



Su Sümbülü Bitkisi (*Eichornia crassipes*) ve Atıksu Arıtımında Kullanımı

¹Doç.Dr.Bahriye GÜLGÜN
²Nazlı KESKİN
Arş.Gör.Erden AKTAŞ
Yrd.Doç.Dr.Hasan KÖSE

¹E.Ü.Z.F. Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 35100 Bornova, İzmir.
C.B.Ü.Alaşehir M.Y.O.Peyzaj ve Süs Bitk.Bl.

Özet

Günümüzün ve geleceğimizin önemli sorunlarından olan susuzluğa, çare bulmanın önemli yollarından birisi de biyolojik yöntemlerden olan atık su arıtımında bitki kullanımıdır. Bu çalışmada, bu biyosistemde yer alan önemli bitkilerden biri olan su sümbülünün, (*Eichornia crassipes*) atıksu arıtımında kullanımının olumlu ve olumsuz yönleri ele alınmış ve konu ile ilgili sorunların yanı sıra çözüm önerilerine de değinilmiştir.

Giriş

Canlılar dünyasının iki büyük grubundan biri olan bitkiler, insan ve hayvanların temel besin kaynağıdır. Ayrıca bitkiler, ilaç sanayinden parfümeriye, kağıt sanayinden tekstil sanayisine pek çok alanda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, başta fotosentezle havanın CO₂ ve O₂ dengesini koruması gibi dünyamızın ekolojik dengesine de çok çeşitli yararları vardır. Son yıllarda insanlığın en büyük sorunlarından biri olan çevre kirliliği ile mücadelede de bitkilerden yararlanılmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, su bitkilerinden biri olan ve henüz ülkemizde yeterince tanınmayan, su sümbülü (*Eichornia crassipes*) bitkisinin genel olarak incelenip tanıtılması hedeflenmiştir.

Bitkinin genel yapısı incelendiğinde, köklerinde biofilm tabakasındaki bakteriler ile organik maddeyi giderirken, su içerisindeki katı maddelerin filtrasyon ve absorpsiyonu için

de iyi bir ortam sağladığı ve böylece ağır metallerin % 85-95 verimle ayrılabilirdiği anlaşılmış ve bu nedenle atıksu arıtımında kullanılması için yöntemler geliştirilmiştir.

Su sümbülünün, bunun dışında kağıt-fiber levha-sepet örgü imalatı, kömür briketleme, biyogaz üretimi, hayvan yemi ve balık yemi olarak tüketim, gübre olarak kullanım gibi birçok yararlı özelliğe sahip olduğu, bitkinin canlı olarak sağladığı katkıların ardından tekrar doğaya başarılı bir geri dönüşümü olduğu görülmektedir.

Su Sümbülü

Bitkisinin Genel Tanıtımı

Pontederiaceae familyasına ait ve latince adı *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms. olan su sümbülünün orijini Güney Amerika kaynaklı Amazon Nehri'dir. Bitki tropik, subtropik, ılıman iklimlerdeki durgun ya da hafif akıntılı sularda görülmektedir (Auld and Medd 1987).



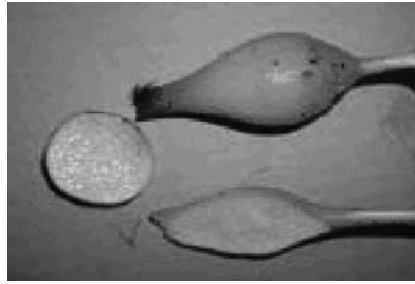
Şekil 1. Su sümbülü (Water Hyacinth) (17)

Pasifik'in kuzeybatısındaki göletlerin etrafında özel olarak bu amaçla yetiştirilmektedir. Bunların yanı sıra kök sisteminin bazı omurgasızlara ve böceklere yuva olması da su ekosistemi içerisinde bitkiyi daha yararlı kılmaktadır. Ayrıca yaprak ayası ve petiolleri gibi çeşitli kısım-

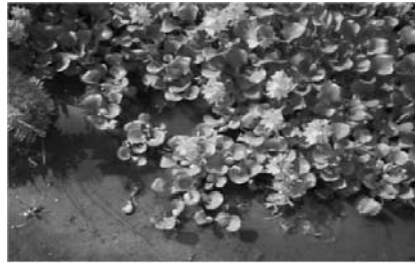
ları, bazı yaban ördekleri tarafından tüketilmektedir. (3).

Botanik Özellikleri ve Çoğaltım Şekilleri

Çok yıllık bir su bitkisidir. 1 m.'ye kadar erişen gövde, çiçekler ile yatay olarak gelişen stolonları taşımaktadır. Yapraklar, düzgün ve oluklu olan yaprak saplarından çıkmaktadır. Oksijenin bu oluklu yapı içerisinde dolması ile saplar şamandıra görevi gördüğünden, yaprak ve çiçeklerin su üzerinde kalmasını sağlamaktadır. (2,4,5).



Şekil 2. Petiollerin boyuna kesiti (5)



Şekil 3. Su sümbülü dokusu (4)

Çiçeklerinin etrafında parlak sarı bir ton bulunmaktadır. Bu sarı tonun böcekleri kendisine çektiğinden ve bu sayede tozlaşmanın sağlandığından söz edilebilir. Meyvelere bakıldığında ise, içerisinde 450 adet girintili çıkıntılı yapıda tohumlar bulunan üç karpelli bir kapsül olduğu görülmektedir (2,4).

Su sümbülü uygun koşullar olduğu takdirde her 5-10 günde bir kendi büyüklüğünü iki katına çıkarmaktadır. Stolonları ile hızlı bir şekilde ana bitkiden vejetatif olarak 50000 yavru bitki üreyebilmekte ayrıca 20 yıl bo-

yunca çimlenme gücünü koruyabilen tohumlarıyla da çoğalabilmektedir (Dyason 1999). Suda aşırı yayılıcı özellikte olduklarından pek çok ülke bu bitki tohumlarının dışarıdan getirilmesini yasaklamıştır. (2,4,5).

Atık Su Arıtımında Kullanımı

Genel Bilgiler ve Dünyadaki Örnekler

Çevre kirliliği ile mücadele etmek ve toplumların hayat kalitesini iyileştirmek amacıyla pahalı teknikler ve prosesler yerine, doğadaki mevcut biyolojik sistemlerin kullanılabilirliği düşüncesi son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Kirlenmiş sulardaki ağır metallerin uzaklaştırılabilmesi için, metalleri köklerinde ve rizomlarında depolayan bitkiler önem kazanmıştır. Bunlar içerisinde su sümbülü (*Eichornia crassipes*) muazzam bir gelişme ve kirlenmiş çevrelerde hızlı bir yayılma göstererek, inorganik maddeler ile bazı organik maddelerin su içerisinde temizlenmesinde daha fazla kullanılmaktadır (6,7,8). Dünyada yapılmış olan bazı bilimsel araştırmalar örnek olarak açıklanabilir: NASA tarafından Mississippi'de yapılan ön laboratuvar denemeleri, bitkinin evsel atık sulardan organik maddeleri büyük bir hızla absorplayıp metabolize edebildiğini göstermiştir. Ardından bu atık organik maddeleri, hücre materyali sentezinde kullanılmaktadır (6,7).

Wolverton ve McDonald, Florida gibi iklimi daha uygun bölgelerde bitkinin büyüme hızının, günde bitki yüzey alanının % 15'ine kadar çıkabileceğini göstermiştir. Hesaplamalar, evsel atıklar içeren bir gölü temizleyebilmek için gölün toplam alanının % 30'u kadar bir su sümbülü ekim alanının yeterli olacağını ortaya çıkarmıştır. Su sümbülleri ile yapılan bu çalışmaların ışığında, California'da 6500 nüfuslu bir yerleşme merkezinde doğal biyolojik sistemlerin kulla-

nıldığı bir arıtma tesisi kurulmuştur. 1981 yılından beri kentin tüm atık suları bu yolla arıtılmaktadır. (6,7).

U. S. Shetty ve arkadaşları (2005), su sümbülünün kontrollü koşullarda, çevresindeki demir, manganez, çinko, bakır gibi ağır metalleri alarak bünyesinde biriktirebilmesini ve bu özelliği ile atık suların arıtımındaki etkisini araştırmışlardır. Hindistan'daki Loni village tatlı su göllerindeki su sümbülleri, belirlenen ağır metallerin bitki bünyesinde hangi organlarda daha yoğun olarak birikim gösterdiğinin tespiti amacı ile ele alınmıştır. Deney sonuçlarında, her bir bitki kısmında elementlerin farklı yoğunlukta absorbe edildiği, köklerin en fazla birikimin yapıldığı organ olduğu, törlerinin de bitkinin krom absorbe etmesini etkilediğini göstermiştir. (10).

R.O. Artan (2007), Su sümbülü sistemlerinin, biyolojik oksijen ihtiyacı, askıda katı madde ve azot gideriminde yüksek bir kapasiteye sahip olduğu ve ağır metalleri, toksik maddeleri, organik maddeleri, herbisitler ile iz organikleri önemli ölçüde giderebildiğini belirtmiştir. Fosfor giderimi, bitkinin ihtiyacı ile sınırlı olmakla beraber, genellikle %50-70'i geçmemektedir. (Schwitzgubel, 2001). Organik maddelerin parçalanmasının ve azotun mikrobiyal denitrifikasyonunun, aynı zamanda gerçekleştiği birleşik ikincil ve üçüncül arıtma sistemleridir. Su sümbülü ile oluşturulan sistemlerde askıda katıların büyük bir kısmı çökme ve sonrasında havuz içerisinde parçalanma ile giderilir (Schnoor, 1997). Atık su önce stabilizasyon havuzlarında veya havalandırılmış lagunlarda arıtılır; daha sonra su bitkileri havuzuna verilir. Bu havuzdan çıkan suyla birlikte sistemi terk eden yüzen cisimleri tutmak için, özel bir ızgara kullanılır. Arıtılmış atık su, ızgaralardan geçirildikten sonra alıcı ortama deşarj edilir (Arceivala, 2002) (11).

Ayrıca farklı olarak su sümbülü destile su, Nil nehri suyu, atık su ve farklı ağır metal konsantrasyonlardaki sularda yetiştirilerek bu şartlar altında yaşam ve davranışları incelenmiştir. Deneyin başında, sonunda ve deney süresince farklı ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları, pH ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Su sümbülünün en çok köklerinde, 100 mg/L Pb çözeltilisinde, destile su ve Nil suyunda oldukça sağlıklı olduğu görülmüştür. 5, 7, 10, 50, 100 mg/L ağır metal çözeltilerinde konsantrasyon artışına paralel olarak zamanla artan solmalar olmuştur. 100 mg/L Cd çözeltilisinde de bitkinin fazla yaşayamadığı gözlenmiştir. Atık suda ise bitkinin fazla yaşayamadığı, bunun sudaki yüksek amonyak ve pH ile çözülmüş oksijen azlığından gerçekleştiği tahmin edilmiştir (12).

Ülkemizde Kullanım Olanakları

Denizleri kirleten birincil kaynak kanalizasyon ve sanayi atık suları özellikle büyükşehirlerde büyük sorun oluşturmaktadır. Kanalizasyon atıklarına karşı özellikle "Su Sümbülü" bitkisinin Karadeniz'e akan dereler ile İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakasındaki derelerde kullanılması, atık sular için ümit verici olabilecektir. Pratik olarak ise Anadolu ve Avrupa yakasındaki derelerin başlangıç noktalarından denize yakın kısımlarına kadar bu bitkilerin donatılması doğal yöntemlerle arıtma sağlayacağı ve suya bırakılmaları dışında başka bir masrafa ihtiyaç duymayan doğal arıtma mekanizmaları olduğundan dolayı hem ekonomik hem de denize akan atık suların kalitesinin yükseltilmesi açısından faydalı olabilecektir. Ayrıca su sümbüllerinin kışın üst kısmı kurusa da kök kısmı arıtma görevini yerine getirmeye devam edeceğinden Türkiye iklimine uygun olduğu belirlenen pilot bölgelerde denenebilir (13).

Örnek olarak Bursa'nın ilk doğal arıtma tesisi Eskikaraağaç Köyünde kurulmuştur. İl Özel İdaresi tarafından Ulubat Gölü kenarına kurulan tesis, köyün atık sularını toplayıp, bitkiler tarafından zararlı bakteriler emildikten sonra arıtılmış olarak geri vermektedir. Arıtılan bu atık sular içilecek seviyede olmasa bile en azından tarımda sulama suyu olarak kullanılabilir niteliktedir. Bu durum özellikle su sıkıntısının olduğu bölgelerde suyun geri kazanılmasını sağlayacaktır. İl Özel İdaresi, sistemi en az 10 köyde daha uygulama amacındadır. (13,14).

Su Sümbülünün Yarattığı

Sorunlar ve Kontrol Yöntemleri

Su sümbülü, dünyanın en zararlı su bitkisi olarak tanımlanmaktadır. Çok hızlı bir şekilde gelişme yeteneğinde olup, insanlar, hayvanlar ya da tohumları vasıtasıyla kontrolsüz bir hızla yayılan bu bitkiye, su kanallarını tıkaması nedeniyle 70'li yıllara kadar zararlı bir su otu gözü ile bakılmaktaydı. (Parsons and Cuthbertson 2001). 1994 yılında Avustalya'nın Moree yakınlarında başlayan çok fazla tahribata yol açmış olup, barajlara, göllere, nehirlere ve sulama kanallarına zarar vererek, her yıl kontrol harcamaları ya da ekonomik kayıplar adı altında milyarlarca dolarlık harcama yapılmasına neden olmuştur (Dyason 1999). Dünya genelinde koordineli bir çalışma programı ile kontrol altında tutulmadığı takdirde, birçok bölgedeki su kaynaklarında su sümbülü istilası görülmeye devam edecektir (2,5).

Şekil 4 Su sümbülü su yollarında birçok probleme yol açmaktadır (1)

Su sümbülü, doğal ekosisteme ve bunu destekleyen endüstriye önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu şekilde de, kara ya da su faunasına, aquatik bitkilere, rekreasyon

yonel amaçlara (yüzme, kayıkla gezme), sosyal hayata (estetik görüntü, koku etkileri, insan hareketi) ve daha birçok sosyo-ekonomik faaliyete olumsuz etkileri gün geçtikçe artmaktadır. Dere ve ırmaklarda olduğu gibi barajlarda da bu hızla yayılmaya devam ederse, içme suyuna, tarıma ve çevreye büyük etkileri olacaktır (2).



Örneğin; Amerika kıtasının en yoksul ülkelerinden biri olan Haiti'de yaşanmakta olan ve buradaki yoksulluğun esas sebebi gösterilen su kıtlığının kaynağı olarak su sümbülü gösterilmektedir. Bu probleme çözüm olarak ise biyolojik kontrol yöntemlerinin uygulanması ile sulama kanallarında ve su yollarında bitkinin normal üstü popülasyonunun azaltılması önerilmektedir. (15). Yaptığı diğer zararlı etkiler ise şunlardır:

Su sümbülünün istila ettiği yerlerde limanlara ve yerleşim alanlarına erişimde problemler gözlenmektedir. Ayrıca Victoria Gölü'ndeki göl taşımacılığında ciddi bir tehlike haline gelmiş, yüzen büyük su sümbülü adaları nedeniyle iç Güney Doğu Asya suyolları terk edilmiştir (15).

Birçok büyük hidroelektrik planı su sümbülünün etkilerinden dolayı sıkıntı ile karşılaşmaktadır. Jinja'da Viktorya gölünde bulunan The Owen Falls hidroelektrik planı bitkilerin istilası altındadır. Burada güç kesintilerini önlemek ve türbinlere bu otların girişini engellemek için büyük

yatırımlar ve zaman tüketilmektedir. Bu etkilerine paralel olarak kanalların ve nehirlerin tıkanması da sellere yol açmaktadır (1).

Su bitkilerinin varlığına bağlı birçok hastalığı barındıran az gelişmiş tropik ülkelerde önemli sağlık sorunları gözlenmektedir (sistozomyas, sıtma, lenfatik filaryaz...) (1).

Su sümbülünün diğer zararlı etkilerinden birisi de, evapotranspirasyonu hızını neredeyse iki katına artırarak ciddi boyutlarda su kaybını yol açmasıdır. Bundan dolayı da, su sümbülü sıtma gibi birçok hastalığa ev sahipliği yapmaktadır (1).

Su sümbülü balıkçılar için pek çok sorun oluşturabilir. Bitki istilası olduğu takdirde balıkçılık için uygun bölgelere erişim zor olmaktadır. Ağlar ve borular bitkilerin kök sistemleri ile karıştığı zamanda ise birçok ekipman zarar görmekte ya da kullanılmaz hale gelmektedir (1).

Su sümbülü sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu azaltarak, çözünmüş CO₂ oranını arttırarak ya da pH ve sıcaklıkta değişimler yaparak, su ekosistemini etkilemektedir (Dyason 1997 and Parsons and Cuthbertson 2001). Kokuya yol açmaları, organik maddeleri absorbe etmeleri ve sulardaki akıntıyı yavaşlatması da diğer zararlı etkileridir (Ensbey 2000).

Su sümbülünün yoğun olarak bulunduğu bölgelerde diğer su bitkileri yaşamakta zorluk çekmektedir. Bu durum akuatik mikro ekosistem içerisinde dengesizliklere sebep olmaktadır ve çeşitliliği bitkilerin varlığına bağlı olan fauna ise tükenmekle karşı karşıya kalmaktadır. Buna bağlı olarak balık stoklarının çeşitliliği, su sümbülünün yayılmasından zarar görmektedir (2).

Su sümbülü bitkisinin zararlarından ötürü tamamen yok edilebilme-

si için ya da yayılışını önleyebilmek için uygulanabilecek birçok popüler kontrol mekanizması vardır. Aşağıda kısaca bu üç metot açıklanacaktır. Ancak bu metodlarda unutulmaması gereken esas amaç, biyokütlenin farklı şekillerde değerlendirilebileceğidir ki bu seçenekler de aşağıda belirtilecektir.

Biyolojik kontrolde, çok sayıda doğal düşman kullanılmaktadır. Su sümbülünde kontrol ajanı olarak kullanılabilir çeşitli böcek ve mantar türleri belirlenmiştir. Kontrol ajanlarının küçük bir grup halinde uygulanmasının yeterli oluşu bu yöntemi masrafsız göstermektedir. Örneğin; Florida'da birkaç yıl önce, yaklaşık 125000 dönüm su yolu, su sümbülünün istilasına uğramışken, burada biyokontrol amaçlı weeviller kullanıldığında, beklenen başarı elde edilmiştir (15).

Güney Amerika'da su sümbülüne karşı kullanılabilir weevil (buğdaybiti gibi zararlı örümceklere verilen genel ad), mantar, güve gibi birçok doğal predatör bulunmaktadır. Dr. Ogwang ve arkadaşları, iki farklı weevil türünü kullanarak şaşırtıcı sonuçlar elde etmiştir. Weevillerin hem olgunları hem de larvaları, su sümbülü yapraklarına tutunarak, bitkinin yavaş yavaş su içerisine doğru aşağı inmesine, dolayısıyla doğal bakterilerin ve fungal faktörlerin bitkiyi çürütmesine yol açmaktadır. Bu durumdan sonra da, makinayla ya da el gücü ile artık bitkiler uzaklaştırılabilir. Bu yöntemle 2000 yılından bu yana, su sümbülü bitkisinin %90'ı gölden uzaklaştırılabildiği (15).

Kenya'daki çalışmalar, bölgede yerel olarak bulunan mantar patojenlerinden biyolojik herbisitlerin geliştirilmesi üzerine yürütülmektedir. Esas olarak biyolojik kontrolün tercih sebebi, Haiti ya da Afrika gibi fakir ülkelerde, kimyasal ya da fizik-

sel metodların pahalı oluşudur. Aynı zamanda geçimini su ürünleri ile sağlayan halkın, diğer kontrol yöntemleri ile suların daha da kirletilip satacakları ürünlerinin tahribatına yol açabilme riskidir (1,15).

Güney Avustralya'da (NSW) su sümbülünün biyolojik kontrolünde iki böcek türü kullanılmaktadır. Bunlar *Neochetina eichhorniae* (1975'ten itibaren), *Sameodes albiguttalis*'dir (1977'den itibaren). Böceklerin larvaları bitkilerdeki petioller içine yuvalanmaktadır. Bu ortam aynı zamanda su ve bakteri girişine de izin vermektedir. Sonucunda bitkinin kökleri ölmekte ve su içerisinde batmaktadır (2).

Kimyasal kontrolde, herbisit uygulamaları uzun yıllardır devam etmektedir. En yaygın olan herbisitler; 2,4-D, Diquat ve Glysophate'dir. Küçük alanlarda yapılan uygulamalarda daha başarılı olunmuştur. Uygulamalar yerden ya da havadan olmak üzere, vasıflı operatörlerin kontrolünde yapılmalıdır. Bu yöntemin en büyük problemi, özellikle insanların su depolayıp kullandığı yerler başta olmak üzere sağlık ve çevre üzerine ciddi etkilerinin olmasıdır (1).

Fiziksel kontrol, kısa dönemde etkin olabilmektedir. Çift çeneli kepçeler, taraklar ya da orak, ağıl kepçe, özel olarak su bitkilerini toplamak amaçlı üretilmiş makineler kullanıldığı için uygulama masraflı olmaktadır. Bunun gibi yöntemler daha çok küçük arazilerde kullanılmaya uygundur. Yöntem çok da etkin değildir (Harley, Julien and Wright, 1997) (1).

Bu yöntemlerden başka su sümbüllerinin elle uzaklaştırılabilmesi ancak çok küçük alanlarda mümkündür. Bu işlem hem zordur hem de yoğun işgücü gerektirmektedir. Bununla birlikte çalışan işçiler için hayati riskler taşımaktadır (Örneğin; timsahlar, hipopotamlar, bilharziolar Viktorya gölünde zor koşullar yaratmaktadır). (1).

Su Sümbülünün Diğer Amaçlarla Değerlendirilmesi

Su sümbülleri birçok probleme sebep olmasına rağmen, birçok kurum ve kuruluş, bitkinin en iyi şekilde değerlendirilme imkanlarını etraflıca görmektedir. Aşağıda bu uygulamalara bazı örnekler verilmektedir. Bunların bazıları işlevsel olup, bazıları ise henüz düşünce aşamasındadır.

Kağıt; Bangladeşte bulunan Menonite Merkez Komitesi kağıt üretimi için denemelerde bulunmaktadır. Bu amaçla iki farklı proje geliştirmişlerdir. İlk proje geniş bir uygulama sahasına sahiptir. Hamur üretiminde kullanılan ekipmanlar nispeten daha gelişmiş olup, elde edilen son ürün daha kalitelidir. İkinci projede ise, hamur üretimi için pirinç değirmeni kullanılmaktadır. Kağıt kalitesi daha

düşük olmakta ve daha çok klasör, kutu gibi materyallerin yapımında kullanılmaktadır (1).

Fiber levha; Dhaka'daki enstitüde, su sümbülünden fiber levha ve başka yarayışlı materyallerin yapımı araştırılmaktadır. Genel kullanım amaçlı ve aynı zamanda düşük maliyetli çatı kaplama malzemesi olarak kullanım için değerlendirilmektedir. Doğranmış su sümbülü sapları kaynatılarak küçültüldükten sonra yıkanır ve dövülür. Küspe ağartılır ve filtreden geçirilip pH dengesi sağlanır. Levhalar su dolu fiçılarda yüzdürülür ve son işlem olarak preslenip, asılarak kurutulur (1).

İplik ve halat; gövdedeki lifler halat yapımında kullanılmaktadır. Bitki sapları liflerin ortaya çıkarılabilmesi için uzunlamasına dilimlenir ve ardından birkaç gün kurutulmak üzere bırakılır. Uygulanan işlemler, jüt yapımındaki ile benzerdir. İmal edilen halat çürümeye karşı sodyum meta bisülfid ile muamele edilir (1).

Sepet örgüsü; Filipinlerde su sümbülleri kurutulmuş, sepet imalatında hasır örgü yapılmaktadır. Kaliteli ürün için, bitki saplarının tamamen kurutulmuş olmasına dikkat edilmelidir. (1).

Kömür briketleme; Kenya'da söz konusu olan bu fikirdeki amaç, su sümbüllerine işlemler uygulanarak elde edilen kömür tozlarının briketlenmesi ile yarayışlı bir teknolojinin geliştirilmesidir. Proje henüz düşünce aşamasında olmasına karşın, uygulanabilmesi için gerek sosyo-ekonomik gerekse teknik çalışmalar devam etmektedir. Bu üretim, göl etrafındaki işletmelere birçok yönden fayda sağlayacaktır. Eden (1994), 12 hektarlık bir alandan günde 40 ton briket üretiminin gerçekleştirilebilmesi için, günlük 1300 ton kadar yaş su sümbülü bitkisi gerektiğini belirtmektedir (1).

Biyogaz üretimi; uzun yıllardır çalışmalar yapılmaktadır. Çin ve Hindistan başta olmak üzere, gelişmekte olan birçok ülkede, insan ya da hayvan dışkısı gibi çeşitli organik materyallerden biyogaz üretimi için küçük ya da orta ölçekli teknolojiler geliştirilmiştir. Su sümbülü yüksek su içeriği sebebiyle, biyogaz üretimi için düşük miktarda organik madde vermektedir. Çürütme işleminin daha kolay gerçekleşebilmesi ve dokuda bulunan suyun tamamı ile uzaklaştırılabilmesi için muhakkak bazı ön işlemlere tabi tutulmalıdır (ısıtılarak yumuşatmak, doğramak, dövmek) (1,16).

Hayvan yemi; Su sümbülleri kurutulup öğütülerek, mineraller ve protein yönünden zengin bir hayvan yemi elde edilir ve elde edilen sonuçlar, bu yemin besin değerinin pamuk tohumu veya soya fasulyesine eş değer olduğunu göstermiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde su

sümbülünün sahip olduğu yüksek besin değeri ile istenen verimliliği sağlayabileceği tespit edilmiştir. Malezya'ya baktığımızda, su sümbülleri pirinç kepeği ve balık eti ile pişirildikten sonra, kopra eti ile karıştırılıp; domuzlara, ördeklere ve göl balıklarına besin olarak verilmektedir. Bu ve buna benzer diğer çalışmalar, Endonezya, Filipinler ve Tayland'da sürdürülmektedir (National Academy of Sciences, 1976) (1,18,19).

Gübre; su sümbülleri, ya yeşil gübre ya da kompost olarak da değerlendirilebilir. Yeşil gübre olduğu taktirde toprak içerisine karıştırılabileceği gibi malç için kullanılabilir. Bitki kompost olarak idealdir. Bitkiler bu amaçla toplanıp birkaç günlüğüne kurumaya bırakılır, ardından da kül, toprak ve hayvan artıkları ile karıştırılır. Mineral gübrelerin pahalı olduğu gelişmiş ülkelerde, yine toprak kalitesinin de arttırılabilmesi için su sümbülleri en iyi çözüm yoludur (1).

Balık yemi; çin ot sazanları, su bitkileri ile beslenir ve hızla büyüyerek 32 kg'a kadar gelişmektedir (National Academy of Sciences, 1979). Lezzetli beyaz eti ile tüketilebilen bir balıktır. Bir günde ağırlığının %18-40 ı kadar beslenebildiği için çeşitli su otlarının kontrolünde bu balık kullanılabilir (Gopal 1987). Tilapia, gümüş sazan balığı, gümüş dolar balığı gibi diğer balık türleri de su bitkileri kontrolünde kullanılabilir. (Gopal 1987) (1).

Sonuç

Yeryüzünde yaşamın anahtarı olan bitkiler olmasaydı pek çok canlı organizma yaşamını sürdüremezdi. Canlı yaşamının her evresinde yararlanan bitkileri daha iyi tanıyıp yeni yararlanma olanakları geliştirmek gerekmektedir. Nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşme gibi nedenlerle insanlık ve tüm canlı yaşamı için en önemli sorunlardan biri haline gelen su kaynaklarının hızla kirlenmesi karşısında, atık su arıtımı yaşamsal bir önem kazanmaktadır.

İstilacı özelliğiyle hızla çoğalan su sümbüllerinin, hasadı yapılarak pek çok değişik alanda yararlanılabilmesi de mümkündür.

Bitkinin genel yapısı, atık su arıtımında nasıl kullanıldığı, dünyadaki uygulamaları ve bitkiden diğer yararlanma yöntemleri incelendiğinde, "Su Sümbülü" bitkisinin ülkemizde de araştırılmaya ve uygulama projeleri geliştirmeye değer bir bitki olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kaynakça

- 1-http://practicalaction.org/docs/technical_information_service/water_hyacinth_control.pdf. Erişim Tarihi: 30.11.2009
- 2- Turnbull, I., *Regional Weed Management Plan: Salvinia and Water Hyacinth, plan period: July 2003 - June 2008*. Erişim Tarihi: 09.11.2009
- 3- <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/weeds/>

aqua010.html Erişim Tarihi: 21.11.2009

4- http://www.comfsm.fm/~dleeing/botany/2000/vhp/eichornia_crassipes.html. Erişim Tarihi: 21.11.2009

5-<http://www.lib.uconn.edu/webapps/ipane/browsing.cfm?descriptionid=124> Erişim Tarihi: 09.11.2009

6-<http://www.genbilim.com>, biyosistem harikası. Erişim Tarihi: 09.11.2009

7-http://biyologlar.com/index.php?view=article&catid=92%3Aekoloji&id=513%3Acevre-kirliliine-kar-biyolojik-sistemler&format=pdf&option=com_content. Erişim Tarihi: 09.12.2009

8-Kara, Y., 2005. "Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the wastewater by treated *Nasturtium officinale*" Department of Biology, Faculty of Science and Art, University of Pamukkale, Denizli, 63-67 p.

9-Shetty, S., Sonwane K. D. and Kuchekar S. R., 2005 "Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*) as a Natural Tool for Pollution Control, Ujwala". *Annali di Chimica*, 95, by Società Chimica Italiana, s.4.

10-Faisal, M. and Hasnain, S., 2003,"Synergistic removal of Cr (IV) by *Eichornia crassipes* in conjunction", *Asian Network for Scientific Information*, 264-268 p.

11-Artan R. O., 2007, "Ağır Metal İçeren Atık Suların İleri Artımında Su Mercimeği Bitkisinin Kullanılması", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, s. 29-30.

12-<http://library.cu.edu.tr/tezler/6551.pdf>. Erişim Tarihi: 09.12.2009

13-www.balikavi.net/forum/showthread.php?t=25920. Erişim Tarihi: 12.11.2009

14-http://www.ngbb.gen.tr/index.php?haber_id=35, İhlas Haber Ajansı, 16.06.2007. Erişim Tarihi: 13.12.2009

15- http://www.worldfoodprize.org/assets/YouthInstitute/08proceedings/SpiritLakeHS_Webb.pdf. Erişim Tarihi: 30.11.2009

16- Eyo, A.A., . "Review and Possibilities of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) Utilization for Biogas Production by Rural Communities in Kainji Lake Basin", 52-64 p.

17-<http://www.palmiyemerkezi.com/sulakalanbit.htm> Erişim Tarihi: 17.12.2009

18- Thu, V. N., and Preston, T.R. "Rumen Environment and Feed Degradability in Swamp Buffaloes Fed Different Supplements", *College of Agriculture, Cantho University, Vietnam*, Erişim Tarihi: 10.11.2009

19-<http://www.denizce.com/ictigimizsu.asp> Erişim Tarihi: 21.12.2009