

RİSKLERİ VE EKONOMİK KULLANIMLARI AÇISINDAN TÜRKİYE'YE GEÇİŞ YAPAN İSTİLACI SULAK ALAN BİTKİSİ *EICHHORNIA CRASSIPES* (MART.) SOLMS

Muhip Hilooğlu^{1*}, Emel Sözen²

¹Aybak Natura Gıda Analiz Laboratuvarı, Bornova, İzmir

²Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 26470, Eskişehir

Öz

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (Pontederiaceae) dünyanın tropikal ve sub-tropikal bölgelerinde istilacı bir sulak alan bitkisidir. Bu bitki, gölleri, tatlı suları ve nehirleri istila ederek ciddi çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Bu nedenle, çeşitli yönetim stratejileri sulak alanlarda bu bitkinin kontrolünde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu bitkinin ekonomik kullanım stratejileri ve değeri hakkında devam eden araştırmalar da vardır. *E. crassipes*'in biyoenerji, kağıt, gübre, hayvan yemi üretimi ve atıksu arıtımında yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Son yıllarda, *E. crassipes* Asi Nehri'nde (Hatay) tespit edilmiştir. Bu derlemede, *E. crassipes* için Türkiye'de hem mücadelede etkili olabilecek hem de ekonomik açıdan önemi olan kullanımları hakkında bilgiler verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Asi Nehri, *Eichhornia crassipes*, istilacı bitki, mücadele stratejileri, Türkiye

AN INVASIVE WETLAND PLANT *EICHHORNIA CRASSIPES* (MART.) SOLMS TRANSITED TO TURKEY IN TERMS OF ITS RISKS AND ECONOMIC USAGES

Extended Abstract

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (Pontederiaceae) is a perennial aquatic invasive weed throughout the tropical and subtropical regions of the world. This weed (water hyacinth) can invade lakes, rivers, ponds, lagoons and freshwaters. Because of high reproducibility and adaptability to various environment, water hyacinth rapidly occupies new habitats and causes serious environmental problems. For these reasons, numerous management strategies such as chemical, biological and physical are used to control the plant in aquatic environment. However, there are ongoing research to determine its value and economic exploitation strategies. It has been found that *E. crassipes* could be used as a renewable energy resource for production of bioenergy, paper, fertilizer, animal fodder and phytoremediation-wastewater treatment. In recent years, water hyacinth has been observed and identified from Asi River, Hatay. Since then, the species has established itself tremendously becoming the most dominant floating plant species in the river. There is no certain and detailed information about water hyacinth in our country. Due to this alien plant is considered as a pest due to its invasive characteristics it poses a various risks for ecosystem, Amik lowland agriculture, aquatic organisms and public health. In this way, further studies designed for the management strategies of water hyacinth in Asi River from several regional or local authorities would be beneficial to reveal its risks and economic usages in detail. The appreciations of this review also provide valuable data to be used in management strategies against this invasive aquatic plant species posing potential risks for ecosystem. In addition, the cleaned water hyacinth samples with long or short term management programs like drainage basin of Asi River, mechanized barges and dredges can be considered as raw material for the production of biogas, fodder, organic fertilizer, medicine, paper and furniture. Hereby, the overall assessments in this review presents a general information about invasive wetland

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Muhip HİLOOĞLU (Dr.); Aybak NATURA Food & Feed Analysis
Laboratory, İzmir- Turkey.

TEL : +90 (232) 461 0900, Fax: : +90 (232) 461 2818 E-mail:

mhilooglu@anadolu.edu.tr

Geliş (Received) : 08.12.2018

Kabul (Accepted) : 27.12.2018

Basım (Published) : 31.12.2018

plant *E. crassipes* recently transited to Turkey both its possible management strategies and important economic usages.

Keywords: Asi River, *Eichhornia crassipes*, invasive plant, management strategies, Turkey

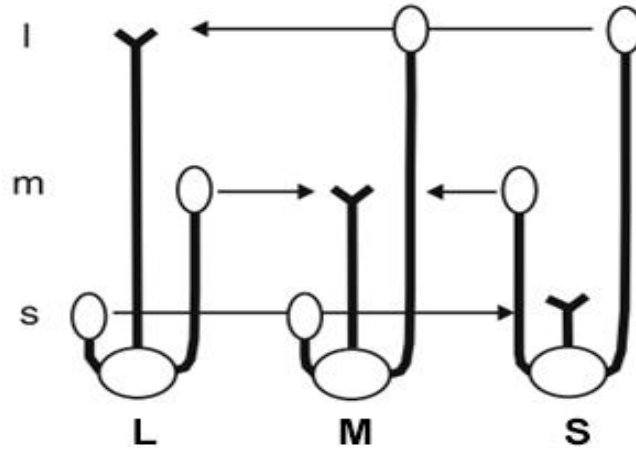
1. Giriş

Su sümbülü, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (1883) (Pontederiaceae), Amazon nehri kaynaklı olan işgalci bir tür (Tellez et.al., 2008) kolonici bir su bitkisi ve sulak çevrelerin en saldırgan istilacılarından biridir (Zhang et.al., 2010). Tür 1823'te C. von Martius tarafından Brezilya'da keşfedilerek *Pontederia crassipes* olarak adlandırılmış ve sonrasında *Eichhornia* cinsi içine dahil edilmiştir (Tellez et.al., 2008). Sulak alanlarda tehdit unsuru olarak karşımıza çıkabilmekle birlikte, *E. crassipes*'in atık su arıtımı, biyoenerji, kağıt, hayvan ve balık yemi üretimi gibi endüstriyel ve teknolojik alanlarda kullanım potansiyeline sahip olduğu farklı çalışmalarla gösterilmiştir. 2012 yılından itibaren *Eichhornia crassipes* Hatay'da Asi Nehri'nde de yayılış göstermekte ve son 2 yıl içerisinde nehir yatağında yoğun şekilde popülasyonlar oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'ye yeni geçiş yapmış olan *E. crassipes*'in yayılışı üzerinde etkili olan faktörler, dünyada ve ülkemizdeki durumu ile taşıdığı riskler yanı sıra hem mücadelede etkili olabilecek hem de ekonomik açıdan önemi olan kullanımları hakkında bilgiler verilmektedir. Ayrıca, Asi Nehri üzerinde su sümbülü ile mücadele yöntemlerinin kullanılabilirliğine yönelik öneriler de sunulmuştur.

1.1. *E. crassipes*'in Morfolojisi, Üreme Şekli ve Yayılışı

E. crassipes geniş kalın ovat yapraklarıyla su yüzeyinde bir metreye kadar yükselir. Bitkinin yaprağı 10-20 cm genişliğindedir. Su üzerinde yüzen bitkinin bir yaprağı ağırlığını haftada %46 arttırabilir (Wolverton ve McDonald, 1979). Sapları uzun, süngerimsi ve boğumludur. Kökleri siyah-mordur. Gösterişli çiçekleri ortada sarı deseni olan, soluk mavi veya mor renklidir (Eckenwalder ve Barrett, 1986).

Pontederiaceae ailesi monokotiledon aileler arasında stilus bakımından üçlü genetik polimorfizm gösteren iki aileden biridir. Tristilus üreme sistemi (tristylous breeding system) adı verilen bu durum çiçek organlarından stilusun stamene göre uzunluğuyla değerlendirilir (Eckenwalder & Barrett, 1986) (Şekil 1).



Şekil 1. Tristilus türde stigma ve stamenin pozisyonları (Liu et.al., 2013)

Bu ailenin üyesi olan *E. crassipes*'te de aynı şekilde üç farklı uzunlukta stilus şekli ortaya çıkar (Uzun/L, Orta/M ve Kısa/S) (Barrett, 1977). Çoğu *E. crassipes* popülasyonu orta stilli çiçekleri içerir (M), bazen ise uzun şekilli olabilir (Ren ve Zhang, 2007). Örneğin; İspanya ve Portekiz popülasyonları yalnızca orta/M formlulardan oluşur (GIC, 2006). Bitkinin sahip olduğu farklı çiçek formlarının, türün dünya çapında yayılışında önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Barrett, 1989).

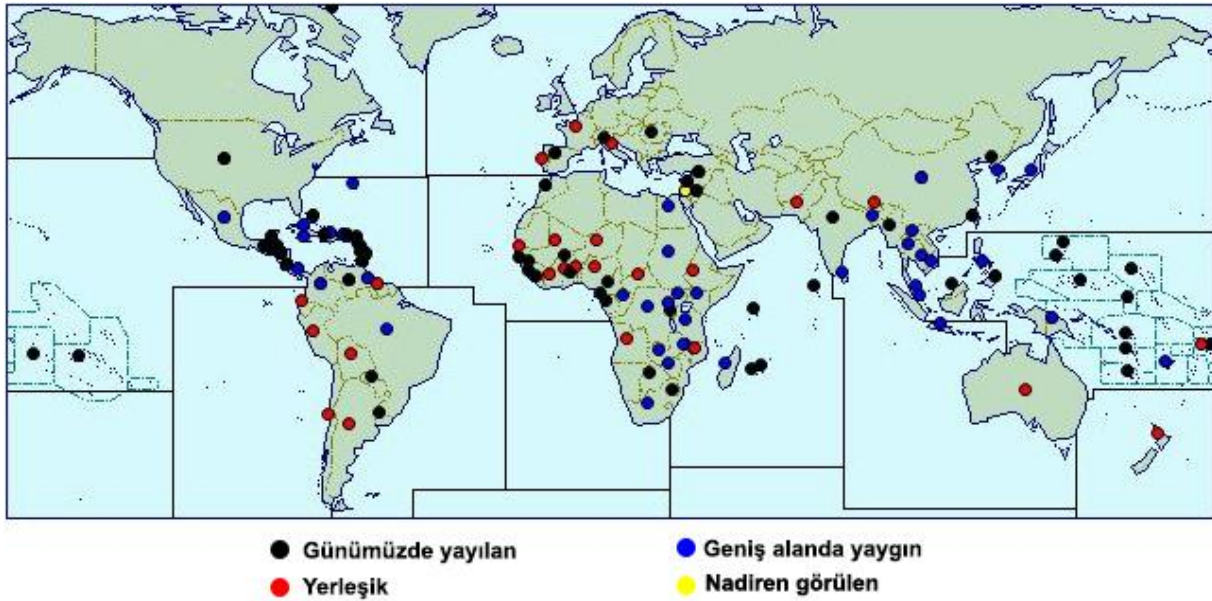
Her ne kadar su sümbülü vejetatif üreme kapasitesine sahipse de yapılan çalışmalar bu türde tohumla üremenin de olduğunu göstermiştir. Yirmi çiçekli bir birey 3000 kadar tohum üretebilir. Vejetasyon alanında tohum miktarı metrekareye 400-3400 arasında değişir (Perez et.al., 2011). Kapsül içinde yaklaşık 40-300 arasında bulunan tohumların dormansi gösterdikleri (Cronk ve Fennessy, 2001) ve uzun yaşadığı (en az 5 yıl) bildirilmiştir

(Gunnarsson ve Petersen, 2007). Barret et.al. (1980) bitkinin her bir çiçeğinin 20 yıl kadar uzun süre yaşayabilecek 250 tohum ürettiğini belirtmişlerdir. Adegunloye et.al. (2013) ise çok miktarda tohum üreten bu bitkinin tohumlarının 30 yıla kadar yaşayabildiklerini öne sürmüşlerdir. Bu durum bitki ile uzun dönemli mücadeleyi zorlaştıran önemli faktörlerden birisidir (Cacho et.al., 2006). Tohumlar yeni bir istilanın veya yeniden istilanın kaynaklarıdır. Yüksek genetik çeşitliliğe bağlı olarak yeni habitatlarda hızla kolonize olabilirler. Yeni tohumlar ve bitkiler nehir akışları, seller, rüzgar ve dalga ile dağılırlar (GIC, 2006; EPPO, 2008).

Bitkinin büyümesi için optimal şartlar: nötr pH (pH 4-10 arasını tolere edebilir), yüksek ışık ve zengin besin ortamıdır (Methy et.al., 1990). Büyüme besin miktarıyla doğrudan ilişkili olup, azot ve fosfor oranı arttıkça bitkinin büyüme hızı da artar. Optimal büyüme sıcaklığı 28-30°C arasındadır. 10°C altında ve 34°C üstünde büyüme durur (Gopal, 1987; Reddy, 1990). Bu tür stres koşullarında gövdesinde depoladığı karbonhidratları enerji kaynağı olarak kullanır (Owens ve Madsen, 1995). Bilinen en hızlı büyüyen bitkilerden biridir. Koloni oluşturduğu ilk hafta içinde popülasyon büyüklüğünü iki katına çıkarabilmektedir (Adegunloye et.al., 2013). *E. crassipes*'in yayılış gösterdiği bir hektarlık alan, ağırlığı 300 tondan fazla olan 2 milyondan fazla bitki içerir (Coetze et.al., 2009). Bu özellikleriyle *E. crassipes* istila ettiği alanlarda pek çok zararlı etkilere sebep olmaktadır.

2. *E. crassipes*'in Dünyadaki Durumu

Güney Amerika'nın yerel bir bitki türü olan su sümbülü, başlıca Brezilya ve Arjantin olmak üzere tropik, subtropik ve ılıman alanların da dahil olduğu 50'den fazla ülkeye yayılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. *Eichhornia crassipes*'in dünya çapında dağılımı (CABI, 2015)

Günümüzde *E. crassipes* 39°N ve 39°S enlemler arasındaki bölgelerde güney yarım kürenin büyük bir kısmında ve kuzey yarım kürenin ılıman bölgelerini kapsayan geniş bir dağılım göstermektedir. Türün yayılmasında insanlar temel etmen olarak gösterilse de bu bitkinin doğal alanının dışına neden, ne zaman ve nasıl taşındığı bilinmemektedir (Tellez et.al. 2008; Zhang et.al., 2010). *E. crassipes* tüm popülasyon kontrol çabalarına rağmen yayılışını ısrarla sürdürmektedir (Wilson et.al., 2007).

E. crassipes EPPO (Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Organizasyonu) Zararlı Risk Analizi ve EPPO A2 Listesi'nde yer almaktadır (Steffen et.al., 2012). Ayrıca, 2008'de 'Bern Sözleşmesi Daimi Komitesi'nin tavsiye kararı no. 133 ile su sümbülünün kontrol altına alınması önerilmiştir (Brundu et.al., 2013). Günümüzde *E. crassipes* IUCN (*Uluslararası Doğayı Koruma Birliği*)'nin en tehlikeli 100 istilacı bitki listesindedir ve GEIB (Biyolojik Yayılmacı Uzman Grubu)'in ilk 20'sine girmiştir.

3. *E. crassipes*'in Ülkemizdeki Durumu

“Küresel İstilacı Türler Programı”nın (GISP/Global Invasive Species Programme) 2014 verilerine göre Türkiye’de tatlı sularda kaydedilen doğal istilacı 9 bitki türü (*Butomus umbellatus* L. 1753, *Hydrocharis morsus-ranae* L. 1753, *Lythrum salicaria* L. 1753, *Montia fontana* L. 1753, *Najas minor* L. 1785, *Nymhoides peltata* L. 1753, *Trapa natans* L. 1753, *Typha latifolia* L. 1753, *Halophalia stipulacea* (Forssk.) Asch. 1867) arasında *E. crassipes* bulunmamaktadır. Türkiye’nin doğal florasında bulunmamakla birlikte bazı botanik bahçeleri ve özel havuzlarda yetiştirilmektedir. İstilacı yabancı bitki 2010 yılı “Zirai Karantina Yönetmeliği”nde Türkiye’de varlığı bilinmeyen ve ithale mani teşkil eden zararlı organizmalardan yabancı ot sınıfında değerlendirilerek karantina listesine alınmıştır (Anonim, 2010) ve 2015’te güncellenen listede yerini korumaktadır (Anonim, 2015). Ek olarak, *E. crassipes* Asi Nehri’nde yeni, önemli ve yabancı kökenli istilacı bitki türü olarak kaydedilmiştir (Üremiş vd., 2014).

Üremiş vd. (2014) çalışmalarında Suriye sınırı boyunca Asi nehrinde aşağı yönde yüzen pek çok su sümbülü bitkisini 2010 ağustosunda gözlemlediklerini ve 2013’e kadar nehir suyunun azlığı ve suyun çiftçilerce kullanımından dolayı yayılış gösteremediğini belirtmişlerdir. Ancak 2013’te suyun artışıyla bitkilerin daha aşağıya ilerleyebildiğini ve Antakya’da nehir yatağında görülmeye başlandığını not düşmüşlerdir. 2014 ve 2015 yıllarında yapılan arazi çalışmalarında da Asi Nehri yatağında özellikle Hacipaşa (Reyhanlı), Güzelburç (Antakya), Tekebaşı (Samandağ) civarında su sümbülünün yoğun popülasyonlar oluşturduğu gözlenmiştir (Hilooğlu ve Sözen, 2017) (Şekil 3).



Şekil 3. *E. crassipes*'in Asi Nehri üzerinde 2015 yılındaki genel görüntüsü (Fotoğraflar: M. Hilooğlu)

4. *E. crassipes*'in İstila Kapasitesinden İleri Gelen Zararlı Etkileri

Biyolojik işgaller “yeni bir alana göç ve yeniden kolonizasyon” bölümlerinden oluşan, eşit olmayan demografik bir süreçtir. *E. crassipes* yoğun kültürler oluşturabilen ve yerel türlerin çeşitliliğini tehdit eden, sucul çevrede fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açabilen bir türdür. Yoğun yaprakları başka canlıların suya erişimi kısıtlar, balıkçılığı olumsuz etkiler, sulama kanallarının etkinliğini azaltır, hidroelektrik programlarını ve turizmi etkiler (Navarro ve Phiri, 2000), sudaki oksijen seviyesini düşürür (Tellez et.al., 2008). Diğer önemli problemler ise sulak alanlar nehirler boyunca uzanan türün köprüler, duvarlar, çitler, baraj vb. noktalara suyla beraber sürüklenmesi ve buralarda birikmesiyle su akışını engelleyerek su seviyesinin yükselmesiyle su baskını ve sellere yol açmaktadır.

E. crassipes sulak alanlarda pestisit uygulamasını zorlaştırdığından sıtma, kolera gibi hastalıkları taşıyan vektörlerin popülasyonlarında artışa neden olmaktadır (Coetzee et.al., 2009).

Su sümbülünün hızlı ve yayılıcı büyümesi sıcaklık artışı, güneş radyasyonu ve gün ışığı süresi ile ilişkilidir. Optimum koşullar altında su sümbülünün oluşturduğu biyomas 6 günde 2 katına çıkabilir (Feng et.al., 2016). Bitkinin hızlı büyümesi ve çoğalması sulak alanların ötrofikasyon seviyeleri ile doğrudan ilgilidir (Tellez et.al., 2008). Çünkü, *E. crassipes* bitkisi öldüğünde dibe çöker, çürür ve suların ötrofikasyon seviyelerini yükseltir. Bu durum, su kalitesini düşmesine ve temiz içme suyunun azalmasına yol açtığı için insan sağlığını da dolaylı olarak etkilemiş olur (Shanab et.al., 2010).

Asi Nehri’nde yazın suyun azalmasıyla birlikte beliren *E. crassipes* Amik Ovası ve civarında tarım alanların sulanmasında kullanılan suyun daha da azalmasına, suyun içerisinde yaşayan diğer canlıların hayatlarının

dolayısıyla nehir ekosisteminin ve balıkçılık faaliyetlerinin olumsuz etkilenmesine, kötü kokuların şehre yayılması ve sineklerin artışına sebep olmaktadır. Ayrıca suyun artışıyla birlikte bitki suyla sürüklenerek nehrin Akdeniz'e döküldüğü Samandağ sahillerinde ciddi boyutta kirliliklere sebep olmaktadır. Bu durum nesli tehlike altında olan ve koruma altına alınan *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) türü deniz kaplumbağalarının üreme dönemine denk geldiğinden yavruların yaşamını tehlikeye düşürmektedir (Kayıkçı vd., 2014). Benzer şekilde, Samandağ sahilleri bir diğer koruma altındaki tür olan *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) kaplumbağalarının da bilinen üreme alanlarından biridir ve *E. crassipes* bitkisinin sahildeki yuvaların tahribatına sebep olacağı tahmin edilmektedir. Ek olarak, türün Türkiye'deki olası yayılabileceği yerler Karadeniz'in de bulunduğu bütün kıyı şeritleri olarak belirtilmiştir. Bu alanlardan özellikle Marmara ve Karadeniz bölgeleri pirinç üretiminde önemlidir ve sonuçta su sümbülü bu tür tarımsal alanlarda mücadele edilmesi gereken yabancı bir ot haline gelebilir. Etkilenecek alanlar arasında ise nehir ağzı habitatları, göller, sulak alanlar ve nehir yollarıdır (Üremiş vd., 2014). Türkiye'nin kıyı şeritlerinde yayılma olasılığı bulunan bu tür ile ilgili dünyada yapılan mücadele yöntemlerinden en uygun olanlarının belirlenmesi ülkemiz açısından önemli ve gereklidir.

4.1. *E. crassipes* ile Mücadele Yöntemleri

Etkili büyüme kapasitesi ve yayılımıyla büyük koruma ve sosyoekonomik sorunlara yol açan su sümbülünün sosyoekonomik etkileri ve mücadele yöntemleri ile ilgili bir literatür mevcuttur (bkz. EPPO 2008; Julien, 2008; Villamagna ve Murphy, 2010; UNEP, 2012; Brundu et.al., 2013). Birçok ülkede çeşitli yöntemlerle bu bitki ile mücadele edilmektedir. Örneğin; 1990'lı yıllarda Florida'da birçok nehirde tekne trafiğini aksatan su sümbülü, günümüzde yüzlerce kuruluşun çabalarıyla makineler ve böcekler kullanılarak sürdürülebilir kontrolü sağlanmaktadır (Malik, 2007). Zimbabve'de Chivero gölünde 1976'da %42 olan istila oranı kontrol çabalarıyla 2000 yılında %22'lere kadar gerilemiştir (Theuri, 2013). Pateira bölgesinde bulunan Portekiz'in en büyük lagününde çeşitli mücadele yöntemleri -sucul biçerdöverler, mekanik hasat- kullanılarak 2007-2008 yıllarında bitkinin yayılışına dair %58 oranında bir azalma sağlanmıştır (Laranjeira ve Nadais, 2008). Benzer çalışmalar, Portekiz-İspanya sınırında bulunan Guadiana Nehri'nde devam etmektedir (Tellez vd., 2008). Çin'de su sümbülü bitkisiyle mücadele maliyetinin yılda yaklaşık 1 milyar Avro tutarında olduğu belirtilmektedir (EEA, 2012).

E. crassipes ile mücadelede en sık kullanılan yöntemler mekanik hasat, biyolojik kimyasal kontrolledir (Laranjeira ve Nadais, 2008). Bu yöntemlerle ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo. 1. *Eichhornia crassipes* ile mücadele yöntemleri (Malik, 2007)

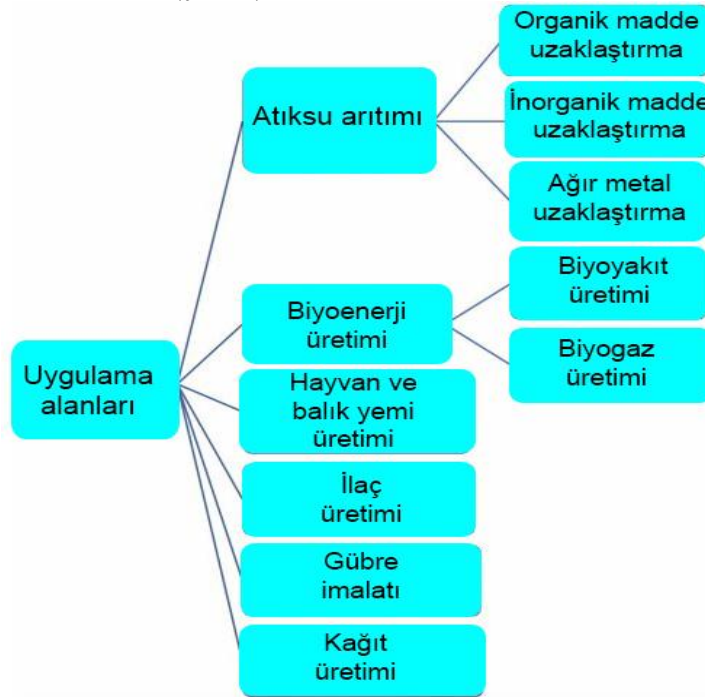
Kontrol yöntemi	Kontrol aşamı	Kısıtlamaları
Fiziksel	<ul style="list-style-type: none"> Bölgenin kalıcı drenajı İnsan eli ya da hasat fileleri Bir tür biçme makineleri vinçler, halatlı ekskavatörler ya da suya uygun makinelerle (Biçerdöver, taraklı makine, mavna vb.) 	<ul style="list-style-type: none"> Her zaman mümkün olmaz Zor ve yoğun iş gücü ister, sağlık riski içerebilir Pahalı, aşırı enerji ihtiyacı, hasatların taşınması için suda ve karada araçlara gereksinim vardır
Kimyasal	<ul style="list-style-type: none"> 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-D) + kompleks bakır 2,4-D amin sprey 2L / ha olarak uygulandıktan sonra sprey 2. Kez 1L / ha olarak uygulanır Endotal dipotasyum tuzu, Endotal dimethylamylamine tuzları, glifosat 	<p>Pahalı, geniş alanlara uygulanmaz, diğer topluluklar ve çevre üzerine uzun süreli olumsuz etkileri vardır</p>
Biyolojik	<ul style="list-style-type: none"> Klasik kontrol-Böceklerle <i>Neochetina eichhorniae</i> Warner 1970, <i>N. Bruchi</i> Hustache 1926 ve <i>Sameodes albiguttalis</i> Warren 1889 Allelopatik bitkilerle <i>Coleus amboinicus</i> (Lour.) Spreng. 1825 yaprak tozu (40g/L), <i>Lantana</i>, <i>Partheniu</i>, <i>Cassytha</i> tozu Fungal patojenlerle (<i>Alternaria eichhorniae</i> Nag Raj & Ponnappa 1970 gibi) 	<ul style="list-style-type: none"> Yetersiz azalma ve büyümenin yeniden canlanması Ar-Ge aşaması sürmekte, tek başına yeterli olmayabilir ve mekanik/kimyasal yöntemleri ile beraber kullanılması daha yararlı olacaktır

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla çeşitli mücadele yöntemlerinin planlanarak yapılması oldukça önemlidir. Çünkü, su sümbülü ile mücadele yöntemlerinin her birinin belirli avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Fiziksel mücadele yöntemleri; kalıcı drenaj, insan gücü ve filelerle hasat, çeşitli araçlarla (ekskavatör, mavna vb.) biçme işlemlerini kapsamaktadır. Ancak bu yöntemler, yoğun iş gücü ile beraber ek maliyetler gerektirdiğinden ve sulak alanın hem insan hem de makinelerin kullanımına elverişli olamayacağı durumlarda her zaman mümkün olmazlar. Kimyasal mücadele yöntemleri; pahalı olmasının yanında canlı toplulukları ve çevre üzerinde uzun süreli hatta kalıcı etkiler oluşturabilir.

Biyolojik mücadele ise, klasik kontrolle böcekler vasıtasıyla, bitki tozlarının kullanıldığı allelopatik etkilerle ve fungal patojenlerle yapılabilir. Ancak, bu yöntemlerde, bitkinin klonal büyüme kapasitesi ve tohum üretimi ile yaşam sürelerinin yüksek oluşu sebebiyle yeterli oranda azalma sağlanamayıp büyümenin yeniden canlanması da söz konusu olabilir. Kontrol yöntemlerinden herhangi biri tek başına kullanıldığında etkisiz olabileceğinden, farklı tekniklerin bir mantık çerçevesinde ve istilanın olduğu alana özgü bir entegrasyonu tercih edilmelidir (Gutiérrez et.al., 2000). Bunun yanında, kontrol programlarına halkın katılımını ve programın sosyal kabul edilebilirliğini sağlamak mücadele stratejilerinin başarısını artırabilir (Malik, 2007). Bu nedenlerle, sulak alanın özellikleri (göl, nehir, dere yatağı, sulama kanalları vb.), yerleşim alanlarına yakınlığı, diğer canlı komüniteleri ile ilişkisi ve suyun kullanıldığı alanlar türün istila ettiği ve/veya edebileceği yerlerde mücadele-kontrol yönteminin seçimi ve uygulanmasında etkili olacaktır.

5. *E. crassipes*'in Potansiyel Kullanım Alanları

E. crassipes'in zararlı etkilerinin yanında programlı şekilde kontrol altına alındığında farklı kullanım alanlarının olabileceği literatürde bildirilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. *Eichhornia crassipes*'in kullanıldığı alanlar (Rezania vd., 2015)

Örneğin biyogaz üretimi (Harley, 1990), biyoetanol üretimi (Guragain et.al., 2011), biyoyakıt (Rezania vd., 2016), hayvan yemi, gübre, kağıt ve mobilya üretimi ve atık su arıtımında su sümbülü kullanılabilir (Julien et.al., 1999). Ayrıca geniş kök sistemi, güçlü üreme potansiyeli ve kirlenmiş sularda mükemmel büyüme toleransı nedeniyle de ötrofik sularda, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmasında günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Feng et.al. 2016). Bu bitki, kalsiyum, magnezyum, sülfür, demir, mangan, alüminyum, bor, bakır, mobilden, çinko, azot, fosfor ve potasyumu diğer bitkilerden daha etkili kullanır (Shanab et.al., 2010). Bu ve benzeri ağır metalleri emici özelliğinden dolayı su sümbülünün kirlenmiş suların arıtılmasında ucuz ve çevre dostu bir araç olduğu vurgulanmaktadır (Coetzee et.al., 2009). Ağır metal kirliliğinin yanında sulardaki amonyum, nitrat fosfat, pH, tuzluluk (EC-elektriksel iletkenlik) ve sülfat gibi organik ve inorganik kirleticilerin arındırılmasında da etkili olduğu kanıtlanmıştır (Moyo et.al., 2013; Anandha Varun ve Kalpana, 2015). Lalitha ve Jayanthi (2014)'nin yaptığı bir çalışmada bitkiden elde edilen etil asetatın kozmetik sanayi içinde yaşlanma karşıtı uygulamalar açısından gelecek vadettiği belirtilmiştir. Tran et.al. (2014) 1 ton su sümbülünün 18.35 ile 18.75 (KWh) arasında elektrik ve 13.3 (m³) biyogaz ürettiğini belirtmişlerdir. Yüksek fiber içeriğinden tam olarak faydalanabilmek için *E. crassipes*'ten imal edilen nanopartiküller oluşturulabileceği (Vanathi et.al., 2014) ve böylece doğal kauçukta bir dolgu maddesi veya su emici bir madde olarak kullanılabilirliği önerilmektedir (Xu et.al., 2016). Ek olarak, su sümbülü biyomasının karanlık ve foto-fermantasyonu yoluyla oldukça yüksek oranlarda (596 ml/g TVS) temiz enerji olarak bilinen hidrojen üretilmiştir (Su vd., 2010).

6. Sonuç ve Öneriler

Eichhornia crassipes (su sümbülü) Türkiye’de Asi Nehri’nde yayılışı yeni tespit edilmiş önemli ve yabancı kökenli istilacı bitki türlerindedir. Bu bitki ile ilgili karşılaşılan en temel sorun; onun hızlı büyüme kapasitesi ve diğer sucul bitkilerle yarışma yeteneğidir. Bu özellikleri tıpkı Türkiye’ye geçişinde olduğu gibi pek çok habitatta yayılmasına olanak verir. Su sümbülünün dünyanın farklı bölgelerinde yol açtığı problemlerden bazıları; su yollarını tıkayarak suyun akışını-yönünü değiştirmesi hatta sellere neden olması, sulama sistemlerine müdahalesiyle tarım alanlarının susuz kalmasına sebebiyet vermesi, nehir, göl ve akarsularda yoğunlaşmış gövde ve yaprakların su içindeki oksijen seviyesini çok düşük seviyelere indirgeyerek başta balıkların hayatı olmak üzere bütün **sucul ekosistemi** etkilemesi, böylece balıkçılık ve turizmi ciddi zararlara uğratması ve hidroelektrik sistemlerinde yol açabileceği mekanik hasarlar olarak belirtilebilir.

Ayrıca temiz su kaynaklarındaki önemli değişimlere yol açması ve yayılmaya başladığı ülkelerde önemli hastalıkların yayılmasında da rol oynaması oluşturduğu diğer önemli sorunlardandır. Su sümbülünün suyun fizyokimyasal özellikleri üzerindeki etkileri ise ısı, pH, oksijen ve besin seviyelerinde neden olduğu değişimlerdir. Bütün bu olumsuz yönleriyle *E. crassipes*’in başta ülkemizde Asi Nehri ekosistemi üzerinde önemli problemlere yol açacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, bu bitkinin istilacı özelliğine karşı mücadele stratejileri geliştirilirken dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bu bağlamda, Asi Nehri için öncelikle uygulanması gereken metot; nehrin Akdeniz’e dökülene kadar kalıcı drenaj çalışmalarının yapılmasıdır. Buna ek olarak, nehirde insan eliyle, filelerle, biçerdöver ve mavna benzeri diğer makinelerle fiziksel olarak yapılabilecek diğer önlemler de etkili olabilecek en uygun yöntemler olacaktır. Kontrol ve mücadele stratejileri geliştirilirken özellikle çiftçilere yönelik eğitimlerin programlara dahil edilmesi ve Hatay şehrinde halkın katılımını sağlayacak düzeyde bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü, Asi Nehri bilindiği gibi Hatay’ın yerleşim bölgelerinin ortasından geçmektedir ve özellikle Amik Ovası ve civarında bulunan tarım alanlarının temel sulama kaynağını oluşturmaktadır. Böyle bir durumda, kimyasal bir uygulamanın yapılması maliyetinin yüksek olması ve sucul ekosisteme zararlarının yanı sıra doğrudan ya da dolaylı olarak insan sağlığı açısından riskler oluşturacaktır. Biyolojik mücadele yöntemleri bakımından ise dünyada Ar-Ge çalışmaları sürmekte olduğundan, etkisinin az ve kontrol edilebilirliğinin zorluğundan dolayı Asi Nehri açısından nispeten uygulanabilme ihtimali daha düşük durumdadır. Ayrıca, ülkemizde kıyı şeritlerinde yayılma olasılığı bulunduğu belirtilen bu bitki için özellikle Hatay ve civarındaki tüm akarsuların belirli periyodlarla kontrollerinin ilgili bakanlıklar (Tarım ve Orman Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) ile yerel yönetimler tarafından sağlanması gerekmektedir. Bu şekilde mevcut risklerin çeşitliliği ve muhtemel etkileri dikkate alındığında oluşabilecek zararların önüne geçilebilmesinde kritik adımlar atılabilir.

Bu şekilde ekolojik ve sosyoekonomik olarak yol açtığı olumsuzluklarla ünlenmiş su sümbülü bitkisinin ülkemize geçiş yapmış olması bu türün yerli araştırmacılar tarafından da farklı yönleriyle çalışılmasını gerekli kılmaktadır. Su sümbülünün zararlı etkilerinin yanında literatürce biyogaz üretimi, hayvan yemi, gübre, kağıt ve mobilya üretimi, atık su arıtımı, ağır metalları hızlı ve çokça bünyesine alabilmesiyle kontamine suların arıtılmasında ucuz ve çevre dostu bir araç olarak kullanımı, kozmetik sanayinde kullanılacak kremlerde yaşlanma karşıtı etkisi gibi faydalı kullanımları da önerilmektedir. Türkiye’de de Asi Nehri üzerinde mücadele yöntemlerinde hasat araçlarının kullanılmasıyla elde edilen *E. crassipes* biyomaslarından hayvan yemi, gübre, kağıt üretimi gibi alanlarda kullanılabilirliği düşünülmektedir. Ayrıca, ülkemizde yapay sulak alanlar oluşturarak özellikle biyoenerji olarak *E. crassipes*’in değerlendirilmesi (etanol, yakıt, biyogaz, hidrojen gibi) ülkemiz ekonomisine katkı sağlayabilecektir. Yoğun bir biyomas üreten su sümbülü popülasyonlarının Türkiye’de bilinçli bir şekilde yönetimi halinde çevreye vereceği zararlar minimuma indirgenebileceği gibi bu bitkiden sosyoekonomik anlamda yararlanılması da mümkün olacaktır. Bu konuların, ülkemizde araştırmacıların, ilgili resmi/özel kurumların ve TÜBİTAK gibi kuruluşların destekleriyle yürütülecek çalışmaların planlanması kritik öneme sahiptir.

Kaynaklar

1. **Adegunloye, D.V., Olosunde, S.Y. & Omokanju, A.B. (2013).** Evaluation of Ratio Variation of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) on the Production of Pig Dung Biogas, *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(3), 44–48.
2. **Anandha Varun, R. & Kalpana, S. (2015).** Performance analysis of nutrient removal in pond water using water Hyacinth and Azolla with papaya stem. *Int. Res. J. Eng. Technol. Technol. (IRJET)* 2, 444e448.
3. **Anonim, (2010).** *T.C. Zirai Karantina Yönetmeliği*, pp. 54. Agricultural Quarantine Regulation, Ankara.
4. **Anonim (2015).** *T.C. Zirai Karantina Yönetmeliği*, pp. 54. Agricultural Quarantine Regulation, Ankara.

5. **Barrett, S.C.H. (1977).** *Breeding systems in Eichhornia and Pontederia, tristylous genera of the Pontederiaceae*, Dissertation, University of California.
6. **Barrett, S.C.H. (1980).** Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). II. Seed production in natural populations. *Journal of Applied Ecology*, 17, 113–124.
7. **Barrett, S.C.H. (1989).** Waterweed invasions, *Scientific American*, 260, 90–97.
8. **Brundu, G., Azzella, M. M., Blasi, C., Camarda, I., Iberite, M. & Celesti-Grapow, L. (2013).** The silent invasion of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. in Italy, *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 147(4), 1120–1127. doi: 10.1080/11263504.2013.861536.
9. **CABI (2015).** *Invasive Species Compendium. Eichhornia crassipes* (water hyacinth), <http://www.cabi.org/isc/datasheet/20544> (Son erişim: 18 Eylül 2018).
10. **Cacho, O.J., Spring, D., Pheloung, P. & Hester, S. (2006).** Evaluating the feasibility of eradicating an invasion, *Biological Invasions*, 8, 903–917. doi:10.1007/s10530-005-4733-9.
11. **Coetsee, J.A., Hill, M.P., Julien, M.H. & Cordo, H.A. (2009).** *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms–Laub. (Pontederiaceae), Cambridge University Press, 183–210.
12. **Cronk, J.K., Fennessy, M.S. (2001).** *Wetland plants: biology and ecology*, Lewis Publishers. 462 pp.
13. **Eckenwalder, J.E. & Barrett, S.C.H. (1986).** Phylogenetic systematics of Pontederiaceae, *Systematic Botany*, 11, 373–391.
14. **EEA (2012).** *The impacts of invasive alien species in Europe*. EEA Technical report No 16/2012. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. <http://www.eea.europa.eu/publications/impacts-of-invasive-alien-species> (Son erişim: 03 Ocak 2017).
15. **EPPO (2008).** Data sheets on quarantine pests. *Eichhornia crassipes*. *EPPO Bulletin*, 38, 441–449.
16. **Feng, W., Xiao, K., Zhou, W., Zhu, D., Zhou, Y., Yuan, Y. & Zhao, J. (2016).** Analysis of utilization technologies for *Eichhornia crassipes* biomass harvested after restoration of wastewater, *Bioresource Technology*, doi: 10.1016/j.biortech.2016.10.047.
17. **GIC, Grupo de Investigación en Biología de la Conservación de la Universidad de Extremadura, (2006).** *Informe sobre Distribución y Biología Reproductora del jacinto de Agua en el Guadiana*, 12 vols., Diciembre de 2006, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Medio Ambiente, Badajoz, España, Vol. 11 (121 pp), Vol. 12 (386 pp).
18. **Gopal, B. (1987).** *Water Hyacinth*. Elsevier, Amsterdam.
19. **Guitierrez, E.L., Ruiz, E.F., Uribe, E.G. & Martinez, J.M. (2000).** *Biomass and productivity of water hyacinth and their application in control programs*. In: Hill MP, editor. Proceedings of the second IOBC global working group on the biological and integrated control of water hyacinth, vol. 102. Beijing, China: ACIAR, 109–19 p.
20. **Gunnarsson, C.C., Petersen & C.M. (2007).** Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a literature review, *Waste Management*, 27, 117–129. doi:10.1016/j.wasman.2005.12.011.
21. **Guragain, Y.N., De Coninck, J., Husson, F., Durand, A. & Rakshit, S.K. (2011).** Comparison of some new pretreatment methods for second generation bioethanol production from wheat straw and water hyacinth. *Bioresource Technology*, 102, 4416–4424. doi: 10.1016/j.biortech.2010.11.125.
22. **Harley, K.L.S., Julien, M.H. & Wright, A.D. (1996).** *Water hyacinth: a tropical worldwide problem and methods for its control*. In Proceedings of the Second International Weed Control Congress, held in Copenhagen in June 1996, ed. H. Brown, G.W. Cussans, M.D. Devine, et al. Slagelse, Denmark: Department of Weed Control and Pesticide Ecology, pp. 639–644.
23. **Harley, K.L.S. (1990).** The role of biological control in the management of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, *Biocontrol News and Information*, 11, 11–22.
24. **Hilooğlu, M. & Sözen, E. (2017).** Distribution patterns and ISSR PCR optimisation of invasive plant *Eichhornia crassipes* in Asi River, Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 10(2), 75-80.
25. **Julien, M. (2008).** Plant biology and other issues that relate to the management of water hyacinth: A global perspective with focus on Europe, *EPPO Bulletin*, 38, 477–486. doi: 10.1111/j.1365-2338.2008.01267.x.
26. **Julien, M.H., Griffiths, M.W. & Wright, A.D. (1999).** *Biological Control of Water Hyacinth. The Weevils Nepochetina bruchi and N. eichhorniae: Biologies, Host Ranges, and Rearing, Releasing and Monitoring Techniques for Biological Control of Eichhornia crassipes*, Monograph 60. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), 87 pp.
27. **Kayıkcı, S., Sönmez, B. & Atahan, A. (2014).** *Samandağ Kıyı Kumullarının Güncel Durumu Raporu*. Antakya Doğa Sanat ve Turizm Derneği & Samandağ Çevre Koruma ve Turizm Derneği, 53 s, Hatay.
28. **Lalitha, P. & Jayanthi, P. (2014).** Antiaging Activity of the Skin Cream containing Ethyl Acetate Extract of *Eichhornia crassipes* (Mart.) SOLMS, *International Journal of ChemTech Research*, 6(1), 29–34.
29. **Laranjeira, C.M. & Nadais, G. (2008).** *Eichhornia crassipes* control in the largest Portuguese natural freshwater lagoon 1, *EPPO Bulletin*, 38, 487–495.

30. Liu, W., Wang, Y., Chen, Q. & Yu, S. (2013). Pollination of invasive *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) by the introduced honeybee (*Apis mellifera* L.) in South China, *Plant Systematics and Evolution*, 299(5), 817–825. doi: 10.1007/s00606-013-0764-3.
31. Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth, *Environment International*, 33(1), 122–38. doi: 10.1016/j.envint.2006.08.004.
32. Methy, M., Alpert, P. & Roy, J. (1990). Effects of light quality and quantity on growth of the clonal plant *Eichhornia crassipes*, *Oecologia*, 84, 265–271.
33. Moyo, P., Chapungu, L. & Mudzengi, B. (2013). Effectiveness of water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in remediating polluted water: the case of Shagashe river in Masvingo, Masvingo, Zimbabwe, *Adv. Appl. Sci. Res.*, 4, 55-62.
34. Navarro, L. & Phiri, G. (2000). *Water Hyacinth in Africa and the Middle East*. A Survey of Problems and Solutions, International Development Research Centre, Ottawa (CA).
35. Owens, C.S. & Madsen, J.D. (1995). Low temperature limits of waterhyacinth, *Journal of Aquatic Plant Management*, 33, 63–68.
36. Perez, E.A., Coetzee J.A., Téllez, T.R. & Hill, M.P. (2011). A first report of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) soil seed banks in South Africa, *South African Journal of Botany*, 77(3), 795–800. doi: 10.1016/j.sajb.2011.03.009.
37. Reddy, K.R., Agami, M. & Tucker, J.C. (1990). Influence of phosphorus supply on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) plants, *Aquatic Botany*, 37, 355–365.
38. Ren, M.X. & Zhang, Q.G. (2007). Clonal diversity and structure of the invasive aquatic plant *Eichhornia crassipes* in China, *Aquatic Botany*, 87(3), 242–246. doi:10.1016/j.aquabot.2007.06.002.
39. Rezania, S., Ponraj, M., Talaiekhosani, A., Mohamad, S.E., Din, M.F.M, Taib, S.M., Sabbagh, F., M.F. & Samiran, F. (2015). Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *Journal of Environmental Management*, 163, 125–133. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.018>
40. Rezania, S., Din, M.D, M.F., Kamaruddin, S.F., Taib, S.M., Singh, L., Yong, E.L. & Dahalan, F.A., (2016). Evaluation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as a potential raw material source for briquette production, *Energy*, 111, 768–773. doi: 10.1016/j.energy.2016.06.026.
41. Shanab, S.M.M., Shalaby, E.A., Lightfoot, D.A. & El-Shemy, H.A. (2010). Allelopathic effects effects of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), *PLoS One*, 5, e13200. doi:10.1371/journal.pone.0013200.
42. Steffen, K., Schrader, G., Starfinger, U., Brunel, S. & Sissons, A. (2012). Pest risk analysis and invasive alien plants: Progress through PRATIQUE. *EPPO Bulletin*, 42, 28–34.
43. Su, H.B., Cheng, J., Zhou, J.H., Song, W.L. & Cen, K.F. (2010). Hydrogen production from water hyacinth through dark- and photo- fermentation, *Int. J. Hydrogen Energy*, 35, 8929–8937.
44. Tellez, T.R., Lopez, E., Granado, G., Perez, E., Lopez, R. & Guzman, J. (2008). The Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain), *Aquatic Invasions*, 3(1): 42–53. doi: 10.3391/ai.2008.3.1.8.
45. Theuri, M. (2013). Water hyacinth – Can its aggressive invasion be controlled? *Environmental Development*, 7, 139-154. doi: 10.1016/j.envdev.2013.05.002.
46. Tran, T.T., Nguyen, V.D., Do, D.N., Nguyen, H.P. & Choi, J. (2011). Assessment of electric power generation via water hyacinths and agricultural waste, *Journal of Energy and Power Engineering*, 5(7), 627e31.
47. UNEP (2012). Fifth Global Environment Outlook (GEO5): *Environment for the future we want*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
48. Üremiş, I., Uludag, A., Arslan, Z. F. & Abaci, O. (2014). A new record for the flora of Turkey: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae), *EPPO Bulletin*, 44(1), 83–86. doi: 10.1111/epp.12096.
49. Vanathi, P., Rajiv, P., Narendhran, S., Rajeshwari, S., Rahman, P.K.S.M. & Venkatesh, R. (2014). Biosynthesis and characterization of phyto mediated zinc oxide nanoparticles: nanoparticles: a green chemistry approach, *Mater. Lett.*, 134, 13–15.
50. Villamagna, A.M., Murphy & B.R. (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review, *Freshwater Biology*, 55, 282–298. doi: 10.1111/j.1365-2427.2009.02294.x.
51. Wilson, J.R.U., Ajuonu, O., Center, T.D., Hill, M.P., Julien, M.H., Katagira, F.F., Neuenschwander, P., Njoka, S.W., Ogwang, J., Reeder, R.H. & Van, T. (2007). The decline of water hyacinth on Lake Victoria was due to biological control by *Nechetina* spp, *Aquatic Botany*, 87, 90-93.
52. Wolverton, B.C. & McDonald, R.C. (1979). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) productivity and harvesting studies, *Economic Botany*, 33, 1-10.

53. **Xu, X., Su, X., Bai, B., Wang, B., Wang, H.L. & Suo, Y.R. (2016).** Controlled pesticide release of a novel superabsorbent by grafting citric acid onto water hyacinth powders powders with the assistance of dopamine, *RSC Adv.*, 6 (36), 29880–29888.
54. **Zhang, Y., Zhang, D., Spencer., C. H. & Barrett H. (2010).** Genetic uniformity characterizes the invasive spread of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a clonal aquatic plant. *Molecular Ecology*, 19, 1774–1786.