırlığı çalışmalarına başlanmadan önce, çalışmanın sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla risk, problem ve paydaş analizleri yapılmaktadır. Risk yönetimini sağlamak ve projede başarıyı artırmak için, problemlere nasıl ve ne şekilde müdahale edileceği tespit edilerek, yerel yönetimler ve saha çevresinde yaşayan yöre halkı proje çalışmasına dâhil edilmektedir. Paydaşların destek sağlayamayacağı ve yöre halkının faaliyet istemediği yerlerde çalışma yapılmaması uygun görülmektedir.

Yine, sahanın ön çalışma ve etüt çalışmaları kapsamında, mikro iklim, toprak, topografya, işbirlikçiler ve çevre koşulları (antropojenik etki, ulaşım, su kaynağına yakınlık vb.) dikkate alınmaktadır. Etki, etkilenebilirlik ve risk analizlerinin yapıldığı ön çalışmada, ekolojik faydanın yanında kırsal istihdamı destekleyecek sosyoekonomik katkılar da göz önünde bulundurularak, faaliyetin uygulanabilir ve sürdürülebilir olup olmadığı değerlendirilmektedir.

Geçmiş deneyimlerden faydalanılarak geliştirilen ve riskli sahalarda arazi hazırlığı ve bitki ekimi/dikimi esnasında başarıyı artıran bazı temel hususlar (sahanın koruma altına alınması, malçlama, su hasadı teknikleri, toprak muhafaza yapıları, ekim dikim zamanı, sulama, bakım, uygun ve kaplı fidan tercihi vd.) bu tür sahalarda için anahtar çözümler arasında yer almaktadır (Acar ve Dursun, 2010).

ÇEMGM, paydaşlarla birlikte saha plantasyon faaliyetlerinde özenle uygulamaya çalıştığı bazı önemli hususları şu şekilde sıralamaktadır:

- Sahanın tel ihata ile koruma altına alınması

İnsan kaynaklı etkilerden kaynaklı (otlatma baskısı vd.) altındaki meraların imkanlar dahilinde ilk yıllarda koruma altına alınmasının faydası; Karaman, Ayrancı'da ortaya konmuştur. Buradaki mera alanı faaliyetinde, alan dikenli tel çit ihata ile koruma altına alınmıştır. Yem değeri olan otsu ve yarıçalı bitkilere ait kompozisyonuna sahip koruma altındaki alanda bitki yüzey kaplama oranının ortalaması % 62.5 olarak ölçülmüştür. Proje alanının bitişiğinde ki kontrolsüz merada ise bitki ile kaplı alan tipik zayıf meralarda olduğu gibi ortalama % 25 civarında olduğu tespit edilmiştir (Acar, 2023).

- Rüzgâr erozyonu problemi altındaki sahalarda, hakim rüzgâr yönüne dik olarak rüzgâr perdelerinin, plantasyondan önce tesis edilmesi (nem ve verimli üst toprak kaybı, bitki gelişimini engelleme gibi rüzgârın zararlı etkilerinin kırılması amaçlanmaktadır) (Şekil 15)



Şekil 15: 1964 yılı; Konya, Karapınar rüzgâr kırıcı çit perdelerin arasına fidan dikiminin yapılması (solda) - 2002 yılı; Iğdır, Aralık; plantasyon öncesi rüzgâr kırıcı çit perdelerin oluşturulması (sağda)

(Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Iğdır Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü arşivi)

- Mümkün olan yerlerde toprak nem ve su kaybını önleyici malçlamanın yapılması (organik madde vb.)
- Toprak diri örtüsünün ekosistem açısından yapısal risk değerlendirmesi yapılarak, mümkün olan sahalarda toprak işleminin yapılması
- Dikim ve ekim zamanının iyi ayarlanması (Yeterli yağışların düştüğü geç sonbahar veya erken ilkbahar döneminde fidan dikimleri yapılmaktadır)
- Su hasadı tekniklerinin uygulanması (toprak işleme, teraslama, küçük akış havzaları/negarim, yarı dairesel seddeler (ay teras), kontur sırtlar, küçük su birikinti çukurları gibi yapılar kurak yerlerde yağış sularının yüzeysel akışla kaybolmasını önleyerek suyun alanda tutulmasını sağlamak ve infiltrasyonla birlikte toprak altında depolanmasını sağlamaktadır) (Şekil 16-17)

Yağmur sularını %15-90 oranında hasadını sağlayabilen negarim mikro havzalar, alçak toprak seddeler tarafından çevrilmiş kare şeklindeki küçük ölçekli yapılardır. Eğimin yağmur suyu toplama yerine (eğimin düşük olduğu kısımdaki 'V' şeklinin uç tarafı) bitkilerin dikimi gerçekleştirilmektedir. Yağışın çok daha az olduğu sahalarda tercih edilen ve farklı eğimlerde uygulanabilen negarim; en fazla %5 eğimlere kadar kullanılması uygun görülmektedir. Ay teraslar taş malzemelerle desteklenmeleri halinde %50 eğime kadar kullanılabilir (Örs, 2011).



Şekil 16: 2024 yılı; Ankara, Polatlı topçu kışlası askeri sahası; mikro akış havzası-negarim (solda), ay teras (sağda) (Yazarın kendi arşivinden, 2024)



Şekil 17: 2020 yılı; mera tipi teras (solda; Karaman, Ayrancı), 2023 yılı; eş yükselti terasları (sağda; Konya, Çumra, Adakale) (Yazarın kendi arşivinden)

- Toprak muhafazası ve toprak altı su depolama için çevredeki malzemelerle veya yapay malzemelerle toprak ve toprak nemi kaybını önleyici yapıların tesis edilmesi (Şekil 18)



Taş kordon



Kafes tel sedde



Kuru duvar sedde

Çuvallı sedde

Şekil 18: 2020 yılı; Karaman, Ayrancı model mera sahasında toprak erozyonu önleyici ve toprak nemi muhafazasını sağlayıcı yapılar (Yazarın kendi arşivinden, 2020)

- Çıplak köklü fidanlar yerine kaplı fidanların tercih edilmesi
- Kaplara fidan kök kısımlarına mikoriza aşılmasının yapılmasının sağlanması
- Tek tür bitkilendirme değil kompozisyon oluşturacak farklı türlerin kullanıldığı öncü olarak toprak kalitesini ve mikroklima sağlayacak derin kök yapabilen otsu ve çalı türlerine öncelik verilerek sonrasında bazı ağaç türlerine yer verilmesi
- Dikim çukurlarının dikimin yapılacağı anda açılması ve fidanın yağmur suyundan faydalanabileceği yükseltiye dikilerek sıkıştırılması
- Bakım çalışmalarının (yabani ot alma, fidan dip kısmı tabaka kırma, sık toprak işleme) 4-5 yıl sürdürülmesi
- Yerel alanda bitki adaptasyon çalışmalarında başarılı olunan türler arasından yeterli tohum ve fidan temininin daha çok sağlanabileceği türlerin tercih edilmesi. (İmkânlar dâhilinde bu türlerin stokunun sağlanabileceği fidan üretim alanlarının yapılmasına önem verilmesi yıllara sari fidan teminini sağlamaktadır) (Şekil 19).



Şekil 19: 2022 yılı; Çankırı Orman Fidanlığı; Kırşehir, Malya deneme sahasından toplanan Dört Kanatlı Tuz Çalısı tohumlarından yetiştirilen fidanlar (Yazarın kendi arşivinden, 2022)

- Sulama imkanının olduğu sahalarda aşırı miktarda olmaması kaydıyla en az iki yıl sulama yapılması

Ağaçlandırma Genel Müdürlüğü (AGM) faaliyetde iken, Iğdır, Aralık rüzgâr erozyonu sahasının, tel ihata ile koruma altına alınarak, sahanın bir kısmı akasya, iğde, karaağaç ve gladiçya gibi kurağa dayanıklı türlerle bitkilendirilmiş olup, bitkiler ilk yıllarda kısıtlı sulama miktarlarıyla kurak sezonları atlattımlardır (Şekil 20).



Şekil 20: Iğdır, Aralık rüzgâr erozyonu sahası tel ihata korumasına alınan sahaya damla sulama sisteminin kurulması 2009 yılı (solda), sahanın başarıya ulaştığını gösteren hali 2012 yılı (sağda) (Yazarın kendi arşivinden)

Karaman, Ayrancı, Divle köyünde kurakçıl tıbbi-aromatik bitkilerle bitkilendirme sahasında aynı yöntemler (koruma ve ilk yıllarda sulama) uygulanmıştır (Şekil 21).



Şekil 21: 2023 yılı: Karaman, Ayrancı; gelir getirici türlerin (lavanta, kekik, adaçayı vd.) uygulandığı ve damla sulama sisteminin kurulduğu saha (Yazarın kendi arşivinden, 2023)

Sahalarda kuraklığa dayanıklı bitkiler seçilip uygulansa da, sulama olanağının olduğu alanlarda, fidan dikim işlemlerinden sonraki ilk bir kaç yıl içerisindeki uzun süren kurak sezonda, sulama yapılmasının daha uygun olduğu deneyimlenmiştir. İlk yıllardaki uzun geçen kurak periyotlarda sulamanın gerçekleştirildiği sahalarda, bitki yaşama başarısının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve Değerlendirme

İklim değişikliği ile birlikte ülkemizdeki kurak ve yarı kurak alanlarda yaşanan sorunlar daha derinden hissedilmektedir. Kuraklık felaketi, çoraklaşma, toprak aşınımı, çevreye olan antropojenik tahribat sonucu arazi bozulumu ile birlikte çölleşme tehlikesi, gelecekte insan yaşamını tehdit edebilecek boyutlara ulaşacaktır. Bu alanlarda yer alan marjinal sahalarda, meralar ve diğer araziler yeterli bitki örtüsünden yoksun olup, bu tür alanların çölleşmesinde son safhayı rüzgâr erozyonu tehlikesi oluşturmaktadır. Rüzgâr erozyonu ve başlıca diğer sorunlarla mücadelede, öncelikle rüzgâr erozyonu ve çölleşme hassasiyetine sahip alanların belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması, mücadele planlarının hazırlanmasına zemin hazırlamaktadır.

Sorunlu toprak ve olumsuz iklim koşullarına sahip orman dışı alanlardaki problemlerle mücadelenin en etkili doğa temelli çözümümüz panzehiri, iklim dirençli bitkilerle yapılan bitkilendirme çalışmalarıdır. Bu bağlamda, bitki seçim kriterlerinin doğru bir şekilde uygulanması, yerel sahalarda gerçekleştirecek

olan bitki adaptasyon ve tespit denemeleri, dirençli ve kaliteli bitkilerin sürekli teminini sağlayacak gen kaynak bahçelerinin oluşturulması, başarı oranını artıran anahtar faktörlerdir. Bu tür çalışmalarda başarılı olan bitki türlerinin, sadece mera ve orman dışı diğer alanların ıslah çalışmalarında değil; aynı zamanda, yerleşim yerlerinde yeşil dönüşüm ve iklim dirençli çözüm olarak peyzaj uygulamalarında kullanılması, iklim değişikliğine etki ve iklim değişikliğinden etkilenme bağlamında uygun bir yaklaşım olacaktır.

Kurak ve yarı kurak alanlarda arazi ıslahı, yeni karbon yutak alanları oluşturma, gıda ve yem kaynakları teşkil etme hedefleri doğrultusunda yapılan ekim-dikim çalışmaları tek başına yeterli olmamaktadır. Mera ve orman dışı diğer alanlardaki insan kaynaklı tahribat ve baskılar, uzun süreli ve aşırı kurak geçen vejetasyon dönemleri gibi faktörler de dikkate alınarak, problem, risk ve paydaş analizlerinin yapılması son derece önemlidir. Bu noktada, çalışmalara başlamadan önce, paydaşların ve yöre halkının görüşlerinin alınması ve planlamanın buna göre yapılması gerekmektedir. Konsept oluşturulduktan sonra, saha koruma altına alınarak, arazi hazırlığı ve bitki ekim-dikim faaliyetlerinde dikkat edilmesi gereken bazı hususların (su hasadı teknikleri, toprak işleme, ilk yıllarda sulama, bakım, rüzgâr erozyonu sahalarında rüzgâr kırıcı perdeler vb.) uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Bu tür doğa temelli çözümlerle yapılan ve sürdürülen çalışmalar, ülkemizin kurak ve yarı kurak alanlarındaki başlıca sorunların çözümünde gelecekteki uygulamalar için bir yol haritası niteliği taşımaktadır.

Kaynakça

Acar, R. (2013, November). The Importance of Forage Kochia (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) Found in Natural Areas in KOP Region, and the Advantages of Its Use in Pasture Improvement (KOP Doğal Alanlarında Bulunan Bozkır Otu (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) Bitkisinin Önemi ve Mera Islahında Kullanımının Avantajları), I. In KOP Regional Development Symposium Proceedings (pp. 14-16).

Acar, R., & Dursun, S. (2010). Vegetative methods to prevent wind erosion in central Anatolia region. *International Journal of Sustainable Water and Environmental Systems*, 1(1), 25-28.

Acar, R., İnce, K., Uysal, M., Sarihan, B., et al. (2023). Model Mera Uygulama Projesi ve Sonuçları: Karaman/Ayrancı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 20-31.

Akca, N. (2020). NİKSAR'DA (TOKAT) DOĞAL OLARAK YETİŞEN ALIÇ GENOTİPLERİNİN (*Crataegus* spp.) ÖN SELEKSİYONU (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Anderson, J. M. (1991). The effects of climate change on decomposition processes in grassland and coniferous forests. *Ecological Applications*, 1(3), 326-347.

Anonim, (2019). Türkiye'nin ağaç arşivi. <http://www.agaclar.org/agac.asp?id=882>- (Erişim tarihi: 25.11.2019).

Ashraf, M., & Wu, L. (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1), 17-42.

Atalay, İ. (2014). Türkiye'nin ekolojik bölgeleri. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Bakır, Ö., & Açıkgöz, E. (1976). Yurdumuzda Yem Bitkileri Çayır ve Mera tarımının Bugünkü Durumu Geliştirme Olanakları ve Bu Konuda Yapılan Araştırmalar. Ankara Çayır-Mera ve Zootekni Araştırma Enstitüsü Yay, 61.

Batjes, N. H., & Sombroek, W. G. (1997). Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global change biology*, 3(2), 161-173.

Bilbro, J. D. (1991). Relationships of cotton dry matter production and plant structural characteristics for wind erosion modeling. *Journal of soil and water conservation*, 46(5), 381-384.

ÇEM (2016). Ulusal Ölçekte Rüzgâr Erozyonu Risk Haritasının Hazırlanması Projesi. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

ÇEM (2018). Doğal Ahlat (*Pyrus elaeagrifolia* Pall.) Populasyonlarındaki İri Meyveli Tiplerin Belirlenmesi, Moleküler Karakterizasyonu, Vejetatif Çoğaltma Kapasiteleri İle Kurak-Yarıkurak Alanlarda Kullanım İmkânlarının Belirlenmesi Ve Muhafazası Projesi. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

ÇEM (2019). Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

ÇEM (2021). Marjinal (Tuzlu-Alkali) ve Rüzgâr Erozyonundan Etkilenmiş Alanlarda Bazı Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkilerinin Adaptasyonu Projesi Sonuç Raporu. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

ÇEM (2022). Doğal Alıç (*Crataegus* Spp.) Populasyonlarındaki İri Ve Sarı Meyveli Tiplerin Belirlenmesi, Moleküler Karakterizasyonu, Vejetatif Çoğaltma Kapasiteleri İle Kurak-Yarıkurak Alanlarda Kullanım İmkânlarının Belirlenmesi Ve Muhafazası Projesi. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

Cibils, A. F., Swift, D. M., & McArthur, E. D. (1998). Plant-herbivore interactions in Atriplex: current state of knowledge.

Dabney, S. M., Delgado, J. A., & Reeves, D. W. (2001). Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 1221-1250.

Daily, G. C., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (1997). Ecosystem services supplied by soil. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, 113-132.

Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). TUZLULUĞUN BİTKİ GELİŞİMİNE ETKİSİ. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 118-125. <https://doi.org/10.7161/anajas.2005.20.3.118-125>

Erdoğdu, İ., Sever, A. L., Atalay, A. K., Aygün, C., Akkaya, S., Işık, Ş., & Kirtiş, F. (2013). Eskişehir ve Konya'daki Üç Lokasyonda Farklı Dikim Mesafelerinin Dört Kanatlı Tuz Çalısının (*Atriplex canescens* Pursh Nutt.) Bazı Yem Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 55-63.

Eriç, S. (1963). İç Anadolu'da Karapınar çevresindeki kum reliefi hakkında. *İstanbul Üniv. Coğrafya Enstitüsü Dergisi C*, 17, 13.

Eriç, S. (1965). Yağış muessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis. *İstanbul Üniversitesi*.

Erkun, V. (1999). Çayır meraların önemi ve tarihi gelişimi. Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı. TC Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, 131-136.

Evans, J., & Turnbull, J. W. (2004). *Plantation forestry in the tropics: the role, silviculture, and use of planted forests for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes*. Oxford University Press.

FAO (1989). *Arid zone forestry: A guide for field technicians*. FAO Conservation Guide 20.

Fryrear, D. W. (1981). Dust storms in the southern Great Plains. *Transactions of the ASAE*, 24(4), 991-0994.

Fryrear, D. W., Bilbro, J. D., Saleh, A., Schomberg, H., Stout, J. E., & Zobeck, T. M. (2000). RWEQ: Improved wind erosion technology. *Journal of soil and water conservation*, 55(2), 183-189.

Fryrear, D.W. (1985). Soil cover and wind erosion. *Trans. ASAE* 28:781-784.

Gillette, D. A., & Pitchford, A. M. (2004). Sand flux in the northern Chihuahuan Desert, New Mexico, USA, and the influence of mesquite-dominated landscapes. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 109 (F4).

Gore, R. (1979). The desert: An age-old challenge grows. *National Geographic* 156:594-639.

Grini, A., Myhre, G., Zender, C. S., & Isaksen, I. S. (2005). Model simulations of dust sources and transport in the global atmosphere: Effects of soil erodibility and wind speed variability. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D2).

Gültekin, H. C. (2007). Yabani meyveli ağaç türlerimiz ve fidan üretim teknikleri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Fidanlık ve Tohum İşleri Daire Başkanlığı Ankara.

Gül, E., Dölarlan, M., & Uluğ, K. (2019). Yarı Kurak Ağaçlandırma Alanlarında Çölleşme Eğiliminin Değerlendirilmesi: ÇAKÜ Orman Fakültesi, Prof. Dr. Abdülreşit BROHİ Araştırma ve Uygulama Ormanı Örneği". Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(2), 506-516.

Güngör, Y., Yurtseven, E., & Artık, N. (1993). Sulama suyu tuzluluğunun soya kimyasal bileşimi üzerine etkisi. Tübitak, Doğa Tr. J. Of Agricultural And Forestry, 17, 443-449.

IPCC (2023). Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Stocholm, 2013.

İnce, K., Şahin, S., & Erpul, G. (2018). Yenilenmiş Rüzgâr Erozyonu Eşitliği İklim Faktörünün Ulusal Ölçekte Belirlenmesi. Toprak Su Dergisi, 7(2), 12-20. <https://doi.org/10.21657/topraksu.460715>

Karagöz, A., Doğan, O., Erpul, G., Dengiz, O., Sönmez, B., Tekeli, İ., ... & Madenoğlu, S. (2015). ÇÖLLEŞME, KURAKLIK VE EROZYONUN OLASI ETKİLERİNİN TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 118.

Karakaya, A., Uysal, M., Sözüdoğru, O. S., Çaycı, G., Kendir, H., Arcak, S., ... & Özbedel, N. (2018). Tuzlu ve Alkali Alanlarda Kullanılabilecek Bazı Bitki Türlerinin Tespiti ve Adaptasyonu Projesi Sonuç Raporu. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Erozyon Kontrolü Dairesi Başkanlığı.

Le Houérou, H. N. (2000, October). Use of fodder trees and shrubs (trubs) in the arid and semi-arid zones of West Asia and North Africa: history and perspectives. In Fodder shrub development in arid and semi-arid zones, proceedings of the workshop on native and exotic fodder shrubs in arid and semi-arid zones (Vol. 1, pp. 9-53). Aleppo, Syria: ICARDA.

Lombard, P. B., Westwood, M. N., Rom, R. C., & Carlson, R. F. (1987). Rootstocks for fruit crops. Canada.

Maas, E. V. (1985). Crop tolerance to saline sprinkling water. Biosalinity in action: Bioproduction with saline water, 273-284.

MGM (2024). AYDENİZ İKLİM SINIFLANDIRMASINA GÖRE TÜRKİYE İKLİMİ

https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/iklim_siniflandirmalari/aydeniz.pdf

MGM (2023). THORNTHWAITE İKLİM SINIFLANDIRMASINA GÖRE TÜRKİYE İKLİMİ

https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf

Middleton, N. J., Goudie, A. S., & Wells, G. L. (2020). The frequency and source areas of dust storms. In Aeolian geomorphology (pp. 237-259). Routledge.

Naidu, B. P., & Harwood, M. R. (1997). Opportunities for landscape stabilisation and revegetating disturbed lands in stressful environments with exotic or native forages. *Tropical Grasslands*, 31, 364-369.

Yildiz, O., Sarginci, M., Toprak, B., GÜRSOY, İ., Altınay, B., Arslan, H., ... & ŞAHİN, U. (2018). Afforestation practices in Central anatolia.

Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A., & Yürekli, K. (2011). Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (2), 65-71.

ÖZBEK, N. (1978). Özel meyvecilik (Kışın yaprağını dökken meyve türleri) ÇÜ Ziraat Fak. Yay., Adana, 486s.

Özdeveci, B. (2006). Crataegus türlerinin fitoterapideki önemi (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Özdemir, M. A. (2023). Çölleşme ile mücadele stratejileri: Karapınar örneği. In Y. Küçükdağ, K. Özcan, & C. Arabacı (Eds.), *Konya ili ve ilçelerinin tarihi süreç çerçevesinde çevre, şehircilik ve iklim değişikliği I* (s. 355). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. ISBN: 978-625-7076-45-6.

Özdoğan, N. (1976). Rüzgâr erozyonu ve rüzgâr erozyonu sahalarında alınacak başlıca tedbirler. *Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları*, 306.

Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., & Grace, P. (2014). Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 87-105.

Regional Salinity Laboratory (US). (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). US Department of Agriculture.

Sönmez, B. (2003). Türkiye çoraklık kontrol rehberi. TC Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. Teknik Yayın, (33).

Sönmez, B. (2003). Türkiye çoraklık kontrol rehberi. TC Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. Teknik Yayın, (33).

Sporcic, M., Keep, T., & Nelson, L. (1998). WEQ management period method wind erosion model worksheet.

TOB (2024). MERA ALANLARININ YILLAR İTİBARIYLA DEĞİŞİMİ

<https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri>

Tarman, Ö. (1972). Yembitkileri, Çayır-Mer'a Kültürü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 464, Ders Kitabı : 157, Ankara

Tekeli, A. S., Baytekin, H., Şilbir, Y., Kendir, H., Deveci, M., Tan, A., & Ateş, E. (2005). Meraların korunma ve kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği, VI. Teknik Tarım Kongresi, 3-7.

Türkeş, M. (2002). İklim Değişikliği: Türkiye-iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ilişkileri ve iklim değişikliği politikaları. Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli Vizyon ve Öngörü Raporu.

Türkeş, M. (2003). Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 267-285.

Türkeş, M. (2008). İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme. E. Karakaya (der.), Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi içinde, İstanbul: Bağlam.

Uluocak, N. (1979). Toprak koruması ve yem niteliği bakımından Türkiye'nin önemli doğal mera bitkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.

UNCCD (2011). Desertification: A Visual Synthesis. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) Geneva: Zoi Environment Network.