

PELETLENMİŞ DALLI DARININ (*Panicum Virgatum*) BİYOYAKIT OLARAK KULLANIM EKONOMİSİ

Eyup BAŞER*

Mustafa ACAROĞLU**

Mustafa KAN*

*** Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü
** Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Konya**

eyupbaser61@yahoo.com acaroglu@selcuk.edu.tr mustafa_kan@hotmail.com

ÖZET

Dallı darı, hızlı büyüyen, yüksek verimli, besin maddesi ve nemden yararlanma etkinliği yüksek olan çok yıllık bir sıcak iklim bitkisidir. Birim alanda enerji verimi yüksek, üretim masrafı ise düşüktür. Kuzey Amerika ve Avrupa'nın özellikle kuzey bölgelerinde bitkinin yüksek adaptasyonu ve düşük üretim maliyeti, bu bitkiyi ideal bir biyokütle enerji kaynağı haline getirmiştir. Dallı darının enerji girdisi ile verim oranı yaklaşık olarak 1:20 olup, marjinal alanlardan ortalama 10 ton/ha biyokütle ve karşılığında 185 GJ/ha enerji üretilebilmektedir. Dallı darı sıkıştırılıp, yoğunlaştırılarak elde edilen peletleri özel olarak geliştirilen pelet sobalarında yakılarak binaların ısıtılması amacıyla ABD ve Kanada da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pelet üretimi ve ekonomisi Dallı darının peletlenmesi yonca peletlemesi ile benzerlik taşır. Peletleme, sert ve yumuşak dokulu odun türlerinden daha kolay olup, maliyeti daha düşüktür. Bir pelet makinası (150 HP), saatte dallı darıdan 6.9-10.9 ton pelet üretirken, sert dokulu odunlardan 3.1 ton; yumuşak dokulu ağaçlardan ise 4.5 ton pelet üretilebilmektedir. İlkbaharda hasad edilen dallı darının kül muhtevası %3-3.5, enerji muhtevası 19.2 GJ/ton ve potasyum ile klor içeriği de düşüktür olup, biyokütle kalitesi ise yüksektir. Dallı darı peletlerinin enerji değeri odundan sadece %3 daha düşük; buğday sapından ise %7 daha yüksektir. Kumlu topraklarda yetiştirilen dallı darıdan daha kaliteli biyokütle elde edilmektedir.

Dallı darı minimum kurutma ihtiyacıyla odun türlerine göre daha ekonomik bir hammaddedir. Nüfusun daha yoğun olduğu yerlere yakın bölgelerde de dallı darı yetiştirilebildiği için odun türlerine göre taşıma masrafları daha düşük; depolanması ve pazarlanması ise daha kolaydır. Genel olarak biyokütle kaynakları hacimli yapıda olup, kullanım güçlükleri varken, dallı darının pelet haline getirilmesi ve yakıt olarak kullanılması ticaretini kolaylaştırmaktadır.

Dallı Darı (*Panicum Virgatum*) atmosfere düşük CO₂ salımı yanında enerji tarımına yönelecek çiftçilere, bunları pelet haline getirip satanlara, soba üreticilerine ve tüketicilere önemli fırsatlar sağlamaktadır. Kıyaslamalardan dallı darının yakıt olarak pelet maliyetinin, Türkiye'de mevcut konutların ısıtılmasında kullanılan yakacak maddelerinden yerli linyit ve ithal kömür seviyesinde olduğunu göstermektedir. Yapılan değerlendirmeler ışığında, biyokütle enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yeni istihdam alanlarının yaratılması konusunda, Türkiye'de tarıma elverişli olmayan marjinal alanlarda enerji bitkisi olarak yetiştirilebilecek dallı darının peletlenerek konut ısıtılmasında yakacak olarak kullanılması mümkün görünmektedir.

Anahtar kelimeler: biyokütle, dallı darı, peletleme, enerji

1. Giriş

Dallı darı Rocky dağlarının doğusunda, 55. enlemden aşağıya doğru Meksika ve Orta Amerika içlerine doğru doğal olarak yetişmektedir (Moser ve Vogel, 1995). Kuzey Amerika'nın uzun boylu, otsu bitki türlerinin en önemlilerinden birisidir. Hayvanlar için kaba yem, erozyon kontrolü ve yaban hayatı için yetiştirilmektedir (Moser ve Vogel, 1995; Nielsen, 1944). Bu bitkinin diğer kıtalarda da kaba yem üretimi amacı ile yetiştirildiği bildirilmiştir (Osman, 1979; Stritzler et al., 1996). ABD ve Kanada da 1980'lerin sonundan itibaren yenilenebilir enerji üretimi için, dallı darı üzerinde çalışılmaktadır. Bu bitkinin ana kullanım alanları arasında elektrik üretimi amaçlı termik santrallerde kömürle birlikte yakma, gazifikasyon ve taşıtların yakıt ihtiyacı için etanol üretiminde kullanılmaktadır (Samson ve Omielan, 1992; Sanderson et al., 1996; Turnhollow, 1991).

Son yıllarda dallı darı kağıt hamuru elde etmekte (Girouard ve Samson, 1998; Radiotis et al., 1996) ve kompozit maddeler üretiminde potansiyel bir selüloz bitkisi olma özelliği de eklenmiştir. Dallı darı geniş coğrafi alan, marjinal tarım alanlarına uygunluğu, besin maddesi ve su ihtiyaçlarının daha az olması yanında çevreye katkılarında dolayı ABD Enerji Departmanı tarafından enerji amaçlı lignoselülozik biyokütle üretiminde model bitki seçilmiştir (McLaughlin et al., 1996; Sanderson et al., 1996).

Dallı darının çevreye olumlu etkileri arasında, pestisitlere fazla ihtiyaç duymaması, erozyon kontrolü, yaban hayatı için ortam sağlaması ve toprağı iyileştirici özellikleri sayılmaktadır (McLaughlin et al., 1997; Sanderson et al., 1996). Dallı darı tek yıllık bitkiler ile kıyaslandığında pestisit kullanımını %90, erozyonu ise %95 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir (Hohenstein ve Wright, 1994).

2. Bitkinin Tanımı

Dallı darı C4 yapısında, çok yıllık, salkımlı otların bir benzeri olup, tohum ile üretilen ve ilk gelişimi yavaş olan bir bitkidir. Bitki sap gövde, üzerinde gelişir ve 0.5 ile 2.7 m'ye kadar uzayabilir, genellikle kırmızimsı renk tonundadır. Çiçek salkımı 15-50 cm uzunlukta olup, kökler ise 3 m derine inebilir (Beaty et al., 1978; Christian ve Elbersen, 1998; Moser ve Vogel, 1995). Bitkinin en farklı özelliği yaprakların gövdeye birleştiği yerlerde beyaz renkli tüycükleri olmasıdır.

Dallı darının "ova" ve "yayla" olmak üzere iki tipi vardır. Ova tipi rakımı düşük, nemli, kış mevsiminde sele maruz kalan alanlarda yetişebilen, uzun, kalın ve kaba bir gövde ile birlikte demet görünümündedir. Yayla tipi ise daha çok kurak ekolojilere adapte olmuştur. Ova tipine göre daha ince gövde yapısı yanında, kardeşlenme özelliğine daha fazla olup, bazıları ise otsu çayır görünümündedir. Dallı darının en iyi kıyaslanabileceği C4 bitkisi, Çin kamışı - *Miscanthus* (*Miscanthus giganteus*)'dur. Bu iki bitkiden dallı darı *Miscanthus*'a göre daha küçük boylu, daha ince ve daha yapraksıdır. Dallı darı, tohumla üretildiği için ilk tesis maliyeti düşüktür. Halbuki, *Miscanthus* rizom ile çoğaltılır ve maliyeti dallı darıya göre daha yüksektir. Dallı darı kurağa daha çok dayanıklı ve verimsiz toprakları daha iyi değerlendirir.

2.1. Bitki Morfolojisi

Çim bitkileri genellikle iki ayrı tip özelliğine sahip olup, bunlar "panicoid" ve "festucoid" tiplerdir. (Hyder et al., 1971; Tischler ve Voigt, 1987). Serin iklim çayır otlarından kamışı yumak (*Festuca arundinacea* L.) ve İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.), yumak morfolojisi gösterirler. Sıcak iklim çayır bitkileri ile C4 özelliği gösteren dallı darı ise "panicoid"

morfolojisi gösterirler. Festucoid tipine sahip olanlarda koloptil, gövde boğumundan çıkarken, sekonder kökler ve yapraklar tohum seviyesinden orijin alarak gelişirler. Panicoid yapısındakiler mezotil (subkoloptil internod diye de bilinir) küçük koloptili toprak yüzeyine yakın uzar, böylece kök tacı hemen toprağın altında veya biraz üzerinde oluşur. Bu özellik kök tacının toprak yüzeyinde kolayca fark edilmesini sağlar. Eğer birkaç gün süreyle yeterli nem bulması halinde bu kısımdaki boğumdan sekonder kökler meydana gelmeye başlar (Newman ve Moser, 1988). Eğer toprakta yeterli nem bulunmaz ise bu kısımdan sekonder kökler de oluşamaz. Yani çimlenmenin gerçekleşebilmesi, mezokotile primer kökler vasıtasıyla su ve besin maddesi taşınması kapasitesine bağlıdır. Bitki için kışa dayanıklılık özelliği gerçek test özelliği taşır. Kök bölgesine yakın büyüme konisi oluşturabilen ve gelecekte üstün özellikler sağlaması beklenen yeni germplazmaların seleksiyonla elde edildiği bildirilmiştir (Elbersen et al., 1998; Tischler ve Voigt, 1995; Tischler et al., 1996).

Tohumlar, ilkbaharda toprak sıcaklığı 10 °C'nin üzerine çıktıktan sonra filizlenmeye başlar. Yaz ortasında çiçeklenmeye başlayan bitki, bu döneme kadar çok hızlı büyür ve biyokütle oluşumunun %75'ini tamamlar. Çiçeklenmeyi müteakip gövde olgunlaşarak ligninleşmeye başlar. Dalı darı yaz mevsimi sonuna doğru büyüme döngüsünü tamamlar. Olgunlaşma döneminde bitkinin yaprak ve gövdesinden kök ve rizomlara mineral depolanır ve bu rezerv depolar gelecek sezonda bitkinin büyümesi için kullanılır. Yakacak olarak kullanılacak olan biokütle kalitesi de bitki bünyesindeki bu tabii süreçle gerçekleşir.

2.2. Toprak ve Gübre İsteği

Dalı darı toprak bakımından seçici olmamakla beraber, derin olmayan, su tutma kapasitesi iyi, yeterli drenaja sahip, taşlık ve kısmen su biriken topraklarda daha iyi yetişmektedir. Bitki, derin kök yapısıyla topraktaki besin maddelerinden çok iyi yararlanır. Dalı darı topraktaki fosfordan yararlanmak için mikorizayı kullanabilme özelliğine de sahiptir.

Ekim döneminde dalı darı için ideal şartlardan birisi toprağın pH'sının nötr olmasıdır (Jung et al., 1988). Bitkinin düşük verimli ve asitli topraklara toleransı iyi olup, toprak pH'sını 4.9 dan 7.6'ya kadar tolere edebilmektedir.

Bitki gelişimi için ilk yıl toprağa azot uygulamasına gerek yoktur. Çünkü ilk yıl yapılan azot uygulamasının yabancı otların gelişimini teşvik ederek, yeni çimlenen dalı darı fidelerine karşı rekabet ortamı hazırlayarak boğucu bir etki yapabilmektedir. Toprak verimliliği eğer düşük ise fosfor ve potasyum uygulaması yapılmalıdır. Sonraki yıllarda gübre uygulaması, biyokütle üretimi ile topraktan alınan mineralleri karşılayacak seviyede olmalıdır. Dalı darı tarladan normal olarak bitkinin gövdesi kuruyup, mineral muhtevası düştüğünde hasat edilir. Birkaç yılda bir yapılan gübre uygulaması bitkinin besin madde ihtiyaçlarını karşılayabilir.

Dalı darının azot ihtiyacının Kuzeybatı Avrupa şartlarında düşük olduğu ve ihtiyaç duyulan azotun kökler vasıtasıyla mobilize edilebildiği gibi atmosfer azotundan da karşılandığı bildirilmiştir (Christian ve Elbersen, 1998). Ekim alanlarında eğer sulama yapılıyor veya toprak verimliliği düşük ise azotlu gübre uygulaması yapılmalıdır. Avrupa da yapılan ilk çalışmalar dekara 0-5 kg/da/yıl saf azotun yeterli olabileceğini göstermiş olmakla birlikte üretim kapasitesi yüksek tarım bölgelerinde bu miktar 5-10 kg/da/yıl'a çıkarılabilir. (Elbersen, et al., 2004). Fazla azot kullanımı, toprakta azot birikimi ve biyokütle nem oranını artırırken bitkinin verimini ise düşürmektedir.

2.3. Çeşit Seçimi

Kuzey Amerika'da birçok dallı darı çeşidi mevcut olmasına rağmen, Avrupa ülkelerinde bazı çeşitler üzerinde adaptasyon çalışmaları yapılmıştır. Çeşitler için bölgenin enlemi, belirleyici olmaktadır. Orijinini ABD'nin güney bölgelerinden alan dallı darı çeşitleri, güney Avrupa'da da performansı iyi iken kuzey Avrupa'da da verimli fakat kuzey orijinliler kadar kışa dayanıklı değildir. Avrupa dallı darı çalışmalarından edinilen sonuçlara göre bu çeşitler Kuzey Avrupa şartlarında, ABD de olduğundan daha iyi yetişebilmektedir. Bunun muhtemel sebebinin denizlerin iklimi yumuşatma özelliğinden olduğu bildirilmiştir (Elbersen, et al., 2004).

Avrupa şartlarında test edilip, uyum sağlamış bazı dallı darı çeşitlerden şunlardır: **Cave-in-Rock**, Kuzey Avrupa'ya (İngiltere, Hollanda, Almanya); **Kanlow**, Avuranın orta kısımlarına (Almanya, İngiltere'nin güneyi ve İtalya'nın kuzeyi) adapte olmuştur. Bu çeşit kuzeyde, özellikle ilk yıl kışa dayanıklıdır. **Alamo**, Avrupa'nın güney bölgelerine (Yunanistan, İtalya) uygun olup, kuzey bölgelerinde özellikle ilk yılda, kış soğuklarına dayanamamakta ve kalitesi düşmektedir (Elbersen, et al., 2004).

3. Ekim ve Ekim Zamanı

Dallı darının fide dönemi gelişimi nispeten yavaştır. Ekimden başarılı sonuç almak için basit olan ekim tekniğine riayet edilmesi gereklidir. Zamanında yapılan iyi bir tohum yatağı, daima kötü hazırlanmış bir tohum yatağından daha iyi sonuç verir. Ekim sonrası çok yıllık bitkilerle mücadele zor olduğu için ekimden önce bu bitkilerin elemine edilmiş olması gereklidir. Tohum yatağı için toprak önce pullukla sürülerek, alt-üst edilmelidir. Birinci sürümden sonra iyi bir tohum yatağı hazırlamak için eğer gerekli ise toprağı ufalayıcı alet ve makineler kullanılmalıdır. Tohum ekimi, toprak işlemez veya düzgün hazırlanmış bir yatağına doğrudan uygun bir mibzer ile 1 cm derinlikte yapılabilir (Christian ve Elbersen, 1998; Moser ve Vogel, 1995). Çok derine düşen tohumlar çıkış zorluğu çekebilir. Sıkıştırılmamış, gevşek bir tohum yatağına da tohumlar çimlenmeyebilir. Tohumun toprakla iyice temasını sağlamak için ekimden önce ve sonra merdane çekilmesi tavsiye edilmektedir. Eğer toprak ağır ve yaş ise merdane çekmekten kaçınılmalıdır. Aksi halde toprak sıkışır ve kaymakla beraber kompakt bir yapı oluşur.

Dallı darının verimliliğini etkileyen faktörlerden biriside sıra arası mesafedir. Sık ekim, bitkilerin yabancı otlarla rekabet gücü ve biyokütle veriminin düşmesine düşmesiyle birlikte, tekli ve zayıf bitki gelişimini teşvik etmektedir. Dallı darının Sıra arası mesafe ile ilgili olarak, Ocumpaugh et al., (1997) 13, 30 ve 50 cm aralıkları üzerinde çalışmışlar ve kurak şartlarda daha geniş sıra aralıklarının verimi artırdığını bildirmişlerdir. Literatürde yaygın tavsiye edilen sıra aralığı 15-20 cm'dir.

Başarılı bir dallı darı tarımı için ekim zamanı önemli bir faktördür. Ekim zamanı konusunda, erken (Moser ve Vogel, 1995; Smart ve Moser, 1997; Vasey et al., 1985) ve geç ekimler olmak üzere (Parrish ve ark 1997; Wolf ve Fiske, 1995) farklı çalışmalar yapılmıştır. Erken ilkbahar ekiminin soğuk ve nem etkisiyle dormansinin kırılması için faydalı olduğu bildirilmiştir. (Moser ve Vogel, 1995). Erken ilkbahar ekimi ve sonrasında olan yağışlar, toprak neminin artmasına ve sekonder köklerin oluşmasını teşvik etmektedir (Smart ve Moser, 1997). Ayrıca bitki, sonbahara kadar yeterli zaman kazanarak, kışa dayanıklılığını artırmaktadır. Erken ekimin olumsuz yanı, toprağın yeterli sıcaklığa erişmemesinden dolayı çimlenme ve fidelerin gelişimi yavaş olmaktadır. Madakadze (1997), dallı darı çeşitlerine göre değişmekle beraber çimlenme sıcaklığının 5.5 °C den 10.9 °C kadar değiştiğini bildirmiştir. Hsu et al., (1985) Blackwell ve Cave-in-Rock dallı darı çeşitleri için minimum çimlenme sıcaklığını 10.3 °C olarak hesaplamışlardır. Alamo çeşidi için minimum sıcaklığı,

12 °C olarak kabul etmişlerdir. Yabancı otlara kıyasla daha yüksek çimlenme sıcaklığı isteyen dallı darının bu otlarla baş edebileceği gerekir. Genel olarak yüksek sıcaklık ihtiyacı duyan yabancı otlara karşı rekabet edemeyeceği için dallı darının çok da erken ekilmesi arzu edilmez (Elbersen, et al., 2004). Yabancı ot rekabetinin önüne geçmek için, geç ekimler tercih edildiği takdirde bu kez de kuraklık etkisi ve kışa yeterince güçlü girememe ve kış ölümleri riski ile karşı karşıya kalınmaktadır. ABD'nin güney Teksas bölgesinde dallı bazen yaz sonu veya sonbaharda da ekilmektedir. Sonbaharda sağlanan yeterli çimlenme sayesinde kış zararının da görülmediği bildirilmiştir (Ocumpaugh et al., 1997). ABD'nin kuzeyinde Great Plains'de ise geç sonbaharda "dormant ekim" yapıldığı, kış boyunca tohumların vernalize olduğu ve ilkbaharda havalarda ısınması ile birlikte tohumların çimlendiği fakat yine de genelde ilkbahar ekimlerinin tercih edildiği bildirilmiştir (Moser ve Vogel, 1995).

Genel olarak toprak sıcaklığının 10 °C'yi geçtiği dönemde dallı darının ekimi yapılabilir. En iyi sonucu, tohum yatağının hafif nemli ve tavında olduğu şartlar vermektedir. Toprağın aşırı yaş olduğu durumlar uygun değildir. Bu durumda iyi bir ekim ve yeterli çimlenme olmayacağı için kuruya ekimden kaçınılmalıdır. Kuzey Avrupa'da ekim genellikle Nisan ayının sonları ve Mayıs ayının ilk yarısında yapılmaktadır. Dalli darının ekim zamanı ile ilgili alınabilecek en iyi ölçü mısır ekim zamanıdır.

4. Tohum

Dalli darı tohumları nispeten küçük ve özellikle hasattan hemen sonra yüksek bir dormansiye sahiptir. Tohum ağırlığı, çeşit ve çevre şartlarına bağlı olarak 70 ile 200 mg arasında değişir (Christian ve Elbersen, 1998; Moser ve Vogel, 1995). Tohum yüzeyi düzgün ve kaygan olup, ekim sırasında makineden kolayca kayar, ekim problemi yaşanmaz. Çimlenme gücünün etkilenmesine rağmen, oda sıcaklığında 4 yıl depolanarak yüksek dormansi seviyesi düşürülebilmektedir (Moser ve Vogel, 1995).

Soğuk ve nemli şartlarda tohumlar erken dönemde tarlaya ekilerek dormansi vernalizasyon etkisi ile de kırılabilir (Moser ve Vogel, 1995; Smart ve Moser, 1997). Dalli darı tohumlarının çimlenme gücünü artırmaya yönelik, "wet chill" tohum vernalizasyonu ve asit uygulaması gibi yöntemler test edilmiştir (Beckman et al., 1993; Tischler et al., 1994; Parrish et al., 1997). Dormansisi düşük yeni tohum çeşitleri geliştirilmiştir (Ocumpaugh et al., 1997). Tohum üretimi çeşitlere bağlı olarak dekara 22 ile 56 kg arasında olup, bu miktar 100 kg'a kadar çıkabilir (Moser ve Vogel, 1995). Tohum fiyatları çeşit, yıl, kötü hasat dönemi ve talep akışkanlığına göre değişebilir.

Ekim için kullanılacak tohum miktarı, tohumun çimlenme gücü ile ilgili olup, üretim yılına bakılmamalıdır. Yeni hasat edilmiş tohumlar hayli yüksek bir dormansiye sahiptir ve bu nedenle ekim için depoda bir yıl bekletilmiş tohumlar kullanılır. Tohumları satın almadan önce yabancı madde oranları ve çimlenme güçlerine bakılmalıdır. Elde edilen bu bilgilere göre ekim için gerekli tohum miktarı hesaplanmalıdır.

Depolama ile tohumun dormansi seviyesindeki değişim devam ediyor olabilir bu nedenle çimlenme gücünün tespiti için basit bir çimlendirme testi tavsiye edilir. Tohum ağırlığı hafif olan çeşitlerde, tohumu daha ağır olanlara göre daha az tohum kullanmak gerekir. Çeşide bağlı olarak 1 g içinde 500 ile 1000 adet tohum bulunmaktadır. Uygun toprak ve çevre şartlarında m² ye 10-20 bitki bulunması arzu edilir.

Dekara atılacak minimum tohum miktarı ile ilgili çok az bilgi olmakla birlikte toprak verimliliği yüksek bölgelerde m² ye 200, düşük yerlerde ise 400 adet tohum yeterli görülmektedir. Bunun anlamı dekara 1-2 kg tohum yeterlidir (Christian ve Elbersen, 1998; Peters et al., 1989; Vassef et al., 1985; Vogel, 1987). Eğer ekim için hububat ekim makineleri kullanılacak ise sıraya ekim yapabilmeli ve düzenekleri küçük tohumları ekebilir özellikte olmalıdır.

5. Bakım ve Yabancı Ot Kontrolü

Dallı darının tesisi için yapılacak bakım çalışmaları birkaç yılı alabilir, eğer iyi şartlarda tesis edilmişse 20 yıldan fazla verim almak mümkündür (Myers ve Dickerson, 1984). Ekimi takip eden birkaç yıl içinde dallı darı maksimum verime erişebilir (Christian ve Elbersen, 1998). Ancak soğuk iklim ve killi toprak yapısının maksimum verimi geciktirme ihtimali vardır. Bitkinin ilk fide dönemi en kritik dönemdir. Dünyada dallı darı tohum ile üretilirken, bazı varyelerin (Miami, Stuart ve Wabasso) vejetatif olarak üretildiği bildirilmiştir (Schmer et al., 2006). Dallı darının ekiminde dikkat edilmesi gereken kritik faktörler ekim derinliği, tohum dormansisi, suyun mevcudiyeti, sıcaklık, yabancı ot rekabeti ve ekim zamanıdır.

Dallı darının birinci yıl gelişimi yavaş olup, bu nedenle yabancı otlarla rekabet gücü zayıftır. Akılda tutulması gereken şey, iyi bir yabancı ot kontrolü sonunda birinci yılın kısmı atlatabilen dallı darı fideleri takip eden ilkbaharda kendini yenileyerek büyüyebilirler. Eğer bu aşama başarı ile geçirilebilirse, ileriki yıllarda yabancı ot mücadelesi yapmaya gerek kalmayacaktır çünkü, diğer bitkiler sıcaklığı seven dallı darı bitkileri ile rekabet edemezler (Elbersen, et al., 2004).

İlk yıl başarılı bir ekim yapmak ve kış mevsiminden sonra bitkinin iyi bir gelişim sağlaması için herbisid kullanılabilir. Herbisid tavsiyesi kuzey ve güney iklim bölgeleri ile rakımı düşük veya yüksek yerler için de farklılık arz edebilir (Schmer et al., 2006). Ancak mevcut bilgilere göre dallı darıya özgü henüz tescilli bir herbisid yoktur. (Wolf and Fiske, 1995)'ye göre tohum yatağının hazırlığından birkaç hafta önce Glyphosate, Paraquat ve bazı hormonal etki gösteren herbisitler (2,4-D, dicamba veya MCPA) ABD'de kullanılmaktadır. Atrazine ve simazine (Martin et al., 1982) adlı herbisidler de erken veya sonraki dönemlerde sıkça kullanılmaktadır (Christian ve Elbersen, 1998; Moser ve Vogel, 1995). Atrazine ve simazine adlı ilaçlar için Avrupa'da henüz izin almış değildir. Fakat dallı darı içerisinde görülebilecek geniş yapraklı yabancı otlar için ioxynil, bromoxynil, mecoprop, bentazone ve CMPP gibi herbisidler kullanılmaktadır. İkinci yıldan sonra isoproturon, atrazine, simazine, 2,4-D, glyphosate ve paraquat gibi ilaçların erken ilkbaharda yabancı ot kontrolü için kullanılabileceğine dair bildirişler vardır (Christian and Elbersen, 1998; Wolf and Friske, 1995; Ocumpaugh et al., 1997).

Bazı herbisidlerin bitki üzerinde yakma ve büyümeyi yavaşlatma etkisi mevcut olup, dallı darı tarımında da gerekmedikçe yüksek doz herbisit kullanılmamalı, düşük doz tercih edilmelidir. Eğer ihtiyaç duyulursa, dallı darının boyunu aşan yabancı otlar, yolunarak mücadele yapılabilir. İlk yıl dallı darının dal ve yapraklarının biçilmemesi gerektiği; aksi halde bitkinin kışın zora girdiği bildirilmiştir (Elbersen, et al., 2004).

Avrupa'da henüz dallı darı bitkisine özgü bir hastalık görülmemekle birlikte bitkilerin sürekli kontrol edilmesi gereklidir (Elbersen, et al., 2004). Kurak bölgeler için geliştirilmiş çeşitlerin yağışlı bölgelerde yetiştirilmesi durumunda pas görülebileceği bildirilmiştir (Moser ve Vogel, 1995). Dallı darının monogeminivirus, panicum mosaic satelivirüs ve Panicum mosaic sobemovirus gibi virüslere hassas olduğu bildirilmiştir (Brunt et al., 1996). Dallı darının önemli bir zararlısı da yoktur. Eğer tavşan gibi bir zararlı söz konusu ise tarla çitle çevrilebilir.

6. Hasat

Dallı darı tarladan normal olarak bitkinin gövdesi kurduğunda hasat edilir. Hasat geleneksel çayır biçme ve balya makineleri ile yapılabilmektedir (Christian ve Elbersen, 1998). Avrupa ülkelerinde hasat, bitkinin yeşil aksamının tamamen kurduğu kış mevsiminde yapılmaktadır. Miscanthus bitkisine göre daha ince dal ve sap yapısı olan dallı darı, daha kolay kurumaktadır. Dallı darı eğer biyokütle (enerji, selüloz) amacı ile yetiştiriliyor ise hasat,

kış veya erken ilkbahara ertelenebilir. Bitki sonbaharda olgunlaşmadan hasat edilirse, bitkinin kışa dayanma gücünün azalması sonucu ilkbaharda yeniden büyüme gücü ve verimi düşmektedir. Ürün eğer uzun süre depolanacak ise nemi %15-20'nin altında olmalıdır (Christian ve Elbersen, 1998). Bitkinin kuruma oranı ve yeniden büyümeye başladığı tarih (kış veya ilkbaharda) hasat zamanını belirler. Bitki sonbaharda tarlada bırakılmamış ise biyolojik olgunlaşma, gövdede incelme ve nem oranının düşmesi gibi değişimler büyümenin yeniden başlamasından önce tamamlanır. **Üretim Maliyeti** Türkiye'de dallı darı üretim maliyetlerini ortaya koyan henüz bir çalışma olmamakla birlikte Avrupa'da yapılan ilk çalışmalarda üretim maliyeti (arazi kirası hariç) Yunanistan da 24 Avro/ton (kuru), Hollanda'da 62 Avro/ton (kuru) olarak hesaplanmıştır. *Miscanthus* bitkisi ile kıyaslandığında dallı darının ilk ekim masrafları ve riski daha düşüktür (Elbersen, et al., 2004).

7. Enerji Verimi ve Pelet Maliyeti

Dallı darı (*Panicum Virgatum L.*) çok yıllık, otsu ve bir sıcak iklim bitkisi olup, tohum ile üretilir. İleriki yıllarda bitkinin derin kök ve rizomları 2 m den daha fazla gelişir. Bitki boyu çeşit ve iklim şartlarına bağlı olarak 50 ile 250 cm kadar uzayabilir. C4 bitkilerine has fotosentez yapma özelliğine sahip olan dallı darı suyu ve azotu çok ekonomik kullanır ve bu özellik onu verim potansiyeli yüksek bir bitki yapar.

Dekara kuru madde (KM) olarak verimi, toprak verimliliği düşük kuzey Avrupa ülkelerinde 600 kg, toprak verimliliği yüksek güney Avrupa ülkelerinde ise 2500 kg. kadardır. Bitki ekildikten sonra eğer iyi bakım şartları sağlanırsa yüksek verim kabiliyetini 15 yıldan daha fazla sürdürebilir. Optimum verim, toprak verimliliğine bağlı olarak (hafif topraklarda) 2-3 yıl, ağır topraklarda 4-5 yıl içinde sağlanabilir.

Dallı darının birinci yıl verimi düşük ve hatta kuzey enlem bölgelerinde hasat ekonomik olmayabilir. İkinci yıl verimi 800-1000 kg/da olurken ileriki yıllarda verim yükselir. Erken donlar ve kuraklık şartları da bitkinin maksimum verim potansiyelini düşürür. Dallı darının verimi, toprak verimliliği düşük, asitliliği yüksek topraklarda, ılıman iklime uygun otsu bitkiler, enerji amaçlı yetiştirilen ağaçsı bitkiler ve söğüt ile karşılaştırıldığında dallı darının verimi oransal olarak daha yüksektir.

Dallı darı, hızlı büyüyen, yüksek verimli, besin maddesi ve nemden yararlanma etkinliği yüksek olan çok yıllık bir sıcak iklim bitkisidir. Birim alanda enerji verimi yüksek, üretim masrafı ise düşüktür. Kuzey Amerika ve Avrupa'nın özellikle kuzey bölgelerinde bitkinin yüksek adaptasyonu ve düşük üretim maliyeti, bu bitkiyi ideal bir biyokütle enerji kaynağı haline getirmiştir. Dallı darının enerji girdisi ile verim oranı yaklaşık olarak 1:20 olup, marjinal alanlardan ortalama 10 ton/ha biyokütle ve karşılığında 185 GJ/ha enerji üretilebilmektedir. Dallı darı sıkıştırılıp, yoğunlaştırılarak elde edilen peletleri özel olarak geliştirilen pelet sobalarında yakılarak binaların ısıtılması amacıyla ABD ve Kanada da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pelet üretimi ve ekonomisi Dallı darının peletlenmesi yonca peletlemesi ile benzerlik taşır. Peletleme, sert ve yumuşak dokulu odun türlerinden daha kolay olup, maliyeti daha düşüktür. Bir pelet makinası (150 HP), saatte dallı darıdan 6.9-10.9 ton pelet üretirken, sert dokulu odunlardan 3.1 ton; yumuşak dokulu ağaçlardan ise 4.5 ton pelet üretilebilmektedir. İlkbaharda hasad edilen dallı darının kül muhtevası %3-3.5, enerji muhtevası 19.2 GJ/ton ve potasyum ile klor içeriği de düşüktür olup, biyokütle kalitesi ise yüksektir. Dallı darı peletlerinin enerji değeri odundan sadece %3 daha düşük; buğday sapından ise %7 daha yüksektir. Kumlu topraklarda yetiştirilen dallı darıdan daha kaliteli biyokütle elde edilmektedir. Dallı darı minimum kurutma ihtiyacıyla odun türlerine göre daha ekonomik bir hammaddedir. Nüfusun daha yoğun olduğu yerlere yakın bölgelerde de dallı darı yetiştirilebildiği için odun türlerine göre taşıma masrafları daha düşük; depolanması ve

pazarlanması ise daha kolaydır. Genel olarak biyokütle kaynakları hacimli yapıda olup, kullanım güçlükleri varken, dallı darının pelet haline getirilmesi ve yakıt olarak kullanılması ticaretini kolaylaştırmaktadır.

Dallı Darı (*Panicum Virgatum*) atmosfere düşük CO₂ salımı yanında enerji tarımına yönelecek çiftçilere, bunları pelet haline getirip satanlara, soba üreticilerine ve tüketicilere önemli fırsatlar sağlamaktadır. Kıyaslamalardan dallı darının yakıt olarak pelet maliyetinin, Türkiye'de mevcut konutların ısıtılmasında kullanılan yakacak maddelerinden yerli linyit ve ithal kömür seviyesinde olduğunu göstermektedir. Yapılan değerlendirmeler ışığında, biyokütle enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yeni istihdam alanlarının yaratılması konusunda, Türkiye'de tarıma elverişli olmayan marjinal alanlarda enerji bitkisi olarak yetiştirilebilecek dallı darının peletlenerek konut ısıtılmasında yakacak olarak kullanılması mümkün görünmektedir (Tablo 1 – Tablo 2). Kıyaslanmasından dallı darının yakıt olarak pelet maliyetinin, Türkiye'de mevcut konutların ısıtılmasında kullanılan yakacak maddelerinden yerli linyit ve ithal kömür seviyesinde olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Odun ve dallı darının pelet üretim maliyeti

	Odun Peleti Masrafı(YTL/ton)^a	Dallı Darı Peleti Masrafı(YTL/ton)^a
Hammadde	44.6	60.7
Kurutma	15.5	0
Peletleme	76.7	33-51.0
Torbalama	25.0	25.0
Toplam Masraf	161.86	118.7 - 136.7

a) Pelet masrafı hesaplaması yapılırken odun artıkları için 177.6 kg/MJ/Saat; dallı darı için 266.40 - 414.5 kg/MJ/Saat güç harcama değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Konutlarda 1000 Kcal/saat ısı ihtiyacı için gerekli çeşitli yakıtların maliyet karşılaştırma tablosu

Ucuzluk Sırası	Yakıt Cinsi	Alt Isıl Değeri	Birim Fiyatı	Ortalama Verim (%)	YTL/ 1000 kcal	En Ucuza Göre Yakıt Maliyeti
1	Doğal Gaz	8250 kcal/m ³	0,61773 YTL/m ³	93	0,0805	107
2	İthal Kömür	7000 kcal/kg	0,40000 YTL/kg	65	0,0879	117
3	Yerli Linyit	4640 kcal/kg	0,31978 YTL/kg	65	0,1060	141
4	Elektrik	860 kcal/kWh	0,15808 YTL/kWh	99	0,1857	247
5	Fuel-oil No: 4	9875 kcal/kg	1,54000 YTL/kg	80	0,1949	259
6	LPG - Propan	11100 kcal/kg	2,73760 YTL/kg	92	0,2681	356
7	Motorin	10256 kcal/kg	2,72189 YTL/kg	84	0,3159	420
8	LPG 12 kg	11000 kcal/kg	3,16666 YTL/kg	90	0,3199	425

Kaynak: Doğalgaz Cihazları Sanayicileri ve İşadamları Derneği (DOSİDER) verileri NOT : 1- TCMB Döviz Kurları : US Doları, 1.2263 Euro, 1.7306 (25 Eylül 2007) 2- Birim fiyatlara %18 KDV dahildir.

8. Tartışma ve Sonuç

Dünyada gittikçe artan petrol fiyatları karşısında enerji kaynakları çok hızlı bir değişim göstermektedir. Tarımsal atıklar ile bazı enerji bitkileri biyokütle enerjisi olarak alternatif yenilenebilir enerji kaynakları arasına girmiştir. Biyokütle enerji kaynağı amacı ile bu bitkilerin yetiştirilmesi, erozyon, çölleşme ve fakirleşme sorunları yanında enerji ithalatına entegre çözümler üretilebilmektedir. Dallı Darı (*Panicum Virgatum*) atmosfere düşük CO² salımı yanında enerji tarımına yönelecek çiftçilere, bunları pelet haline getirip satanlara, soba üreticilerine ve tüketicilere önemli fırsatlar sağlamaktadır. Yapılan değerlendirmeler ışığında, biyokütle enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yeni istihdam alanlarının yaratılması konusunda, Türkiye'de tarıma elverişli olmayan marjinal alanlarda enerji bitkisi olarak yetiştirilebilecek dallı darının peletlenerek konut ısıtmasında yakacak olarak kullanılması mümkün görünmektedir.

Kaynaklar

1. Başer E., M. Acaroğlu, M. Kan (2008). Biyokütle enerji bitkisi olarak dalı darı (switchgrass, *Panicum Virgatum*) tarımı. 2-5 Haziran Ülkesel Tahıl Semp. KONYA.
2. Beaty, E.R., J.L. Engel and J.D. Powell. 1978. Tiller development and growth in switchgrass. J. Range Manage. 31:361-365.
3. Beckman, J.J., L.E. Moser, K. Kubik, S.S. and Waller. 1993. Big bluestem and switchgrass establishment as influenced by seed priming. Agron. J. 85: 199-202.
4. Brunt A., K. Crabtree, M. Dallwitz, A. Gibbs, L. Watson and E. Zurcher. 1996. Viruses of Plants: Descriptions and Lists from the VIDE Database. 1484 pp. C.A.B. International, U.K.
5. Burden, D. (2008). Switchgrass Profile. www.agmrc.org/agmrc/commodity/biomass/switchgrass/switchgrassprofile.htm
6. Christian, D.G. and H.W. Elbersen. 1998. Prospects of using *Panicum virgatum* (switchgrass) as a biomass energy crop. In: N. ElBassam (ed.).
7. DOSİDER. (2007) Konutlarda 1000 Kcal / Saat Isı İhtiyacı İçin Gerekli Olan Çeşitli Yakıtların Maliyet Karşılaştırma Tablosu. <http://www.dosider.org/>
8. Elbersen, H.W. D.G. Christian, N. El Bassam, G. Sauerbeck. Switchgrass in NW Europe. Final Report FAIR 5-CT97-3701 "Switchgrass". www.switchgrass.nl
9. Elbersen, H.W., D.G. Christian, N. El Bassam, G. Sauerbeck, E. Alexopoulou, N. Sharma, I. Piscioneri, 2004. Management guide for planting and production of switchgrass as a biomass crop in Europe. 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. 10-14 May 2004, Rome, Italy.
10. Girouard, P. and R. Samson. 1998. The potential role of perennial grasses in the pulp and paper industry. Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Technical section of the Canadian Pulp and Paper Association, January 1998, Montreal, Canada.
11. Hohenstein, W.G., and L.L. Wright. 1994. Biomass energy production in the United States: An overview. Biomass and Bioenergy 6:161-173.
12. Hsu, F.H., C.J. Nelson and A.G. Matches. 1985. Temperature effects on germination of perennial warmseason forage grasses. Crop Sci. 25: 215-220.
13. Hyder, D.N., A.C. Everson and R.E. Bement. 1971. Seedling morphology and seeding failures with blue grama. J. Range Manage. 24: 287-292.
14. Jung, G.A., J.A. Shaffer and W.L. Stout. 1988. Switchgrass and big bluestem responses to amendments on strongly acid soil. Agron. J. 80: 669-676.
15. Madakadze, I.C. 1997. Physiology, productivity and utilization of warm season (C4) grasses in a short growing season area. PhD thesis McGill University, Montreal, Quebec, Canada.
16. Martin, A.R., R.S. Moomaw and K.P. Vogel. 1982. Warm-season grass establishment with atrazine. Agron. J. 74: 916-920.
17. McLaughlin, S., J. Bouton, D. Bransby, R. Conger, W. Ocumpaugh, D. Parrish, C. Taliaferro, K. Vogel and S. Wullschleger. 1997. Evaluating and improving switchgrass as a bioenergy crop. In:

- R. P. Overend and E. Chornet (eds.). Making a business from biomass in energy, environment, chemicals, fibres and materials, vol. 2. Pergamon, Montreal, Canada. pp. 137-141.
18. McLaughlin, S.B., R. Samson, D. Bransby and A. Wiseloge. 1996. Evaluating physical, chemical, and energetic properties of perennial grasses as biofuels. *In* Bioenergy '96. Proceedings of the Seventh National Bioenergy Conference. Sept 15-20, Nashville Tennessee. V.1. p. 1-8.
 19. Moser, L.E. and K.P.Vogel. 1995. Switchgrass, Big Bluestem, and Indiangrass. *In*: An introduction to grassland agriculture. R. F. Barnes, D. A. Miller and C. J. Nelson (eds.). Forages, 5th ed. Vol.1, Ames, IA:Iowa University Press, pp. 409-420.
 20. Newman, P.R. and L.E. Moser. 1988. Seedling root development and morphology of cool-season and warmseason forage grasses. *Crop Sci.* 28: 148-151.
 21. Nielsen, E.L. 1944. Analysis of variation in *Panicum virgatum*. *J. Agric. Res.* 69: 327-353.
 22. Ocumpaugh, W.R., M.A. Sanderson, M.A. Hussey, J.C. Read, C.R. Tischler and R.L. Reed. 1997. Evaluation of switchgrass cultivars and cultural methods for biomass production in the southcentral U.S. Final report. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN. contract #19X-SL128C.
 23. Osman, A.E. 1979. Productivity of irrigated tropical grasses under different clipping frequencies in the semidesert region of the Sudan. *J. Range Manage.* 32: 182-185.
 24. Parrish, D.J., D.D. Wolf and W.L. Daniels. 1997. Switchgrass as a biofuel crop for the upper Southeast: Variety trials and cultural improvements. Five year report. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN. contract #19X-SK098C.
 25. Radiotis, T., J. Li, K. Goel and R. Eisner. 1996. Fiber characteristics, pulpability, and bleachability studies of switchgrass. *In*: TAPPI Proceedings, 1996 Pulping Conference. pp. 371-376.
 26. Samson, R., Drisdelle, M., Mulkins, L., Lapointe, C. and Duxbury, P. (2000). The use of switchgrass as a greenhouse gas offset strategy. Proceedings of the Fourth Biomass Conference of the Americas, Buffalo, New York, October 15-19, 10pp.
 27. Samson, R.A. and J.A. Omielan. 1992. Switchgrass: A potential biomass energy crop for ethanol production Thirteenth North American Prairie Conference. Windsor, Ontario. p253-258.
 28. Sanderson, M.A., R.L. Reed, S.B. McLaughlin, S.D. Wullschleger, B.V. Conger, D.J. Parrish, D.D. Wolf, C. Taliaferro, A.A. Hopkins, W.R. Ocumpaugh, M.A. Hussey, J.C. Read and C.R. Tischler. 1996. Switchgrass as a sustainable bioenergy crop. *Bioresource Technology.* 56: 83-93.
 29. Schmer, M. R., K. P. Vogel, R. B. Mitchell, L. E. Moser, K. M. Eskridge and R. K. Perrin. 2006. Establishment Stand Thresholds for Switchgrass Grown as a Bioenergy Crop. *Crop Sci*; 46:157-161.
 30. Smart, A.J. and L.E. Moser. 1997. Morphological development of switchgrass as affected by planting date. *Agron. J.* 89: 958-962.
 31. Stritzler, N.P., J.H. Pagella, V.V. Jouve and C.M. Ferri. 1996. Semi-arid warm-season grass yield and nutritive value in Argentina. *J. Range Manage.* 49: 121-125.
 32. Tischler, C.R. and P.W. Voigt. 1987. Seedling morphology and anatomy of rangeland plant species. *In*: G. W. Frasier and R. A. Evans (eds.). Proceeding of Symposium "seed and seedbed ecology of rangeland plants. USDA-ARS, "Tucson AZ. pp. 5-13.
 33. Tischler, C.R., and P.W. Voigt. 1995. Modifying seedling photomorphogenesis in kleingrass by recurrent selection. *Crop Sci.* 35:1613-1617.
 34. Tischler, C.R., B.A. Young and M.A. Sanderson. 1994. Techniques for reducing seed dormancy in switchgrass. *Seed Science and Technology* 22: 19-26.
 35. Tischler, C.R., P.W. Voigt, and W.R. Ocumpaugh. 1996. Registration of TEM-LC and TEM-EC kleingrass germplasms. *Crop. Sci.* 36:220.
 36. Turhollow, A.F. 1991. Screening herbaceous lignocellulosic energy crops in temperate regions of the USA. *Bioresource Technology.* 36: 247-252.
 37. Vassey, T.L., J.R. George and R.E. Mullen. 1985. Early-, mid-, and late-spring establishment of switchgrass at several seeding rates. *Agron. J.* 77: 253-257.
 38. Wolf, D.D. and D.A. Fiske. 1995. Forages. Planting and managing switchgrass for forage, wildlife, and conservation. Virginia Cooperative Extension 418-0