



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Jipsofil bitkilerin ekolojisi

Ebru Özdeniz *, Ayşenur Bölükbaşı, Latif Kurt, Beste Gizem Özbey

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

Özet

Türkiye kuzey yarımkürede yer alan ülkeler arasında biyoçeşitlilik bakımından zengin bir ülkedir. Türkiye'nin bu kadar çeşitliliğe sahip olmasının nedenlerinden biri edafik faktördür. Ülkemiz marnlı, marnlı jipsli, jipsli, serpantinli, alüvyal gibi çok farklı anamateryal çeşitlerini barındırdığından önemli endemik merkezlerdendir. Jips içeren topraklar dünyada kurak ve yarı kurak bölgelerde yaklaşık 100 milyon hektarlık bir alan kaplamaktadır. Ülkemizde de önemli oranlarda bulunan jips içeren topraklar endemik ve nadir türleri barındırarak biyoçeşitliliğe katkıda bulunmaktadır. Yetiştirme ortamı (anamateryal) faktörü fiziksel ve kimyasal etkilerinden dolayı kurak bölgelerde çoğu bitki için önemli bir faktördür. Jips içeren topraklar bitki yaşamı için fiziksel ve kimyasal stres ortamı yaratmaktadır. Bu ortamda yetişen bitkiler ancak bazı adaptasyon stratejileri geliştirerek hayatta kalabilmektedir. Bu derleme çalışmasında ülkemizde edafik çeşitliliğe örnek olan jips içeren toprakların ekolojisi hakkında bilgiler paylaşılmış, ayrıca jipsin tanımı, jips içeren topraklar üzerinde yetişen bitkilerin adlandırılması, jipsin bitki üzerinde yarattığı fiziksel ve kimyasal stresten bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jips, Jipsofil, Jipsofit, Jipsovag, Edafik endemizm.

Ecology of gypsophile plants

Abstract

Turkey is a rich country in terms of biodiversity among the countries in the northern hemisphere. Edaphic diversity is one of the main biodiversity reasons of Turkey. Our country is an important endemism center because of hosting many different parent material types such as marnly, marnly gypsum, gypsum, serpentine, alluvial. Gypsum soils cover at about 100 million hectares of land in arid and semi-arid areas in the world. A significant amount of gypsum soils in our country are contributing significantly the biodiversity by hosting endemic and rare species. Parent rock factor because of their physical and chemical effects, is an important factor for most crops in arid regions. Gypsum soils are creating physical and chemical stress environment for plant life. The plants which grow in this environment can survive nevertheless by some developing adaptation strategies. In this review article, as an example to edaphic diversity, informations about the ecology of gypsum soils have been shared; further, description of gypsum, nomenclature of plants living on gypsum and the physical and chemical stress on plants have been discoursed.

Keywords: Gypsum, Gypsophile, Gypsophyte, Gypsovag, Edaphic endemism.

© 2016 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Jips kurak ve yarı kurak iklime sahip bölge topraklarında oldukça sık rastlanan bir anakaya çeşididir (Alphen ve Romero, 1971; Parsons, 1976; Meyer, 1986; Mota ve ark., 2003; Akpulat ve Çelik, 2005; Palacio ve ark., 2007; Canadas ve ark., 2013). Jips içeriği bakımından zengin topraklar dünyada yaklaşık 100 milyon hektar alan kaplamaktadır (FAO, 1990; Verheye ve Boyadgiev, 1997; Escudero ve ark., 1999; Oyonarte ve ark., 2002; Palacio ve ark., 2007). Dünya genelinde Güneybatı Sibirya, Doğu Suriye, Orta ve Kuzey Irak ve Güneydoğu Somali'de yayılış gösteren jips içeren toprakların kapladıkları alan 850.000 km² olarak hesaplanmıştır (Alphen ve Romero, 1971). Ayrıca İspanya, Cezayir, Tunus, İran, Rusya ve Güney Avustralya'nın orta kısımlarında da yayılış göstermektedir (Alphen ve Romero, 1971). Türkiye'de İç Anadolu bölgesinde çok geniş alanlar kaplayan jips içeren topraklar diğer bölgelerde de adacıklar şeklinde bulunur.

* Sorumlu yazar:

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

Tel.: 0(312) 212 67 20

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: eozdeniz@science.ankara.edu.tr

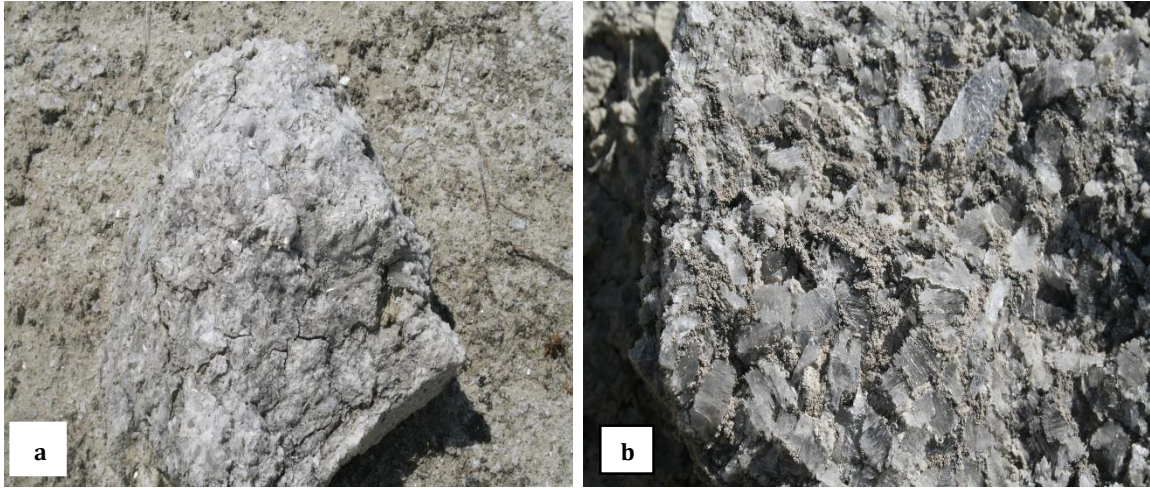
Jips içeren topraklar Sivas, Erzincan, Kayseri, Malatya (Darende, Gürün), Ankara (Ayaş, Beypazarı, Polatlı, Acıkır), Eskişehir (Sivrihisar), Afyon (Emirdağ) ve Çankırı-Çorum arasında yaygın olup lokal olarak da Denizli, Çanakkale (Ezine) ve Trakya'da yayılım göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Jips içeren toprakların ülkemizde dağılım alanları (sarıyla boyalı).

Jipsin Tanımı ve Doğada Bulunma Şekilleri

Jips, kristal halde su ihtiva eden kalsiyum sülfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ya da su ihtiva etmeyen anhidrit (CaSO_4) şeklindedir (Alphen ve Romero, 1971; FAO, 1990; Herrero ve Porta, 2000) (Şekil 2). Birkaç yüz metre derinlere gömülmelerde jips suyunu kaybederek anhidrite, derinlerdeki anhidritler de yükselmelerle yüzeye yakın konumlara geldiğinde bünyelerine su alarak jipse dönüşür. Jipsin çözünürlüğü 25 °C'de 2.6 gr/l'dir (Verheye ve Boyadgiev, 1997).



Şekil 2. Kristal halde jipsin ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) görünümü (a) Sivrihisar/Eskişehir, (b) Beypazarı/Ankara.

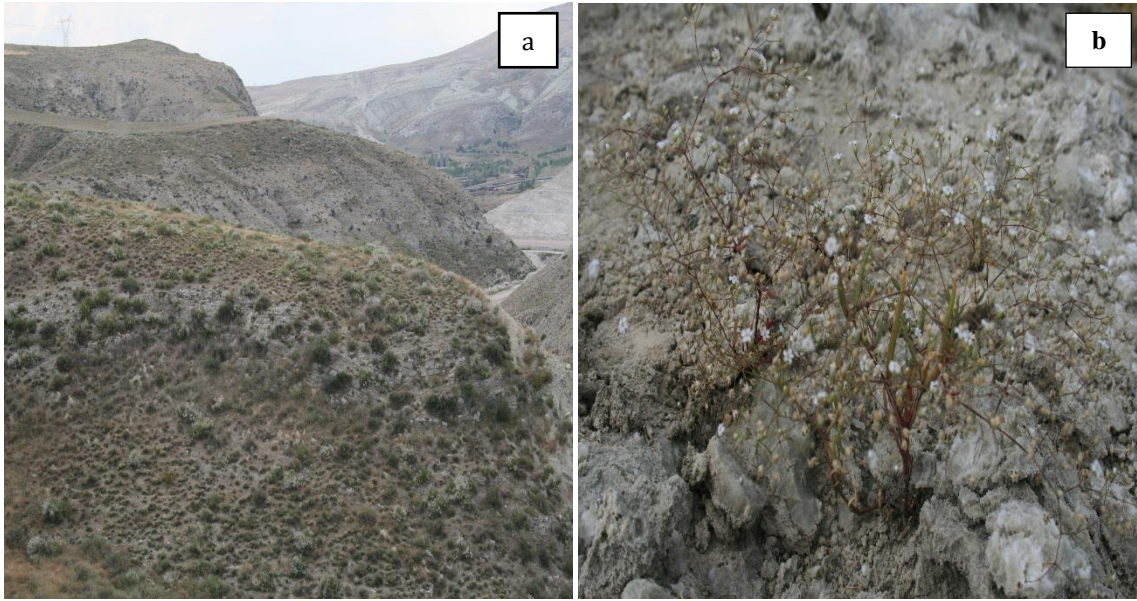
Nemli ve yağışlı iklime sahip bölgelerde hızlıca çözünebilirken, kurak iklime sahip bölgelerde kaya, kum tanecikli kristal şeklinde veya daha küçük ve yumuşak kristal halde ortaya çıkabilmektedir. (Parsons, 1976). Jips birikimlerine katışıksız jips halinde rastlamak ender olup genellikle CaCO_3 ile beraber ya da toprak tanecikleriyle karışım halinde görülmektedir. Bazen de doğada jips kristallerini CaCO_3 ile kaplanmış olarak da görmek mümkündür (Alphen ve Romero, 1971; FAO, 1990).

Jips içeriği % 22'den fazla olan topraklar jips içeren topraklar olarak adlandırılmakta olup bu toprakların alt tabakalarında jips içeriği % 14'ten fazladır. Jips alt toprak tabakasında % 35'ten fazlayken, erozyona maruz kalmış topraklar hariç toprağın üst tabakasında % 5'ten az oranda bulunabilir (Alphen ve Romero, 1971).

Jips İçeren Topraklarda Endemizm ve Biyoçeşitlilik

Endemizm bakımından zenginlik gösteren jips ve serpantin zengin topraklar “jeolojik ada” ya da “edafik ada” olarak isimlendirilmektedir (Kurt ve ark., 2013). Bitkiler arasında edafik endemizm dünyada çok fazla çalışılan bir fenomendir. Yetiştirme ortamının (anakaya) sebep olduğu fiziksel ve kimyasal etkilerden dolayı kurak bölgelerde çoğu bitki için önemli bir faktördür (Meyer ve ark., 1992; Mota ve ark., 2004; Moore ve Jansen, 2007). Bu fiziksel ve kimyasal etkilerden dolayı edafik özellikler jips içeren topraklar gibi kurak alanlarda florayı sınırlandırmakta ve bitkiler ekstrem edafik koşullara tutunabilmek için genetik çözümler üretmektedirler (Reeves ve ark., 1999; Rajakaruna, 2004).

Jipse toleranslı türler sayıca çoktur ve yetiştirme ortamı (anakaya) farklılığından etkilenmeyerek jips içermeyen diğer topraklarda da yetişebilirler (Johnston, 1941). Jipsofil bitkiler otsu ya da bodur çalı formundadır (Parsons, 1976). Jipsofil vejetasyonun çoğu kamefit ve otsu olup genellikle nadir ve tehdit altındaki endemiklerdir (Johnston, 1941; Parsons, 1976; Powell ve Turner, 1977; Meyer, 1986; Meyer ve Garcia-Moya, 1989; Escudero ve ark., 1999; Mota ve ark., 2003; Palacio ve ark., 2007) (Şekil 3).



Şekil 3. (a) Beypazarı (Ankara) jips içeren topraklarda bitki formasyonu, (b) Jips içeren topraklar üzerinde yetişen otsu formda *Gypsophila parva* bitkisi.

Jips İçeren Topraklarda Yetişen Bitkilerde Adlandırma

Jipsofit ve jipsovag bitkilerin tamamı “Jipsofil” adını almaktadır. Sadece jips içeriği bakımından zengin topraklarda yetişen taksonlar *obligat jipsofit*, jips içeren ve jips içermeyen diğer topraklarda yetişen taksonlar *fakültatif jipsofitler* olarak adlandırılmaktadır (Johnston, 1941; Parsons, 1976). Ayrıca bazı yazarlar sadece jips içeren topraklar üzerinde yetişen bitkileri *jipsofit* hem jips içeren hem de jips içermeyen topraklarda yetişen bitkileri ise *jipsovag* olarak adlandırmaktadır (Duvigneaud, 1968; Meyer, 1986; Palacio ve ark., 2007; Canadas ve ark., 2013).

Jips İçeren Topraklarda Fiziksel ve Kimyasal Stres

Jips kurak ve yarı kurak iklim şartlarıyla beraber bitki yaşamı için fiziksel ve kimyasal stres faktörüdür. Yarı kurak bölgelerdeki masif jips içeren topraklar yağmur suyunun yüzeyden yüksek miktarda sızmasına neden olurken bazı bölgelerde ise bu toprakların yüksek su tutma kapasitesi gösterdiği görülmektedir (Guerrero Campo ve ark., 1999b). Jips, toprak yüzeyini sıkı bir kabuk gibi sararak fide ve tohum gelişimini engellemektedir (Meyer, 1986; Verheye ve Boyadgiev, 1997; Escudero ve ark., 1999, 2000b). Jips içeriği % 25’i aşan topraklarda jipsin varlığından meydana gelen sertleşmeden dolayı kökler daha derine inme olanağı bulamamaktadır, ayrıca bu topraklar düşük potasyum (K) ve magnezyum (Mg) değerlerine sahip olduğundan ve bitki köklerinince topraktan besin maddesinin düzensiz alınımından dolayı da ürün verimi düşüktür (Alphen ve Romero, 1971; FAO, 1990). Jips içeriği % 30’dan fazla olan topraklarda ise jips bitki için toksik etki yapmaktadır (Alphen ve Romero, 1971).

Çoğu jips içeren toprak organik maddece fakirdir. Toprakta jips içeriği arttıkça kation değişim kapasitesi azalmaktadır. Kation değişim kapasitesi genellikle toprağın organik madde içeriğine ve toprak tekstürüne bağlıdır. Ca, Mg, K gibi makro besin elementleri arasındaki ilişkide Ca konsantrasyonu yüksek olduğunda Mg ve K alınımı engellenmektedir ayrıca bitki dokularında Ca:Mg oranı artmaktadır (FAO, 1990). Ayrıca jipsin varlığından kaynaklanan yüksek kalsiyum içeriği Ca-Mg antogonizmine neden olabilmektedir (Duvigneaud ve Denaeyer-De Smet, 1966; Boukhris ve Lossaint, 1970; Parsons, 1976).

Jips kalsiyum karbonatın aksine yüksek toprak alkalinitesine sebep olmaz ve çoğu jips içeren toprakta pH değeri nötr civarındadır (Parsons, 1976). Bazı jips içeren topraklarda NaCl (sodyum klorid) içeriği yüksek olmasına rağmen drenajı yüksek jips içeren topraklarda düşük tuzluluk yaygındır (Johnston, 1941).

Jipse toleranslı bitkilerle yapılan ilk çalışmalarda jipsofitler jipsovaglara nazaran yüksek kükürt (S), kalsiyum (Ca) ve toplam kül içermektedir (Duvigneaud ve Denaeyer-De Smet, 1966; Duvigneaud, 1968). Jipsofil bitkiler kalsiyum akümülatörü olarak kabul edilmesine rağmen; Tunus ve İspanya jipsofillerinde yapılan çalışmalarda yapraktaki toplam Ca içeriği %1.8 ile % 9.4 arasında olup normal olarak kabul edilmiştir (Duvigneaud, 1968; Boukhris ve Lossaint, 1970; Boukhris ve Lossaint, 1975).

Sülfür içeriği yüksek jipsofil bitkilerde sülfür analizi, organik sülfürden sülfatın elde edilmesiyle yapılmaktadır (Boukhris ve Lossaint, 1970; Parsons, 1976). Parsons, (1976) yaptığı çalışmada jipsofil bitkilerin sülfatın yoğun toksik etkisinden etkilenmemek için yüksek sülfat seviyesini sukkulensi özellik ile seyreltebileceği varsayımında bulunmuştur. Jips varlığından kaynaklanan yüksek oranda sülfat iyonları bitki için toksik olabilmektedir (Duvigneaud, 1968; Palacio ve ark., 2007; Ruiz ve ark., 2003).

Jipsovaglarda kalsiyum ve kükürt içeriği tam açık değildir. Bu bitkilerde düşük besin içeriği vardır ve bu bitkilerin dağılımı toprak faktörlerinden etkilenmektedir (Duvigneaud, 1968; Boukhris ve Lossaint, 1975; Palacio ve ark., 2007).

Angiospermlerde yaprakta toplam sülfür içeriği % 0.1 ile % 0.3 değerleri arasında olup bu değer bazen % 5'e çıkmaktadır. Bazı istisnai durumlarda, çeşitli halofitlerde % 1 ile % 3.5 arasında değişmektedir. *Brassicaceae* familyası gibi sekonder kükürt bileşikler bakımından zengin bitkiler % 3 ile % 3.8 oranında değişmektedir. Jips içeren topraklarda yetişen jipsovag türlerde ise kükürt içeriği çoğunlukla değişkendir (Parsons, 1976).

Jipsofil Bitkilerin Jips İçeren Topraklara Adaptasyon Stratejileri ve Uyum Modelleri

Günümüzde jipsofit ve jipsovag türlerin dağılımlarını ve performanslarını etkileyen faktörlerin mekanizması hala tam olarak anlaşılamamıştır (Duvigneaud, 1968; Boukhris ve Lossaint, 1970; Boukhris ve Lossaint, 1975; Escudero ve ark., 1999; Escudero ve ark., 2000). Jipsofitler ile jipsovagların jips stresine karşı geliştirdikleri uyum stratejilerinin ortaya konulması jips içeren toprakların floristik kompozisyonu şekillendiren ekolojik parametrelerin ortaya konulması açısından önemlidir. Farklı stres koşullarıyla baş etmeyi geliştiren bitkilerin çoğunda adaptasyon stratejisi rizosfer seviyesinde ekofizyolojik mekanizmalarla olmaktadır (Oyonarte ve ark., 2002).

Edafik endemizmin yüksek olduğu yerlerde habitata özgü bitkiler yetişmektedir ve bu bitkiler habitata özelleşerek habitat uzmanları (habitat specialistleri) adını almaktadırlar. Habitat uzmanları izolasyon, habitat kaybı ve habitat bozulmasından çok fazla etkilenmektedirler (Pueyo ve ark., 2008). Jips içeren topraklarda yaşayan bitki komüniteleri habitat uzmanlarının büyük bir grubunu içermektedir (Meyer, 1986; Pueyo ve ark., 2008).

Bazı araştırmacılar edafik endemizmin oluşumunu açıklamak için "sığınak (refuge)" ve "strese dirençli (specialist)" model olmak üzere iki farklı model geliştirmişlerdir (Gankin ve Major, 1964; Palacio ve ark., 2007; Pueyo ve ark., 2007). Sığınak (refuge) modelde edafik endemikler yetiştikleri atipikal topraklara özellikle adapte olmayan toleranslı türlerdir. Kötü ve elverişsiz olan jips içeren ortamlara yüksek tolerans gösterirler. Bu türler bitişiklerinde bulunan normal topraklardaki rekabet gücü yüksek dominant türler ile rekabet edemediklerinden, verimsiz ve marjinal toprakları sığınak olarak kullanırlar (Gankin ve Major, 1964; Palacio ve ark., 2007). Strese toleranslı türlerin ağaç ve çalılarla rekabetleri düşüktür. Çünkü bu türlerin toprağın yarattığı zararlı ve öldürücü kısıtlama ya da sınırlamalara karşı koyma yetenekleri vardır (Palacio ve ark., 2007).

Uzman (specialist) modelde ise edafik endemikler yüksek rekabet gösterirler. Jipsofit ve jipsovagların yapraklarındaki kimyasal kompozisyon bakımından farklılıklar ekofizyolojik uyumlarına bağlanabilir. Habitat uzmanlarının bu elementlere tolerans yetenekleri vardır (Duvigneaud ve Denaeyer-De Smet, 1973).

Palacio ve ark., (2007)'de yaptığı çalışmada jipsofitleri ikiye ayırmıştır. Bunlar; jips adacıklarında yaşayan nadir endemiklerle, geniş jipsli alanlarda yaşayan bölgesel dominant jipsofitlerdir.

Sonuç

Jips içeren topraklar yurdumuzun önemli endemizm ve gen merkezlerindedir. Bu ekstrem habitat koşulları biyomas bakımından zengin olmamakla birlikte floristik çeşitlilik açısından ve özellikle endemik ve nadir taksonlar açısından son derece zengindir.

Jipsofit ve jipsovag türlerin jips stresine karşı geliştirdikleri adaptasyonların, uyum stratejilerinin ve çevreyle olan ilişkilerinin ortaya konulması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı açısından da son derece önemlidir. Türkiye'nin floristik çeşitliliğinin korunması için türlerin habitata uyum stratejilerinin ortaya konulması son derece önemlidir. Türlerin uyum stratejilerinin ortaya konulması; bu habitatların barındırdığı endemik nadir ve nesli tehdit altında olan türlerin in-situ ve ex-situ koruma çalışmalarına da özellikle uygulayıcı kurumlara ışık tutması açısından son derece önemlidir.

Kaynaklar

- Akputat HA, Çelik N, 2005. Flora of gypsum areas in Sivas in the eastern part of Cappadocia in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Arid Environments*. 61: 27-46.
- Alphen, JG, Rios Romero F, 1971. Gypsiferous soils notes on their characteristics and management. International Institute for Land Reclamation and Improvement / Wageningen / The Netherlands.
- Boukhris M, Lossaint P, 1970. Sur la teneur en soufre de quelques plantes gypsophiles de Tunisie. (Note préliminaire). *Acta Oecologica*. 5: 345-354.
- Boukhris M, Lossaint P, 1975. Aspects écologiques de la nutrition mineérale des plantes gypsoles de Tunisie. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*. 12: 329-348.
- Cañadas EM, Ballesteros M, Valle F, Lorite J, 2013. Does gypsum influence seed germination? *Turkish Journal of Botany*. 38: 141-147.
- Duvigneaud P, Denaeyer-De Smet S, 1966. Accumulation du soufre dans quelques espèces gypsophiles d'Espagne. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*. 99: 263-269.
- Duvigneaud P, Denaeyer-De Smet S, 1973. Considérations sur l'écologie de la nutrition mineérale des tapis végétaux naturels. *Oecologia Plantarum*, 8.
- Duvigneaud P, 1968. Essai de classification chimique (éléments mineéraux) des plantes gypsoles du bassin de l'Ebre. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*. 101: 279-291.
- Escudero A, Somolinos RC, Olano JM, Rubio A, 1999. Factors controlling the establishment of *Helianthemum squamatum*, an endemic gypsophile of semi-arid Spain" *Journal of Ecology*. 87: 290-302.
- Escudero A, Iriondo JM, Olano JM, Rubio A, Somolinos RC, 2000b. Factors affecting establishment of a Gypsophyte: The case of *Lepidium subulatum* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*. 87: 861-871.
- Food and Agriculture Organization, 1990. Management of gypsiferous soils. *FAO Soils Bulletin* 62. Rome, Italy.
- Gankin R, Major J, 1964. *Arctostaphylos myrtifolia*, its biology and relationship to the problem of endemism. *Ecology*. 45: 792-808.
- Guerrero Campo J, Alberto F, Maestro Martínez M, Hodgson J, Montserrat Martí G, 1999b. Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. II. Effects of ion washing on topographic distribution of vegetation. *Journal of Arid Environments*. 41: 411-419.
- Herrero J, Porta J, 2000. The terminology and the concepts of gypsum-rich soils. *Geoderma*. 96: 47-61.
- Johnston IM, 1941. Gypsophily among Mexican desert plants. *Journal of the Arnold Arboretum*. 22: 145-170.
- Kurt L, Özbey BG, Kurt F, Özdeniz E, Bölükbaşı A, 2013. Serpentine Flora of Turkey. *Biological Diversity and Conservation*. 6: 134-152.
- Meyer SE, Garcia-Moya E, 1989. Plant community patterns and soil moisture regime in gypsum grasslands of north central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 16: 147-155.
- Meyer SE, Garcia-Moya E, Lagunes-Espinoza LC, 1992. Topographic and soil surface effects on gypsophile plant community patterns in central Mexico. *Journal of Vegetation Science*. 3: 429-438.
- Meyer SE, 1986. The ecology of gypsophile endemism in the Eastern Mojave desert. *Ecology*. 67:5, 1303-1313.
- Moore MJ, Jansen RK, 2007. Origins and Biogeography of Gypsophily in the Chihuahuan Desert Plant Group *Tiquilia* subg. *Eddya* (Boraginaceae). *Systematic Botany*. 32 (2): 392-414.
- Mota JF, Sola AJ, Dana ED, 2003. Plant succession in abandoned gypsum quarries in SE Spain. *Phytocoenologia*. 33: 13-28.
- Mota JF, Sola AJ, Jimenez Sanchez ML, Perez-Garcia FJ, Merlo ME, 2004. Gypsicolous flora, conservation and restoration of quarries in the southeast of the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation*. 13: 1797-1808.
- Oyonarte C, Sanchez G, Urrestarazu M, Alvarado JJ, 2002. A Comparison of Chemical Properties Between Gypsophile and Nongypsophile Plant Rhizospheres. *Arid Land Research and Management*. 16: 47-54.
- Palacio S, Escudero A, Montserrat-Marti G, Maestro M, Milla R, Albert MJ, 2007. Plants living on gypsum: beyond the specialist model. *Annals of Botany*. 99: 333-343.
- Parsons RF, 1976. Gypsophily in plants. A review, *American Midland Naturalist*. 96:1, 1-20.

-
- Powell AM, Turner BL, 1977. Aspects of the plant biology of gypsum outcrops of the Chihuahuan desert. In: Riskinn DH ed. Transactions of a Symposium on Biological Resources of the Chihuahuan desert. US Department of the Interior, National Park Service, *Transactions Proceedings Series* 3, 315-325.
- Pueyo Y, Alados CL, Barrantes O, Maestro M, Komac B, 2007. Gypsophile vegetation patterns under a range of soil properties induced by topographical position. *Plant Ecology*. 189: 301-311.
- Pueyo Y, Alados CL, Barrantes O, Komac B, Rietkerk M, 2008. Differences in Gypsum Plant Communities Associated with Habitat Fragmentation and Livestock Grazing. *Ecological Applications*. 18(4): 954-964.
- Rajakaruna N, 2004. The edaphic factor in the origin of plant species. *International Geology Review*. 46: 471-478.
- Reeves RD, Baker AJM, Borhidi A, Berazain R, 1999. Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. *Annals of Botany*. 83:1 29-38.
- Romao RL, Escudero A, 2005. Gypsum physical soil crusts and the existence of gypsophytes in semi-arid central Spain. *Plant Ecology*. 181: 127-137.
- Ruiz JM, Lopez-Cantarero I, Rivero RM, Romero L, 2003. Sulphur phytoaccumulation in plant species characteristic of gypsiferous soils. *International Journal of Phytoremediation*. 5: 203-210.
- Verhey WH, Boyadgiev TG, 1997. Evaluating the land use potential of gypsiferous soils from field pedogenic characteristics. *Soil Use and Management*. 13: 97-103.