

## Jips: Özellikleri, Çevresel Davranışları ve Toprak Islah Maddesi Olarak Kullanımı

\*Gülay KARAHAN<sup>1</sup>, Sabit ERŞAHİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çankırı

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Çankırı

\* Sorumlu Yazar: gulaykarahan@karatekin.edu.tr

### Özet

Yarı-kurak ve kurak bölgelerdeki topraklarda yaygın olarak rastlanan ve günlük hayatımızda kullandığımız jips, basit kimyasal formülüne rağmen tam olarak anlaşılammıştır. Jipsin doğada farklı koşullar altında oldukça farklı davranıyor olması bunun arkasındaki başlıca nedendir. Arazi ıslahından sanayiye kadar bir çok alanda kullanılan jipsin önemi giderek artmaktadır. Ülkemizde ve dünyanın bir çok yerinde yaygın olarak bulunan jipsli toprakların kendine özgü özellikleri ve kullanımlarındaki zorluklar bu mineralin daha iyi anlaşılmasını gerekli kılmaktadır. Diğer taraftan ıslah maddesi olarak kullanılan jipsin toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine olan etkisi ve bitkiler ve toprak canlılarını etkileme şekli henüz tam olarak anlaşılammıştır. Bu makalede, jipsin özellikleri ve doğadaki davranışı anlatılmış ve toprak ıslahı ve bitki besleme amaçlı kullanımı tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Jips, yarı-kurak, toprak fiziksel özellikleri, toprak kimyasal özellikleri, toprak ıslahı, bitki besleme

### Gypsum: Properties, environmental behavior and Its use as Soil Remediation Matter

#### Abstract

Gypsum is a widely distributed mineral in arid and semi-arid landscapes and its use is widespread, yet it is not understood adequately despite its simple formula. That it behaves highly incensistently in the nature is one of the main reasons making it is undersrtood poorly. Gypsum has been becoming increasingly important as it is widely used from industry to land remediation. The unique properties and difficult management of gypsum and gypsyferous soils necessitates their adequate understanding. In addition, gypsum is widely used as a soil conditioner and remediation material, yet its influence on soil physical and chemical properties and interactions between applied gypsum and plants and soil biota are not understood adequately. In this review, properties and environmental behavior of gypsum and its use as a soil remedial are discussed.

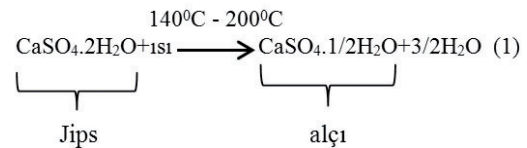
**Key words:** Gypsum, semi-arid, soil physical properties, soil chemical properties, soil remediation, plant nutrition

#### Giriş

Jips, adını Yunanca alevler halinde yanan şey anlamına gelen “GYPS” kelimesinden alır. Latince ise jips, kalsiyum sülfatın buharlaşması anlamındadır. Beyaz renkli ve bir kimyasal tortul taş olan jips, alçıtaşı olarak da isimlendirilir. Ancak alçıtaşı, kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat olan ve tortul kütlelerde rastlanan bir mineraldir ve tabiatta iki farklı şekilde bulunur. Bunlar, 1) bileşiminde iki molekül kristal suyu bulunan türü sulu kalsiyum sülfat, yani jips ve 2) bileşiminde kristal su bulunmayan, susuz kalsiyum sülfat, yani anhidrittir (Anonim, 2015a).

Kimyasal formülü (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) olan jips genellikle CaSO<sub>4</sub> ile karıştırılmaktadır. Toprak biliminde ise yarı çözünebilir bir tuz olarak bilinen jips, çözünebilir tuzlardan farklı tutulur. Ancak jipsin topraktaki davranışları yine de bu mineralin tam anlamıyla anlaşılmasını zorlaştırmaktadır (Herrero ve ark., 2009).

Alçı, alçıtaşının (jips) uygun sıcaklıkta (ortalama 163°C) ısıtılarak, atmosfer basıncı altında kısmi dehidratasyon işlemine uğratılıp, öğütülmesi ve elenmesi ile elde edilir (Eş.1).



Jips, sodik ve ağır killi topraklar için toprak düzenleyici/ıslah maddesi, bitki gelişiminde ise kalsiyum ve kükürt kaynağı olarak yıllardır kullanılmaktadır (Shainberg ve ark., 1989). Kimyasal bileşimi oldukça basit olmasına rağmen, bileşimi gözden kaçan veya yanlış anlaşılın jips, kurak ve yarıkurak iklimlerdeki topraklarda yaygın olarak bulunur. Ancak jipsin kimyasal bileşimi (yapısındaki kedinin özgü kalsiyum dengesi ve su molekülleri ile olan ilişkisi) ve fiziksel özellikleri (yumuşaklığı,

kırılğanlığı) bu minerali doğada son derece önemli kılmaktadır. Bu mineralin oluşumu ve doğadaki davranışları sık sık yanlış yorumlanmaktadır. Bu nedenle, ağırlıklı olarak jipsten oluşan toprakların özelliklerini ve davranışlarını tahmin etmek için bazı fizikokimyasal modellerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır (Herrero ve ark., 2009). Bu makalede, jips ile ilgili bazı bilgiler verildikten sonra, jipsli toprakların özellikleri ve jipsin toprak ıslah amaçlı kullanımı tartışılmıştır.

### Jipsin Başlıca Özellikleri

Bir mineralin tanınmasında, kimyasal bileşimi yanında fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de bilinmesi gerekir. Jipsin özellikleri Tablo 1’de, doğadaki farklı formları ise Şekil 1’de görülmektedir.

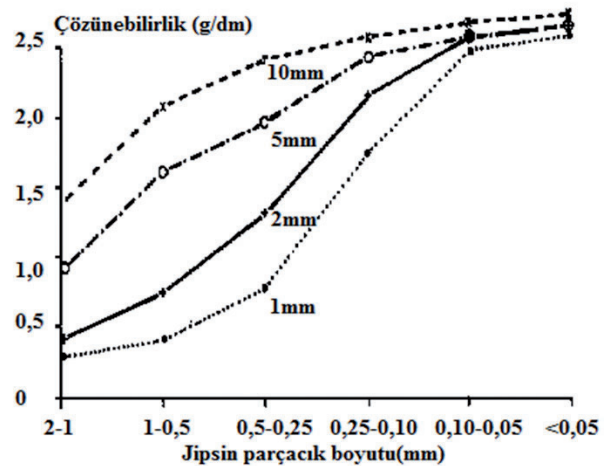
Tablo 1. Jipsin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Filiz, 2008)

Jips	Özellikler
Kimyasal Formülü	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ Jips’in % 22.3’ü kalsiyum (Ca), %18.6’sı ise kükürt (S) dür.
Renk	Renksiz, saydam, beyaz, gri, sarımsı, kırmızı, kahve, siyah, şeffaf-yarı şeffaf, çizgi rengi beyazdır.
Parlaklık	Sedefsi, camsı, kendine özgü inci parlaklıktadır
Yapı	Amorf (şekilsiz), tsel veya gelişi güzel kristaller şeklindedir. Kristal biçimi ince-kalın, levhamsı kristalli; kısa-uzun, prizmatik, iğnemsî, masif, taneseldir.
Dilinim	Çok iyidir, üç yönde dilinimi vardır
İkizlilik	Yüzeyinde kırılğanç kuyruğu, mızrak ve kelebek ikizleri oldukça tipiktir.
Sertlik	2 (Mohs)
Özgülağırlık	2.32 ( $g \cdot cm^{-3}$ )
Ekivalent ağırlığı	86 (g)
Çizilme durumu	Tırnak ile çizilir
Kristal sistemi	Monoklinal
Ayrıncı özelliğı	Düşük sertliğı ve dilinimi
Kırılma	Biri çok düzgün olan iki kırılma yüzeyine sahiptir



Şekil 1. Farklı renk ve şekildeki jips mineralleri (Anonymous, 2015a)

Jipsin suda çözünabilirliğı, parçacık boyutuna (FAO, 1990) (Şekil 2), sulu solüsyonun kimyasına, sıcaklığa ve basınca bağlıdır (Eş.2) (Elorzo ve ark., 1998).



Şekil 2. Jipsin suda çözünabilirliğı üzerine parçacık boyutunun etkisi (FAO, 1990)

Çözünürlüğü yüksek bir mineral olan jips, su ile temas ettiğinde;  $CaSO_4 \cdot 2H_2O + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 3H_2O$  denkliğine göre hızlı bir şekilde çözünebilir (Cooper ve Saunders, 2002).

Jipsin 1.0 atmosfer basınç altında ve 25°C'de çözünürlüğü 2400 mg L<sup>-1</sup> olup, bu değer yağmur suyunda 0-1.500 mg L<sup>-1</sup>'dir (Ford ve Williams, 1989). Jipsin 1.0 atmosfer basınç altında maksimum çözüdüğü sıcaklık aralığı ise 35-40°C'dir (Elorzo ve ark., 1998). Jipsin çözünürlüğü kireç taşından daha yüksektir. Bu yüzden

jips üzerindeki karstik şekiller, kireç taşına göre daha hızlı gelişir (Cooper ve Saunders, 2002). Jipsin çözünürlüğü dört faktöre bağlanmıştır (Doğan, 2002). Bunlar;

- 1- Litoloji,
- 2- Tabakanın kalınlığı,
- 3- Çözünen materyalin içeriği ve
- 4- Jeolojik yapısıdır.

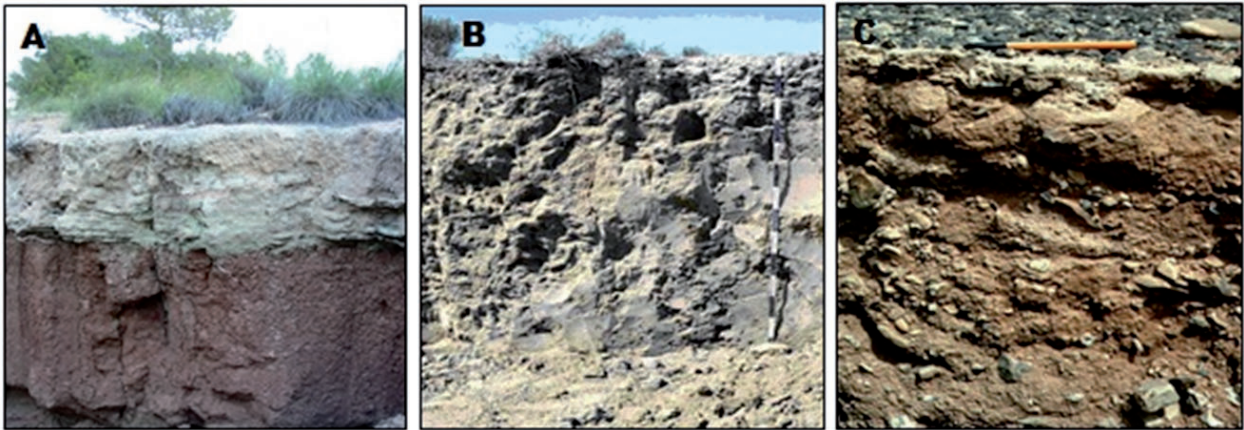
Segalen ve Brion (1981), jipsin çözünebilirliğinin çözeltide bulunan diğer tuzlardan etkilendiğini ve gerçek çözünürlüğünün karbonatlar ve sülfatlar gibi çözünmüş mineraller içeren toprak suyunun kimyasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Karbonat ve diğer sülfatların yüksek konsantrasyonları jipsin daha az çözünmesine neden olur (Franzen ve ark., 2006). Jips, kireçtaşından yaklaşık 10-30 kez daha fazla çözünür ve genelde daha düşük bir mekanik dayanımı vardır. Bu nedenle jipsli arazilerde karstik

peyzajlar gelişir ve bu peyzajlar kireç veya karbonatlı kayalarda olduklarından daha hızlı bozulurlar (White, 1988; Ford ve Williams, 1989).

### Jipsli Topraklar

Jipsli topraklar (Gypsisoller) genellikle yıllık yağışın 400 mm'den düşük olduğu ve jips kaynaklarının bulunduğu kurak ve yarıkurak alanlarda gelişirler (FAO, 1990) (Şekil 3A, 3B, 3C). Bu topraklarda yüzeyden ilk 100 cm derinlikte gypsic veya petrogypsic horizonla birlikte jips veya kalsiyum karbonatla zenginleşmiş okrik (ochric), kambik (cambic), arcillik (argillic), vertik (vertic), kalsik (calcic) veya petrokalsik (petrocalcic) horizon dışında başka tanımlayıcı horizon bulunmamaktadır. Gypsisoller kurak bölgelerde çoğunlukla alüviyal ve kolüviyal depozitlerin bulunduğu düz ve çöküntü alanlarında yer alan eski iç göllerin bulunduğu alanlarda gelişim göstermektedirler.

Gypsisollerde bitki örtüsü ise seyrek ve xerofitik çalı ve ağaçlar ile otlardan oluşmaktadır. Gypsisollerde A-B(t)-C horizon dizilimi görülmektedir. Kalsiyum sülfat ve/veya karbonat birikimi B-horizonunun altındadır. Gypsisollerde genellikle sarımsı kahverengi okrik yüzey horizonu, açık kahverengi beyazımsı bir kambik yüzey altı horizonu üzerinde yer almaktadır (Acar ve ark., 2012).



Şekil 3. Çimentolaşmış (ptric) Gypsisol, Portekiz (A) (Anonyomus, 2012), Soluk kahve Gypsisol, Çin (B) ve Taşlı Gypsisol, İsrail (C) (Anonyomus, 2015b).



Jipsli anamateryaller dūřuk yaęıř nedeniyle toprak profilinden kolaylıkla yıkanamaz ve toprak yūzeyine yakın ped yūzeyleri ve gōzenek çeperlerinde  $CaSO_4$ 'ca zengin suların kapilaritesiyle yeniden kristalleřirler. Topraktaki jips, kayalardan akan yūzey sularından, taban suyundaki eriyik halde bulunan jipsten veya rūzgar tarafından tařınan katılımdan kaynaklanır.

Toprakta jips kristallerinin boyutu arttıkaa toprak kil mineral içerięi artmaktadır. Kūuk jips kristallerini içeren topraklarda (masif jipsler) kil içerięi oldukça dūřuktur. Kil minerallerinin özellikle iri kristalli jips oluřumları ile iliřkili olduęu gōzlenmiřtir (Altay ve ark., 2007).

Jipsli horizonlar içeren topraklar, taşınan sedimentler ve ayrışmış jeolojik formasyonlar gibi ana materyallerden oluşabilir (Taimah, 1992). Bu horizonlar kırıntı jipslerden olduğu kadar pedojenik de oluşabilir. Ancak pedojenik jips oluşumu tam olarak anlaşılamamıştır. Sūlfat iyonları ve jipsin yarı ozūnebilir doğası ( $2.6 \text{ g L}^{-1}$ ,  $25^\circ\text{C}$ ), jipsin oluşumunda ve topraktaki davranışlarında başlıca kontrol mekanizmasıdır (Buck ve Van Hoese, 2002).

Jips, toprakta fidelerin çıkışını engelleyen sert bir yūzey kabuklanmasına neden olabilir (Meyer, 1986; Escudero ve ark., 1999, 2000); plastiklik, agregasyon ve kohezyonu dūřürmesi nedeniyle toprak mekaniğini de olumsuz etkiler (Bridges ve Burnham, 1980) ve belirli alanlarda toprakta gōzeneklilięi azaltarak bitki kōk hareketini sınırlayabilir (Guerrero ve ark., 1999). Ayrıca, yarı kurak bōlgelerde jipsli toprakların suyu yeterince tutamaması, bu bōlgelerde su açığının artmasına

neden olur (Guerrero ve ark., 1999). Jipsli topraklarda sūlfat iyonlarının yūsek konsantrasyonu bitkiler için tehlike oluřturur (Duvigneaud ve ark., 1968; Ruiz ve ark., 2003).

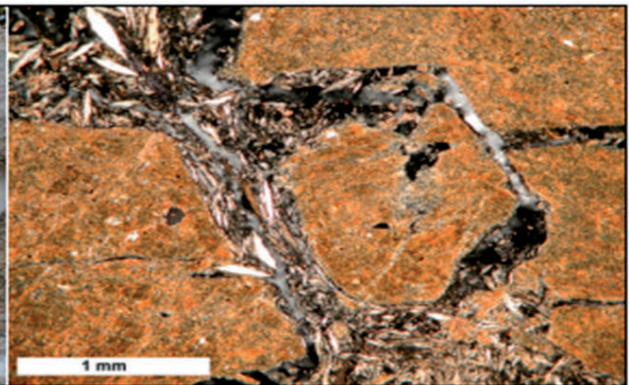
Dūřuk yaęıř ve yūsek buharlařma, kurak ve yarıkurak bōlgelerde tuzlu veya sodik toprakların oluřumunda etkindir. Toprakta deęiřebilir sodyumun yūsek konsantrasyonu, bitkide toksisite, kōklenme ve tohum çimlenmesinin engellenmesi yanısıra kilin dispersiyonunu tetikler ve toprak yapısının bozulmasına neden olur (Smith ve ark., 2009).

Derin ve su kaynaklarına yakın Gypsisollerde birçok ūrūn yetiřtirilebilmektedir. Ancak, petrogypsic (jips ile imentolařarak sertleřmiř toprak katmanı) horizonun yūzeyeye yakın olduęu topraklarda verim genelde dūřuktur. Ayrıca besin dengesizlięi, tařlılık ve sulama sonucu jipsin toprak yūzeyinde dūzensiz daęılımı tarımı kısıtlayan önemli etmenlerdir. Dūnyada Gypsisollerin būyūk bir bōlūmū otlatma amacıyla kullanılmaktadır (Acar ve ark, 2012).

Jips topraklar (gypsum soils) ve jipsli topraklar (gypsyferous soils) bazen yanlıřlıkla birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. řayet toprak özellikleri jips tarafından tayin ediliyorsa jips toprak, řayet jipsin toprak özellikleri ūzerine etkisi kısmi ise jipsli toprak ifadesi kullanılır. Bitki yetiřmeyen kayaçların gōzeneklerinde būyūyen jips iyi bilinen bir ayrıřma ajanıdır. Benzer ūekilde, kalsiyum ve sūlfat iyonları içeren suyun buharlařmasının da pedojenik etkileri vardır. Kayaçlar, buharlařan materyale ve arazi konumuna baęlı olarak makro (řekil 4) ve mikro (řekil 5) leklerde ayrılıp kırılabilirler (Artieda, 1996; Artieda ve Herrero, 2003).



řekil 4. Buharlařan bōlgelerde jipsin būyūmesiyle yūkselen konsolid tabakalar, ABD (Herrero ve ark., 2009)



řekil 5. Jips būyūmesi ile ufalanma, İřpanya (Herrero ve ark., 2009)

### **Bir Toprak Dzenleyici ve Islah Maddesi Olarak Jips**

Daha önce belirtildiği gibi, jipsli topraklarda bitki gelişimi açısından bir problem olan jips, sodik ve ağır killi topraklar için toprak dzenleyicisi ve ıslah maddesi ve bitki gelişimi için Ca ve S gibi besin kaynağı olarak yıllardır kullanılmaktadır (Shainberg ve ark., 1989). İlk bakışta jipsin ıslah amaçlı kullanımı bir tezat oluşturmaktadır. Nasıl oluyor da bir yerde bitki gelişimine engel teşkil eden bir madde, başka bir yerde toprak ıslah maddesi ve bitki besleme amaçlı kullanılabilir? Buradaki farklılık, jipsin farklı koşullarda farklı davranmasından ileri gelmektedir.

Bir toprak dzenleyici olarak kullanıldığında jips, toprakta aşağıdaki koşulların oluşmasına yardımcı olur (Franzen ve ark., 2006).

-Toprak sodikliğini azaltır.

-Hacim ağırlılığını azaltır, suyun topraktaki hareketini ve toprak agregatlaşmasını artırır.

-Toprakta yüzeyin kabuklaşmasını ve yüzey akışını azaltır.

-Toprak pH'nın yüksek olduğu (pH>8,5) topraklarda pH'yı düşürür.

-Alimünyumun dominant olduğu (pH<4,5) topraklarda pH'yı artırır.

-Bazı topraklarda demir klorozunu azaltır.

-Kalsiyum ve kükürt besin elementlerinin miktarı otomatikmen artar.

Jipsin bitki besin kaynağı olarak ve toprak dzenleyicisi olarak faydaları 18. yüzyılın sonlarına kadar uzanan sömürge döneminden beri bilinmektedir (Crocker, 1922). Bununla birlikte jips kullanımı, bazı ülkelerde madenlerden çıkarma ve taşıma maliyetinin yüksek olması nedeni ile büyük ölçüde azalmıştır. Jips, bitki beslenmesi için Ca ve SO<sub>4</sub> iyonlarının hazır olarak temin edildiği mükemmel bir toprak ıslah maddesidir (Shainberg ve ark., 1989; Chen ve ark., 2005; Chen ve ark., 2008). Jipsin toprakta orta derecede çözülebildiği, böylece kükürdün yavaşça serbest bırakılması nedeniyle, kullanılan jipsin toprağa kükürt katkısının yıllarca sürdüğü belirtilmiştir. Diğer taraftan araştırmacılar, atmosferde kükürt miktarının azaltılması ve kükürtlü tarımsal ilaçların kullanımının sınırlandırılmasına yönelik çalışmalar nedeniyle son 30 yıl içinde toprakta kükürt miktarının azalacağını tahmin etmektedirler (Murrell, 2008).

Jips, nötr civarındaki topraklarda kirece göre 200

kat daha fazla çözünebilir (EPRI, 2006). Kalsiyum, iyi bir kök gelişimi için önemli bir bitki besin elementidir (Toma ve ark., 1999). Jipsin çözünmesi ile Ca ve S'ün toprak profilinde kök bölgesi boyunca hareketi sağlanır (Chen ve Dick, 2011).

Toprağa jips ilavesi, killi ve sodik toprakların hidrolik iletkenliğini artırır ve yapısını geliştirir (Oster ve Frankel, 1980; Hamza ve Anderson, 2002). Jips uygulaması topraklarda fazla miktarlarda kalsiyum gereksinimi olan bitkilere yararlı olabilir ve fosfor çözünlürlüğünü artırır (Toma ve ark., 1999; Laya ve ark., 1998; Moore ve Miller, 1994).

Kireçli topraklarda kalsiyumun bitkiler tarafından alınması, bu elementin karbonat şeklinde çökmesi nedeniyle zordur. Ayrıca topraklarımızda fosfor, potasyum, demir ve çinko gibi elementlerin pH'nın yüksek olması nedeniyle bitkilerce alımları sınırlıdır. Bu nedenle toprağa jips uygulandığında, bir taraftan toprak pH'sı dengelenirken, diğer taraftan toprağa bitkilerin gelişmesi için son derece önemli olan kalsiyum ve kükürt verilmiş olur (Anonim, 2015b).

Kükürt noksanlığı ile mücadelede jips uygulaması iyi sonuç vermektedir. Jips uygulanacak alanda dekara 1-5 kg S, yani yaklaşık 5-27.5 kg jips uygulanır. Sülfatın yanı sıra elementel kükürt de gübreleme amacıyla kullanılır. Fakat bu kükürt ancak toprakta oksitlendikten sonra bitkilerce alınabilir. Buna göre sülfat ve elementel S karışımı toprağa uygulandığında hızlı etki eden kükürt formuyla, yavaş etki eden kükürt (S) formu kombine edilmiş olur. Bu nedenle bazı ülkelerde süper fosfata [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + CaSO<sub>4</sub>] elementel S ilave edilerek böyle bir karışım elde edilir. Dolayısıyla bitki ilk büyüme döneminde jipsdeki kükürten yararlanır. İlerleyen zamanlarda elementel kükürt de oksitlenerek bitki tarafından alınır (Mengel, 1991). Shainberg ve ark.(1989) jipsin alt topraklarda asitliği giderdiğini ve ürün verimini artırdığını kaydetmişlerdir. Benzer olarak, Alcordo ve Rechciğl (1993), jipsin asit topraklarda bitki verimini artırmada önemli bir toprak dzenleyicisi olduğunu, jips kullanımının toprakta Ca ve S miktarını artırırken toprak asitliğini azalttığını ve sonuçta bitki verimini artırdığını belirtmişlerdir.

Çeltik ile yapılan bir çalışmada jips uygulaması; bitki boyunu, sap ve tohum verimini ve salkım yoğunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Jips uygulamasından dolayı büyüme, verim ve verim bileşenleri sıralaması bitki dane verimi > bitki yüksekliği > sap verimi > salkım yoğunluğu şeklinde olmuştur (Fageria ve Knuppa, 2014).

Tuzlu-sodik ve sodik toprakların ıslahındaki

en önemli süreç toprak parçacıklarının değişim yüzeylerindeki sodyumun kalsiyum ile yer değiştirilmesi ve topraktan yıkanarak uzaklaştırılmasıdır (Barros ve ark., 2004). Sodik topraklarda toprak değişim yüzeylerinde fazla miktarda yer alan sodyum, killerin disperse olması ve toprak strüktürünün bozulmasına neden olur. Toprak değişim yüzeylerindeki sodyum yüzdesi 15'i aştığında sodiklik problemi kendini hissettirir ve toprağın hem fiziksel hem de kimyasal özelliklerini olumsuz etkiler. Değişim yüzeylerindeki sodyum miktarının azaltılması için sodyumun bir başka kationla yer değiştirmesi gerekir. Bunun için en uygun kation jipsin yapısında yer alan kalsiyumdur (Gupta ve ark., 1985; Abrol ve ark., 1988). Kalsiyum değişim yüzeylerindeki sodyumla kolayca yer değiştirir ve toprakta agregatlaşmayı teşvik eder (Prather ve ark., 1978). Kullanılacak ıslah maddesinin türü ve miktarı genellikle toprağın özelliklerine, arzu edilen ıslah hızına ve ekonomik değerlere bağlı olarak değişmektedir (Ayyıldız, 1983).

Sodyumlu toprakların ıslahını sınırlandıran veya bazen olanaksız kılan başlıca faktör sodyumun neden olduğu dispersiyonun bir sonucu olarak toprağın son derece düşük hidrolik iletkenliğidir (Dutt ve ark., 1972). Toprak su iletkenliğinin düşük olması, kullanılan ıslah maddesinin toprakta dikey hareketinin sınırlanması ve neticede toprağın daha az bir kısmıyla temas etmesi sonucunu doğurmakta, dolayısıyla ıslah maddesinin etkinliğini olumsuz etkilemektedir (Keren ve ark., 1980). Ancak jips uygulamasının zamanla toprağın su geçirgenliğini artırdığı bazı araştırmacılar (Loveday, 1976; Keren ve Shainberg, 1981) tarafından belirtilmektedir.

Tuzlu-sodik ve sodik toprakların ıslahı için gerekli jips miktarı değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP), kation değişim kapasitesi ve ıslah edilmesi amaçlanan toprak derinliği kullanılarak hesaplanabilir. Topraklarda sodikliği gidermek için gerekli jips miktarı ile değişebilir sodyum miktarı arasında önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $R^2=0.94$ ,  $R^2=0.96$ ) (Silva ve ark., 2014).

Jips, sodik toprakların ıslahına yönelik kullanımı yanında diğer farklı amaçlar için de kullanılabilir. Bunlardan önemli olanları Tablo 2'de belirtilmiştir. Alttoprak asitliği kök hareketini sınırlaması nedeniyle bitki gelişimini sınırlayıcı en önemli faktörlerdendir. Bu konuda kireç uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalarda verim artışı belirlenmiştir, ancak derin kireç uygulaması pratik ve ekonomik değildir. Diğer

yandan alt toprağın asitliğini düzenlemek için pratik bir yöntem olarak yüzeye jips uygulanması giderek yaygınlık kazanmaktadır (Sumner, 1993).

Tablo 2. Jipsin topraklarda başlıca kullanım amaçları (www.agronomy.org;www.crops.org; www.soils.org)

Potansiyel Kullanım	Referans
Bitki beslemede Ca ve S kaynağı olarak	Chen ve ark., 2005, 2008
Alt toprak asitliği ve $Al^{+3}$ toksisitesi ıslahında $SO_4$ ve değiştirilebilir Ca kaynağı olarak	Sumner, 1993; Toma ve ark., 1999
Toprakta yüksek sodiklik ve Magnezyum değerlerini düzeltmede Ca ve elektrolit kaynağı olarak	Amezketta ve ark., 2005; Keren ve ark., 1983; Oster ve Frenkel, 1980
Toprak yapısı, su infiltrasyonu, toprak havalanmasını geliştirmek ve toprak erozyonunu azaltmak için Ca kaynağı olarak	Radcliffe ve ark., 1986
Bir çok bitkide köklenmeyi geliştirmek için	Sumner, 1993; Alcordo ve Rechcigl, 1993; Shainberg ve ark., 1982
Toprakta çözünebilir fosfor miktarını artırmak için	Watts ve Torbert, 2009; Torbert ve Watts, 2014; Endale ve ark., 2014

Jips, aynı zamanda birer bitki besin elementi olan Ca ve S kaynağı olması yanında; toprakta agregasyonu teşvik ederek, suyun toprağa girişini (infiltrasyonu) ve toprak içerisindeki hareketini artırır, toprak asitliği ve Al toksisitesini azaltır (Shainberg ve ark., 1989) ve fosfor çözünürlüğünü artırır (Watts ve Torbert, 2009) (Watts ve Dick, 2014).

Saltalı (2015)'ya göre sodik topraklara uygulanacak ıslah maddesi miktarı toprakların KDK, mevcut ESP ve hedeflenen ESP değeri, toprağın hacim ağırlığı, ıslah derinliği ve kullanılan ıslah maddesinin ekivalent ağırlığı kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$GIM = \frac{(EA \times 10)}{1.000.000} \times (A \times D_s \times A_s) \times \frac{(ESP_b - ESP_s)}{100} \times KDK$$

Eşitlikte, GIM; kullanılması gerekli ıslah maddesi (ton), A; ıslah edilmesi planlanan toprağın alanı ( $m^2$ ), EA; kullanılacak ıslah maddesinin (burada jips) ekivalent ağırlığı,  $D_s$ ; toprak derinliği (m),  $A_s$ ;



Toprak hacim ağırlığı  $g\ cm^{-3}$ , ESPb; ıslah edilecek toprağın başlangıç ESP'si, ESPs; toprağın ıslahattan sonraki hedeflenen ESP'si ve KDK; Katyon değişim kapasitesi ( $cmol\ kg^{-1}$ ,  $1\ cmol\ kg^{-1} = 1\ meq\ 100\ g^{-1}$ ) dir.

Örnek; Hacim ağırlığı  $1.2\ g\ cm^{-3}$  olan bir sodik toprağın 0-40 cm derinliğinde  $ESP=35\ meq/100\ gr$ , KDK ise  $30\ meq/100\ gr$ 'dır. Bu toprağın 0-40 cm derinliğindeki ESP değerini 35'den 10'a indirebilmek için bir dekarına ( $1\ da = 1000\ m^2$ ) ne kadar jips kullanılmalıdır?

Gerekli ıslah maddesi (GIM);

$$GIM = \frac{(86 \times 10)}{1.000.000} \times (1000 \times 0,4 \times 1,2) \times \frac{(35 - 10)}{100} \times 30 = \frac{3.096.000}{1.000.000} = 3,096\ tonda^{-1}$$

Hesaplama da jipsin topraklarda çözünmesi ile ortaya çıkan Ca'un Na ile yüzde yüz yer değiştirdiği kabul edilmektedir. Alkali (sodik) topraklarda serbest sodyum karbonat ve bikarbonatın bulunması nedeniyle Ca ile Na'un yer değiştirme oranı azalmaktadır. Bu nedenle, hesaplanan miktar 1.25 ile çarpılarak elde edilen miktar kadar jipsin toprağa uygulanması tavsiye edilmektedir (Ayyıldız, 1983).

Sodik toprakların ıslahında gerekli jips miktarının çok daha hassas olarak hesaplanmasına yönelik bazı bilgisayar modelleri geliştirilmiştir (Dutt ve Terkeltoub, 1972). Bu modeller tuzluluk ve sodikliği bilinen bir toprağı ıslah etmek için gerekli su ve jipsin nicel tahmininde oldukça etkili araçlardır. Simunek ve Suarez (1997) tarafından önerilen UNSTACHEM, gerekli ıslah maddesi miktarının hesaplanmasında toprak hidrolik özellikleri ve toprağın su iletkenliğini esas almaktadır. Çünkü sodik topraklardaki en önemli sınırlayıcı faktörlerin başında, killerin sodyumun neden olduğu dispersiyonunun bir sonucu olarak toprağın son derece düşük hidrolik iletkenliği gelmektedir.

### Kaynaklar

Abrol, I.P., Yadav, J.S.P., Massoud, F.I. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bull. No:39.

Acar, H., Serteser, A., Kargıoğlu., M. 2012. Afyonkarahisar'daki Jipsli Topraklar ile Bitki Örtüsü İlişkisi. AKÜ FEBİD 12 (2012) 021001(1-22).

Alcordero, I.S., Recheigl, J.E.1993. Phosphogypsum in agriculture: A review. Advances in Agronomy. 49: 55-118.

Altay, T., Karakaya, M.Ç., Erkan, Y. 2007. Sivrihisar-Eskişehir Yöresinde Bulunan Farklı Şekillerdeki Jips Oluşumlarının Özellikleri ve Oluşum Koşulları. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg. 23: 1-2.

Amezketta, E., Aragues, R., Bazol, R. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum byproducts in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agronomy J. 97: 983-989.

Anonim, 2001a. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri (Alçı-kireç-kum-çakıl-mıcır-boya Toprakları-tuğla Kiremit) Çalışma Grubu Raporu DPT: 2615 - ÖİK: 626 2001. Ankara.

Anonim, 2015b. 13 Mart 2015.

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Al%C3%A7%C4%B1ta%C5%9F%C4%B1>

Anonyoumus, 2012.

[http://www.user.gwdg.de/~kuzyakov/soils/Gypsisolpetric\\_Portugal.jpg](http://www.user.gwdg.de/~kuzyakov/soils/Gypsisolpetric_Portugal.jpg)

Anonyoumus, 2015a.

<http://www.bing.com/images/search?q=gypsum&FORM=HDRSC2>

Anonyoumus, 2015b.

<http://www.isric.org/about-soils/world-soil-distribution/gypsisols>

Artieda, O. 1996. Genesis y distribucion de suelos en un medio semiarido. Quinto (Zaragoza). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion. Madrid, Spain.

Artieda, O., Herrero, J. 2003. Pedogenesis in lutitic Cr horizons of gypsiferous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1496-1506.

Ayyıldız, M. 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını No: 879.

Barros, M.DeF.C., Fontes, M.P.F., Alvarez, V.V.H., Ruiz, H. A. 2004. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira Engenharia Agricola e Ambiental. 8: 59- 64

Bridges, E.M., Burnham, C.P. 1980. Soils of the state of Bahrain. J. Soil Sci. 31: 689 - 707.

Buck, B.J., VanHoesel, J.G. 2002. Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum, southern New Mexico, U.S.A. Journal of Arid Environments 51: 469-487 doi:10.1006/jare.2001.0849.

Chen, L., Dick, W.A., Nelson, S. 2005. Flue gas desulfurization by-products as sulfur sources for alfalfa and soybean. Agron. J. 97:265-271.

Chen, L., Kost, D., Dick, W.A. 2008. Flue gas desulfurization products as sulfur sources for corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 72:1464-1470. doi:10.2136/sssaj2007.0221

Chen, L., Dick, W.A. 2011. Gypsum as an agricultural amendment: General use guidelines. The Ohio State University Extension, Columbus.

<http://ohioline.osu.edu/b945/index.html> (erişim 4 Eylül 2016).

Cooper, A.H., Saunders, J.M. 2002. Road and bridge construction across gypsum karst in England. Engineering Geology.

- Coutinet, S. 1965. Méthodes d'analyse utilisables pour les sols sales, calcaires et gypseux. *AgronomieTropicale*. 12:1242-1253.
- Crocker, W. 1922. History of the use of agricultural gypsum. Gypsum Industries Association, Chicago, IL.
- Doğan, U. 2002. Çankırı Doğusunda Jips Karstlaşmasıyla Oluşan Sübsidans Dolinleri Subsidence Dolines Formed by Gypsum Karstification at The East of Çankırı. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1* (2002) 67-82.
- Duvigneaud, P. 1968. Essai de classification chimique (éléments minéraux) des plantes gypsicoles du bassin de l'Ebre. *Bull. Soc. Royale Bot. Belgique*, 101: 279 – 291.
- Dutt, C.R., Terkeltoub, R.W. 1972. Prediction of gypsum and leaching requirements for sodium-affected soil. *Soil Science*. 64:445-455.
- Dutt, G.R., Terkeltoub, R.W., Rauschkol, R.J. 1972. Prediction of gypsum and leaching requirements for sodium affected soils. *Soil Sci*. 114:93-103.
- Elorzo, M.G., Santolalla F.G., 1998. Geomorphology of the Tertiary gypsum formations in the Ebro Depression (Spain). *Geoderma*. 87: 1-29.
- Electric Power Research Institute (EPRI). 2006. A review of agricultural and other land application uses of Flue Gas Desulfurization products. EPRI Technical Update Rep. 101385. EPRI, Palo Alto, CA.
- Electric Power Research Institute (EPRI). 2011. Composition and leaching of FGD gypsum and mined gypsum. EPRI Technical Rep. 1022146. EPRI, Palo Alto, CA.
- Escudero, A., Somolinos R.C., Olano, J.M., Rubio, A. 1999. Factors controlling the establishment of *Helianthemum squamatum*, an endemic gypsophile of semi-arid Spain. *J. Ecol*. 87:290 – 302.
- Escudero, A., Iriondo, J.M., Olano J.M., Rubio, A., Somolinos, R.C. 2000. Factors affecting establishment of a Gypsophyte: The case of *Lepidium subulatum* (Brassicaceae). *Am. J. Bot.*, 87: 861 –871
- FAO. 1990. Management of Gypsiferous Soils. *FAO Soils Bulletin* 62. ISBN 92-5-102948.
- Fageria, N.K., Knupp, A.M. 2014. Influence of Lime and Gypsum on Growth and Yield of Upland Rice and Changes in Soil Chemical Properties, *Journal of Plant Nutrition*, 37:8,1157-1170.  
doi:10.1080/01904167.2014.890219. <http://dx.doi.org/10.1080/>
- Filiz, K. 2008. Alçı ve alçı bağlı kalıplarda prizlenme genleşmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ford, D.C., Williams, P.W. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Unwin Hyman, 601p.
- Franzen, D., Rehm, G., Gerwing, J. 2006. Effectiveness of Gypsum in the North central Region of the U.S. NDSU Extension Service. North Dakota State University.
- Guerrero, C. J., Alberto, F., Maestro Martinez, M., Hodgson, J., Montserrat, M.G. 1999. Plant Community Patterns in A Gypsum Area of Ne Spain. II. Effects of Ion Washing on Topographic Distribution Of Vegetation. *J. Arid. Environ*. 41: 411 – 419.
- Gupta, R.K., Bhumbra, D.R., Abrol, I.P. 1985. Release of exchangeable sodium from an alkali soil upon amendment application role of variable charge and exchangeable cation hydrolysis. *Soil. Sci.*, 139: 312-317.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K. 2002. Improving soil physical fertility and crop yield on a clay soil in Western Australia. *Aust. J. Agric. Res*. 53: 615–620.
- Herrero, J., Artieda, O., Hudnall, W.H. 2009. Gypsum, a Tricky Material. *SSSAJ*. 73: 1757-1763.
- Keren, R., Kreite, J.F., Shainberg, I. 1980. Influence of size of gypsum particles on the hydraulic conductivity of soils. *Soil Sci*. 130:113-117.
- Keren, R., Shainberg, I. 1981. Effects of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 45:103-107.
- Keren, R., Shainberg, I., Frenkel, H., Kalo, Y. 1983. The effect of exchangeable sodium and gypsum on surface runoff from loess soil. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 47:1001-1004.
- Laya, D., Van Ranst, E., and Herrero J. 1998. A modified parametric index to estimate yield potentials for irrigated alfalfa on soils with gypsum in Quinto (Spain). *Geoderma* 87:111–122.
- Loveday, J. 1976. Relative significance of electrolyte and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay soil. *Australian J. Soil Res*. 14: 361–371.
- Mengel, K. 1991. Ernährung und stoffwechsel der pflanze. *Gustav Fischer Verlag, Jena*. S. 324.
- Meyer, S.E. 1986. The Ecology of Gypsophile Endemism In The Eastern Mojave Desert. *Ecology*. 67: 1303 –1313.
- Moore, P.A., Miller, D.M. 1994. Decreasing phosphorus solubility in poultry litter with aluminum, calcium, and iron amendments. *J. Environ. Qual*. 23:325–330.
- Murrell, S. 2008. Average nutrient removal rates for crops in the north central region of US. *IPNI Plant Nutrition Today*, Fall 2008, no. 4.  
<http://ipni.net/ipniweb/pnt.nsf/>  
(Erişim: 8 Ağustos, 2016).
- Oster, J.D., Frenkel, H. 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 44:41-45.
- Prather, R.J., Geortzen, J.O., Rhoads, J.D., Frenkel, H. 1978. Efficient amendment use sodic soil reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 42: 782-786.
- Radcliffe, D.E., Clark, R.L., Sumner, M.E. 1986. Effect of gypsum and deep-rooting perennials on subsoil mechanical impedance. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 50: 1566-1570.



- Ruiz, J.M., Lopez-Cantarero, I., Rivero, R. M., Romero, L. 2003 – Sulphur Phytoaccumulation in Plant Species Characteristics of Gypsiferous Soils. *Int. J. Phytoremediation*. 5: 203-210.
- Saltalı, K. 2015. orak Toprakların Oluşumu, Islahı ve Kullanımı. Toprak Amenajmanı. (Ed; Erşahin, S., Öztaş, T., Namlı, A., Karahan, G.) Gazi Yayınevi. Ankara.
- Shainberg, I., Sumner, M.E., Miller, W.P., Farina, M.P.W., Pavan, M.A., Fey, M.V. 1989. Use of gypsum on soils: A review. *Advances in Soil Science* 9: 1–111.
- Simunek, J., Suarez, D.L. 1997. Sodic soil reclamation using multicomponent transport modeling. *J. Irrig. Drain. Engin.* 123:367-375.
- Smith, D.B., Cannon, W.F., Woodruff, L.G., Solano, F., Kilburn, J.E., Fey D.L. 2013. Geochemical and mineralogical data for soils of the conterminous United States. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Data Series 801, Reston, VA.
- Silva, N.M.L., Barros, M.F.C., Fontenele, A.J.P.B., Vasconcelos, R.R.A., Freitas, B.L.Q.O., Santos, P.M. 2014. Application of Gypsum Requirement Levels and Water Depth For Correction the Sodicity and Salinity of Saline-Sodic Soils. *Revista Brasileira De Agricultura Irrigada* V.8, N°. 2, P. 147 - 153, 2014 Issn 1982-7679 (On-Line) Fortaleza, Ce, Inovagri– [Http://www.inovagri.org.br](http://www.inovagri.org.br) doi: 10.7127/Rbai.V8n200234.
- Sumner, M.E. 1993. Gypsum and acid soils: The world scene. *Adv. Agron.* 51:1–32.
- Taimeh, A.Y. 1992. Formation of gypsic horizons in some arid regions of Jordan. *Soil Science*, 153: 486-498.
- Toma, M., Sumner, M.E., Weeks, G., Saigusa, M. 1999. Long-term effects of gypsum on crop yield and subsoil chemical properties. *SoilSci. Soc. Am.J.* 63:891–895. doi:10.2136/sssaj1999.634891x
- Torbert, H.A., Watts, D.B. 2014. Impact of flue gas desulfurization gypsum application on water quality in a Coastal Plain soil. *J. Environ. Qual.* 43:273–280. doi:10.2134/jeq2012.0422
- Watts, D.B., Torbert, H.A. 2009. Impact of gypsum applied to grass buffer strips on reducing soluble P in surface water runoff. *J. Environ. Qual.* 38:1511–1517. doi:10.2134/jeq2008.0378
- Watts, D.B., Dick, W.B. 2014. Sustainable Uses of FGD Gypsum in Agricultural Systems: Introduction. *Journal of Environmental Quality*. 43:246–252 (2014) doi:10.2134/jeq2013.09.0357
- White, W.B. 1988. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press, Oxford. 464 pp.