

AĞIR METALLERİN BİYOLOJİK SÜREÇLERLE BİYOSORBSİYONU ÇALIŞMALARI

Necdet Sağlam*, Nilüfer Cihangir**

ABSTRACT:

Heavy metal pollution is an issue of great environmental concern. The presence of potentially toxic concentrations of heavy metals in industrial wastewaters causes an important environmental problem to the authorities concerned. Biological molecules for the removal of heavy metals from industrial effluents may provide an attractive alternative to physical and chemical processes which are often employed.

In this study, several research information has been amassed on the using biological processes and metal uptake by microorganisms and molecular explaining of biosorption.

KEY WORDS:

Heavy Metals, Metal Biosorption, Biological Processes, Microorganisms

ÖZET:

Ağır metal kirliliği önemli çevre sorunudur. Endüstriyel atık sularında ağır metallerin toksik derişimlerinin varlığı önemli çevre problemlerini beraberinde getirmektedir. Ağır metallerin böyle endüstri atıklarından uzaklaştırılması için mevcut konvansiyonel fiziksel ve kimyasal süreçlerin yerine biyolojik moleküllerin kullanımı alternatif ve etkili görülmüştür. Bu çalışmada mikroorganizmalarla metal uzaklaştırımı, kullanılan biyolojik süreçler ve metal biyosorbsiyonunun moleküler temeli ile ilgili bilgiler toplanmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER:

Ağır Metaller, Metal Alımı, Biyolojik Süreçler, Mikroorganizmalar

1. AĞIR METALLER VE ÇEVRE KİRLİLİĞİNDEKİ ÖNEMİ

Son yıllarda nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve başdöndürücü bir hızla gelişen teknolojik ilerlemeler, çevre kirliliği sorununun önemini iyice hissettirir hale getirmiştir.

Söz konusu sorunların çözümlenmesinde önemli rol oynayan teknolojik gelişmeler, insanlığın yararına birçok yeni ve alternatif ürünler sunarken kü-

çümsenmeyecek oranda ve nitel- nicel yönden oldukça farklı atıklar oluşmaktadır.

Bu tür katı ve sıvı atıkların arıtmaları mevcut konvansiyonel arıtım süreçleri ile yeterli düzeyde yapılamamaktadır. Bunun yanında etkili bir arıtım ise, ilgili endüstri kuruluşlarına oldukça pahalıya mal olmaktadır. Bu nedenle, günümüzde birçok endüstri kuruluşlarının önemli sorunu olan bu tür atıkların arıtımında; ekonomik yönden ucuz, pratik uygulamalarda kolaylık sağlayacak arıtım süreçlerine yönelik geniş bilimsel araştırmalar yapılmaktadır.

Çevre kirliliğini artıran ve ekolojik dengenin bozulmasında önemli rol oynayan endüstri kuruluşlarının başında, atıksularında ağır metal içeren kuruluşlar gelmektedir. İlgili endüstri kuruluşları, süreçleri gereği çeşitli ağır metalleri kullanmakta ve atıklarında civa, çinko, kobalt, bakır, demir, kurşun, krom, arsenik ve gümüş gibi metal iyonlarını ihtiva etmektedir.

Etkili bir arıtım yapılmaması durumunda bu tür atıkların göl, nehir, deniz, okyanus gibi alıcı ortamlara deşarj edilmesi, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlı sistemleri ve çevresi için oldukça toksik olmaktadır. Ayrıca, arıtım sistemlerinde hiçbir zaman parçalanamayan bu tür rekalsitran maddeler, temel arıtımda etkin olan; özellikle biyolojik arıtım süreçlerinde önemli rolü bulunan mikroorganizmalar (aktif çamur vb) için de çok küçük miktarlarında bile toksik etki yaptığı için arıtımın gerçekleşmediği görülmektedir.

Bu metaller içersinde kurşun, çinko, bakır, kobalt, kadmiyum, krom, nikel, arsenik, civa ve gümüş gibi metal iyonları, kalıcı etkilerinden dolayı canlı sistemleri ve çevre sağlığı yönünden önem taşımakta olup belirli bir sınırı aşınca da son derece toksik etki göstermektedir [1,2,3].

Metal kirliliği içeren atıksuları; başlıca maden işletmeleri (kurşun, çinko, demir, bakır, gümüş, krom, altın ve uranyum eldesine yönelik süreçler sonucunda), metal endüstrileri (demir- çelik, bakır çinko, krom vb) ve diğer metal kaplama, kurşun batarya, seramik, matbaacılık, fotoğrafçılık, tekstil, elek-

* Doç. Dr. Necdet Sağlam, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

** Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Cihangir, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi.

trik – elektronik, kimya, boya ve otomotiv endüstrileri oluşturmaktadır [4]

Bu karakterdeki atıksuların arıtımında başarıyla kullanılabilir fiziksel– kimyasal yöntemler (pre-sipitasyon, aktif karbon adsorbsiyonu, ters ozmoz, iyon değişimi vb) bulunmakla birlikte gerek arıtım süreçlerinin zorluklar içermesi, komplike oluşu, gerekse ekonomik açıdan pahalı ve arıtım verimliliğinin düşük olması nedeniyle endüstriyel uygulamalarda arzu edilmemektedir [1,5].

2. METAL BİYOSORBSİYONUNDA BİYOLOJİK SÜREÇLER VE ÖNEMİ

Son yıllarda ağır metal içeren atıksuların arıtımında biyolojik yöntemler; etkili, pratik ve ekonomik olmaları nedeniyle konvansiyonel fiziksel – kimyasal arıtım yöntemlerine tercih edilmekte ve bilimsel araştırmalar bu yönde ağırlık kazanmaktadır [5,6,7,8,9]. Biyolojik süreçlerle metal arıtımı, özellikle mikropsal hücrelerle yapılan metal biyosorbsiyonu etkili ve alternatif bir teknoloji oluşturacak güçtedir. Metallerle biyosorbsiyon sürecinin temelde iki hedefi vardır. Birincisi altın, gümüş ve platin gibi ticari değere sahip paslanmaz metallerin geri kazanımını; ikincisi ise canlı sistemleri ve çevresi için çok küçük derişimlerde bile son derece toksik olan civa, bakır, demir, kurşun, krom, kadmiyum, nikel ve çinko gibi ağır metallerin kirli sulardan uzaklaştırımıdır [8]. Arıtım sistemlerinde, özellikle biyolojik arıtım süreçlerinde mikroorganizmaların kullanılması arıtımın daha etkili ve randımanlı yapılmasını da sağlayacaktır.

3. METAL BİYOSORBSİYONUNDA KULLANILAN ORGANİZMALAR

Metal biyosorbsiyonunda etkin olarak kullanılacak biyolojik moleküller oldukça geniş bir spektruma sahiptir. Özellikle mikroorganizma grubu içerisinde algler de dahil olmak üzere çeşitli bakteri, maya, mantar türlerini saymak mümkündür (Tablo 1). Örnek olarak bakterilerden *Arthrobacter*, *Citrobacter*, *Enterobacter* ve *Pseudomonas*; mayalardan *Saccharomyces*, *Kluyveromyces* ve *Candida*; mantarlardan *Neurospora*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* ve *Pleurotus*; alglerden *Chlorella*, *Microcystis*, *Scenedesmus*, *Anabaena*, *Ascophyllum* türleri başlıcalarıdır [1, 8, 9, 10, 11, 2, 13, 14, 5, 16, 17,18, 19, 20, 21, 22, 23]. Ayrıca bazı sucul bitkilerden *Eichhornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Iris pseudocorus*, *Azolla pinnata*, *Lemna minor L.* ve *Salvina molesta* metal biyosorbsiyonu yeteneklerine sahiptir [24, 25]. Yine *Lycopersicon esculentum* (domates) ve *Nicotiana tobaccum* (tütün)

gibi bitkiler de metal birikimi yapabilmektedir [7, 24, 25, 26, 27].

Ağır metallerin uzaklaştırımı ve metal biriktirme yetenekleri yönünden, bu sözü edilen organizma grupları arasında maya ve özellikle mantarlarla yapılan biyosorbsiyon çalışmaları daha verimli bulunmuştur. Ayrıca fungal kitlelerin fermantasyon endüstrilerinden büyük miktarlarda hazır elde edilmesi, genetik ve morfolojik manipulasyon çalışmalarında kolaylıklar içermesi, özellikle toksik metallerin yüksek derişimlerine karşı farklı dirençlilik yetenekleri ve mikoriza üretmeleri tercih nedenleridir. Bunun yanında yine saprofit özellikteki mantarların metal biyosorbsiyon yeteneklerinin yüksek olduğu da gözlenmiştir (8, 19). Bu konu üzerindeki son çalışmalar tarımsal ve endüstriyel atıkların biyoçevriminde oldukça geniş kullanım alanına sahip odun parçalayıcı Basidiomycetes sınıfı mantar türlerinin bu amaç için oldukça etkili olduğunu göstermektedir [18, 19, 20, 21, 22].

Biyolojik moleküllerle yapılan ileri metal biyosorbsiyon çalışmalarında immobilize edilmiş hücre tekniklerinin (alg, maya, bakteri, mantar immobilizasyonu) metal bağlama ve metal uzaklaştırımında serbest moleküllere kıyasla daha etkin oldukları gözlenmiştir. [8, 19, 21, 27] Algler, mantarlar ucuz polimerik desteklere immobilize edilerek metal biyosorbsiyonunda kullanılabilirlerdir.

4. METAL BİYOSORBSİYONUNUN MOLEKÜLER TEMELİ

Ağır metallerin biyolojik moleküllerle alımı bazı aşamalar içermektedir. Yapılan bilimsel araştırmalar ağır metallerin metal bağlama verimliliğinin ilk aşama da çok hızlı bir şekilde cereyan etmekte olduğunu ve bu olayda metal iyonlarının hücre duvarlarına temas eder etmez hemen yüzey adsorbsiyonu ile mikroorganizmaların hücre yüzeyine bağlandığını göstermektedir. Yüzey adsorbsiyonun fiziko– kimyasal bir olay olduğu, birçok biyolojik moleküllerin; örneğin hücre duvarı bileşenleri olan polisakkaritlerin, proteinlerin ve lipidlerin sahip olduğu fonksiyonel gruplar ile gerçekleştiği belirtilmiştir [3,17]. Bu fonksiyonel gruplar amino, karboksilik, sülfidril, fosfat ve thiol grupları olup metalleri bağlamada farklı affinite ve özgüllüğe sahiptirler [3]. Her iki özellik yardımıyla hücre yüzeyine bağlı olan metal türlerinin tayini yapılabilmektedir. Yine metallerin hücre yüzeyine alınımının, hücre yüzeyindeki negatif yüklü metal bağlayıcı moleküllere bağlanarak gerçekleştiğini belirten araştırmaların varlığı yukardaki yüzey alım mekanizmasının doğruluğunu kanıtlamaktadır. Diğer yandan hücre duvarı içeriği olan proteinler, metalleri bağlamak için aktif bölgeler oluşturmakta ve metale

Tablo 1. Metal Biyosorbsiyonunda Kullanılan Organizmalar [28, 29, 30]

Organizma	Metal Biyosorbsiyon Çeşidi
1) Bakteri Türleri	
<i>Enterobacter aerogenes</i>	kadmiyum/nikel
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	kadmiyum/uranyum
<i>Citrobacter sp.</i>	
<i>Arthrobacter sp.</i>	
2) Maya Türleri	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	çinko/bakır/uranyum/kadmiyum
<i>Sporobolomyces roseus</i>	
<i>Kluyveromyces maxianus</i>	bakır/kobalt/gümüş
<i>Candida utilis</i>	
3) Fungus Türleri	
<i>Neurospora crassa</i>	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	nikel/kadmiyum/bakır/uranyum
<i>Rhizopus arrhizus</i>	
<i>Penicillium spinulosum</i>	
<i>Aspergillus niger</i>	
4) Alg Türleri	
<i>Chlorella homosphaera</i>	çinko/kurşun/kobalt
<i>Chlorella vulgaris</i>	kadmiyum/ altın
<i>Ascophyllum nodosum</i>	
<i>Scenedesmus carinatus</i>	
<i>Sargassum natans</i>	
5) Bitki Türleri	
<i>Azolla pinnata</i>	kurşun/çinko
<i>Eichbarnia crassipes</i>	kadmiyum/kurşun/civa
<i>Lycopersican esculentum</i>	
<i>Nicotiana tobaccum</i>	

karşı affinitelerini artırmaktadırlar. Yüzeysel alımında bazı mikroorganizmalar, yüzeyselinde yüksek moleküler ağırlıklı polifosfatlara benzeyen grupları ile metallerle kompleks oluşturarak metali bağlayabilmektedirler [3, 16, 17].

Yüzeysel alımını takiben ikinci metal bağlama aşaması gerçekleşmektedir. Bu aşama yavaş cereyan etmekte ve metaller hücre membranının transport özelliğine bağlı olarak sitoplazmaya geçmektedirler. Sitoplazmadaki metaller ise çözünmez formda (mikrodepozitler) şeklinde tutulmaktadır [26]. Bu bağlanma sürecinde de polisakaritlerin önemli rolü vardır. Neticede metaller; inter ve intrafibriller, parakristalin bölgeler, proteinler, RNA ve polifosfatlar, vakuoller gibi formlarda ve hücre yapılarında alınımına uğramaktadır. Genelde hücre duvarlarına metal bağlanması hızlı ve yüksek verimlilik gösterirken hücrenin sitoplazmasında ki bölgelerde (sitosoluble) çok yavaş ve düşük verimliliktedir [17, 26].

Metallerin alım sürecinde birçok mikroorganizmanın metal bağlayıcı proteinler sentezledikleri rapor edilmektedir [9, 18]. Bu sentezin, ağır metalleri detoksifikasyon mekanizması gereği yapıldığı saptanmıştır. Yapılan çalışmalar metal derişimlerinin artışına paralel olarak metal- bağlayıcı proteinlerin arttığını göstermektedir. Metallerin her iki tip alımında bu özgül düşük moleküler ağırlıklı proteinlerin önemi büyüktür. Özellikle sisteince zengin, metal bağlayıcı özelliğe sahip bu düşük moleküler ağırlıklı proteinlere metallothioneinler (MTs) adı verilmekte ve ağır metallerin detoksifikasyonunda yer almaktadır. Böyle proteinlerin çeşitli eukaryotik ve prokaryotik canlılardan izolesi mümkündür (23, 31, 32).

Metallerin sorbsiyon verimliliğinde, ortamda bulunan metal çeşidine ve sayısına, bu metallerin kendine has özelliklerine bağlı olarak sinerjik ve antagonistik etki görülmektedir [3,26]. Diğer bir deyişle bir metal diğer bir metalin birikim miktarını sinerjik veya antagonistik şekilde etkileyebilmektedir. (Ör-

neğin bazı alg türlerinde Cd ve Zn'un antagonistik etkisi veya metallerin membran transportunda Ni+2 ve Cu +2 in sinerjik etkisi gibi). Bakterilerle yapılan metal biyosorbsiyonu çalışmalarında yine aynı mekanizmalarla gerçekleşmekte; özellikle bu sistemlerde biyolojik oksidasyonu gerçekleştiren aktif çamur sisteminde de görülmektedir [10,11].

Mayalar ve mantarlar; ağır metalleri biriktirme yetenekleri yönünden oldukça etkili görülmektedir. Bu nedenle, ilgili biyoteknolojik uygulamalarda daha çok tercih edilmektedirler [6,9,18,19]. Metal bağlama verimliliği bu mikroorganizmalarda genellikle bifaziktir; metallerin başlangıç aşamasında hızlı bir şekilde hücre duvarlarının negatif yüklü bölgelerine bağlanmaları düşük bir enerji ile başarılmakta ve sonra metabolik aktiviteye bağlı olarak yavaş bir şekilde sitoplazmik bileşenlere bağlanmasını izlemektedir. Bazı metallerin örneğin bakırın hücre büyümesini belli bir derişimden sonra inhibe ettiği, buna karşın metal bağlayıcı proteinlerin (MTs) sentezini artırdığı deneysel olarak saptanmıştır. Bu ise, metal bağlayıcı proteinlerin yapısına bu gibi metallerin yapısal bileşen olarak girdiğini göstermektedir [9, 33, 34].

Sonuç olarak; metallerin biyolojik yöntemlerle uzaklaştırımı ve geri kazanımı, kullanılan klasik fiziksel – kimyasal arıtım yöntemlerine kıyasla ekonomik, pratik olması ; yüksek verimlilik içermesi nedeniyle tercih edilmekte ve ilgili biyoteknolojik süreçlerde kullanılmaktadır. Biyolojik süreçler arasında da mayalar ve özellikle de mantarlarla yapılan biyosorbsiyon çalışmaları daha etkin ve verimli bulunmuştur. Tarafımızdan yapılan çalışmalarda da Basidiomycetes sınıfına ait *Phanerochaete chryso-sporium* ME 446 fungus türünün Cd, Co, Cu, Zn, Ag gibi ağır metallerin biyosorbsiyonunda etkin olduğu gözlemlenmiştir. [35]

KAYNAKÇA

- [1] Wong, P.K. and S.C. Kwok (1992): Accumulation of nickel ion (Ni+2) by immobilized cells of *Enterobacter* species, *Biotechnol Lett.* 14:7,629–634 p.
- [2] Gadd,G.M. and A.J.Griffits (1978): Microorganisms and heavy metal toxicity, *Microb. Ecol.* 4: 303–317 p.
- [3] Ting, Y.P., F. Lawson, and I.G. Prince(1991) : Uptake of cadmium and zinc by the alga *Chlorella vulgaris*. II Multi-ion stiation, *Biotechnol. Bioeng.* 37: 445 –455 p.
- [4] Şengül, F. (1991) : Endüstriyel atık suların özellikleri ve arıtılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Basımevi Ünitesi (izmir) –1–365 s.
- [5] Lowe, L.W.,and A.F. Jr. Gaudy (1989) : Modified extended aeration process for removal and recovery of cadmium from wastewaters. *Biotechnol. Bioeng.* 34: 600– 608 p.
- [6] Shrvan, K.C.H.,S.Y.Sivarama and M.P. Moran (1992): Use of wild type and nickel resistant *Neurospora crassa* for removal of Ni+2 from aqueous medium. *Biotechnology Letters* 14:11, 1099-1202 p.
- [7] Scott, C.D (1992): Removal of dissolved metals by plant tissue. *Biotechnol. Bioeng.* 39: 1064-1068 p.
- [8] Costa, A.C.A., and S.G.F. Leite (1991): Metal biosorption by sodium alginate immobilized *Chlorella bomoosphaera*. *Biotechnol.Lett.* 13:8, 559-562 p.
- [9] Yazgan, A., G. Özcengiz, and G. Alaeddinoğlu (1993): Studies on metal resistance system in *Kluyveromyces marxianus*, *Biological Trace Element Research*, 38:117-127 p.
- [10] Blais, J.F., R.D. Tyagi, and J.C. Auclair (1993): Bioleaching of metals from sewage sludge: Effects of temperature. *Water Res.* 27; 1, 111-120 p.
- [11] Artola, A. and M.Rigola (1992): Selection of optimum biological sludge for zinc removal from wastewater by a biosorption process, *Biotechnol.Lett.*, 14; 12, 1199-1204 p.
- [12] Macaskie, L.E. and A.C.R. Dean (1984): Cadmium accumulation by a *Citrobacter* sp. *J. Gen. Mikrobiol.*, 130; 53-62 p.
- [13] Mann, H (1990): Biosorption of heavy metals by bacterial biomass. pp. 93-138 in: B.Volesky (ed.) *Biosorption of heavy metals*. CRC. Press Boca Raton,FL.
- [14] Norris, P.R. and D.P. Kelly (1979): Accumulation of metals by bacteria and yeasts. *Dev.Ind.Mikrobiol.*, 20; 299-308 p.
- [15] Standberg, G.W., S.E., Shumate, J.R., Parrot (1981) : Microbial cells as biosorbents of heavy metals: Accumulation of uranium by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Appl. Environ. Mikrobiol.*, 41; 237-245 p.
- [16] Scott, J.A. and A.M. Karonjkar (1992): Repeated cadmium biosorption by regenerated *Enterobacter aerogenes* biofilm sattached to activated carbon, *Biotechnol. Let.*, 14; 8, 737-740 p.
- [17] Holan, Z.R., B.Volesky and I. Prasetyo (1993): Biosorption of cadmium by biomass of marine algae, *Biotechnol.Bioeng.*, 41: 819-825 p.
- [18] Favero, N., P.Costa, M.L. Massimino (1991): In vitro uptake of Cadmium by Basidiomycetes (*Pleurotus ostreatus*) *Biotechnol.Lett.*, 13; 10, 701-704 p.
- [19] Zhou, J.L. and R.J. Kiff (1991): The uptake of copper from aqueous solution by immobilized fungal biomass, *J.Chem.Tech.Biotechnol.*, 52; 317-330 p.

- [20] Volesky, B (1990): Biosorption by fungal biomass. pp. 139-172 in: B. Volesky (ed.) Biosorption of heavy metals. CRC. Press, Boca Raton FL.
- [21] Lewis, D., R.J. Kiff (1988): The removal of heavy metals from aqueous effluents by immobilized fungi biomass. Environ.Technol.Lett., 9; 991-998p.
- [22] Tobin, J.M., D.G.Coper and R.J. Neufeld (1984): Uptake of metal ions by *Rhizopus arrhizus* biomass. Appl.Environ.Mikrobiol., 47: 821-824 p.
- [23] Han, N.S., J.H. Seo, Y.C. Chung (1992): Growth and copper resistance of recombinant *Saccharomyces cerevisiae* containing a metallothionein gene, Biotechnol.Lett., 14; 1, 7-11 p.
- [24] Sen, A.K. and N.G. Mondal (1990): Removal and uptake of copper (II) by *Salvinia natans* from wastewater. Water, Air and Soil Pollution, 49; 1-6 p.
- [25] Jain, S.K., P.Vasudevan and N.K. Jha (1990): *Azolla pinnata* R.Br. and *Lemna minor* L. for removal of lead and zinc from polluted water. Water Res., 24; 2, 177-182 p.
- [26] Volesky, B., H.May and Z.R. Holan (1993): Cadmium biosorption by *Saccharomyces cerevisiae* Biotechnology and Bioengineering,41; 826-289 p.
- [27] Jang, L.K., S.L. Lopez, S.L. Eastman and P. Pryfogel (1991): Recovery of copper and cobalt by biopolymer gels. Biotechnol.Bioeng., 37; 266-273 p.
- [28] Aksu, Z. and T.Kutsal (1991): A Bioseparation process for removing lead (II) Ions from waste water by using *C.vulgaris*. Journal Chem.Tech.Biotechnol., 52; 109-118 p.
- [29] Boyd, C.E. (1970): Vascular aqualic plants for mineral nutrient removal from waters Econ.Bot. 24; 95-103 p.
- [30] Chigbo, F.E., F.L., Shorf, M. Clark and L. Thompson (1979): Simultaneous absorption of arsenic, cadmium, lead and mercury by water hyacinth. J.Miss Acad.Sci., 24; 13-31.
- [31] Gadd, G.M. (1990): Heavy metal accumulation by bacteria and other microorganisms. Experimenta 46; 834-840.
- [32] Karin M. (1985): Metallothioneins: Proteins in search of function. Cell 41; 9-10.
- [33] Huang, C.P., C.P. Huang and A.L. Morehart (1990): The removal of Cu (II) from dilute aqueous solutions by *Saccharomyces cerevisiae*. Wat.Res.,24; 433-439 p.
- [34] Mowll, J.L. and G.M. Gadd (1984): Cadmium uptake by *Aureobasidium pullulans*. J. Gen. Mikrobiol., 130; 277-284 p.
- [35] Sağlam,N., Cihangir, N., Özcengiz, G., (1994) Bazı Ağır Metallerin Beyaz Çürükçül Funguslar Tarafından Biyoabsorbsiyonu. XII.Ulusal Biyoloji Kongresi 6-8 Temmuz, Edirne.