



TÜRKİYE IV. ORGANİK TARIM SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI

**28 HAZİRAN - 1 TEMMUZ 2010
ERZURUM**

Çorak Alanların İslahında Kimyasal Yöntemler Yerine Bitkisel İslah Yöntemlerinin Kullanım Olanakları

Aslıhan ESRİNGÜ^{1*}, Adem GÜNEŞ¹, Metin TURAN¹, Ayten DEMİRTAŞ¹, Alpaslan GÜRİSOY²

¹Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 25240,

²Erzincan Bahçe Kùltürleri Araştırma Merkezi,

Özet: Gelişen ve değişen teknolojiler tarımsal faaliyetleri de etkilemektedir. Son yıllarda tarımsal alanlardan elde edilecek ürünün miktar ve kalitesini artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, pestisitler, toprak düzenleyicileri, atık çamur uygulamaları, kirlı ve sulama suyu kalitesi düşük suların sulamada kullanılması, yetersiz drenaj koşullarında bilinçsiz ve aşırı sulama gibi insan aktivitelerine bağılı olarak yaratılan problemlere ilaveten, anamateryal, topoğrafya ve iklimsel farklılığa bağılı olarak meydana gelen doğal olaylar sonucunda da tarımsal alanlar biyolojik, kimyasal, fiziksel yönden etkilenmektedir. Toprak kalitesinde meydana gelen azalma ürün veriminde ve elde edilen ürünün kalitesinde de önemli düşüöşlere neden olabilmektedir. Gerek yanlış tarımsal uygulamalar, gerekse çevresel etkiler sonucu oluşmuş çorak topraklar dünyadaki toplam alanın % 46'sını, sulanan alanların ise yaklaşık %50'sini oluşturduğu ve bu alanların dünya genelinde 954 milyon hektara ulaştığı bilinmektedir. Günümüzde tuzluk problemi olan alanların ıslahında farklı fiziksel ve kimyasal metotlarla temizlenmesi ekonomik ve teknolojik olarak yüksek yatırımlar gerektirmesi yanında bazı kimyasal maddelerin toprağına yüksek düzeyde uygulanması da organik ve sürdürülebilir tarım açısından sorun yaratabilmektedir. Bu tür alanlara kimyasal teknikler yerine agronomik tekniklerin uygulanması hem ekolojik hem de ucuz bir alternatif olarak görölmektedir. Bu derlemede çorak alanların ıslahında fitoremediasyon amacıyla kullanılan teknikler karşılaştırılarak, bunların giderim mekanizmaları, avantaj ve dezavantajları, bu yöntemin uygulanabileceğı toprakların tuzluluk durumları ve hangi bitki çeşitlerinde uygulanabileceğı ile ilgili özellikleri, iklim durumları ve sistemin maliyeti hakkında bilgiler bu konuda yapılan çalışmalar dikkate alarak irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel ıslah, bioremediasyon, çorak alan, fitoremediasyon

Phytoremediation technique instead of chemical technique for salinity soil remediation

Abstract :Increasing world population has created a continued demand on agricultural production. Intensive farming practices adopted involve the use of costly inputs such as chemical fertilizers, pesticides, and other chemicals. These applications can cause soil pollution and degradation depend on human activities, parent material, topographic condition. Lower soil quality affect on plant production and decreasing crop production. The ratios of the salinity soil were about %50 of the total agricultural land. Among the techniques used to cleanup affected sites, phytoremediation has recently emerged as a new, cost-effective, environment-friendly alternative. Metal-hyperaccumulating plants, desirable for heavily polluted environments, saline and alkaline soil, can be developed by the introduction of novel traits into high biomass plants in a transgenic approach, which is a promising strategy for the development of effective phytoremediation technology. After a short introduction to the types of plant-based cleanup techniques, this review focuses on saline and heavy metal polluted soil rehabilitation with

* (Sorumlu Yazar) Aslıhan Esringü, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 25240,

hyperaccumulator plants and to discuss their potential use in phytoextraction technology regarding to the advantages and disadvantages

GİRİŞ

Tuz etki etmiş topraklar dünyada yaklaşık olarak 1000 milyon ha alan içermekte olup, bu alanın yaklaşık % 3.5'i Afrika, % 21.0'i Asya, % 7.6'sı Güney Amerika % 0.9'u Kuzey Amerika, % 0.7'si Orta Amerika, % 4.6'sı Avrupa ve % 42.3'ü Avustralya'da yer almaktadır. Bunun yanında 230 milyon ha sulu tarım arazisi ve 1500 milyon ha kuru tarım alanı tuzlanma tehlikesi altındadır. Tuz etki etmiş toprakların Türkiye'deki dağılımı Dünya FAO-UNESCO toprak haritasına göre, Türkiye'de yaklaşık 2.000.000-2.500.000 ha tuz etki etmiş toprak bulunmaktadır. Bu verilere göre çorak araziler ülkemiz yüzölçümünün % 2'sine, toplam işlenen arazilerinin (27 699 003 ha) % 5.48'ine, 8.5 milyon hektarlık ekonomik sulanabilir arazinin % 17'sine eşdeğer büyüklüktedir. Toplam çorak alanların % 74'ü tuzlu, % 25.5'i tuzlu-alkali ve % 0.5'i alkali (sodyumlu) topraklardan oluşmaktadır.

Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınırca en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle tuzlu toprakların ıslahı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir. İnsanoğlunun önümüzdeki yıllarda en büyük mücadelesi, arazi degradasyonu ile olacaktır. Degradasyon işlemleri, artan nüfus ve buna bağlı olarak artan gıda üretimi talepleri nedeni ile son 10 -20 yılda hızlanmıştır. Toprak degradasyonuna maruz kalırken, ıslah maliyeti yükselmekte, zaman kaybedildikçe ıslah maliyeti şiddetli bir şekilde artmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanan alanların neredeyse yarısı tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır. Tuz etki etmiş toprakların yönetimi, ıslahı ve teşhisindeki temel prensipler ve genel karakteristikler tüm dünyada aynıdır. Bununla beraber, ekonomik teşvikler, girdilerin yeterliliği, parasal kaynaklar, arazi yönetim kabiliyeti, suyun elverişliliği, iklim ve toprak karakteristiklerinde yöreden yöreye olan farklılıklar, toprak ıslahının hızında, kapsamında ve yönteminde farklılıklara yol açmaktadır. Konuyla ilişkin teknik kaynak fazladır. Fakat tuz etki etmiş toprakların ıslah çalışmalarının birçoğunda kısmen veya tamamen başarısız çabalar da söz konusudur. Bu başarısızlıklar, genellikle uygun teşhisin eksikliği ve bunu izleyen yanlış ıslah yöntemlerinin kullanılmadan kaynaklanmakta, bu ise hem para ve hem de bitkisel üretimdeki potansiyel artışların kaybına neden olmaktadır. Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımına ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunu sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Sharma, 1980; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985). Yetiştirilecek bitki çeşidi, tuzluluğun belli düzeylerin altına düşürülemediği alanlarda, ekonomik düzeyde ürün elde edebilmek açısından önemli olmaktadır. Bu amaçla yapılacak çalışmalardan en önemlisi çorak alanların ıslahında fitoremediasyon metodunun kullanılmasıdır. Tuzcul bitkilerin ıslah çalışmaları ile verimi düşük ya da tarımsal üretimde kullanılmayan tuzlu toprakların kapladığı alanlar, artan dünya nüfusunun tarımsal gereksinimlerini karşılamada kullanılabileceğinden bu çalışmaların önemi ve gerekliliği açıkça görülmektedir.

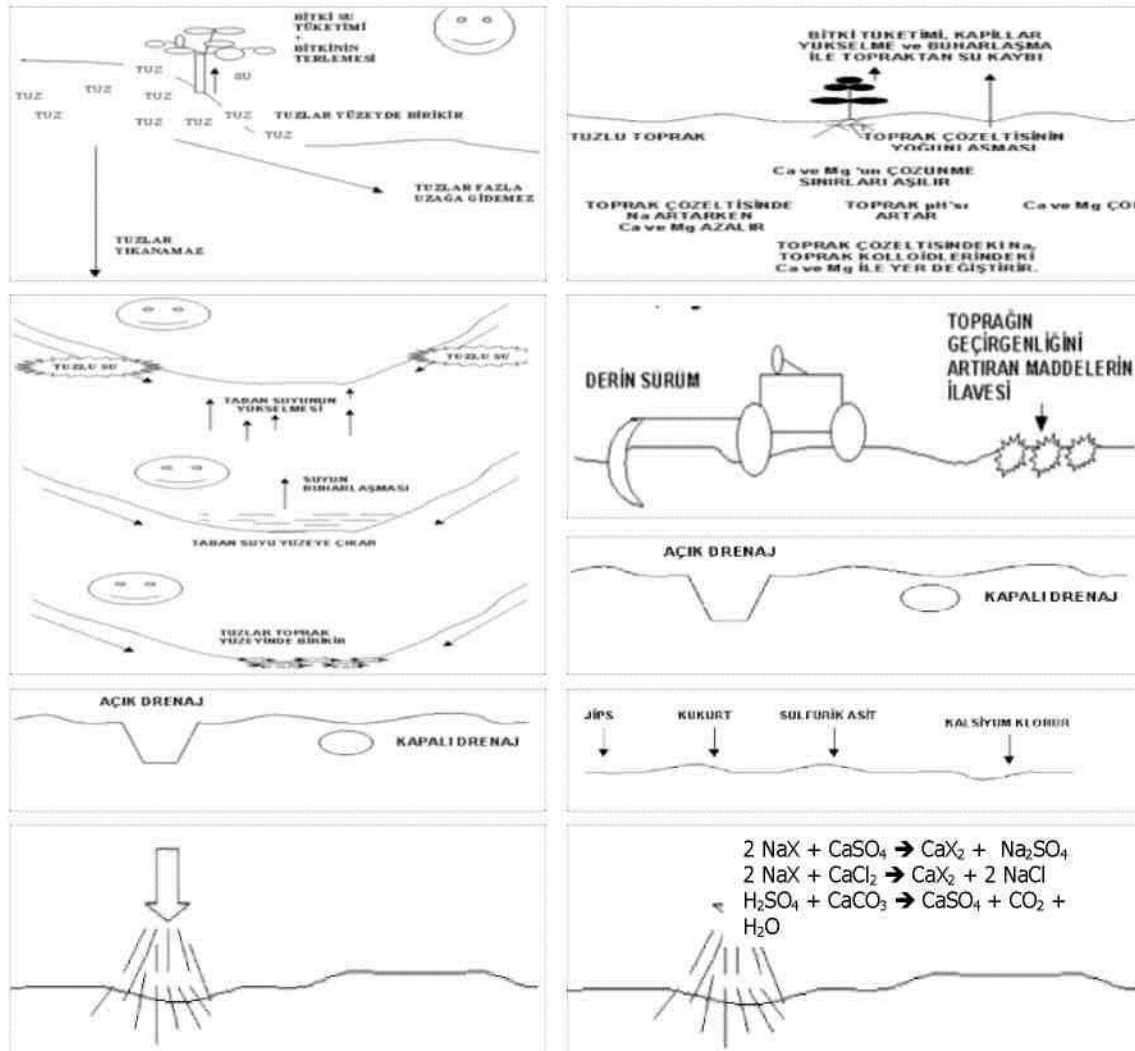
ÇORAK TOPRAKLARIN ISLAHI

Tuzlu alkali alanların yeniden tarımsal alan olarak değerlendirilebilmesi için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlar tuzlu toprakların ıslah edilmesi, tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi, yetiştiricilik sırasında bazı özel tekniklerin uygulanması ve tuza dayanıklı türlerin yetiştirilerek toprakların ıslah edilmesi şeklinde geliştirilmiştir. Bitki yetiştirerek ıslah etmedin dışındaki bu yöntemler tuzluluğun zararlı etkisini azaltmaya yönelik ancak oldukça pahalı yöntemlerdir. Bu bağlamda bitki anlamındaki "phyto" ile ıslah anlamındaki "remediation" kelimelerinden türetilen ve 1991'de terminolojiye giren phytoremediation, bioremediation,

botanical remediation ve green remediation olarak da anılmaktadır (EPA, 2000; Qadir vd. 2001; 2002; 2005).

KİMYASAL YÖNTEMLERLE ISLAH

Çorak toprakların oluşumu topografya, toprak tipi, iklim koşulları ve sulama suyu kalitesi gibi pek çok faktöre bağlı olup, söz konusu alanların ıslahı da yine bu faktörlerin etkinlik düzeyine bağlı olarak farklı stratejiler geliştirilerek rehabilite edilmesine neden olmaktadır. Toprakların tuzluluk ve alkalilik derecesine bağlı olarak geliştirilen stratejiler ve uygulamalar Şekil 1 'de verilmiştir. Kimyasal ıslah yönteminde söz konusu alanların tuzlu ya da alkali olma durumlarına göre yöntem ve teknikler farklılıklar göstermektedir. Tuzlu alanların uygun drenaj koşullarının sağlanması durumunda sulama suyu kalitesi yüksek sularla bitki kök bölgesinde bulunan tuzlar yıkanarak kök bölgesinden uzaklaştırılır. Ancak sodik toprakların ıslahında yüksek Na'dan dolayı geçirgenlik problemi söz konusu olması nedeniyle, toprak kolloidlerinin de Ca iyonu konsantrasyonu artırmak amacıyla ya Ca bileşikleri veya toprakta var olan ve çözelti halinde bulunan Ca iyonlarını elverişliliğini artıran asit ve asit oluşturucu (S, H₂SO₄) maddeler ilave edilerek toprakların öncelikle geçirgenlikleri sağlanır, daha sonra fazla tuzlar ortamdaki yıkanarak uzaklaştırılır (Şekil 2) (Qadir vd. 2002; 2005).



Şekil 1. Tuzlu ve alkali toprakların oluşumu ve kimyasal ıslahı

BİTKİSEL İSLAH

Türkçede "Yeşil İslah" olarak kullandığımız bu ifade bitki temel alınarak çevreyi ıslah etme teknolojileridir. Bu teknoloji ile organik ve inorganik maddeler bitki kullanılarak kirlilik oluşturduğu alandan bertaraf edilebilmektedir (Henry, 2000). Yeşil ıslahın farklı çeşitleri, bitki türlerinin kirlilik etmenlerini bertaraf etme yollarına bağlı olarak, köklerde süzme (rhizofiltration), köklerde sabitleme (phytotostabilization), bitkisel özümleme (phytoextraction), köklerle bozunum (rhizodegradation), bitkisel bozunum (phytodegradation), bitkisel buharlaştırma (phytovolatilization) ve organik pompalardır (EPA, 2000). Bu amaçla birçok bitki türü kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan türler halofitler olup, bunun dışında birçok meyve, sebze, ağaç türleride kullanılmaktadır. Hipertoplayıcı olarak da isimlendirilen bu bitkilerin arasında *Brassicaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* ve *Scrophulariaceae* bitki familyaları sayılabilir (Baker, 1995). Bitkilerin arazi ıslahında kullanılması için bitkinin stres koşullarına (tuzluluk, metal kirliliği, asitlik) dayanabilmesi, hasat edilebilen kısımlarında yüksek düzeyde metal toplayabilmesi, hızlı bir büyüme yeteneği, arazide çok miktarda biokütle üretebilme potansiyeli ve güçlü-zengin bir kök sistemi özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bitkisel ıslah yöntemi ile çorak toprakların ıslahı son zamanlarda gerek ekonomiklik gerekse uygulanabilirlik kriterleri bakımından oldukça dikkat çeken ve uygulanan yöntem haline gelmiştir. Bu yöntemde bitki kök rizosfer bölgesinde gerçekleşen birtakım biyokimyasal olaylar nedeni ile toprakta çözünürlüğü düşük olan Ca iyonunun elverişliliğinin artması, bitkiler tarafından Na ve Cl gibi iyonların bitkiler tarafından alınması, toprak kolloidleri yüzeyinde bulunan Na iyonunun değişim yüzeyindeki oranının artmasına ve söz konusu alanların ıslahına neden olmaktadır. Toprakta çözünürlüğü düşük olan Ca bileşiklerinin çözünürlüğünün bitki kök bölgesinden açığa çıkan veya mikroorganizmalar tarafından salgılanan çeşitli organik ve inorganik asit, amino asit ve fito hormon gibi salgular yardımıyla değişim yüzeyinde bulunan Na iyonu ile yer değiştirerek söz konusu toprakların ıslahında önemli rol oynamaktadır (Qadir vd., 2002) (Şekil 2).

Ravindran vd.(2007) tarafından Hindistanın tuzlu topraklarının ıslahı üzerine yapılan bir araştırmada, tuzlu toprakların ıslahında yıkama metodu çok pahalı olduğu için genellikle kimyasal ve mekaniksel yöntemler tercihen kullanılmaktadır. Bu çalışmada halofit bitkiler (*Sueda maritima* ve *sesuvium portulacastrum*) kullanılarak tuzlu toprakların ıslah edilmesine çalışılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Benzer şekilde Qadir vd, (2005) yaptıkları araştırmada tuzlu ve alkali alanların kimyasal ve bitkisel yöntemleri ayrı ayrı ve birlikte değerlendirdikleri çalışma sonucunda kallargrass bitkisi ile ıslah edilen toprağın hektara 13 ton jips ilave edilen miktarla aynı ölçüde ıslah sağladığını belirlemişlerdir (Tablo 1).

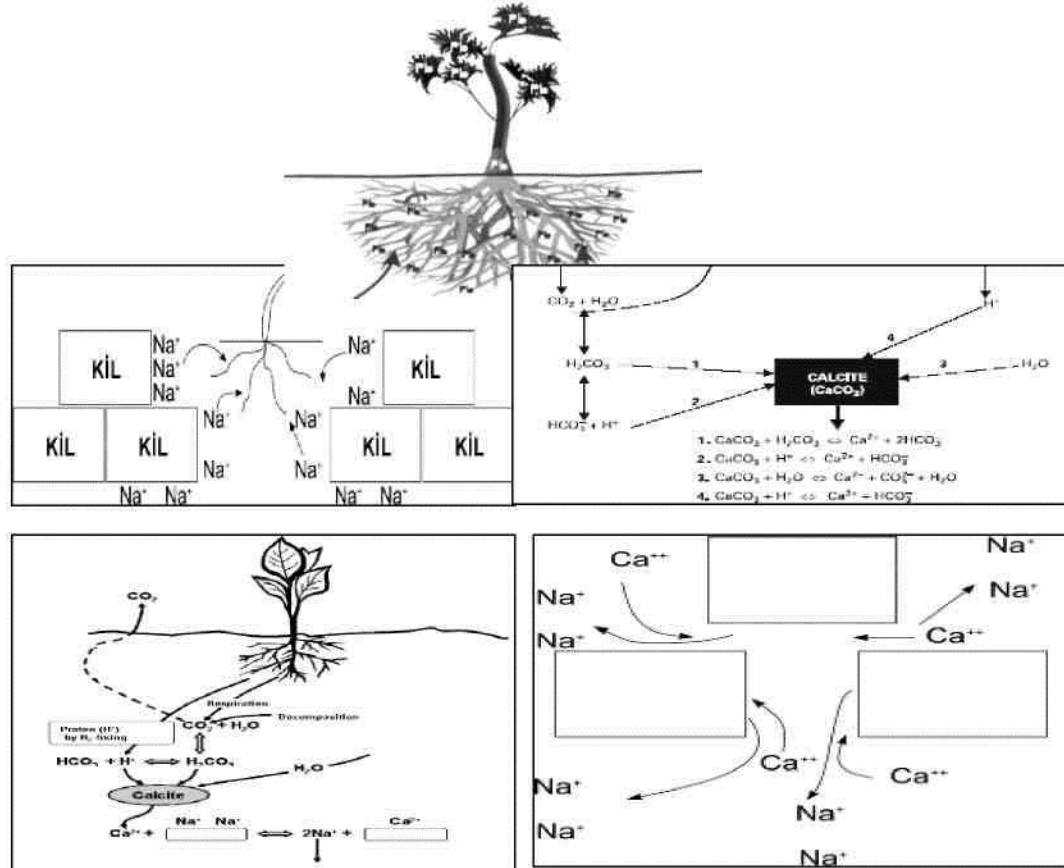
Tablo1. Tuzlu ve tuzlu-sodik toprakların iyileştirilmesi için fitoremediasyon ve kimyasal yaklaşımların etkinliği (Qadir vd. 2005).

Uygulamalar ve ürünler	Değişebilir Na %		Tekstür
	Başlangıç	Final	Tekstür
Jips 4 t ha ⁻¹ + pirinç-buğday	94	32	Kumlu-tın
Kallar yetiştirilen (1 yıl)+ pirinç-buğday	94	44	Kumlu-tın
Cips at 15.6 t ha ⁻¹ +(ürün yok)	103	15	Kumlu-killi-tın
Kallar grass yetiştirilen 1yıl için	103	25	Kumlu-killi-tın
Jips at 13 t ha ⁻¹ +(ürün yok)	76	24	Kumlu-killi-tın
Kallar grass yetiştirilen for 15 months	66	42	Kumlu-killi-tın
Jips at 25 t ha ⁻¹ +(ürün yok)	49	30	Tın
Jips at 14 t ha ⁻¹ + pirinç	95	45	Tın

Fitoremediasyonun Avantajları Dezavantajları

Fitoremediasyon olarak isimlendirilen ve bitki yetiştirilerek toprakların ıslah edilmesi esasına dayanan yöntem son yıllarda düşük masraflı, estetik olarak memnun edici ve daha küçük düzenleme kolaylıklarını gerektirdiğinden dolayı kullanım alanı giderek yaygınlaşan bir teknoloji haline gelmiştir (Glass, 1999). Yeni bir teknoloji olmasıyla birlikte birçok avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Çevre ıslahına dair diğer geleneksel ıslah metotlarıyla karşılaştırıldığında bu etmenler daha anlaşılır hale gelecektir.

Daha ekonomik olması, sahayı tekrar kolonize etmede yeni bir bitki topluluğu oluşturulmasını gerektirmez, döküntü sahalarına ihtiyaç duyulmayan, geleneksel metotlara nazaran daha estetik görünüm ve memnun ediciliğe sahiptir doğa ve çevreye zarar vermeden, sürdürülebilir olarak tarımsal alanlarını kullanımını sağlayan ve halk tarafından daha hoş karşılanabilir, kirlenmiş sahanın kazılarak başka bir yere taşınmasına gerek olmayıp böylelikle kirleticilerin yayılma riski de azaltılmış olan, tek bir kirleticiden ziyade daha fazlasıyla kirlenmiş sahaların ıslah edilmesine olanak sağlayan bir tekniktir. Fitoremediasyonun ton başına hesap edilen tahmini maliyeti 25 - 100\$ olarak belirtilmekte bu maliyet (220.000-250.000 \$ / ha) kimyasal ıslah yöntemlerinde bu maliyet 100 ila 1000 kat daha yüksek olabilmektedir (EPA, 1995, Turan ve Esringü 2007). Söz konusu tekniği uygulamanın bu avantajları yanında kullanımını kısıtlayan birtakım dezavantajlarda söz konusudur. Bu yöntemde bitkiler için gerekli olan büyüme ve gelişme şartları (iklim, jeoloji, rakım ve sıcaklık), bitkinin kirleticilere olan toleransı, elde edilen ürün uzaklaştırılmasında meydana gelen sorunlar ve her şeyden önemlisi diğer teknolojilere göre ıslah için çok uzun yıllara ihtiyaç duyulması, kirleticinin çözünürlüğü ve yıkanma ihtimali gibi faktörler bu yöntemin en önemli dezavantajlarını oluşturmaktadır (EPA, 1995).



Şekil 2 Bitkisel ıslah yöntemi ile tuzlu alkali alanların ıslahı

Sonuç olarak tarımsal alanlarda topoğrafik koşullar, ana materyal, iklim, erozyon ve toprak yönetimi gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelen degradasyon süreçleri toprağın üretkenlik parametresini önemli ölçüde azaltabilmekte, bazen geri dönüşümü olmayan problemlere neden olabilmektedir. 19. yüzyılın ikinci yarısında tarımsal alanların sürdürülebilir olarak kullanımını sağlamak amacıyla bir yandan mevcut toprakların degradasyona uğrama eğilimlerini azaltacak tedbirler alınırken, diğer yandan problemlili alanların yeniden geri kazanım yolları üzerinde durulmaya başlanmıştır. Ancak bu amaçla günümüze kadar oluşturulan yaklaşımlarda kimyasal ıslah yöntemleri kullanımı ve bitkilerin sorunlu alanlara adaptasyon denemeleri şeklinde devam etmiştir. Kimyasal ıslah yöntemlerinin çok pahalıya mal olması ve bazı ıslah maddelerinin biyolojik olarak parçalanmayan olmaması nedeniyle bu yöntem giderek önemi kaybederken, ıslah yöntemleri ile kültür bitkilerinin stres koşullarının uyumlandırılmaya çalışılması belli alanlarda ve birkaç bitki ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle daha geniş alanlarda, çok sayıda bitki ile büyük alanların kimyasal ve fiziksel sorunlu alanların rehabilite edilme şansını veren fitoremediasyon tekniği ülkemizde ve bölgemizde mevcut olan tuzlu-alkali alanların ıslahında ekonomik bir şekilde kullanılabileceği gibi söz konusu bitkilerin tuzlanma riski olan alanlarda münavebeye alınması gerekir. Yapılan hesaplamalara göre, tüm dünyada her dakika işlenebilir arazinin 10 hektarı kaybolmaktadır. Bunun 5 hektarı toprak erozyonu, 3 hektarı toprak tuzlanması, 1 hektarı diğer toprak degradasyonu işlemleri, 1 hektarı da tarım dışındaki kullanımlar sonucunda meydana geldiği düşünüldüğünde, tarımsal alanların sürdürülebilir olarak kullanımı açısından oldukça önemli olan bu uygulamalara gerekli önem verilerek bir yandan çorak alanların uzun dönemlerde de olsa rehabilitasyonu sağlanırken, diğer yandan çoraklaşma riski taşıyan alanların çoraklaşması önlenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Baker, A.J.M. 1995. Metal hyperaccumulation by plants: our present knowledge of the ecophysiological phenomenon. Will plants have a role in bioremediation. 14th Annualsymposium on current topics in plant biochemistry, physiology and molecular biology, Columbia,MO,pp.7-8.
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, S. F., 1985. Stress Terminology. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araş. Merkezi
- EPA; 1995, Contaminants and Remedial Options at Select Metals – Contaminated Sites, EPA/540/R-95/512.
- EPA, 2000 (Environmental Protection Agency), “Introduction to Phytoremediation”,EPA/600/r-99/107, Cincinnati, Ohio, U.S.A, p 72, <http://www.clu-in.org>
- EPA, 2000, “Guiding Principles for Constructed Wetlands”.
- Glass, D.J., 1999. Economic potential of phytoremediation. In:Raskin, I., Ensley, B.D. (Eds.), Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. John Wiley&Sans, New York, NY. Pp.15-31.
- Henry, J.R., 2000. An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury. U.S. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office, May-August 2000.
- Robinson, B.H., Chiarucci, Brooks,R.R., Petit,D., Kirkman, J. H., Gregg, P. E. H., De Dominicis, V. 1997. The nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii* as a potential agent for phytoremediation and phytomining of nickel, *Journal of Geochemical Exploration*, 59:75-86.
- Turan, M., Estringü A., 2007. Phytoremediation based on canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) planted on spiked soil by aliquot amount Cd, Cu, Pb, and Zn. *Plant and Soil Environment*, 53: 7-15.
- Qadir, M., Schubert, S., Ghaffoor, A., Murtaza, G., 2001. Amelioration strategies for sodic soils: a review. *Land Degradation and Development* 12: 357–386.

- Qadir, M., Qureshi, R.H., Ahmad, N., 2002. Amelioration of calcareous saline-sodic soils through phytoremediation and chemical strategies. *Soil Use and Management* 18: 381-385.
- Qadir, M., Noble, A.D., Oster, J.D., Schubert, S., Ghafoor, A., 2005. Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic and saline-sodic soils: a review. *Soil Use and Management* 21: 173-180.
- Ravindran, K.C., Venkatesan, K., Chellappan, K.P., Balasubramanian, T., 2007. Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 39:2661-2664.
- Sharma, D. P., 1980. Effect of Using Salinity Water to Supplement Canal Water Irrigation on The Crop Growth of Rice. *Curr. Agr.* 4: 79-82.