

Biyoenjerji Bitkisi Olarak Dallı Darının (*Panicum virgatum* L.) Türkiye’de Potansiyel Yetiştirme Alanlarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yaklaşımı

*Meral PEŞKİRCİOĞLU¹, K. Aytaç ÖZAYDIN¹, Recep KODAŞ²,
Gülen ÖZYAZICI³, Osman AYDOĞMUŞ¹, Mustafa BAĞCI⁴, Hakan YILDIZ¹,
Nuri KARAMAN⁵, Esra AKÇELİK²

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, CBS Bölümü, Ankara, Türkiye

²Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü,
Agronomi Bölümü, Ankara, Türkiye

³Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye

⁴Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü, Konya, Türkiye

⁵Tarım ve Orman Bakanlığı, Kütahya Tarım İl Müdürlüğü, Simav İlçe Müdürlüğü,
Simav, Kütahya, Türkiye

*Corresponding author e-mail (Sorumlu yazar e-posta): meral.peskirci@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 15.05.2019 Kabul Tarihi (Accepted): 14.06.2019

Öz

Bu çalışmada dallı darının ekolojik istekleri doğrultusunda belirlenen parametrelerin coğrafi katmanlarının oluşturulması, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile bu parametrelerin önceliklerinin belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri ile işlenerek dallı darının potansiyel uygunluk haritasının elde edilmesi amaçlanmıştır. Girdi olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen ve 1970 - 2017 yılları arası günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık iklim verisi, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından üretilen sayısal toprak haritaları ve 2012 yılında güncellenen CORINE (Coordination of Information on the Environment) sınıflama sistemine göre sınıflandırılmış arazi kullanımı (LCLU) haritaları altlık veriler olarak kullanılmıştır. İklim veri tabanından “thin plate smoothing spline” enterpolasyon yöntemiyle iklim yüzey haritaları elde edilmiştir. Üretilen haritalarda dallı darı isteklerine bağlı sorgulamalar yapılmış anlamlı bulunan parametreler katman olarak seçilmiştir. Raster formatında üretilen günlük ortalama sıcaklık (°C), dallı darıda biyokütle için biçim sayısı, toprak derinliği (cm) ve arazi kullanımı katmanları yeniden sınıflandırılmıştır. Böylece katmanlar alt katmanlara ayrılmış ve dallı darının ekolojik ihtiyaçlarına uygunluğu oranında yüksek puan verilmiştir. Daha sonra AHS yöntemiyle ana katmanların ağırlık değerleri (W) hesaplanmıştır. Katmanlar, hesaplanan ağırlık değerleri ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında (CBS) uygunluk analizi için *ağırlıklı çakıştırma* analizine alınmıştır. Bu işlemin sonucunda 4 sınıflı “dallı darı potansiyel uygunluk haritası” elde edilmiştir. Bu haritada FAO (1976) sistemine göre yapılan sınıflama ile Türkiye’de dallı darıya çok uygun alanların (S1) %12 oranında, orta derecede uygun alanların (S2) %32 oranında, az derecede uygun alanların (S3) %41 oranında ve uygun olmayan alanların (N) %14 oranında yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dallı darı, uygunluk analizi, analitik hiyerarşik süreç, CBS

Determination of Potential Suitability Areas of Switchgrass (*Panicum Virgatum* L.) As A Bioenergy Plant in Turkey By An Approach of Analytic Hierarchy Process and GIS

Abstract

In this study, it is aimed to produce the geographical layers of the switchgrass’ parameters determined in accordance with the its ecological requirements and then to determine the dominant parameters with Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to map the potential suitability areas of switchgrass plant by geographic Information system techniques. Daily average, minimum and maximum temperature climate data of 1970 to 2017 procured from Directorate General of Meteorology, digital soil maps produced by Ministry of Agriculture and Forestry and CORINE Land Cover for 2012 (Coordination of Information on the Environment, CLC 2012) dataset were used as input. Climate database prepared in Excel was used to produce Climate surface maps by “Thin Plate Smoothing Spline” interpolation method. The output maps were queried with switchgrass’s ecologic demands and meaningful parameters are selected as main layers. The daily average temperature produced in raster format, the number of cuttings of switchgrass for biomass estimation, soil depth and land use layers were reclassified. Thus, the layers were then divided into

sub-layers and high scores were given to layers that are more suitable the ecological requirements of the switchgrass. The weights (W) of these layers were calculated with AHP method. Layers and their weights were analyzed with "Weighted Overlay Method" for suitability analysis through which the potential suitability of Switchgrass maps was created with 4 classes of most suitable, moderate suitable, fairly suitable and not suitable. The final map classes made by FAO (1976) classification system explains that there were 12% of most suitable (S1), 32% of moderately suitable (S2), 41% of fairly suitable and 14% of not suitable (N) regions of switchgrass in Turkey.

Keywords: Switchgrass, suitability analysis, analytic hierarchy process, GIS

Giriş

Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genel olarak bir yem bitkisi olarak bilinmektedir. Kuzey Amerika'nın uzun boylu, otsu bitki türlerinin en önemlilerinden biri olup, hayvanlar için kaba yem, erozyon kontrolü ve yaban hayatı için yetiştirilmektedir. Çok yıllık olduğu için 10 yılı aşkın süre faydalanılmaktadır. (Şeflek, 2010). Dağ ve ova tipi olmak üzere 2 ekolojik tipi mevcuttur (Hultquist, 1996). Dağ tipleri yüksek alanlarda yetişen, boyları daha kısa ve daha az kardeşlenen tiplerdir. Buna karşın ova tipleri daha çok kardeşlenmekte, daha uzun boylu bir yapı göstermektedirler (Moser ve Vogel 1995; Porter, 1996). Yem bitkisi olmasının yanı sıra, biyoenjeri bitkisi olması, yüksek verimli olması, çabuk büyümesi, çok kuvvetli kök aksamıyla toprağa çok iyi tutunması ve bu sayede erozyona karşı ve marjinal alanlarda kullanılabilmesi gibi özelliklere sahip olması dallı darının kısa süre yaygınlaşacak bir ürün olduğunu göstermektedir. Ayrıca her yıl tesis masrafı olmaması, çiftçilere ekonomik yönden avantaj sağlamaktadır.

Uzun yıllardan beri gerek adaptasyonu, gerek agronomik istekleri, gerekse verimi gibi özellikleri üzerine çalışmalar özellikle anavatanı olan ABD'de yaygındır. Bu nedenle dallı darının kullanım alanları oldukça geniş bir yelpaze çizmektedir; öyle ki yem bitkisi olmasının yanı sıra, sellülozik biyokütle teknolojisinde kullanılan lignoselülozik bir bitki olması nedeni ile biyoyakıt eldesi için de kullanılmaktadır. Bu nedenlerle dallı darı Amerikan biyoenjeri programı tarafından 37 bitki arasında model tür olarak seçilmiştir. Günümüzde potansiyel biyokütle üretim bitkisi olarak etanol üretiminde kullanılmaktadır (Soylu, 2011).

Bu kadar çok yönlü ve verimli kullanım alanı olan dallı darının Türkiye şartlarında da yetiştirilmeye uygun alanların ivedilikle belirlenmesi gerekmektedir. Böylece dallı

darı üretimi yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyokütle üretiminde alternatif olacağından, küresel ısınma sorunlarının çözümüne de katkıda bulunacaktır.

Türkiye Kyoto protokolünde yasal olarak taraf olmak amacı ile, 24 Mayıs 2004 tarihinde Birleşmiş Milletlere başvurmuş ve kabul edilmiştir (Üstün ve ark., 2009). 1997'de kabul edilen Kyoto protokolü'nün amacı "dünyanın içinde bulunduğu küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunlarına karşı uluslararası bir savunma mekanizması oluşturabilmek"tir. Söz konusu protokol gereği yenilenebilir enerji payının artırılması gerekmektedir. Türkiye'de yenilenebilir enerjinin toplam enerji içindeki payı 2001 yılı itibarıyla %13'tür. Bu oranın artırılması gerekmektedir (Üstün ve ark., 2009). Dallı darı da iyi bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak başta ABD olmak üzere oldukça geniş ekim alanlarına sahip bir üründür.

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilen çok yıllık dallı darı bitkisi günümüzde ABD haricindeki ülkeler için yeni tanınmaya başlanmıştır (Bhatt, 2006). Buradan hareketle dallı darı sadece ülkemiz için değil Avrupa ülkeleri için de yeni bir bitkidir. Bu bitkinin yetiştirme imkanlarının incelendiği Avrupa'daki çalışmalar 1998 - 2002 yılları arasında İngiltere, İtalya, Almanya, Yunanistan, Hollanda'nın katıldığı bir AB projesi ile başlamıştır (Elbersen ve ark., 2001). Araştırma sonuçlarına göre dallı darı kuzey Avrupa şartlarına, ABD'den daha iyi adapte olmuştur. Çin'de de dallı darının bir enerji bitkisi olarak biyolojik özellikleri ve ekolojik ihtiyaçları bakımından ele alınmıştır. İkinci nesil bir yakıt olarak, etanol üretiminde gelecek için potansiyel görülmektedir (Liu ve ark., 2009).

Sıcaklık ve yağış dallı darıyı etkileyen en önemli iklim faktörleridir (Gunderson ve ark., 2008). Bu nedenle bu iki iklim parametresi daha

detaylı ele alınmıştır. Dallı darı fenolojisinin her döneminin uzunluğu çoğunlukla çeşit özelliğine ve sıcaklığa bağlıdır (McMoore ve ark., 1991). Tohumlar, ilkbaharda toprak sıcaklığı 10 °C'nin üzerine çıktıktan sonra filizlenmeye başlar (Başer ve ark., 2008). Dallı darı için optimal sıcaklık 30-33 °C civarındadır (Benedict, 1941; Hsu ve ark., 1985; Aurangzaib ve ark., 2015). Bu tür çalışmalarda üzerinde çalışılan ürünün ekolojik istekleri ve sınır değerleri ile ilgili başvurulabilecek kaynaklardan biri de uzman tabanlı olarak oluşturulmuş, 2568 bitkinin bilgilerini kapsayan bir veri tabanı olan ve FAO (2018) tarafından kurulan *Ecocrop* veri tabanıdır. (Aydın ve Sarptaş, 2018). Bu veri tabanında dallı darı için optimal sıcaklık isteği 17 - 32 °C, en alt ve üst sınırlarını ise 6-36 °C olarak belirtilmiştir. Bunun yanında dinlenme dönemindeki öldüren sıcaklık sınırı -10 °C ve erken gelişme döneminde öldüren sıcaklık sınırını ise -1°C olarak belirtilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) koordinatlı olmak şartıyla her türlü sayısal verinin, aynı anda işlenmesini, haritalanmasını, analizini, sentezini ve yönetimini sağlayan bir araçtır. Sosyal bilimlerden tarıma, bayındırlık çalışmalarından ormana, askeri amaçlı çalışmalardan belediye elektrik, su ve imar çalışmalarına varıncaya kadar hemen her alanda kullanılma kolaylığı sağladığı için kısa sürede çok hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır.

CBS ortamında çalışan *enterpolasyon* (tahminleme) yöntemi iklim parametrelerinin veri tabanı olan noktasal veriden alansal iklim yüzey (surface) haritaların üretilmesini sağlamaktadır. Günümüzde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden biri olan ve Hutchinson tarafından geliştirilen "*Thin plate smoothing spline*" enterpolasyon metodu, standart meteoroloji ağından elde edilen noktasal aylık ortalama iklim değerlerinin topoğrafik etkiyi dikkate alarak doğru bir şekilde enterpole edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntemin en belirgin özelliği, mekansal olarak değişen yükseklik verisinin entegre edilmesidir. (Hutchinson, 2000).

Ürün uygunluk haritaları, arazi karakteristiklerinden iklim, toprak, topoğrafya gibi özelliklerin her bir ürünün gereksinimi olan ekolojik istekleriyle karşılaştırılması sonucunda

yetiştirilebileceği potansiyel alanların ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır (FAO,1976; Dent ve Young, 1981; Rossiter 1994). Ürün uygunluk haritalarının üretilmesi çalışmalarında iklim, toprak, topoğrafya veya daha fazla katmanın ürünün istekleriyle buluşturulmasında CBS teknikleri hepsinin aynı anda işlenmesine olanak verdiği için günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Demirbüken ve ark. 1994, Yazgan ve ark. 1999; Sırlı ve ark., 2015; Peşkircioğlu ve ark., 2016).

Ürün uygunluk çalışmaları incelendiğinde sonuç haritalarının sınıflandırılmasında genellikle iki yaklaşım söz konusu olmuştur. Birincisi; sonuç haritası "uygundur" (S) veya "uygun değildir" (N) olmak üzere iki sınıflı (binomial) yaklaşımdır (Sarioğlu ve ark., 2013; Peşkircioğlu ve ark., 2013; Sırlı ve ark., 2015). İkincisi; FAO sınıflama sistemine göre (FAO, 1976) uygun (S) ve uygun olmayan (N) sınıfların detaylandırılması yaklaşımıdır. Buna göre; uygunluk sınıfları (S) kendi içinde; çok uygun (S1), *orta derecede uygun* (S2), *az derecede uygun* (S3) olmak üzere üçe ve uygun olmayan (N) sınıfı kendi içinde *mevcut durumda uygun değil* (N1) ve *kalıcı olarak uygun değil* (N2) olmak üzere iki sınıflı detaylandırılmakta ve böylece toplam 4 veya 5 sınıflı olarak değerlendirilmektedir (Huajun ve ark., 1991). Sonuç haritalarında daha detaylı sınıflandırma imkanı verdiği için ve araştırmalarda yeterli ürün ekolojik istekleri veri tabanı ile bunların eşik bilgileri mevcut ise 4 veya 5 sınıflı sınıflandırma sistemi uygulanmaktadır (Albaji ve ark., 2009; Demir ve ark., 2011; Amiri ve ark., 2012; Cengiz ve ark. 2013) .

Alana ait konumsal verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte analizinde *AHS*, *Promotee*, *Electre*, *Smart*, *Topsis* gibi çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır (Sabaei ve ark., 2015). Bu yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) yönteminin uygunluk haritalarının üretimi sırasında, katmanların önceliklerinin ve ağırlık değerlerinin belirlenmesinde kullanımı oldukça yaygındır (Akbulak, 2010; Akıncı ve ark., 2013; Dengiz ve Özyazıcı, 2018;). Saaty tarafından geliştirilen AHS tekniği ile, çok kriterli kararlar değerlendirilirken yöntemin belirli bir sistematiği olması ve mantıksal yaklaşımı uygulamayı kolaylaştırmaktadır (Akbulak, 2010).

Ülkemizde de dallı darı ile ilgili araştırma çalışmaları başlamıştır. Enerji bitkisi olarak değerlendirilmesi ile ilgili analizler, dallı darının mekanizasyonu, dallı darının adaptasyonu ile ilgili çalışmalar bunlara örnek olarak gösterilebilir. Dallı darının adaptasyon çalışmalarından Gümüşhane, Konya ve Ortadoğu Anadolu bölgesi ekolojik şartlarında yetiştirilmesi konulu araştırmalarda oldukça umut verici sonuçlar alınmıştır (Tüfekçioğlu ve ark., 2005; Şeflek, 2010; Ekin ve Çelebi, 2011; Çiçek, 2017).

Bu güne kadar belli bölgeler için yapılan çalışmaların üzerine artı olarak bu çalışmada dallı darı bitkisinin Türkiye bazında uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda uygunluk haritasının araştırmacılara, üniversitelere, karar vericilere ve üreticilere önemli bir yol gösterici olması temennisiyle de faydalı olması beklenmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olan Türkiye Cumhuriyeti toprakları Anadolu'da ve Trakya'da bulunmaktadır. Türkiye toprakları 26° - 45° doğu meridyenleri ve 36° - 42° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Genişliği 1.660 kilometredir. Kuzeyinde Karadeniz, Kuzeybatısında Marmara Denizi, batısında Ege Denizi, güneyinde Akdeniz olan üç tarafı denizle çevrili bir yarımadadır. Ülkemiz batıda Yunanistan, Bulgaristan, kuzey doğuda Rusya ile, doğuda Irak, İran, güneyde Suriye ile sınır komşusudur. Avrupa ile Asya'yı birbirine bağlayan bir köprü konumundadır. Anadolu yarımadası yükseltisi fazla olan bir platodur batıdan doğuya doğru gidildikçe yüksekliği artmaktadır. En yüksek dağı Ağrı Dağı'dır (5.166 m). Ülkemiz yer şekilleri, iklimi bunlara bağlı bitki örtüsü yönünden oldukça zengindir.

Çalışmada Türkiye sayısal yükseklik modeli (SYM) olarak SRTM (*Space Radar Topography Mission*) verisi kullanılmıştır (Farr ve ark., 2007). Bu çalışmada kullanılan Türkiye idari sınırlarına ait konumsal veriler; iller, ilçeler, göller gibi vektör formatındaki verilerdir (Ölçek: 1/250.000). Bunların yanı sıra Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından 264 adet meteoroloji istasyonundan üretilen; a) Uzun yıllar (1970-2017) ortalaması günlük ortalama sıcaklık (T_{ort}), b) Uzun yıllar (1970 - 2017) ortalaması günlük maksimum sıcaklık (T_{max}) c) Uzun yıllar (1970-

2017) ortalaması günlük minimum sıcaklık (T_{min}). Bu tablosal verilerin tanımlanması, sorgulanması, değiştirilmesi ve kontrol edilmesinde *sql* ve (Bowman ve ark., 1998) makrolar yazılarak veri tabanı oluşturulmasında *excel* yazılımlarından yararlanılmıştır. Excel veri tabanından iklim yüzey haritalarının oluşturulmasında "*thin plate smoothing spline*" enterpolasyon metodu (Hutchinson, 2000) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri analizleri de ArcGIS 9.3.1 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Dallı darının ekolojik parametreleri ile ilgili oldukça detaylı literatür araştırması yapılmıştır. İncelenen çalışmalar arasından kullanılan ekolojik parametreler ve sınırlarının belirlenmesinde bu konuda düzenlenmiş en kapsamlı çalışmalardan biri olan ve FAO, (2018) tarafından oluşturulan bitkilerin yetişmesi için gerekli ekolojik parametreleri ve uzman tabanlı ekolojik sınır verilerini içeren *Ecocrop veri tabanından* yararlanılmıştır (Aydın ve Sarptaş, 2018).

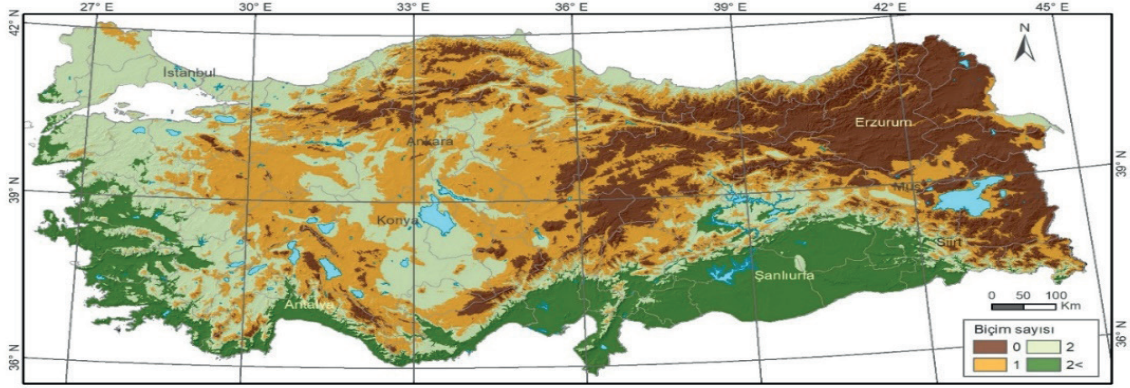
Uygunluk analizinde kullanılan katmanların oluşturulması

Dallı darıda yeşil biyokütle üretimi için biçim sayısı:

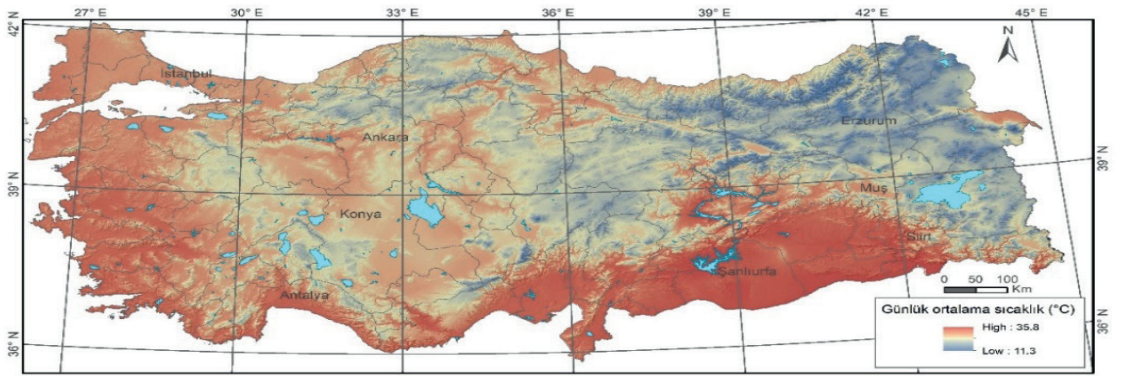
MGM kaynaklı 1975 - 2017 yılları arası verileri kapsayan uzun yıllar ortalaması *günlük* ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu veri tabanından üç aşamada yararlanılmıştır (Excel ve *sql* kullanılarak): 1. vejetasyon süresi veri tabanı üretimi: Dallı darı için eşik sıcaklık 10.9 °C'dir (Clifton-Brown ve ark., 2011). Buradan yola çıkarak 10.9°C'nin ilk olarak başladığı gün ile bittiği gün arasındaki gün sayısı *vejetasyon süresi* olarak hesaplanmıştır. 2. günlük ortalama sıcaklık veri tabanı: Vejetasyon süresi içinde günlük ortalama sıcaklıkları içeren veri tabanı hazırlanmıştır. 3. aşamada her iki veri tabanı birleştirilerek hem vejetasyon süresi içinde, hem de dallı darı için optimal sıcaklık isteklerinin (FAO, 2018) karşılanması şartı birleştirilmiştir. Dallı darıda yeşil biyokütle için ilk biçim zamanı %50 çiçeklenmenin olduğu dönem olup sonraki biçimler için gerekli gün sayıları (Çiçek, 2017) da sorgulanarak ilgili lokasyon için dallı darının kaç defa biçilebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 1).

Günlük ortalama sıcaklık (°C):

Uzun yıllar ortalaması günlük ortalama sıcaklık veri tabanı istasyonlar bazında



Şekil 1. Vejetasyon döneminde dallı darıda biçim sayısı
Figure 1. Number of cuttings of switchgrass during vegetation period



Şekil 2. Dallı darının gelişme döneminde uzun yıllar ortalaması, günlük ortalama sıcaklık
Figure 2. The daily average temperature of long terms (30 years) averages during the vegetation period of switchgrass

hazırlanarak ve enterpolasyon yöntemi ile raster haritası elde edilmiştir (Şekil 2). Daha sonra dallı darının yetiştirilmesi için uygun sıcaklık aralıkları literatürlerden yararlanılarak belirlenmiş ve bu harita üzerinde CBS ortamında sorgulama yapılmıştır. Literatürlerde dallı darının vejetasyon süresi içinde ölüm sınırı olan en düşük sıcaklık -10 °C, en optimal sıcaklık aralığı 17 ile 32 °C arası, dayanabileceği sınırlar 6 - 17 ve 32 - 36 °C olarak belirtilmiştir (FAO, 2018).

Toprak derinliği (cm):

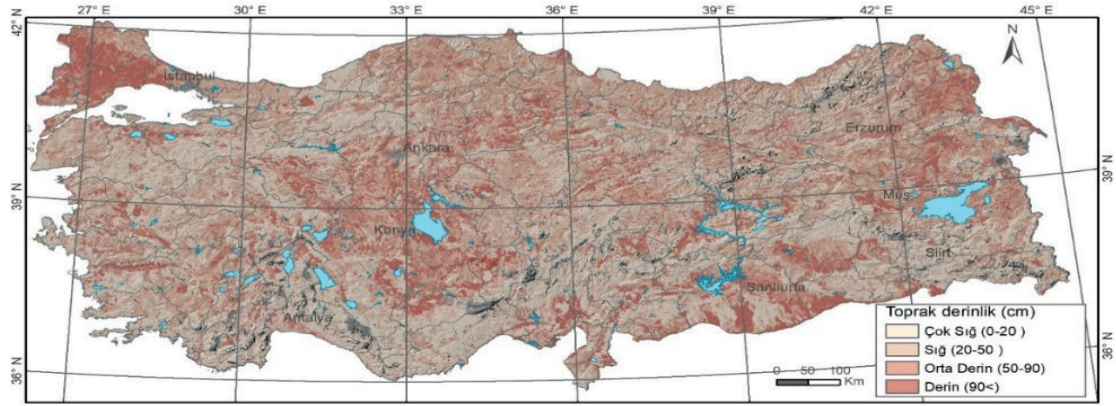
Türkiye toprakları haritası veri tabanı ilk olarak 1967 yılında zamanın kurumlarından Mülga Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından kağıt paftalar halinde hazırlanmıştır (Çullu, 2012). Toprak Etüt amaçlı ve Amerikan sistemine göre 1/100 000 ölçekli hazırlanan bu haritalar Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından sayısallaştırılmıştır. Bu çalışmada sayısal toprak haritaları veri tabanındaki *Toprak Özellik Kombinasyon* (TOK) verisi kullanılarak *toprak derinlik haritası* üretilmiştir (Şekil 3).

Arazi kullanımı:

Orman Bakanlığı tarafından daha önce üretilmiş ve 2012 güncellemesi yapılan vektör formatındaki CORINE sınıflama sistemine göre düzenlenen 39 sınıflı Türkiye arazi kullanımı haritası kullanılmıştır. (Şekil 4). Öznitelik tablosundaki katmanlar başlıca şehir ve endüstri, orman, tarım, bataklık alanları ve su yüzeyleri alt katmanlarını içermektedir.

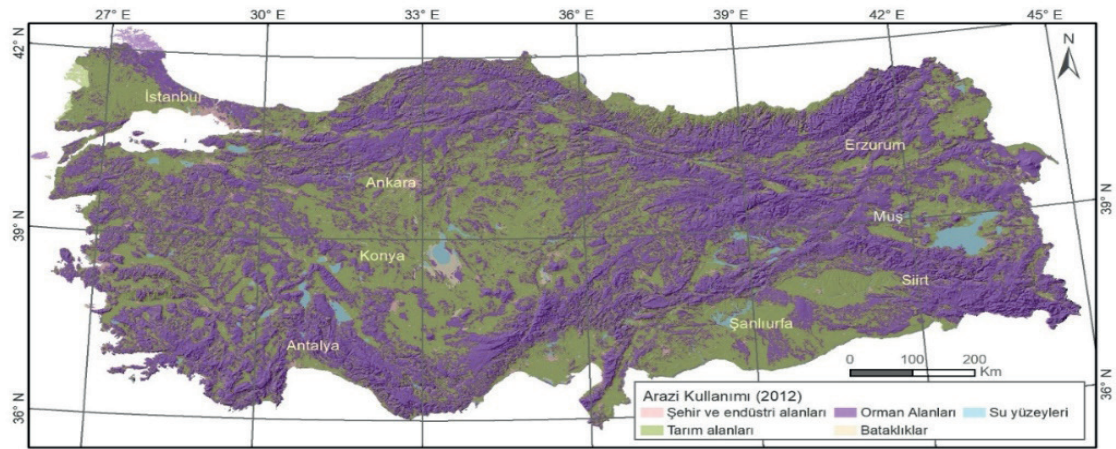
Analitik hiyerarşik süreç yöntemiyle ağırlıklı değerlerin hesaplanması

AHS ile çok kriterli karmaşık problemlerin analizi yapılacaksa esas olarak bir hiyerarşi oluşturulması gerekmektedir (Saaty, 1980). Bu hiyerarşi oluşturulurken kriterlerin (bu çalışma için katmanların) birbirlerine göre nispeten önemlerini saptamaya yardımcı olacak puanlama gereklidir. Çizelge 1'deki değerlendirme ölçeğinden yararlanarak katmanlara puanlama yapılır ve bundan yararlanarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır (Akbulak, 2010).



Şekil 3. Toprak derinlik haritası

Figure 3. Soil depth map



Şekil 4. Yeniden sınıflandırılmış arazi kullanım haritası (CORINE-2012)

Figure 4. Reclassified land cover map (CORINE 2012)

Çizelge 1. AHS değerlendirme kriterleri (Saaty, 1980)

Table 1. AHP evaluation criteria (Saaty, 1980)

Sayısal değer	Tanım
1	Öğeler eşit derecede öneme sahiptir
3	Ölçüt 2.ye göre biraz daha önemlidir
5	Ölçüt 2.ye göre fazla önemlidir
7	Ölçüt 2.ye göre çok fazla önemlidir
9	Ölçüt 2.ye göre olası en kuvvetli öneme sahiptir.
2,4,6,8	İki yakın ölçek arasındaki ara değerdir. Uzlaşma gereken durumlarda kullanılmaktadır.

Hesaplama işlemleri üç aşamada tamamlanmıştır. Önce "ikili karşılaştırma matrisleri" oluşturulmuştur (Çizelge 2). Daha sonra ikili karşılaştırma matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanmıştır (Çizelge 3). Devamında ikili karşılaştırma matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünerek "Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi" oluşturulmuştur (Çizelge 4). Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması

alınmıştır. Bu aritmetik ortalama değerleri katmanların ağırlık değerleri (W)'dir. Ağırlık değer (W) ile katmanların öncelikleri tahmini sağlanmıştır. (Çizelge 4). Son olarak tutarlılık kontrolü yapılmış, CR <1 şartını sağladığı için yapılan işlemlerin tutarlı olduğu gösterilmiştir.

Katmanların bütünleştirilmesi

Bunun için önce her bir katman raster formatına çevrilmiştir. Daha sonra CBS ortamında yeniden sınıflama (reclassify) analizi

Çizelge 2. İkili karşılaştırma matrisi
Table 2. Binary comparison matrix

Katmanlar	Biçim sayısı	Toprak derinliği	Ortalama sıcaklık	Arazi kullanımı
Biçim sayısı	1.00	3.00	4.00	4.00
Toprak derinliği	1/3	1.00	3.00	4.00
Ortalama sıcaklık	1/4	1/3	1.00	3.00
Arazi kullanımı	1/4	1/4	1/3	1.00

Çizelge 3. Satır ve sütun toplamaları
Table 3. Columns and lines totals

Katmanlar	Biçim sayısı	Toprak derinliği	Ortalama sıcaklık	Arazi kullanımı	Satır Toplamı
Biçim sayısı	1.00	3.00	4.00	4.00	12.00
Toprak derinliği	0.33	1.00	3.00	4.00	8.33
Ortalama sıcaklık	0.25	0.33	1.00	3.00	4.58
Arazi kullanımı	0.25	0.25	0.33	1.00	1.83
Toplam	1.83	4.58	8.33	12.00	

Çizelge 4. Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi
Table 4. Normalized binary comparisons matrix

Katmanlar	Biçim sayısı	Toprak derinliği	Ortalama sıcaklık	Arazi kullanımı	Satır Toplamı	Satır Ortalaması	Öncelik vektör (Ağırlık-W)
Biçim sayısı	0.55	0.65	0.48	0.33	2.0133	2.0133/4	0.50
Toprak derinliği	0.18	0.22	0.36	0.33	1.0933	1.0933/4	0.27
Ortalama sıcaklık	0.14	0.07	0.12	0.25	0.5791	0.5791/4	0.15
Arazi kullanımı	0.14	0.05	0.04	0.08	0.3142	0.3142/4	0.08
Toplam	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00

Özdeğer (λ_{max}) = 4.08 Tutarlılık oranı (CR)=0.027968 Tutarlılık göstergesi(CI)=0.025171
Eigenvalues = 4.08 consistency ratio (CR)=0.027968 consistency indicator (CI)=0.025171

Çizelge 5. Dallı darı tarımına uygun alanların belirlenmesinde kullanılan katmanlar, alt sınıf aralıkları puanları ve katmanların ağırlık değerleri

Table 5. Weight scores of layers for suitability

Katmanlar (Layers)	Alt katmanlar (Sub-layers)	Puan (Rank)	Ağırlık puanı (Weight)
Biçim sayısı	Biçim yok	1	0.50
	1 biçim	2	
	2 biçim	3	
	2< biçim	4	
Toprak derinliği (cm)	Derin (90)	4	0.27
	Orta derin (50-90)	4	
	Sığ(50-20)	2	
	Çok sığ(0-20)	1	
Günlük Ortalama sıcaklık (°C)	6-17	2	0.15
	17-32	4	
	32-36	3	
	36°C < t ve t<6	1	
Arazi kullanımı	Tarım alanları	4	0.08
	Tarım alanı dışında kalan bölgeler	1	

ile FAO, (1976) sınıflama sistemine göre her katman 4 alt sınıfa ayrılmıştır. Her bir alt katmana puan verilmiştir. Puanlama yapılırken; dallı darı tarımına elverişlilik için 4 puan, dallı darı tarımına elverişli değilse 1 puan, aradakilere bu kavramlara yakınlıklarına göre puan verilmiştir. Son olarak katmanlar ve ağırlık değerleri ile alt sınıflar ve puanları AHS yöntemiyle biraraya getirilmiştir (Çizelge 5).

Uygunluk analizi

Uygunluk analizi için standart uygunluk formülünden (1) yararlanılmıştır. Bu göre;

$$S_i = \sum_{j=1}^n (W_j / X_i(j)) \quad (1)$$

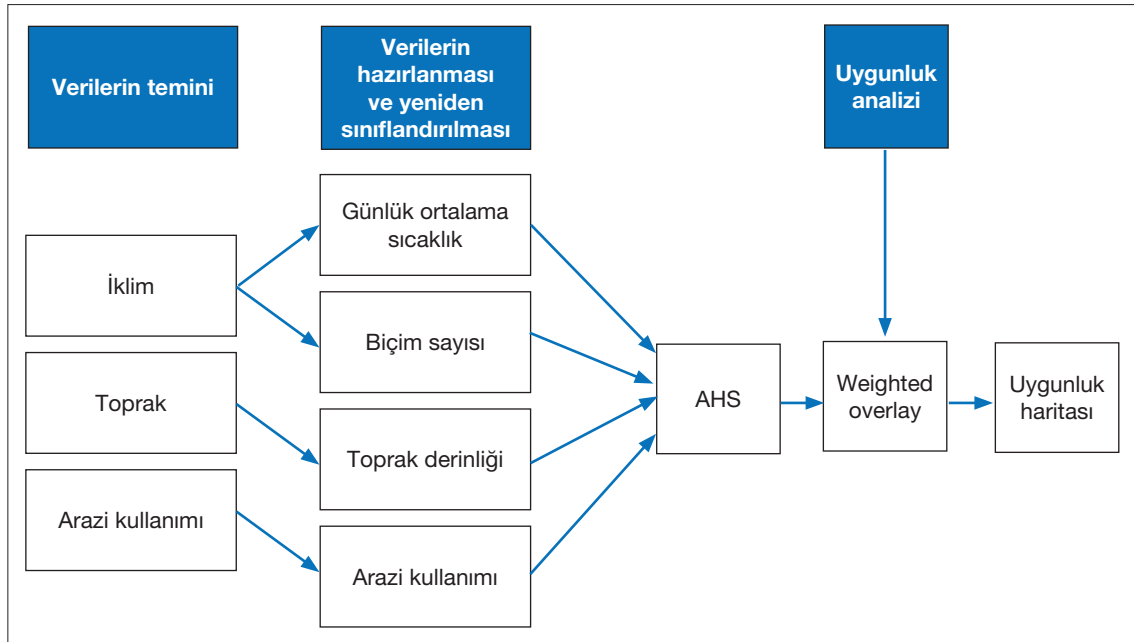
S_i : Dallı darı için uygunluk,

X_i : uygunluk katmanı,

W_j : X katmanı için verilen ağırlıklı değer, n katman sayısı

Dallı darı için esas alınan katmanlar ve ağırlıklı değerleri CBS ortamında yukardaki S_i eşitlik prensibi ile çalışan *Spatial Analyst Tools /Overlay/ weighted overlay* analizine alınmıştır. Bu analiz sonucunda 4 sınıflı dallı darı tarımına potansiyel olarak uygun alanlar haritası elde edilmiştir.

Verilerin temininden, uygunluk haritasının elde edilmesine kadar işlemler akış diyagramında gösterilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Yöntem akış şeması

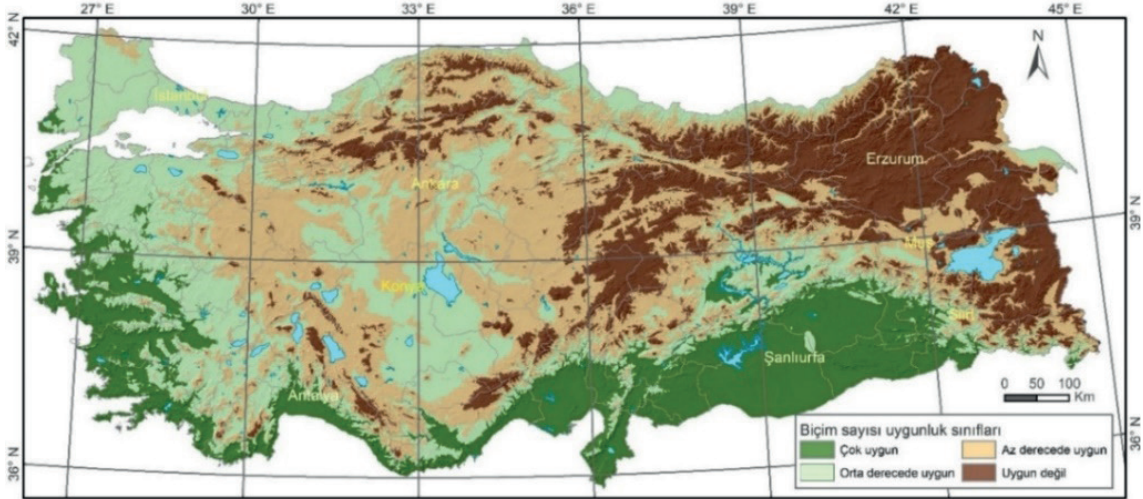
Figure 5. Flow chart of methodology

Bulgular ve Tartışma

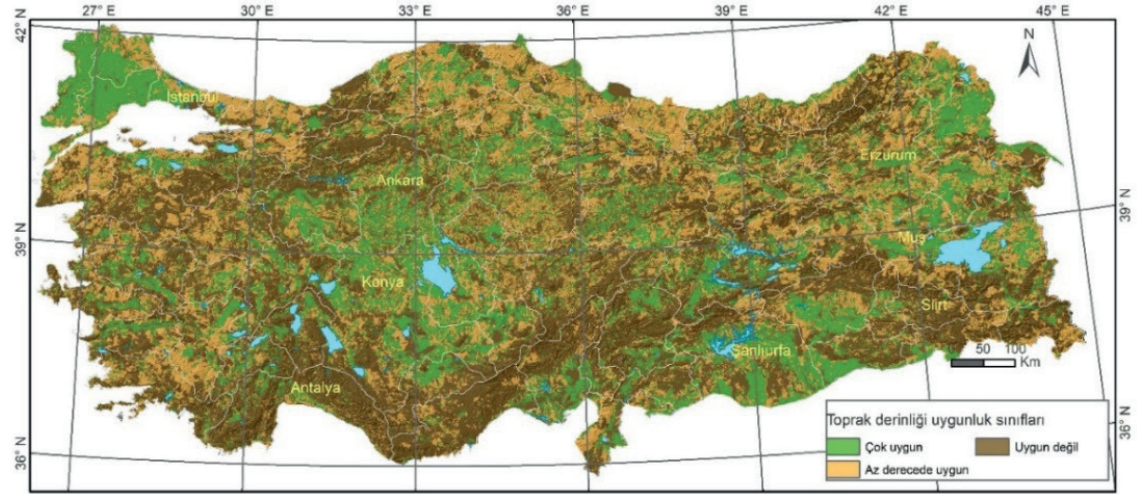
Çalışmada yurdumuzda dallı darının ekolojik isteklerine ilişkin parametreler incelenmiş, eşik değerlerine göre sorgulanarak anlamlı bulunan katmanlar, AHS yöntemi ile belirlenen ağırlık değerlerine göre CBS ortamında uygunluk analizine alınmıştır (Duc, 2006; Chandio ve ark., 2011; Mustafa ve ark., 2011; Samanta ve ark., 2011; Bo ve ark., 2012; Kazemi ve ark., 2014; Maddahi ve ark., 2014; Parry ve ark., 2018).

Bu çalışmada dallı darının ekolojik ihtiyaçları ekotipleri bazında değil en geniş haliyle ikisini

de içine alacak şekilde ele alınmıştır. Buna ilave olarak bu çalışmada bulunabilecek en dataylı verileri bir arada toplayan FAO (2018)'nin *Ecocrop* veri tabanından yararlanılmıştır. Söz konusu veri tabanında dallı darının ekolojik ihtiyaçları ve eşikleri genel olarak ele alınmış, ekotip bazında ayrıma yer verilmemiştir. Dallı darının adaptasyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda genel yaklaşım dallı darının genel olarak yetiştirme şartlarının veya populasyonlar ya da ticari çeşitler üzerinden özelliklerinin incelenmesi şeklindedir (Tüfekçi ve ark., 2005; Casler, 2007; Ekin ve Çelebi, 2011; Çiçek, 2017; Feng ve ark., 2017).



Şekil 6. Dallı darıda yeşil biyokütle için yapılan biçim sayısı açısından uygunluk sınıfları
Figure 6. Suitability classes by the number of cuttings for switchgrass

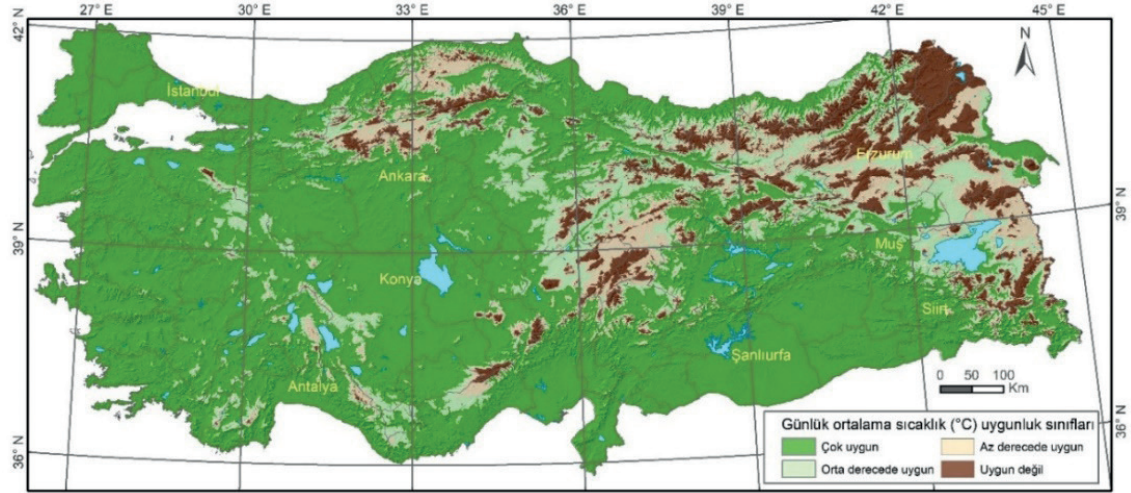


Şekil 7. Toprak derinliğinin dallı darı için uygunluk sınıfları
Figure 7. Suitability classes by soil depth for switchgrass

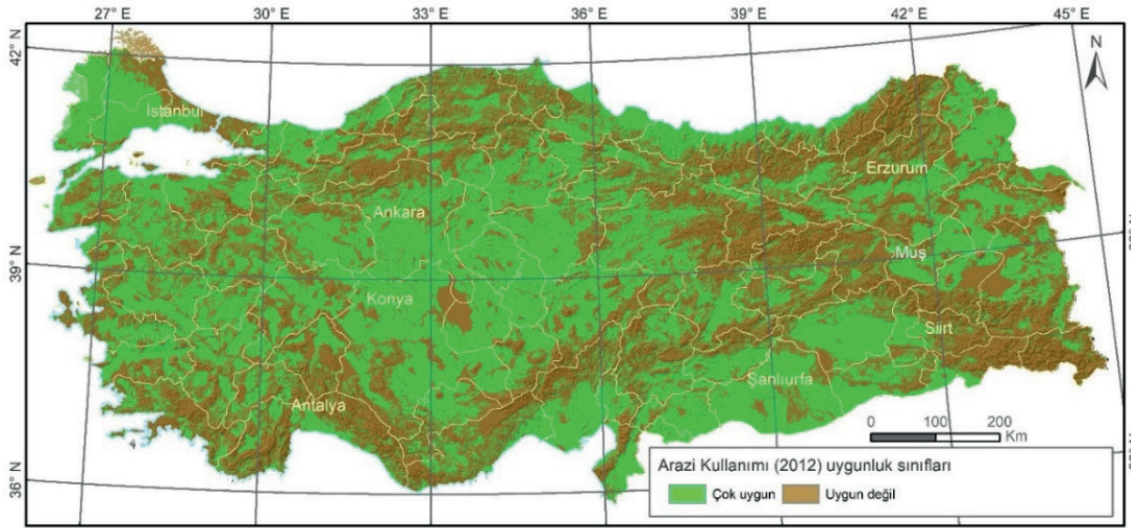
Çalışmada dallı darının gelişimi ile ilgili; vejetasyon süresi içinde biyokütle üretimi için biçim sayısı (Şekil 6), toprak derinliği (Şekil,7), günlük ortalama sıcaklık isteği (Şekil 8) ve arazi kullanımı (Şekil 9) faktörleri ele alınmıştır. Bu faktörlerin her birinin yeniden sınıflandırılmış haritalarının uygunluk analizine alınması ile dallı darının uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 10). Dallı darı için ABD’de bitki soğuğa dayanıklılık bölge haritasında adapte olduğu bölgeler çeşit bazında ele alınmış ve 4b ile 8b bölgeleri arasında oldukça geniş bir alan belirtilmiştir (USDA, 2009). Bu veriye göre Türkiye bitki soğuğa dayanıklılık bölge haritasında sorgulama yapılmış, sonuç haritasında Türkiye yüzölçümüne yakın alanda uygun olduğu görülmüş ve uygunluk analizine alınması uygun bulunmamıştır. Çünkü

uygunluk analizi yönteminde arazi kalitesinin değerlendirilmesinde sınırlı mevcut koşulların kullanılması prensibi uygulanmaktadır (Amiri ve Shariff, 2012).

Yağış, sıcaklıkla aynı derecede dallı darıyı etkileyen en önemli iklim faktörlerinden biridir (Gunderson ve ark., 2008). Dallı darı için yağış faktörünü incelemek üzere mevcut iklim veri tabanından aylık toplam yağış yüzey haritaları üretilmiştir. FAO (2018)’ya göre eşikler esas alınarak sorgulamalar yapılmıştır. Ancak kritik zamanda ve miktarda gerekli yağışın olmadığı yerlerde sulama yapılması ihtimali olduğu için bu parametre sınırlayıcı bulunmamış ve işleme alınmamıştır. Sonuçta sulama imkanının yeterli olduğu kabulünden yola çıkılmıştır. Aksi



Şekil 8. Günlük ortalama sıcaklık dağılımının dallı darı açısından uygunluk sınıfları
Figure 8. Suitability classes by daily average temperature for switchgrass



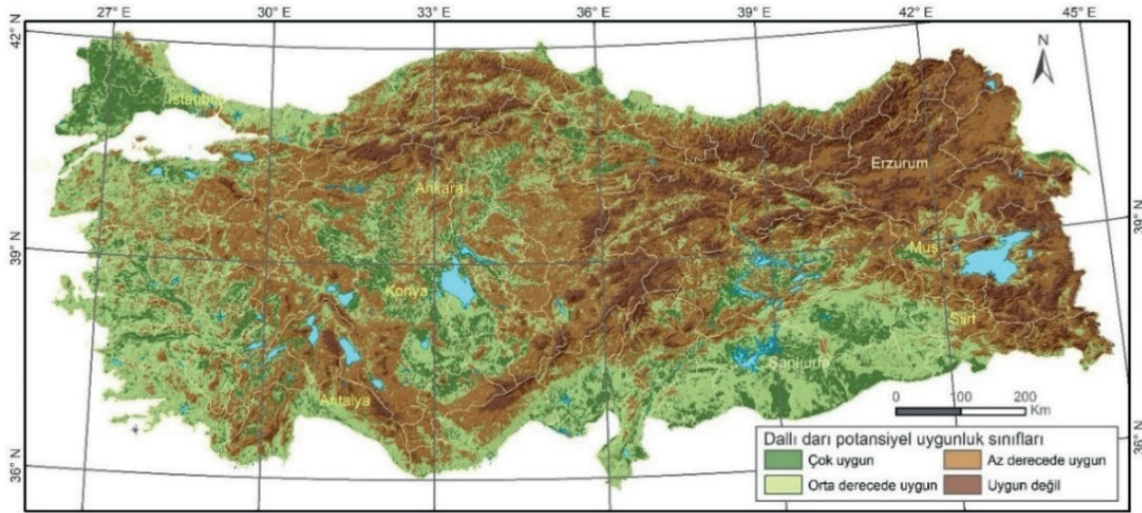
Şekil 9. Türkiye'deki arazi kullanımının dallı darı açısından uygunluk sınıfları
Figure 9. Suitability classes of land cover for switchgrass

takdirde örneğin buharlaşmanın yüksek olduğu ve sulama suyu ihtiyacı fazla olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde olduğu gibi kuraklık riski olan yerlerde yetiştirilmesi riske girebilecektir (Şensoy ve ark., 2008; Kapluhan, 2013).

AHS yöntemi ile hesaplanan ağırlık değerleri kullanılarak "ağırlıklı çakıştırma" (weighted overlay) yöntemi ile dallı darının Türkiye için uygunluk sınıfları haritası elde edilmiştir (Şekil 10), (Akbulak, 2010; Demir ve ark. 2011; Akıncı ve ark. 2013; Cengiz ve ark, 2013; Özşahin, 2016; Dengiz ve Özyazıcı, 2018). FAO (1976) sistemine göre sınıflandırılan bu haritaya göre çok uygun bölgeler %12 oran ile 9.788.695,06 ha, orta derecede uygun bölgeler %32 oran ile

26.146.828,26 ha, az derecede uygun bölgeler %41 oran ile 33.492.871,95 ha, uygun olmayan bölgeler ise %14 oran ile 11.446.103,38 ha olacak şekilde dağılım göstermiştir. Bölgelerin dağılımı dallı darıda benzer çalışmayı yürüten Aydın ve Sarptaş (2018)'in elde ettiği uygunluk haritasındaki dağılımla benzerlik göstermektedir.

Elde edilen sonuç haritasını oluşturan katmanlara göre uygunluğuna bakıldığında çok uygun bölgeler; hem vejetasyon süresinin yeterince uzun olan aynı zamanda optimal sıcaklık isteği olan 17 - 32 °C' nin görüldüğü, en az 2 biçim alınabilecek, 50 cm üzeri derin toprakların dağılım gösterdiği ve tarım



Şekil 10. Dalı darı için potansiyel uygunluk sınıfları
Figure 10. Potential suitability classes of switchgrass

alanı özelliğine sahip alanlardır. Şekil 10 da görüldüğü gibi Trakya'nın büyük bir bölümü, Ege'de Gediz ve Menderes ovaları, Güneydoğu Anadolu bölgesinde Gaziantep, Şanlıurfa ve Diyarbakır illeri, İç Anadolu'da Konya civarı en çok uygun olan bölgeler olarak belirlenmiştir. Optimum sıcaklıktan daha yüksek bir sıcaklıkta yetiştirilen dalı darıda, yüksek sıcaklık nedeniyle etanol üretimi için gerekli kaliteli hammadde azalmaktadır (Kandel, Wu ve Kakani, 2013). Dalı darıda biçim sayısının artması verimi arttıran bir komponenttir. Çok yıllık çimlerin çoğunda olduğu gibi, dalı darı ilk yıl tesis yılı olduğu için, sonraki yıllarda üretken olmaktadır (Rinehart, 2006). ABD'de yapılan araştırmalarda dalı darıdan ikinci yıl 6.4 ton /ha, üçüncü yıl 11.8 ton/ha hatta ova çeşitlerinden biri olan Alamo'dan 17 ton/ha verim elde edilmiştir (Brummer ve ark., 200). Avrupa'da dalı darı ile ilgili yapılan araştırmalarda da Yunanistan'da 17,1 ton/ha (Kanlow), İtalya'da 20 ton/ha verim alınmıştır (Alexopoulou ve ark. 2008). Böylece dalı darı ilk yıl optimal şartların olduğu çok uygun bölgelerde tesis edilirse özellikle 3. yıldan sonra alınacak verim de yüksek, etanol üretimi için hammadde kalitesi de yüksek olacaktır.

Dalı darı hem yüksek yaylalar için hem ovalar için adapte olmuş çeşitleri olan bir sıcak iklim bitkisidir. Ova ekotipleri genellikle daha ılıman kış sıcaklıklarına sahip nemli bölgelere, yayla ekotipleri ise çoğunlukla daha kuru ve soğuk bölgelere adapte olmuşlardır (Sanderson ve Wolf, 1995). Bu özelliklerine ilave olarak

çok yıllık bitki olması, toprakaltı kök sisteminin çok gelişmiş olması adaptasyon alanının geniş olmasını sağlamaktadır. Toprağı çok iyi tutması, susuzluğa dayanması özelliklerinden dolayı marjinal alanların değerlendirilmesi amacıyla da ekilebilecek bir bitki olduğunu düşündürmelidir. Ekin ve Çelebi, (2011) yaptıkları çalışmada dalı darının Ortadoğu Anadolu bölge topraklarının özellikle marjinal alanları için yetiştirilebilecek iyi bir biyoyakıt bitkisi olduğunu belirtmişlerdir. Feng ve ark., (2017) tarafından aralarında dalı darının da bulunduğu ürünlerin biyokütle üretimi için marjinal arazide uygunluk çalışması yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu açıdan bakınca orta derecede uygun alanların dalı darı için rahatlıkla ekim yapılabilecek alanlar olduğu söylenebilir. Orta derecede uygun olarak belirlenen bu bölgeler dalı darının vejetasyon süresince iki defa yeşil biyokütle için hasat imkanı sağlayan, ortalama sıcaklık isteğinin optimal olmasa bile ona yakın (32-26 °C) karşılandığı bölgelerdir. Anadolu'nun kuzeyindeki kıyı kesimi ile ağırlıklı olarak batı ve güneyindeki ovalar orta derecede uygun olarak belirlenmiştir (Şekil 10). Ancak ekonomik değeri daha yüksek ürünlerin tarımının yapıldığı yerlerin dışında kalan alanların değerlendirilmesi imkanı da göz ardı edilmemelidir.

Az derece uygun ve uygun olmayan bölgeler ise dalı darının sıcaklık isteğini tam karşılayamayan, 17 °C den düşük ortalama sıcaklığa sahip, eşik sıcaklık olan 10°C nin başladığı ve bittiği günlerin dalı darının hayatını

sürdürmesine izin vermediği için biyokütle üretimi için hasat yapılamayan, derin topraklara sahip olmayan, tarım dışı alanlardır. Zaten Şekil 10'daki haritada daha çok tarım dışı kalmış ve oldukça yüksek dağlık, topraksız alanlar uygun olmayan bölgeler olarak görünmektedir.

Bu çalışma ile elde edilen dallı darının uygunluk alanları belirtilen faktörler açısından fiziki uygunluğunu yansıtmaktadır. Buna benzer çalışmalarla daha fazla ve/veya farklı faktörlerle ve farklı yöntemlerle de uygunluk haritaları elde edilebilir. Ülkemize enerji bitkisi olarak gerçekten büyük katkıları olacak bu bitki ile ilgili, farklı ekotiplerin ekolojik isteklerinin kurulacak denemelerle ve fizyolojik çalışmalarla belirlenmesine ihtiyaç vardır. Dallı dardan biyoetanol elde edilmesi ile ilgili araştırmaların da her geçen arttığını görmek umut vericidir. Türkiye'nin ihtiyacı olan biyoetanolum üretilebilmesi için gerekli alan 850 bin ha olarak hesaplanmış olduğuna göre (Çokadar ve Yıldırım, 2018), mevcut alanda enerji bitkisi üretimi, fiziki şartlar açısından yeterlidir.

Sonuçlar

Dallı darı düşük ve yüksek rakımlı alanlara adapte olmuş ekotipleri olması, çok yıllık ve kuvvetli bir kök sistemine sahip bir bitki olması nedeniyle erozyona karşı korunmada kullanılabilmesi, ama hepsinden önemlisi yüksek verimli biyokütle bitkisi olması gibi nedenlerle ülkemiz için umut vaat eden bir üründür. Ürün uygunluk çalışmaları aslında fiziksel şartlar açısından uygunluğu içermektedir. Oysa bir de bu ürünü ekecek üretici ve ürünün pazar durumu ile ilgili sosyo-ekonomik yapının da ortaya konması gerekmektedir.

Uygunluk haritası incelendiğinde çok uygun olarak belirlenen bölgelerin günümüz Türkiye'sinde zaten ekonomik değeri oldukça yüksek ürünlerin yetiştirildiği bölgeler olduğu görülmektedir. Dallı darı için bu bölgelerden ziyade tarımsal getirisi daha düşük bölgelerin, marjinal alanların seçilmesi günümüz ekonomik şartları açısından daha uygun olacaktır.

Sonuç olarak ülkemizin dallı darı gibi yeni bir biyoenerji bitkisine ihtiyacı vardır ve ülkemiz dallı darı üretimi için yeterli alana sahiptir, buharlaşmanın çok olduğu bölgelerde sulama suyu ihtiyacı da göz önünde bulundurularak

yetiştirilebilir. Türkiye için yeni bir bitki olmasına rağmen pragmatik açıdan değerlendirilerek fosil yakıtlara alternatif olabilecek biyoyakıt bitkisi olarak dallı darının ülke tarımında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Albaji, M., Naseri, A.A., Papan, P., & Nasab, S.B. (2009). Qualitative evaluation of land suitability for principal crops in the West Shoush Plain, Southwest Iran. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 15 (2): 135-145.
- Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* 7 (2): 557-576.
- Akinci, H., Özalp, A.Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHS technique. *Computers and electronics in agriculture*, 97: 71-82.
- Alexopoulou, E., Sharma, N., Papatheohari, Y., Christou, M., Piscioneri, I., Panoutsou, C., & Pignatelli, V. (2008). Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region. *Biomass and Bioenergy*, 32 (10): 926-933.
- Amiri, F., & Shariff, A.R.B.M. (2012). Application of geographic information systems in land-use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). *African Journal of Agricultural Research* 7 (1): 89-97.
- Aurangzaib, M., Archontoulis, S. V., Miguez, F. E., & Moore, K. J. (2015). A New Model for Switchgrass Phenology That Combines Temperature And Photoperiod Effects. Developmental morphology, biomass yield and compositional differences among upland and lowland switchgrass (*Panicum virgatum* L.) ecotypes grown as a bioenergy feedstock crop, 1001, 96.
- Aydın, F., & Sarptaş, H. (2018). İklim Değişikliğinin Bitki Yetiştiriciliğine Etkisi: Model Bitkiler ile Türkiye Durumu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 24 (3): 512-521.
- Başer, E., Acaroğlu, M., Kan, M. (2008). Enstitüsü, B. D. U. T. A., & Konya, S. Ü. T. E. F. Peletlenmiş Dallı Darının (*Panicum virgatum*) Biyoyakıt Olarak Kullanım Ekonomisi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008. P. 323-332. 17-19 Aralık 2008, İstanbul.
- Benedict, H.M. (1941). The inhibiting effect of dead roots on the growth of bromegrass. *Agronomy Journal* 33 (12): 1108-1109.
- Bhatt, B. (2006). "Biofuel: Economic, Environmental Benefits and Technological Aspect". APO Workshop on Utilization of Biomass for Renewable Energy, 11-15 December, Katmandu-Nepal. http://www.apo-tokyo.org/biomassboiler/D0_online-resources.htm

- (15.01.2011) .
- Bo, L.I., Zhang, F., Zhang, L.W., Huang, J.F., Zhi-Feng, J.I.N., & Gupta, D.K. (2012). Comprehensive suitability evaluation of tea crops using GIS and a modified land ecological suitability evaluation model. *Pedosphere* 22 (1): 122-130.
- Bowman, J.S., Emerson, S.L., Darnovsky, M. (1998). *The Practical SQL Handbook, Using Structured Query Language, Third Edition*. ISBN 0-201-44787-8. sayfa : xvii, 153.
- Brummer, E.C., Burras, C.L., Duffy, M.D., & Moore, K.J. (2000). Switchgrass production in Iowa: economic analysis, soil suitability, and varietal performance. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Cengiz, T., Akbulak, C., Özcan, H., & Baytekin, H. (2013). Gökçeada'da optimal arazi kullanımının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19 (2013): 148-162.
- Chandio, I.A., Matori, A.N., Lawal, D.U., & Sabri, S. (2011). GIS-based land suitability analysis using AHP for public parks planning in Larkana City. *Modern applied science* 5 (4): 177.
- Clifton Brown, J.O.H.N., Robson, P., Sanderson, R., Hastings, A., Valentine, J., & Donnison, I. (2011). Thermal Requirements For Seed Germination In *Miscanthus* Compared With Switchgrass (*Panicum virgatum*), Reed Canary Grass (*Phalaris arundinaceae*), Maize (*Zea mays*) And Perennial Ryegrass (*Lolium perenne*). *Gcb Bioenergy* 3 (5): 375-386.
- Çiçek, F. (2017). Dallı darı çeşitlerinin farklı gelişme dönemleri için GDD isteklerinin tespiti ve farklı biçim sıklıklarına tepkisinin belirlenmesi üzerine araştırma (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çokadar C. ve Yıldırım, N.G. (2018). Yenilebilir Enerji Kaynağı Olarak Bitkiler. C4 Bitkileri ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü. <https://www.stb.org.tr/Dosyalar/Arastirmalar/enerji-bitkileri.pdf>. Son erişim tarihi 03.05.2018.
- Çullu, M. A. (2012). Toprak etüt haritalama ve toprak yönetimi gerekliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 1 (1): 23-25.
- Demir, M., Demircioğlu, N., Bulut, Y., Yılmaz, S., & Serkan, Ö. (2011). Alan Kullanım Planlamasında Potansiyel Tarım Alanlarının Ölçütlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1 (3): 77-86.
- Demirbüken, H., Gemalmaz, A., Aztopal, H., Çalış, N., & Ay, A. (1994). Tarımsal Amaçlı Uygulamalarda Arazi Çalışması ve Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi, 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, KTÜ, Trabzon. 168-180,
- Dengiz, O., & Özyazıcı, M.A. (2018). Çeltik tarımına uygun alanların belirlenmesinde çok kriterli arazi değerlendirme. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6 (1): 19-28.
- Dent, D. & Young, A. (1981). *Soil survey and land evaluation*. George Allen and Unwin, Boston. London, U.K., 278 pp.
- Duc, T.T. (2006). Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis. In *International symposium on geoinformatics for spatial infrastructure development in earth and allied sciences* (pp. 1-6).
- Ekin, E., Çelebi, Ş.Z. (2011). Dallı Darı (*Panicum virgatum* L.)'nin Ortadoğu Anadolu (Trb2) Bölgesinde Biyoyakıt Olarak Üretim Potansiyeli Ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı.
- Elbersen, H.W., Christian, D.G., Yates, N.E., El Bassam, N., Sauerbeck, G. (2001). "Switchgrass in NW Europe". Final Report FAIR 5-CT97-3701, pp. 13-20. <http://www.switchgrass.nl> (15.01.2011) .
- FAO. (1976). *A Framework for Land Evaluation*. Soils Bulletin:32, Soils resources, management and conservation service, FAO land and water development division, Rome,71p.
- FAO. (2018). Ecocrop. Identify a suitable crop for a specified environment. Data sheet "Panicum virgatum". <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/dataSheet?id=8289> .
- Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., ... & Seal, D. (2007). The shuttle radar topography mission. *Reviews of geophysics*, 45 (2).
- Feng, Q., Chaubey, I., Engel, B., Cibin, R., Sudheer, K.P., & Volenec, J. (2017). Marginal land suitability for switchgrass, *Miscanthus* and hybrid poplar in the Upper Mississippi River Basin (UMRB). *Environmental modelling & software*, 93: 356-365.
- Gunderson, C.A., Davis, E.B., Jager, H.I., West, T.O., Perlack, R.D., Brandt, C.C., Wulschleger, S., Baskaran, L., Wilkerson E., & Downing, M.(2008). "Exploring Potential US Switchgrass Production for Ligno-cellulosic Ethanol." ORNL/TM-2007/183, Oak Ridge National Laboratory: Oak Ridge, Tennessee.
- Hutchinson M.F. (2000). ANUSPLIN version 4.1. User Guide. Center for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.
- Hsu, F.H., Nelson, C.J., & Matches, A.G. (1985). Temperature Effects on Germination of Perennial Warm-Season Forage Grasses1. *Crop science*, 25 (2): 215-220.
- Huajun, T., Debaveye, J., Da, R., & Van Ranst, E. (1991). Land suitability classification based on fuzzy set theory. *Pedologie*, XLI-3, p. 277-290, 3 tab., 3 fig., Ghent.
- Hultquist, S.J., Vogel, K.P., Lee, D.J., Arumuganathan, K., & Kaeppeler, S. (1996). Chloroplast DNA and nuclear DNA content variations among cultivars of switchgrass, *Panicum virgatum* L. *Crop Science* 36 (4): 1049-1052.
- Kandel, T.P., Wu, Y., & Kakani, V.G. (2013). Growth and yield responses of switchgrass ecotypes to temperature. *American Journal of Plant Sciences* 4 (06): 1173.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi* Sayı: 27

- (2013):487-510 .
- Kazemi, H., Sarvestani, Z.T., Kamkar, B., Shataei, S., & Sadeghi, S. (2015). Ecological zoning for wheat production at province scale using geographical information system. *Adv Plants Agric Res*, 2 (1): 00035.
- Liu, J., Zhu, W., Xie, G., Lin, C., & Cheng, X. (2009). The development of *Panicum virgatum* as an energy crop. *Acta Prataculturae Sinica*, 18 (3): 232-240.
- Maddahi, Z., Jalalian, A., Zarkesh, M.M.K., & Honarjo, N. (2014). Land suitability analysis for rice cultivation using multi criteria evaluation approach and GIS. *European Journal of Experimental Biology* 4 (3): 639-648.
- McMoore, I.D., Grayson, R.B., & Ladson, A.R. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes* 5 (1): 3-30.
- Mustafa, A.A., Man, S., Sahoo, R.N., Nayan, A., Manoj, K., Sarangi, A., & Mishra, A.K. (2011). Land suitability analysis for different crops. A multi criteria decision making approach using remote sensing and GIS. *Indian Agricultural Research Institute, New Delhi-110*, 12.
- Moser, L.E., Vogel, K.P. (1995). Switchgrass, big bluestem, and indiagrass In R.F.Barnes ve ark. (ed.) *Forages. Vol. I. An introduction to grassland agriculture. Iowa State Univ. Pres*, P. 409-420.
- Özşahin, E. (2016). CBS kullanılarak çeltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesi: Hayrabolu deresi havzası (Trakya Yarımadası) örneği. *Tarım Bilimleri Dergisi* 22 (2): 295-306.
- Parrish, D.J., & Fike, J.H. (2005). The biology and agronomy of switchgrass for biofuels. *BPTS*, 24 (5-6): 423-459.
- Parry, J.A., Ganaie, S.A., & Bhat, M.S. (2018). GIS based land suitability analysis using AHP model for urban services planning in Srinagar and Jammu urban centers of J&K, India. *Journal of Urban Management* 7 (2): 46-56.
- Peşkirioğlu, M., Torunlar, H., Sırlı, B.A., Özyaydin, K.A., Mermer, A., Şahin, M., ... & Kodal, S. (2011). Türkiye'de çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştirmeye uygun potansiyel alanların coğrafi bilgi sistem teknikleri ile belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(1): 20-25.
- Peşkirioğlu, M., Sırlı, B.A., Torunlar, H., Güven, M., Tuğaç, A.M., Özyaydin, K.A., ... & Emeklier, Y. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Teknikleri Kullanılarak Mısırın (FAO700) Sıcaklık İsteklerine Göre Türkiye'de Potansiyel Uygunluk Alanlarının Belirlenmesi. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Porter, C.L. (1996). An analysis of variation between upland and lowland switchgrass, *Panicum virgatum* L. in Central Oklahoma. *Ecology*, 47: 980-992.
- Rinehart, L. (2006). Switchgrass as a bioenergy crop. National Center for Appropriate Technology, Available online at: <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/switchgrass.pdf>.
- Rossiter, D.G. (1994). Lecture notes: Land evaluation. SCAS Teaching Series T94-1, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca NY USA. Lecture notes from a graduate-level course in land evaluation methods. <http://wwwscas.cit.cornell.edu/landeval/landeval.htm> .
- Saaty, T.L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 37-85.
- Sabaei, D., Erkoyuncu, J., & Roy, R. (2015). A review of multi-criteria decision making methods for enhanced maintenance delivery. *Procedia CIRP* 37: 30-35.
- Samanta, S., Pal, B., & Pal, D.K. (2011). Land suitability analysis for rice cultivation based on multi-criteria decision approach through GIS. *International Journal of Science and Emerging Technologies* 2 (1): 12-20.
- Sanderson, M.A., & Wolf, D.D. (1995). Morphological development of switchgrass in diverse environments. *Agronomy Journal* 87 (5): 908-915.
- Sarioğlu, F.E., Saygın, F., Balcı, G., Dengiz, O., & Demirsoy, H. (2013). Determination of potential hazelnut plantation areas based GIS model case study: Samsun city of central Black Sea region. *Eurasian Journal Soil Science* 2: 12-18.
- Soylu, S. (2011). Alternatif Bir Biyoyakıt Bitkisi Olarak Dallı Darının (*Panicum virgatum* L.) Türkiye'de Yetiştirme Teknikleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 8 (3): 257-263.
- Sırlı, B. A., Peşkirioğlu, M., Torunlar, H., Özyaydin, K.A., Mermer, A., Kader, S., ... & Kodal, S. (2015). Türkiye'de Üzüm (*Vitis* spp.) Yetiştirmeye Uygun Potansiyel Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Teknikleri Kullanılarak İklim ve Topoğrafya Faktörlerine Göre Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(1): 56-64.
- Şeflek, A. (2010). Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinin verim, bazı morfolojik, fenolojik ve fizyolojik özelliklerinin tespiti (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., & Balta, I. (2008). Türkiye iklimi. *Turkish State Meteorological Service (DMİ), Ankara*.
- Tüfekçioğlu, A., Yüksek, T., Sarııldız, T., & Kalay, H. Z. (2005). Dallı darı türünün biyokütle üretimi ve Gümüşhane yöresi için uygunluğunun irdelenmesi.pdf..
- USDA. (2009). *Switchgrass, Planting Guide*. United States of Agriculture Natural Resources Conservation Service. Contributed by : USDA NRCS Plant Materials Program.
- Üstün, A.K., Apaydın, M., Filik, Ü.B., & Kurban, M. (2009). Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 23-28.
- Yazgan M.E., Erdoğan, E., Çabuk, A., Ekşioğlu, T. (1999). *Peyzaj Planlama ve Koruma Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanma: Belek Turizm Bölgesi örneği, Sayısal Grafik Coğrafi Bilgi Sistemleri Semineri*, Ankara.