



Biyoetanol Kaynağı Olarak Şeker Darı (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*) Üretimi ve Önemi

Gamze BAYRAM^{1*}, İlhan TURGUT¹

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye
*e-posta:gbayram@uludag.edu.tr, Tel:0 224 2941467

Geliş Tarihi: 24.04.2015; Kabul Tarihi: 22.06.2015

Özet: Dünya nüfusunun artması ile birlikte enerjiye talep de sürekli artmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların kullanımı hava kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi probleme neden olmaktadır. Bu yüzden yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımında artış gözlenmektedir. Biyoetanolün yakıt olarak kullanımı, hem benzin kullanımını hem de hava kirliliğini azaltacaktır. Dünyada etanol kaynağı olarak şeker kamışı, darı, mısır, nişasta ve lignoselulozik maddeler kullanılmaktadır. Bahsedilen etanol kaynakları içerisinde, az gübre ve su kullanımı, birim alandan yüksek miktarda ürün alınması ve farklı topraklara adaptasyonu gibi özellikleri ile Türkiye'ye tarımı ve ekonomik üretimi açısından en uygun bitkinin şeker darı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, biyoetanol üretiminin önemi ve dünyada biyoetanol üretiminde çok önemli bir yere sahip olan şeker darı bitkisinin (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*) tarımı hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tarımı, şeker darı, biyoetanol.

The Importance and Production of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*) for Bioethanol Source

Abstract: Demand for energy also has increased with the increasing the population of the world. The use of fossil fuels is causing problems such as air pollution, global warming and climate change. Therefore, an increase in the production and use of renewable alternative energy sources is observed. The use of bioethanol as a fuel would reduce both usage of gasoline fuel and air pollution. In the world, sugar cane, sorghum, starch, and lignocellulosic materials are used as raw material for ethanol. Among those ethanol sources, sorghum is known the most suitable ethanol source in terms of cultivation and production for Turkey because of the characteristics of sorghum like the less fertilizer and water usage, high yield potential in unit area and adaptability of different soil types. In this study, we will be informed about the importance of bioethanol production and agriculture of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench.) which has a very important place at ethanol production in the world.

Key Words: Energy agriculture, sweet sorghum, bioethanol.

Giriş

Hızlı nüfus artışı, fosil enerji yakıtlarının kısıtlı olması, artan sanayi üretimi insanoğlunu alternatif enerji kaynakları arayışına itmiştir. Bu enerji yakıtlarından biri de biyoetanol olup, üretimi tarım ürünlerine dayanmaktadır. Biyoetanol tarım ürünlerinde var olan nişastanın şekere dönüşümünden sonra uygulanan fermentasyon işlemi sonucu elde edilmektedir. Biyoetanol hava kirliliğini azaltmak ve petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak amacıyla benzinle değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın uygulamalar E10 ya da E85 diye bilinen sırasıyla %10 ve %85 etanol içeren karışımlardır. Ülkemizde biyoetanol üretimi konusundaki yatırımların artması ile ucuz ve bol hammaddenin ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım sektörü büyük miktarda atık oluşturmaktadır ve bu atıkların bir kısmı hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, bir kısmı ısınma amaçlı kullanılmakta, bir kısmı ise yakılarak ortamdaki uzaklaştırılmaktadır.

2011 yılı itibarıyla dünya biyoyakıt üretimi 127.5 milyar litre olup, bu üretimin 104 milyar litresini biyoetanol, 23.5 milyar litresini ise biyodizel oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle dünya biyoyakıt üretiminin %81.6'sını biyoetanol üretimi oluşturmaktadır. ABD 50.5 milyar litre (%48.6) biyoetanol üretimi ile birinci sırada yer almakta, bunu 29 milyar litre (%27.9) ile Brezilya izlemektedir. Avrupa Birliği ise biyoetanol üretiminde ABD ve Brezilyanın ardından üçüncü sırada gelmektedir (OECD-FAO, 2011).

Etanol, içerisinde etil alkol bulunan şeker, şekere dönüştürülebilir selüloz veya nişasta gibi maddelerin fermantasyonu sonucu elde edilen bir alkol olup, renksiz ve zehirli olmayan bir sıvıdır. ABD'de tarım kesiminde %80 etanol ve %20 benzin karışımı olan E80 yakıtı uzun yıllardan beri otomobillerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Şeker kamışının bol bulunduğu Brezilya'da otomobiller çeyrek asırdır etanol ile çalışmaktadır (Acaroğlu, 2003). Biyoetanol ağırlıklı olarak şeker ve nişasta içeren tarımsal ürünlerden elde edilmekle birlikte, ağaç, saman ve evsel atıkları ekonomik olarak biyoetanolle dönüştürmek mümkündür. Biyokütle materyallerde bulunan selüloz hidroliz, fermentasyon ve damıtma ile biyoetanolle dönüştürülebilmektedir (Demirbaş, 2009). Türkiye'nin yıllık benzin tüketimi yaklaşık 4.5 milyon m³ dür. %2'lik karışım oranında 90 bin ton, % 5'lik karışımda 225 bin ton biyoetanol ihtiyacı söz konusudur.

Lignoselülotik bitkilerden etanol elde edilmesi konusunda Kanada'da çok fazla çalışma yapılmış olup, bu materyallerin iyi bir biyoetanol üretim kaynağı olduğu vurgulanmaktadır. Lignoselülotik bitki artıklarından elde edilecek biyoetanolün Kanada'nın taşımacılıkta kullandığı yakıtın yarısına eşit düzeyde olacağı tahmin edilmektedir (Mabee ve Saddler, 2010). Brezilya'nın enerji kaynaklarının %44'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmekte olup, bunun %13.5'i şeker kamışından sağlanmaktadır. Bir hektarlık alandaki şeker kamışından elde edilen biyoetanol miktarı 6000 litre olup, 10.000 litreye çıkarılması planlanmaktadır (Soccol ve ark., 2010).

Ulaştırma sektörünün yanısıra biyoetanol, elektrik üretiminde, küçük ev aletlerinde ve kimyasal madde üretiminde de kullanılabilir (Ar, 2007). Biyoetanol üretiminde şeker pancarı, şeker kamışı, mısır, buğday, şeker darı, patates, odunsular, tarımsal atıklar kullanılmaktadır (Kavruk ve Atalay, 2007). Çeşitli tarla bitkilerine göre etanol verim değerleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Etanol Elde Edilen Bazı Tarla Bitkilerinin Verimleri

Bitki türleri	Verim (t/ha)	Şeker / nişasta		Etanol verimi (L/ha)
		% içerik (yaş)	Verim (t/ha)	
Arpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	5.8	58.0	3.36	2150
Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.)	7.2	62.0	4.46	2854
Mısır (<i>Zea mays</i> L.)	6.9	65.0	4.49	2874
Şeker kamışı (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	80.0	10.0	8.00	5400
Şeker darı (<i>Sorghum bicolor</i> var. <i>saccharata</i>)	90.0	10.0	9.00	5400
Şeker pancarı (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>altissima</i> L.)	57.4	16.0	9.18	5600
Patates (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	32.4	17.8	5.77	3693

*Kaynak: El Bassam,1998, Emeklier, 2014

Şeker Darı (*Sorghum bicolor* ssp. *saccharatum*) Bitkisinin Önemi

Şeker darı bitkisi, Gramineae familyasından C4 fotosentezine sahip tek yıllık bir enerji bitkisidir (Şekil 1.). Orijini Kuzey ve Doğu Afrikadır. Yüksek büyüme hızına ve çok etkili bir kök sistemine sahiptir. Bu kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklıdır ve su gereksinimi düşüktür (Köppen ve ark, 2009).



Şekil 1. Şeker Darı (*Sorghum bicolor* ssp. *saccharatum*) Bitkisinden Bir Görüntü

Enerji bitkisi olmasının dışında, iyi bir şeker kaynağıdır. Bunların dışında insan beslenmesinde ve hayvan yemi olarak da kullanılabilir (Köppen ve ark, 2009). Şeker darı, dünyada özellikle diğer şeker kaynaklarının üretiminin zor ve imkansız olduğu alanlarda önem kazanmıştır.

Rio, Roma, Ramada şeker darılarının geliştirilip tescil edilmesi ve öz suyundan kristalize edilmiş şeker üretimi mümkün olmuştur. Fakat daha sonra dünya şeker fiyatları düşmüş ve bu bitkiden şeker üretimi kârsız hale gelmiştir (Schaffert, 1992). Akıt olarak kullanmak için etanol elde edilebilen şeker darının ticari olarak üretilmesi yeniden gündeme gelmiştir (Schaffert ve Gourley, 1982). Brezilya 1987'de 3 milyona yakın alkolle çalışan otomobil için, bu bitkiden yaklaşık 14 milyon m³ alkol üretimi gerçekleştirilmiştir (Schaffert, 1992). Almanya'da da 1990'lı yılların başlarından itibaren şeker darı bitkisinin genetiği ile ilgili ıslah çalışmaları ve denemeleri gerçekleştirilmiştir. İtalya'da 9 çeşit

verimli ve gelecek vaat eden çeşit olarak belirlenmiştir. Günümüzde ABD, Hindistan, Brezilya ve Çin’de şeker darı tarımı konusunda yoğun araştırmalar yürütülmektedir (Cocchi, 2008). Şeker darı yakıt ve yakıt katkı maddesi olarak kullanılmak üzere etil alkol (etanol) üretimi için yaygın şekilde yetiştirilmektedir (Lueschen ve ark., 1993). Şeker darıdan yılda, dekar başına 200-300 kg petrol eşdeğeri etil alkol ve şekeri alınmış posa kısmından ise, 600-900 kg petrol eşdeğeri yakıt elde edilebilmektedir (Özer, 1996). Farklı çevre koşullarına adapte olabilmesi (Smith ve ark., 1987), maksimum verim için az miktarda azota gereksinim duyması (Geng ve ark., 1989) ve yüksek şeker/etanol verimi elde edilebilmesi (Smith ve Buxton, 1993), şeker darının çok geniş alanlarda yetiştirilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, 1 m³ etanol üretmek için maliyetler; şeker darıda 200-300 \$ civarında iken; bu rakam şeker kamışında 260 \$, mısırdaki 300-420 \$, patatesteki 990 \$, buğdayda 770 \$’dır (Grassi, 2000). Bu ucuz maliyet yenilenebilir enerji kaynağı olarak şeker darının önemini daha da artırmaktadır.

Eğimli alanlarda rüzgar ve su erozyonunu önlemek için, yem bitkisi veya enerji bitkisi olarak şeker darının yetiştirilebileceği (Buxton ve ark., 1999); şeker pancarı alanlarında artan hastalık ve zararlıları azaltmada, şekerden etanol üretmek için şeker pancarıyla ekim nöbetine girebileceği (Frese, 1994) bildirilmektedir. Şeker darıdan elde edilen yakıtların, uygun şartlarda yakılması ile havaya atılan duman içerisinde çok az miktarda kükürt bulunmaktadır (Dalianis ve ark., 1992). Artan çevre kirliliği ve enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, şeker darı bitkisinin büyük ölçüde çare olabileceği görülebilmektedir.

Bitkinin Botanik Özellikleri

Şeker darı yüksekliği 1-5 m’ye ulaşan bir hububat bitkisidir. Çok kuvvetli bir kök sistemine sahiptir. Gövde, boğum ve boğum aralarından oluşur. Ana sap %5-15 şeker içerebilir. Erken olgunlaşan çeşitlerin sapsızları geç olgunlaşan çeşitlerden daha kısadır. Yüksek enlemlerde gün daha uzundur ve bitki sapsız daha uzun olur. Bu nedenle, şeker darı ekvatora yakın yetiştirildiği zaman bitki sapsız daha da kısa olacaktır. Gelişme dönemi uzun olan bazı bölgelerde bitki iki kez hasat edilebilir (Guiying ve ark., 2003). Yapraklar alındıktan sonra kalan sapsız miktarı, genellikle toprak yüzeyinin üzerindeki ağırlığının %60-80’i kadardır. Bu miktar; çeşide, kültürel uygulamalara ve özellikle bitkinin yoğunluğuna bağlıdır. Sapsız özsuyun briksi (suda eriyebilir toplam kuru madde miktarı) çeşide, çevreye ve hasat zamanına bağlıdır. Yapraklar, paralel damarlıdır. Yaprak kıvrımı, yaprak ayası ve yakacıktan oluşur. Yaprak ayası yüzeyi pürüzsüz ve balmumu tozuyla kaplıdır. Çiçekler karışık salkım topluluğundadır. Tohum meyve kabuğu, tohum kabuğu, endosperm ve embriyo kısımlarından oluşan karyopsis durumundadır. Kabuk ve tohumun renkleri çok farklı olabilmekte olup tohumlar kavuzla kaplıdır. Tohum kabuğu tanen içerir. Tohumun 1000 tane ağırlığı çeşitlerine bağlı olarak 16-28 g arasında olabilir (Guiying ve ark., 2003).

Bitkinin Bileşimi ve Besin Değeri

Şeker darı bitkisinin toplam kütlesinin, %70-75’i sapsız, %10-15’i yapraktan, %7’i taneden ve %10’u kökten oluşur (Grassi, 2001). Şeker içeriği oldukça yüksektir. En fazla şeker sapsızlarda (%78.7) bulunur. Sapsız kısmında sakkaroz, fruktoz ve glikoz gibi 14’den fazla şeker çeşidi vardır.

Tohumun besin değeri; 100 adet tohumda 342 kalori, 12.0 g su (H₂O), 10.0 g protein, 3.7 g yağ, 72.7 g toplam karbonhidrat, 2.2 g lif, 1.5 g kül, 22 mg kalsiyum (Ca), 242 mg fosfor (P), 3.8 mg demir (Fe), 8 mg sodyum (Na), 44 mg potasyum (K) içerir. İçerdiği protein glutensizdir. Bundan dolayı undan yapılan ekmek iyi olmaz, tatlandırılması gerekir. Gluten içermediği için tahıla alerjisi olan kişiler tarafından unundan faydalanılır (Grassi, 2001, Adıyaman ve ark.,2014).

Rajvanshi ve Nimbkar (2008) yaptıkları bir çalışmada, 1 ha'lık bir alanda üretimi yapılan şeker darısından ne kadar ürün elde edilebileceğini belirlemiştir. 75-100 t/ha yeşil aksam elde edilmiştir. Elde edilen ürünün; 2-4 tonu tohum, 5-7 tonu kuru yapaktır. 60-80 tonu soyulmuş saplardan oluşmuştur. Soyulmuş saplardan 15-20 ton kuru madde elde edilmiştir. Bu kuru maddeden 30-40 ton şıra, bu şıradan 3.0-6.4 ton kahverengi şeker veya 5.4-9.6 ton şurup yapılmıştır. Kuru madde fermentasyona uğratarak 3000-4000 l etanol ortaya çıkmıştır.

Dünyada ve Türkiye’de Şeker Darı Üretimi

Dünyadaki şeker darı bitkisine ait toplam ekiliş, üretim ve verim bakımından net bir veri olmasa da; ABD, Brezilya, Hindistan, Rusya, İtalya ve Fransa önemli yetiştirici ülkeler arasında bulunmaktadır. Ancak, ülkemizde biyokütleden enerji üretme amaçlı şeker darı üretimi ve kullanımı yaygınlaşmamıştır (Eren, 2011). Dünya coğrafyasında şeker darı tarımının yapıldığı alanlara bakıldığında, Almanya’da şeker darı çeşitlerinde yapılan bir çalışmada 500 MJ/m² enerji kullanarak 20 ton/ha kuru biyokütle elde edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri’nde tarımı yapılmakta olup, 50-90 ton/ha yeşil ot verimi ve 4-17 ton/ha şeker verimi sağlanmaktadır (Grassi, 2001). Yeterli miktarda güneş enerjisi almayan Avrupa iklim şartları, şeker darı ve şeker kamışı gibi genetik olarak güneş enerjisine daha fazla gereksinim duyan C4 tipi bitkilerin yetiştirilmesine çok elverişli değildir (Wodds, 2000). Bu nedenle, Türkiye’nin şeker darı yetiştirmek için çok uygun iklim koşullarına sahip olduğu görülmektedir.

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılırsa, şeker darı sapında bulunan yüksek orandaki şekerin, öncelikle taşımacılıkta sıvı yakıt olarak kullanılabilen biyoetanole dönüştürülmesi kırsal kesimde ihtiyaç duyulan enerjiyi karşılayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, biyoetanol üretiminde elde edilen yan ürünler elektrik ve ısı enerjisi üretiminde kullanılarak, işletmelere ekonomik katkı sağlayacaktır. Şeker darıdan etanol üretiminde yan ürün olarak elde edilen CO₂, tıpta, yangın söndürmede, karbonatlı içeceklerde ve kuru buz imalatında kullanılmaktadır. Şeker darı kullanılarak üretimi yapılabilen diğer bir ürün de yakıt pili teknolojisinde kullanılan hidrojen (Eren, 2011).

Rajvanshi (1984), NARI (Hindistan) araştırma merkezinde güneş enerjisi sistemi kullanılarak fermente edilmiş olan şeker darıdan etanol elde etmeye çalışmıştır. Güneş enerjisinden faydalanarak, şeker darıdan %40-60 oranında etanol elde etmenin mümkün olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, bir yılda birim alandan (ha) 2000 l etanol elde edilebileceğini saptamıştır.

Woods (2000), yapmış olduğu doktora çalışmasında Zimbabve’de elektrik ve etanol üretimi için şeker darı ve şeker kamışından biyoenerji kaynağı olarak faydalanılıp faydalanılamayacağını araştırmış ve şeker darı yetiştirilmesi sırasında şeker kamışına göre yarı yarıya bir enerji harcadığını saptamıştır. Ayrıca, 19886 t/ha etanol elde etmiştir.

Claassen ve ark. (2004)'nın yaptıkları bir çalışmada, elde edilen 126 ton/ha şeker darı sapından 14.5 ton/ha şeker elde edilmiş ve bu şeker fermente edildikten sonra, 1.3 ton/ha hidrojen elde edilmiştir. Biyokimyasal yolla şeker darıdan hidrojen ve biyoetanol üretilebildiği için Avrupa Birliği ülkeleri şeker darıyı potansiyel enerji bitkisi olarak kabul etmektedir.

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezinde, yapılan çalışmalar sonucunda da, 5 milyon hektar alana şeker darı ekilmesiyle elde edilecek enerji miktarı yaklaşık 80 milyon TEP olarak hesaplanmıştır (Çubuk ve ark., 1995). Bu miktar; Türkiye'nin şu andaki mevcut enerji tüketiminin (104 milyon TEP) yaklaşık olarak %77'sine eşdeğerdedir. Türkiye'de halen 19 milyon hektar ekilebilir alan var olduğu düşünüldüğünde, bu alanın sadece 1/4'ünde şeker darı üretilmesi durumunda, şu andaki yıllık birincil enerji ihtiyacının %77'si karşılanabilecektir.

Şeker Darı Tarımı

Toprak ve İklim İstekleri: Şeker darı farklı toprak tiplerine tamamen adapte olabilir, kumlu ve killi toprakların her ikisinde de yetiştirilebilir. İdeal pH değeri, 5.0-8.5'dir (Guiying ve ark., 2003). Büyüme ve gelişme dönemi süresince su gereksinimi 500-600 mm'dir.

Şeker darı bitkisinin farklı çeşitleri değişik sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar. Sıcaklık istekleri 20-35°C arasındadır. Çimlenme için en düşük sıcaklık isteği 8-10°C'dir. Çiçeklenmeden sonra, tohumda besinlerin ve sapta şekerin birikmesi için gündüz ve gece arasında geniş bir sıcaklık farkına ihtiyaç duyar (Guiying ve ark., 2003). Tohumun ekiminden olgunlaşmasına kadar 2500-4500°C arasında sıcaklık toplamına gereksinim duyar.

Kültürel Uygulamalar

Şeker darı, iyi bir adaptasyon yeteneğine sahip ve yüksek verimli bir bitkidir. I. Ürün için kışın ya da ilkbaharda ekimden önce pulluk ve diskaro bir kere kullanılarak toprak hazırlanır. II. Ürün için ise kışlık bitkilerin hasadından sonra toprak hazırlığı yapılır. Bu mevsimde, ekimden önce toprak hazırlığı için oldukça kısıtlı bir zaman aralığı vardır. Sıcaklık ve buharlaşma hızı yüksek, yağış miktarı düşüktür. Eğer, toprak su içeriği yetersizse, bir önceki bitkilerin hasadından sonra ve ekim için diskaro ile toprak işleme yapmadan önce, bir kere sulama yapmak gerekebilir.

Şeker darının verimliliğini arttırmada en önemli faktörlerden biri de taban gübresinin gerektiği düzeyde uygulanmasıdır. Taban gübresi verildiğinde, gelişmesi kuvvetli, yaprakları koyu yeşil, salkımdaki tohum sayısı yüksektir. Aşırı azot uygulaması tavsiye edilmez. Bu uygulama sap verimini arttırabilir ama şeker içeriğini düşürür. Büyüme ve gelişme dönemi süresince, şeker darı bitkisinin 120-150 kg/ha saf azota, 60-70 kg/ha saf fosfora ve 60-120 kg/ha saf potasyuma ihtiyacı vardır (Guiying ve ark., 2003).

Şeker darının ekim zamanı toprağın sıcaklığına bağlıdır. Çimlenmesi için en düşük sıcaklık 8-10°C'dir. Ekim normu, tohumluğun çimlenme oranına, toprak nem içeriğine, iklime, çeşide ve üretim amacına bağlıdır. Üretim amacı silajlık ise ekim normu 12-15 kg/ha olmalıdır (Guiying ve ark., 2003).

Bitkilerin sağlıklı olarak büyümesi ve gelişmesi amacıyla bakım işleri yapılır. Aynı zamanda bitki zararlılarını zamanında önlemek ve kontrol etmek yüksek verim ve kaliteli ürün açısından önemlidir. Fide çıkışından önce oluşan yağışlar sonrası toprak yüzeyinde toprağın killi olmasına bağlı olarak sert kaymak tabakası oluşabilir. Bu tabaka fide çıkışını engelleyici olduğundan toprak yüzeyi tırmık gibi yüzeysel işleme aletleriyle gevşetilmelidir. Büyüme ve gelişme dönemi süresince, bitkinin, toprakta uygun nem olmasına ihtiyacı vardır. Bitki toprakta su göllenmesine dirençli olmasına rağmen, eğer aşırı miktarda nem olur ve yağmur yağarsa, köklerin solunum yapmasını engelleyebilir. Büyüme ve gelişme dönemi süresince, aşırı yağın yağmur verimin azalmasına neden olabilir. Sapa kalkma, salkım çıkışı ve çiçeklenme dönemi süresince daha çok suya ihtiyaç duyar.

Şeker darı hem tanesi hem de sapı için hasat edilir. Erken hasat yapıldığında, sapsız yüksek oranda suya ve asitliğe sahiptir. Bu da muhafazayı güçleştirir. Bu durumda, yüksek biyokütle verimine karşın, saptaki besinlerin yararı düşüktür. Saptaki ve yapraklarda hidrojen siyanür (HCN) bulunur. Bundan dolayı, çiftlik hayvanlarının zehirlenmesini önlemek için dikkat edilmelidir. HCN içeriği çeşit ve büyüme dönemi ile ilgilidir. Fide döneminde yüksek ve tohum oluşum döneminde düşüktür. Yem üretimi için en iyi hasat zamanı, danelerin hamur olum dönemidir.

Bitki, şeker ve alkol üretimi amacıyla ekildiği zaman sapsız maksimum şeker üretimi elde edildiğinde hasat edilir. Sap olgunlaştığında çok şeker içerir ve bu dönem, şeker veya alkol üretimi için hasat yapma dönemi olur. Saptaki şeker içeriği, doğru hasat zamanına karar vermek amacıyla el tipi refraktometre kullanılır (Guiying ve ark., 2003).

Diğer bitkilere kıyasla, hastalık ve zararlılardan daha az etkilenir. Tatlı sorgumun belli başlı hastalıkları darı rastığı, pas, antraknozdur. Zararlıları ise yaprak bitleri, sorgum sap kurdu ve kın kurtlarıdır (Guiying ve ark., 2003).

Sonuç

Enerji talebinin büyük bir bölümünü ithalatta karşılayan Türkiye’de, sürdürülebilir enerjinin sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyoetanol önemli ve büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Etanolün benzine alternatif olarak kullanılması, gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayacak olmasıyla birlikte, çevre kirliliğini azaltması ve ekonomiye katkı sağlamasından dolayı önem taşımaktadır.

Ülkemiz coğrafi konumu itibarıyla birçok bitkinin yetiştirilmesine uygundur. Bu nedenle ülkemizde yetiştiriciliği yapılmayan fakat ülkemizin ekolojik koşullarına uyum sağlayabileceği düşünülen alternatif enerji bitkilerinin de üretim desenine alınması gerekmektedir. Şeker darı temelde bir şeker bitkisi olmasının yanında gıda, yem, enerji, biyoyakıt olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yüksek şeker oranına sahip sap kısmından biyoetanol üretilmekte ve özsuyu alındıktan sonra kalan posa işlenip biyokütle olarak değerlendirilmektedir. Bilinen birçok avantajından dolayı biyoetanolün üretimi için şeker darının ülkemiz tarımına kazandırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Acaroğlu, M. 2003. Alternatif enerji kaynakları, ISBN:975-6574-25-9, 209 s.
- Adıyaman, C., Erbil, E. ve Taş T. 2014. Bir enerji bitkisi: tatlı sorgum. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Nisan 2014, s:203-208.
- Ar, F. 2007. Biyoyakıtlar, İç Anadolu Enerji Forumu, 14 Nisan 2007, Aksaray, http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/65eb348fb03103d_ek.pdf
- Buxton, D. R., Anderson, I. C., Hallam, A., 1999. Performance of sweet sorghum grown continuously, double cropped with winter rye, or in rotation with soybean and maize. *Agron. J.* (91): 93-101.
- Claassen, P. A. M., Vrije, T., Budde, M. A. W., Koukios, E. G., Glynos, A., Reczey, K., 2004. Biological hydrogen production from sweet sorghum by thermophilic bacteria. In: 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, Italy.
- Cocchi, M. 2008. Sweet sorghum as a feedstock for combined production of biofuel and green power opportunities and applicability for the restructuring of the Italian sugar industry. *Renewable Energies*, Athens.
- Çubuk, H., Uzun, D., Erdalli, Y. 1995. Linyit - Tatlı sorgum karışımının akışkan yataklı yakıcıda yakılması. *Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı*, Sayı: 192: 352-360.
- Dalianis, C, Christou, M., Sooter, S., Kyritsis, S., Zafirios, Samiotakis, G., 1992. Seventh European conference on biomass for energy and environment. *Agriculture and Industry*, P.09.09, Florence- Italy, October 5-9.
- Demirbaş, A., 2009. Biofuels from agricultural biomass. *Energy Sources*, Part A, 31:1573-1582.
- El Bassam, N., 1998. Energy plant species, their use and impact on environment and development. James and James (Science Publishers) Ltd. London, UK. 321 pps.
- Emekler, H.Y. 2014. İç Anadolu Bölgesi'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve enerji bitkileri tarımı. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Nisan 2014, s:101-108.
- Eren, Ö. 2011. Çukurova bölgesinde tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi.1-196.
- Frese, L. 1994. Yield potential and utilization possibilities of sugar crops. *Field Crop Abstracts*. (47): 3469.
- Geng, S., Hill, F. J., Johnson, S. S., Sah, R. N., 1989. Potential yields and on farm ethanol production cost of corn, sweet sorghum, fodder beet and sugar beet. *J. Agron. Crop Sci.* (162): 21-29.
- Grassi, G., 2000. Bioethanol – Industrial world perspectives. *Renewable Energy World*.
- Grassi, G. 2001. Sweet sorghum: One of the best world food-feed-energy crop. http://web.etaflorence.it/uploads/media/LAMNET_sweet_sorghum.pdf.
- Guiying, L., Weibin, G., Hicks, A., Chapman, K. R., 2003. A training manual for sweet sorghum. Development of sweet sorghum for grain, sugar, feed, fiber, and value-added by-products, in the arid, saline- alkaline regions of China. *FAO - TCP/CPR/0066*.
<http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=172&page=2>
- Kavruk, H.R. ve Ali Atalay (2007), “Enerji tarımına geçiş sürecinde biyoyakıtlara bakış ve bakanlığımız politikaları”, 4. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklar Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Kayseri Şubesi, 23-24 Kasım 2007, Kayseri, ss.71-80.

- Koppen, S., Reinhardt, G., Gärtner, S., 2009. Assessment of energy and greenhouse gas inventories of sweet sorghum for first and second generation bioethanol. Environment and Natural Resources Management Series, 30, FAO, Rome.
- Lueschen, W. E., Putnam, D. H., Kanne, B. K., Hoverstad, T. R., 1993. Agronomic practices for production of ethanol from sweet sorghum. Field Crop Abstracts. (46), 4166.
- Mabee, W.E., Saddler, J.N., 2010. Biorthanol from lignocellulosics: status and perspective in Canada. Bioresource Technology, 101 (13): 4806-4813.
- OECD-FAO, 2011). OECD-FAO, 2011. Agricultural Outlook 2011-2020.
- Özer, Z., 1996. Bitkilerdeki gizli güç, biyokütle enerjisi. Bilim ve Teknik Dergisi. (342), 56-61.
- Rajvanshi, A. K., 1984. Distillation of ethyl alcohol from fermented sweet sorghum solution by solar energy. DNCES, New Delhi.
- Rajvanshi, A. K., Nimbkar, N., 2008. Sweet sorghum R&D at the Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI). Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), India.
- Schaffert, R. E., Gourley, L.M., 1982. Sorghum as energy source. Sorghum in the Eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum. 2-7 Nov. 81, ICRISAT Center, India.
- Schaffert, R. E., 1992. Sweet sorghum substrate for industrial alcohol. Utilization of Sorghum and Millets.p.131-137, ICRISAT.
- Smith, G. A., Bagby, M. O., Lewellen, R. T., Doney, D. L., Moore, P. H., Hills, F. J., Campbell, L. G., Hogaboam, G. J., Coe, G. E., Freeman, K., 1987. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. Crop Sci. (27): 788-793.
- Smith, G., Buxton, D. R., 1993. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. Bioresource Technology. (43): 71-75.
- Socol, C. R., Vandenberghe, L. P. D. S., Medeiros A. B. P., Karp, S. G., Buckeridge, M., Ramos, L. P., Paula, A., 2010. "Bioethanol from lignocelluloses: status and perspectives in Brazil," Bioresource Technology, vol. 101, no. 13, pp. 4820-4825.
- Woods, J., 2000. Integrating sweet sorghum and sugarcane for bioenergy: Modelling the Potential for Electricity and Ethanol Production in SE Zimbabwe. PhD thesis, Division of Life Sciences King's College London University of London.

