

## Enerji Bitkileri Tarımı

Hakan GEREN

*Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 35100, İzmir*

### Giriş

Günümüzde yeryüzündeki toplam insan sayısının 2 milyarının, çağdaş enerji kaynaklarına ulaşamadığı tahmin edilmekte, gelişmenin temel faktörü olan enerji konusunda ulusal ve uluslararası girişimlerin de çok sınırlı kaldığı izlenmektedir. Son dönemde kişi başına enerji tüketiminin önemli bir modernizasyon ve gelişmişlik ölçüğü olduğu kabul edilmiş ancak, enerji gereksinimini karşılamak üzere gösterilen çabalarda, enerji üretiminin sosyal, çevresel, ekonomik ve güvenlik açısından etkileri dikkate alınmamıştır. İnsanlığın enerji konusundaki yaklaşımlarının sürdürülebilirlik ve yenilenebilirlik açısından da yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Oysa yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli bölümünü, yakın ve orta vadede, "biyokütle"nin sağlayacağı ortaya çıkmış bulunmaktadır. Örneğin, enerji bitkilerinden elde edilecek enerji yenilenebilir olmasının yanında doğrudan kullanıma da uygundur. Bunlar, yeni dönüştürme teknolojileriyle, çok çeşitli enerji taşıyıcılarına çeşitlenerek 21. yüzyılın temel enerji kaynağı olma potansiyeline de sahiptirler.

Küresel iklim değişiminin durağanlaştırılmasında (sera gazı salınımının azaltılması) yenilenebilir kaynaklardan gelen enerjinin payı oldukça yüksektir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında sadece biyokütlenin, mevcut durumdaki ulaşım ve güç santrallerinin alt yapısıyla uyumlu yakıt ve elektrik sağlayabilecek şekli ve gücü bulunmaktadır. Rüzgar ve güneş enerjisinden farklı olarak biyokütle, peletlenerek (briktlenerek) doğrudan katı yakıt olarak kullanıldığı gibi, bazı dönüşüm yollarıyla sıvı yakıt (biyofuel) dönüştürülebilmekte ve petrol veya kömür gibi depolanabilmektedir.

Günümüzde biyokütle, birincil enerji tüketiminin %15'ini karşılamaktadır. Bu biyokütle genellikle gelişmekte olan ülkelerde, teknik ve ekonomik açıdan, gerçekleştirilebilecekte çok daha az bir etkinlikte kullanılmaktadır. Oysa gelişmiş endüstriyel ülkelerde; tarımsal ürünler, belediye atıkları, termal enerji ve elektrik üretiminde kullanılmakta, her iki grup arasında enerji çeşitliliği açısından önemli farklılıklar izlenmektedir. Son dönemde bitkisel üretimde stratejiler, güneş ışığını mümkün olduğunca yüksek etkinlikte yakalama ve bitkilerde depolama yönünde gerçekleştirilmekte ve bu amaçla yararlanılacak bitkilerde aşağıda özetlenen belirgin özellikler aranmaktadır:

- Güneş ışığının etkin olarak bitkisel materyale dönüşmesi (biyoyakıt),
- Dünya'nın pek çok yöresinde su, biyokütle üretimini sınırlayan en önemli faktör olduğundan etkin su kullanımı,
- büyüme mevsiminin mümkün olan en uzun süresinde ışık hasadı,
- üretim ve hasat sürecinde en az dışsal girdi (tohum, gübre, makine kullanımı, kurutma, vb.) yani az maliyetle üretilebilen cins ve türler,
- sürdürülebilir bir enerji dengesi yani pozitif enerji dengesi,
- hasat döneminde yüksek kuru madde içeriği,
- yüksek enerji yoğunluğu (MJ/kg), yani yağlar, şekerler, nişastalar, lignosellülozlar, vb. açısından zenginlik,
- üretim ve kullanımın mümkün olan en küçük çevresel etki özelliği.

Çağdaş Dünya'nın 1960'lı yıllarda öngörerek üzerinde yoğunlaştığı ve oldukça uzun mesafeler kat ettiği "Yenilenebilir Enerji Kaynakları"ni geliştirme ve "Fosil Yakıt"lardan uzaklaşma çabaları, günümüzde ürünlerini vermeye başlamakta ve giderek tükenen enerji kaynaklarına alternatif ve çevre dostu yenilenebilir

enerji kaynaklarının bitkisel üretime odaklandığı izlenmektedir. Elverişli ekolojik koşulları, uygun coğrafi konumu ve yoğun tarımsal birikimi ile güzel ülkemizin de en kısa sürede yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmesi ve fosil yakıtlara bağımlılıktan kurtulması gerekmektedir. Oldukça geç kaldığımız bu alanda, hızla araştırmalara başlanması ve ivedi sonuçlara enerji kaynağı üretim süreçlerinin tamamlanması tüm kesimlerce dile getirilmektedir.

Günümüzde insanoğlunun gıda ve enerji gereksinimlerinin giderek artması ve fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımına bağlı sorunlar, insanları alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Nüfusumuzun artışına ve ekonominin büyümesine paralel olarak enerjiye olan ihtiyaç da artmakta, ülkemizin giderek artan enerji ihtiyacını karşılamada ülke kaynakları yetersiz kalmaktadır. Türkiye, bir taraftan yerli kaynak arama faaliyetlerini yoğunlaştırırken, diğer taraftan da yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma, enerji verimliliğini arttırma, ülkenin coğrafi konumundan yararlanma gibi diğer pek çok potansiyeli harekete geçirme çabası içindedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle yakın gelecekte büyük bir paya sahip olacak önemli bir potansiyeldir. Zira biyokütle kolayca depolanabilen, elektrik ve ısıya dönüştürülebilen çok yönlü bir enerji kaynağını temsil etmektedir. Ayrıca biyokütle, yem, yakıt ve biyoetanol gibi değişken amaçlarla kullanılabilme potansiyeline de sahiptir.

Enerji kaynakları açısından oldukça fakir olan ve bu alanda büyük bir döviz ödemesi yaparak cari açığı artan ülkemizin; bitkisel üretimin, yukarıda değinilen özellikleri taşıyan elemanlarından uygun olanlarını seçerek üretmek yoluyla, dışa bağımlılığın azaltılması mümkündür. Örneğin, yüksek fotosentez yeteneğiyle, yeryüzüne gelen ışığın önemli bölümünü yakalayıp, enerji kaynağı olarak organik maddelere çeviren ve diğer bitkilerden çok daha başarılı olan şeker kamışı, mısır, tatlı sorgum, filotu, yağ ve şeker bitkileri, son yıllarda öne çıkmış ve çağdaş ülkelerde bu amaçla üretimlerine de başlanmış bulunmaktadır. Ülkemizde de önceki yıllarda yürütülen bazı çalışmalarda, genellikle C4 özelliği taşıyan bu bitkilerden pek çoğu araştırılmış ve ümitvar olanlar belirlenmiş konumdadır. Bu bitkilerden bazılarının yetiştiriciliği (tarımı) aşağıda sunulmuştur.

#### **Tatlı darı (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*)**

Buğdaygiller (Gramineae) familyasının bir üyesi olan tatlı darı, tek yıllıktır ve fizyolojik olarak C4 bitkileri gurubunda yer almaktadır. Dış görünüm olarak mısır (*Zea mays*) bitkisine biraz benzeyen tatlı darı, kuraklığa dayanıklılık açısından mısırın önüne geçmektedir. En önemli özelliği, bitkinin sapları mekanik olarak sıkıldıktan sonra elde edilen özsu (şıra) içerisinde, çeşit özelliğine göre değişmekle birlikte %12-23 arasında değişen şeker bulunmasıdır. Bu şekerli sıvı kolaylıkla biyoetanole (mayalanmayla) dönüştürülebilmektedir. Sıkılan saplarla birlikte yaprakları hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır. Yazlık bir bitki olan tatlı darı ülkemizin hemen hemen her bölgesinde, ana ürün (Nisan ayı başı) veya ikinci ürün (Akdeniz ikliminde tahıl hasadından sonra, sulu koşullarda) olarak yetiştirilebilmektedir. Sıra arası 70 cm, sıra üzeri 15 cm olacak şekilde (derinlik 3-4 cm) ekilen tatlı darıya, toprak analizine göre ekimle birlikte dekara 10 kg azot ve 8 kg fosfor, bitkiler diz boyuna ulaşıncaya da ikinci bir azot gübresi (12 kg/da) uygulanmalıdır. Tatlı darı bitkisi, çimlenme, boğaz doldurma, çiçeklenme (püskülü çıkarma) ve süt olum dönemlerinde suya en çok gereksinim gösterdiğinden, en az 4 kez sulanmalıdır. Şıra eldesi veya silaj amacıyla yetiştirilen bitki, baştaki tanelerin hamur olum döneminde ulaştığında biçilmesi gerekmektedir. Çeşit özelliğine göre değişmekle birlikte dekardan 2-6 ton yaş ot elde edilmekte olup, yaş otun %25-40'ı kadar özsu verimi de üretilebilmektedir.

#### **Şeker kamışı (*Saccharum officinarum*)**

Buğdaygiller familyasının bir üyesi olan şeker kamışı çok yıllıktır ve fizyolojik olarak C4 bitkileri gurubunda yer almaktadır. Sıcak iklimlerde yetişen şeker kamışı saplarının sıkılmasıyla elde edilen şırada yüksek oranda şeker (%20-25) bulunmakta ve bu şeker kristalize de olabilmektedir. Dünya şeker üretiminin %70'i şeker kamışından sağlanmaktadır. Tohum veya çelikle çoğaltılan şeker kamışı Türkiye'de Çukurova bölgesinde az bir miktarda yetiştirilmekte ve oralarda değerlendirilmektedir (pekmez yapımı, hayvan yemi, yakacak, vb.). İzmir

koşullarında yaz mevsiminde yetişmekte (~2,5 m boy) ancak kış mevsiminde yaşamını yitirmektedir. Sıcaklık ve yağış (sulama) gibi ekolojik faktörler ile gübreleme ve hasat zamanı gibi temel tarımsal işlemlere dayalı olarak dekara yağ ot verimi 3-30 ton arasında değişmektedir.

#### **Aspir (*Carthamus tinctorius*)**

Papatyagiller (Compositae=Asteraceae) familyasının bir üyesi olan aspir, tek yıllıktır ve fizyolojik olarak C3 bitkileri gurubunda yer almaktadır. Dikenli ve dikensiz formları bulunan aspir bitkisinde dikenli formlarının tohumlarındaki yağ oranı daha yüksektir. 50-150 cm arasında boylanabilen bitki dallanmakta ve dalların uç kısmında da çiçek tablaları bulunmaktadır. Bu tablolarda renkleri sarı, kırmızı, turuncu veya beyaz olan çiçekler bulunmakta olup, bunlardan organik boya maddesi de elde edilebilmektedir. Kurak koşullara çok dayanıklı olan aspir bitkisinin tohumlarında %30-50 arasında değişen oranlarda yağ (linoleik, oleik asit) bulunmakta ve çok kaliteli bir yemeklik yağ sunmaktadır. Bu yağ biyodizel yapımında da kullanılmaktadır. Akdeniz iklimi görülen bölgelerde sonbahar mevsiminde ekilen aspir, daha soğuk bölgelerde erken ilkbahar aylarında ekilmektedir. Daha geç ekimlerde bitki boyları kısalmakta, dallanma azalmakta ve sonuçta tane verimi düşmektedir. Gelişme döneminin başlangıcında yabancı ot baskısını azaltmak için sık ekilmesi (20 cm sıra arası) tavsiye edilen bitki, geniş sıra arası mesafelere (70 cm) ekilirse, çapa makinesiyle yabancı otların yok edilmesi gerekmektedir. Dekara 5 kg tohumluk kullanılmalı, toprak analizinden sonra ekimle birlikte 12 kg/da azot (yavaş çözünen) ve 5 kg/da fosfor uygulanmalıdır. Kuraklığa dayanıklılığı yüksek olan bitkiye sapa kalkma ve çiçeklenme öncesi dönemde su verilirse yüksek tane verimi garanti altına alınmış olur. Bitkideki çiçek tablaları kuruduğu ve elle ovuşturulduğunda avuç içine tanelerin dökülmeye başladığı dönemde, bir başka ifadeyle tanedeki nem oranı %14'ün altına düştüğünde, hasat edilebilir (biçer-döver). Yeterli bitki sıklığı (100 bin bitki/da) ve özenli bir bakımla dekara 300 kg kadar tane almak mümkündür, bu tanelerin uzun süreli depolanmasında nem %8-10'a düşürülmelidir. Tanelerden yağ alındıktan sonra geriye kalan küspe %22-24 protein içermesi nedeniyle hayvan yemi olarak da değerlendirilmektedir.

#### **Kolza (*Brassica napus oleifera*)**

Lahanagiller (Brassicaceae) familyasının bir üyesi olan kolza, tek yıllıktır ve fizyolojik olarak C3 bitkileri gurubunda yer almaktadır. Kolzanın ıslah sonucu elde edilmiş, erusik asit ve glukosinolat içermeyen türü ise Kanola olarak ifade edilmektedir. Bu çeşit Kanada'da geliştirildiğinden ve İngilizce "CANadian Oil Low Acid" (düşük asitli Kanada yağı) sözcüklerinden türetildiğinden kanola adı verilmiştir. Kolza tanesinde bulunan %38-50 yağ, %16-24 protein, zengin oleik, linoleik asit miktarı ve yağının kaynama noktasının (238°C) yüksek olması nedeniyle önemli bir yağ bitkisidir. Kışlık ve yazlık olmak üzere yetiştirilmesine karşılık Türkiye'de kışlık olarak ekilmektedir. Ekilen tohumların çimlenmesi ve oluşan fidelerin kışa güçlü bir şekilde giriş yapabilmeleri için kolza ekimleri Kasım ayına kalmamalıdır. Kolza bitkisinde yüksek oranda yabancı dölllenme (~%40) bulunduğundan her yıl yeni ve sertifikalı tohumluk kullanılmalıdır. Dekara 1 kg tohumluk, 1,5-2 cm derinliğe ve dar sıra arası mesafelere (20 cm) ekilmelidir. Yapılan toprak analizi sonuçlarına göre, dekara 6 kg azot ve 8 kg fosfor ekimle birlikte uygulanmalı, 6 kg/da'lık ikinci bir azotlu gübre bitkilerin sapa kalktığı dönemde verilmelidir. Bitkiler 30-40 cm boylarılarında oluşturdukları sık bitki örtüsü nedeniyle yabancı otların büyümesine izin vermemektedir. Çiçeklenme döneminde açan sarı renkli çiçekleri pek çok arıyı kendisine çekmektedir. Bu durum tozlanma işleminin daha iyi tamamlanmasına ve daha yüksek tane verimi alınmasına neden olmaktadır. Çiçeklenme döneminden 40-50 gün sonra hasat zamanına ulaşan kolza bitkisinde hasat geciktirilirse alt harnupların (kapsüllerin) çatlaması nedeniyle tane dökülmesi görülebilir. İklim koşulları, birim alandaki bitki sayısı ve bakım işlemleri birim alandan elde edilen tane verimini oldukça etkilemekte olup, 300 kg/da'ı aşan verimlere ulaşılabilir.

#### **Jojoba (*Simmondsia chinensis*)**

Jojobagiller (Simmondsiaceae) familyasının tek üyesi olan jojoba, çok yıllık, çalimsı ve çift evcikli (dioecious)

bir yağ bitkisidir. Anavatanı Arizona ve Kaliforniya eyaletleri ile Meksika'nın Sonara Çölü'dür. Çok eski zamanlarda dini törenlerde kullanılmak üzere parfüm ve boya yapımında jojoba yağından faydalandığı, hatta deri kanseri ve yaraların tedavisinde kullanıldığı da belirtilmiştir. Sanayide kullanım alanları da öğrenildikten sonra ticari amaçla yetiştirilmeye başlanmıştır. Tohumlarında %50 oranında yağ bulunmaktadır. Jojoba tohumlarından elde edilen yağ, yüksek sıcaklık ve basınçta çalışan makinelerin yağlanması rafine edilmeksizin saf olarak kullanılabilir. Çalı formunda, herdem yeşil, yaprakları kalın, derimsi, mavimsi yeşil renkte, meyveleri kahverengileştiğinde yerfıstığına benzeyen bir çöl bitkisidir. 2-3 m kadar boylanabilmektedir. 100-200 yıllık ömrü vardır. Kısa süreli düşük sıcaklıklara (İzmir, -9°C, 4 saat) dayanıklıdır. Toprak seçiciliği olmayan, yetişmesi için güneş ve ışık isteyen jojoba, Türkiye'de zeytin bitkisinin yetiştiği her yerde yetişebilmektedir. Ortalama 9-10 m derine inebilen jojoba bitkisinin kökü, olgunlaşmasına paralel olarak 20-25 m derine de inebilir. Köklerinin derinlere inebilmesi, jojobaya kurağa dayanıklılık özelliği sağlamaktadır. Bu açıdan erozyon ile mücadelede iyi bir bitki örneğini temsil etmektedir. Erkek ve dişi çiçekler farklı bitkilerde bulunmakta, dolayısıyla tozlaşma olayı rüzgâr ve böcekler yardımıyla sağlanmaktadır. Jojoba tohum veya yarı odun çelikleriyle çoğaltılmaktadır. Fidelik veya fide torbalarına ekilen tohumlar 30°C'de çimlenmeye başlamaktadır. Çimlenme 15-30 gün kadar sürmekte ve ekimden 2-4 yıl sonra çiçeklenmektedir. Erkek ve dişi bitki dış görünüş olarak birbirine çok benzediğinden çiçeklenme zamanına kadar ayırt edilememekte, çiçeklenmeden sonra bitkiler işaretlenerek, sıra arası 3 m, sıra üzeri 1,5 m olacak şekilde ve bir erkek bitkiye 5 veya 7 dişi bitki denk düşecek şekilde dikilmelidir (220 adet/da). Tesis yılı ve izleyen yıllarda sulanarak kök gelişmesi teşvik edilen bitki olgunlaştıktan sonra sulanmamakta, doğal yağışlarla hayatta kalabilmektedir. İkinci veya daha sonraki yıllar az miktarda tohum vermeye başlayan bitkiden beşinci yılında ağaç başına 500 g, 12 yaşında 2,5 kg ve 25 yaşında 10 kg'dan fazla tohum alınabilmektedir.

#### **Jatropha (Jatropha curcas)**

Sütleğengiller (Euphorbiaceae) familyasının bir üyesi olan jatropha, çok yıllık, bodur bir ağaçtır. Meyvelerinin cevize benzemesi nedeniyle "Barbados cevizi" veya "Hint cevizi" olarak da isimlendirilmektedir. Anavatanı Orta Amerika olup, buradan tropik ve yarı tropik ülkelere yayılmıştır. Tohumlarının yağ içeriği çok yüksek (%45) olan bitki, başta Hindistan olmak üzere pek çok ülkede yakıt ekonomisine destek olmaktadır. Tohumlarından elde edilen yağ hiçbir işlem gerektirmeden doğrudan biyoyakıt olarak kullanılabilir. 1 ton Barbados cevizinden 350-550 litre biyodizel üretilmektedir. Bitki Doğu Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yetiştirilebilir. Boyu 5 metreye ulaşabilen bitkinin dişi ve erkek çiçekler aynı çiçek demetinde bulunur. Özel bir toprak isteği olmayan Barbados cevizi genellikle tohumla üretilmekte olup, daldırma veya çelikle de çoğaltılabilmektedir. Toprak sıcaklığı 15°C'nin üstüne çıktığında tohumlar çimlenmeye başlamaktadır. Hazırlanan fideler 2 m sıra arası ve 2 metre sıra üzeri olacak şekilde dikilmelidir (dekara 250 ağaç). Dikimden sonraki ilk 4-5 yıl çok hızlı gelişen bitki, ikinci yıldan itibaren meyve vermeye başlar ve 50 yaşına ulaşıncaya kadar devam eder. Ceviz büyüklüğündeki yeşil renkli meyveler olgunlaşmaya paralel eş zamanlı olarak koyulaşmakta ve toplanmaya hazır hale gelmektedir. Her meyve içinde 2-3 adet tohum bulunmaktadır. Ağaç başına tohum verimi 2 kg civarındadır.

#### **Dallı darı (Panicum virgatum)**

Buğdaygiller (Graminea) familyasının bir üyesi olan dallı darı, çok yıllık, otsu ve fizyolojik olarak C4 bitkileri gurubunda yer almaktadır. Gen merkezini Kuzey Amerika'dan alan dallı darı, Kanada'nın güney kısımlarından Meksika'nın iç bölgelerindeki bozkır otlaklarına kadar geniş bir bölgede yayılış göstermektedir. Hem yem bitkisi kaynağı olarak kullanılması, hem de yüksek biyoenerji kapasitesine sahip olması nedeniyle, dallı darı Amerikan Biyoenerji Programı tarafından 37 bitki arasında model tür olarak seçilmiştir. Rizomlarıyla yavaş gelişen bitki yumak formu yaşam biçimine sahiptir. Sapı dik olarak büyüyen bitki çeşit ve yetiştirme koşullarına göre çok fazla kardeşlenebilmekte ve 3 m'ye kadar boylanabilmektedir. Dallı darının ova ve yayla olmak üzere iki ekotipi

bulunmaktadır. Ova türleri genellikle düzlüklerde bulunan, uzun boylu ve iri çeşitlerdir. Yayla türleri ise ince yapraklı ve ova türlerine göre daha yavaş büyüme gösteren çeşitlerdir. Kurak koşullara da dayanıklı olduğu bildirilen dallı darının, sert kışlara da önemli düzeyde tolerans gösterdiği, Kanada'nın orta bölgelerine kadar uzanan alanlarda tarımının yapıldığı belirtilmiştir. Tohumlarının çok küçük olması (bin tane ağırlığı ~2 g) ve çıkış sonrası yavaş büyümesi nedeniyle tesis yılında yabancı ot saldırısına çok açık bir konumda bulunan dallı darı, ikinci yıldan itibaren çok sayıda kardeş oluşturarak yabancı otları baskı altına almaktadır. 70 cm sıra arası ve 50 cm sıra üzeri mesafesiyle dikilen dallı darı fidelerinden ikinci yıldan itibaren dekara 1 ton, üçüncü yıldan itibaren 1,5 tondan fazla kuru ot elde edilebilmektedir.

#### **Filotu=Miscanthus (Miscanthus giganteus)**

Buğdaygiller (Gramineae) familyasının bir üyesi olan *Miscanthus x giganteus*, ülkemizde "Filotu" veya "Fil çimeni" diye bilinmektedir. Avrupa koşullarında 3-4 metreye ulaşan boyu nedeniyle uzun yıllardır hayvan yemi, altlık ve süs bitkisi olarak kullanılmasının yanı sıra, 2000'li yılların başından itibaren katı ve sıvı yakıt kaynağı olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda mobilya ve yapı sektöründe de (tuğla, sunta, saksı, vb.) yoğun bir şekilde kullanılmakta, bu nedenle oldukça değerli bir yem ve yenilenebilir enerji bitkisini simgelemektedir. Orijini, orta Japonya'nın güneyindeki tropikal bölgelerdir. Bu melezin Japonya'dan Avrupa'ya geçişi, Danimarkalı Botanikçi Aksel Olsen aracılığıyla olmuş ve 1935 yılında ilk defa kataloglarda yer alarak Alman tohumluk listesine girmiştir. Fizyolojik olarak C4 (sıcak iklim) ve çok yıllık bir bitki olan filotu, kısır olduğu için tohum vermemesine karşılık, vejetatif yolla çok kolay üretilmektedir. Bitki, yumru şeklindeki oldukça iri rizomları, kardeşleri veya kalın topraküstü saplarıyla kolayca çoğaltılabilmektedir. Filotunun kardeşlenme yeteneği çok yüksektir, örneğin dikilen bir bitki ertesi yıl 20-30 bitki haline gelebilmektedir. Akdeniz iklim koşullarında bitkiden 2,5 ton/da'dan fazla kuru biyokütle verim alınabilmektedir.

#### **Dev kralotu (Pennisetum hybridum)**

Tropik Afrika orijinli ve buğdaygiller (Gramineae) familyasının bir üyesi olan dev kralotunun genellikle 3-4 m kadar olan bitki boyu, tropik koşullarda 7 m'ye kadar çıkabilmektedir. Bitkinin dip kısımdaki sap çapı 3 cm kadar olup, güçlü bir şekilde dik durmaktadır. Çok yoğun kardeşlenme özelliğine sahip bitkinin oluşturduğu yoğun kök sistemi 4 m kadar derine gidebilmektedir. İzmir ekolojik koşullarında tarlaya dikilen bir bitki büyüme mevsimi sonunda 40-50 adet kardeş oluştururken, üçüncü yılda 300'den fazla kardeş ve dekara 4 ton kadar kuru madde verimi oluşturduğu belirlenmiştir. Aslen bir sıcak iklim yem bitkisi olan dev kralotunu, çit, rüzgâr kıran ve enerji bitkisi olarak da kullanım alanı bulunmaktadır. Yılda 100 günden fazla güneşli gün ve 80 mm'den yüksek yağış alan tropik ve subtropik bölgelerde yetiştirilen enerji bitkilerinden biri olan dev kralotu, uygun yetiştirme koşullarında çok hızlı büyümektedir. Dikimden 180 gün sonra bitki boyu 4 metreye ulaştıktan sonra %70 nem içeren topraküstü aksamı biyoyakıt üretimi için (etanol veya pelet) hasat edilebilir. Dev kralotunun çok yıllık olması, bir başka ifadeyle üretim maliyetinin düşük olması ve yüksek biyokütle verimi oluşturabilmesi, onun iyi bir biyoyakıt ham maddesi olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca yetiştiriciliğinde özel bir bakım ve hastalık-zararlı savaşımı gerekli olmaması, gübre ihtiyacının düşük olması, kolay yetişmesi ve pelet gibi biyoyakıtlara kolayca dönüşebilmesi de bitkinin diğer olumlu özelliklerini simgelemektedir. Tropik Afrika kökenli olan dev kralotu tarımını kısıtlayan en temel unsur toprak ve hava sıcaklığıdır. Fizyolojik olarak C4 bitkisi olan ve optimum büyümesini 25-40°C arasında gerçekleştiren dev kralotu, 15°C'nin altında yavaş büyüme sergilemekte, 10°C'nin altında büyümesini durdurmakta ve oluşabilecek donlar bitkinin toprak üstü aksamının ölümüne neden olmaktadır. 15-20 cm toprak derinliğindeki sıcaklığın uzun süre -5°C'nin altında kalması durumunda bitki tamamen ölmektedir. Toprak sıcaklığının 10°C'nin üzerine çıkması ve nem ile birlikte büyüme tekrar başlamaktadır. Deniz seviyesinden 500 metre yüksekliğe kadar olan yerlerde yaşayabilmektedir. Dev kralotu, pH aralığı 5-8 olan ve drenajı iyi yapılmış topraklarda başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Derin kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklı olan bitki tatminkâr verim için mutlaka sulanmalıdır, ancak

uzun süreli su göllenmelerine duyarlıdır. Bitki tuza hassastır, bu nedenle tarımının yapılacağı alanlarda toprak veya sulama suyu tuzlu olmamalıdır. Dev kralotu kısır olduğu için tohum oluşturmamaktadır ancak vejetatif yolla çok kolay üretilmektedir. Bitkinin toprakaltından çıkarılan kısa rizomlarıyla çoğaltılabildiği gibi köklü veya köksüz dip çelikleriyle de üretilmektedir. Ancak köksüz çeliklerin en az 4 boğum içermesi ve dipteki boğumların 4000 ppm'lik indole-3-butyric acid (IBA) hormonuna 3-4 saniye batırıldıktan sonra dikilmesi tavsiye edilmektedir. Anaç bitkilerden alınan rizom veya çelikler sıra arası 70 cm, sıra üzeri 50 cm olacak şekilde dikilmelidir. Dikim işlemindeki toprak sıcaklığının 20°C'nin üzerinde olması bitkinin hayatta kalmasını garanti altına almaktadır. Önce yatay olarak gelişen saplar daha sonra dikleşmektedir. Dip kısmından bolca kardeşlenmektedir. Dikimle birlikte dekara 5 kg azot (üre) ve 10 kg P2O5 (TSP) uygulanmalı, bitkiler 50-60 cm boylandığında 10 kg ikinci bir azot (amonyum sülfat) uygulaması yapılmalıdır. Yüksek bir biyokütle verimi için bitki mutlaka sulanmalıdır. Tropik bölgelerde biyoyakıt eldesi amacıyla hasat edilecek dev kralotunun 4 metre civarında boylandığında hasat edilmesi önerilirken, Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerde ise kış mevsiminde biyokütle hasadının gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Zira bu hasat zamanında (Ocak sonu, Şubat başı), bitkinin topraküstü aksamının tamamına yakınının kuru olması, kurutma masraflarını da azaltmaktadır. Akdeniz ikliminde kış mevsimine doğru havaların soğumasıyla yavaş yavaş kuruma sürecine giren dev kralotunun, yaprak ve saplarındaki fotosentez ürünlerinin kök ve kök boğazına taşınması nedeniyle, kış mevsimini atlatabilme şansı yükselmekte ve enerji bitkisi olarak kullanımında olumlu bir özellik olarak değerlendirilen biyokütle bünyesindeki kül oranı da düşmektedir. İzmir koşullarında dev kralotu kuru biyokütle veriminin dekara 3-4 ton civarında olduğu bildirilirken, Jakarta/Endonezya koşullarında, yılda 35 ton/da'dan fazla yaş ot (>8 ton kuru ot) verimi alındığı da belirtilmiştir.

### Sonuç

Tüm dünyada hızla önem kazanan enerji bitkileri üretimi ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması yaklaşımları ülkemizde de yoğun bir ilgi görmekte ve pek çok araştırmacı alternatif enerji bitkisi konusunda çalışmalar yürütmektedir. Son 10 yılda ümitvar sonuçlar ortaya koyan ve ülkemizin değişik yörelerine adapte olabilecek bitkisel seçenekleri belirleyen çalışma sonuçları, çağdaş aşamalar olarak hızla benimsenmektedir. Ancak, yüksek verimli biyokütlelerine de bağlı olarak geniş tarım alanlarında üretilmesi gereken bu bitkilerin, mevcut tarım deseni içinde nerede ve nasıl yer bulacakları sorusu da yanıt beklemektedir. Zira ülke enerji kaynaklarına etkin destek sağlarken, insan besini kaynaklarında sınırlamalar anlamına gelen bu ikilemin tartışılması ve sağlıklı yanıtlar bulunması gerekmektedir. Örneğin, etkin bir tarımsal üretim planlaması ve projeksiyonu olmayan ülkemizde enerji bitkisi üretim alanlarının tarla, bahçe, mera kültürlerinin içinde nasıl ve ne kadar yer alabileceği sorunu çözümlenebilirse, en büyük ithalat kalemi olan enerji sektöründe önemli tasarruflar gerçekleşebilecektir. Her şeye rağmen bu soruların yanıtlarının kolayca belirlenebilecek ve çözümler üretilenecek yapıda olmadığı da bir gerçektir.

### Kaynaklar

Ahmedi, S. 2013. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) ve Çin kılıçotu (*Miscanthus sinensis*) kullanılarak biyoetanol üretiminin optimum koşullarının belirlenmesi, Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst. Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 91s.

El Bassam, N., 1998. Energy plant species, Their use and impact on environment and development, James & James Ltd UK, 321p.

Elias, T.S., 1983. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. In: Bentley, B., Elias, T.E. (Eds.), The Biology of Nectaries. Columbia University Press, New York, pp:174-203.

Faix, O., D.Meier and O.Beinhoff, 1988. Analysis of lignocelluloses and lignins from *Arundo donax* L.,

Miscanthus sinensis Anderss and hidroliquefaction of Miscanthus, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Institute for Wood Chemistry and Chemical Technology of Wood, Hamburg.

Geren, H. and Y.T.Kavut, 2015, Effect of different plant densities on the yield and some silage quality characteristics of giant kinggrass (Pennisetum hybridum) under Mediterranean climatic conditions, Turkish Journal of Field Crops, 20(1):85-91.

Geren, H. ve G.Durul, 2014, Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarının Dev Kralotu (Pennisetum hybridum)'nda Biyokütle Verimi ve Bazı Verim Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Ön Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51(1):85-91.

Geren, H., R.Avcıoğlu, Y.T.Kavut, K.Tan ve S.Sargın, 2014a, Akdeniz İklimi Koşullarında Yetiştirilen Bazı Çokyıllık Sıcak Mevsim Buğdaygil Cinslerinin Yıllık Sıcak Mevsim Buğdaygilleri İle Silolanabilir Verim, Yem Kalitesi ve Biyoetanol Verimi Yönünden Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51(3):243-251.

Geren, H., A.Simić, Y.T.Kavut and R.Avcioğlu, 2014b, Effect of deficit irrigation on the biomass yield and related characteristics of giant kinggrass (Pennisetum hybridum), 25th International Scientific-Experts Congress on Agriculture and Food Industry, Çeşme-Turkey, 25-27 September 2014, Poster Session, p:277-280.

Geren,H., B.Kır ve Y.T.Kavut, 2016, Tatlı darı (Sorgum bicolor var. saccharatum)'da farklı biçim dönemlerinin biyokütle verimi ve etanol üretim kapasitesi üzerine etkisi, 2.Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül 2016, Samsun, s:145-154.

Geren,H., Y.T.Kavut ve G.Demiroğlu Topçu, 2016, Bornova ekolojik koşullarında yetiştirilen farklı dallı darı (Panicum virgatum L.) genotiplerinin biyokütle verimi ve bazı tarımsal özellikleri üzerine bir ön araştırma, 2.Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül 2016, Samsun, s:285-292.

Geren,H., Y.T.Kavut ve H.B.Ünlü, 2016, Türkiye için yeni bir enerji bitkisi: Dev Kralotu (Pennisetum hybridum), 2.Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül 2016, Samsun, s:135-143.

Hanna, W.W., T.P.Gaines, B.Gonzales and W.G.Monson. 1984. Effects of ploid on yield and quality of pearl millet x Napier grass hybrids. Agron. J. 76:669-971

Kukkonen, C., 2009, An energy crop for cellulosic biofuels & electric power plants, VIASPACE Inc. Irvine, California USA

Lötjönen, T., 2009, Energy from field energy crops – a handbook for energy producers, Jyväskylä Innovation Oy, P.O. Box 27, FI - 40101 Jyväskylä, Finland.

Öztürk, H.H., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı, Teknik Yayınevi, Ankara, 367s.

Öztürk, H.H., 2012. Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasat Yayıncılık Ltd. Şti, İstanbul, 272s.

Samson, R., P.Girouard, J.Omielan and J.Quinn, 1994, Technology evaluation and development of short rotation forestry for energy production, Annual Report 1993-94, Federal Panel on Energy R&D (PERD) for Natural Resources Canada and Agriculture Canada. DSS contract 23440-2-9493/01-SQ, 107 pp.

Singh, B.P., H.P.Singh and E.Obeng. 2013. Biofuel Crops: Production, Physiology and Genetics; 13th section: Elephant grass, (ed. B.P. Singh), CAB International, p:271-291.

Yaman, M. 2015. Farklı gübre dozlarının dev kralotu (Pennisetum hybridum)'nda biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkisi üzerinde araştırmalar, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 50s.