

## Zeolit ve Feldspatın Alternatif Kireçleme Materyali Olarak Değerlendirilmesi

Veli UYGUR

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

Sorumlu yazar: [veliuygur@isparta.edu.tr](mailto:veliuygur@isparta.edu.tr)

Geliş tarihi: 09.09.2019, Yayına kabul tarihi: 03.10.2019

**Özet:** Toprakların asitleşmesi en önemli toprak bozunum süreçlerinden bir tanesi olup bu tip topraklar kireçleme ile tekrar belirli süreliğine verim kapasitesi yükseltilebilmektedir. Ancak çok yıllık kalsifüj bitkilerin bulunduğu alanlarda Ca/Mg içerikli kireçleme materyalleri kullanılamamaktadır. Bu çalışmanın amacı alkalın karakterli zeolit ve feldspat gibi materyallerin öğütülmüş ince tanecikli formlarının asit iyonlarını nötralize etme kabiliyetlerini belirlemektir. Tanecik boyutu 1-0.5 mm, 0.5-0.25 mm ve 0.1 mm'den küçük zeolit numunelerin ve tanecik boyutu <0.1 mm olan feldspat üzerine değişen konsantrasyonlarda HCl çözeltisi eklenerek materyallerin H iyonlarını tamponlama kabiliyeti belirlenmiştir. Zeolitin titrasyon eğrileri arasında tanecik boyutuna bağlı olarak önemli değişimler olduğu ve tüm zeolit boyutlarının feldspattan daha iyi tamponlama kabiliyeti olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak zeolitin ve feldspatın hem asitliği gidermede hem de toprakların kimyasal özelliğinin geliştirilmesinde kalsifüj bitkiler için alternatif kireçleme materyali olarak kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Toprak asitliği, kalsifüj bitkiler, kireçleme, zeolit, tanecik boyutu, feldspat

### Evaluation of Zeolite and Feldspar as an Alternative Liming Material

**Abstract:** Acidification of soils is one of the most important soil degradation processes and this type of soils can be provisionally remediated towards increasing soil fertility by liming practices. However, Ca / Mg containing liming materials cannot be used in areas where perennial calcifuge plants are present. The aim of this study is to determine the ability of materials such as milled fine-grained forms of zeolite and feldspar with alkaline character to neutralize acid ions in soil environment. The ability to buffer H ions was determined by equilibrating HCl solution at varying concentrations with zeolite samples having a particle size of 1-0.5 mm, 0.5-0.25 mm and 0.1 mm and feldspar with a particle size <0.1 mm. The titration curves of the zeolite samples were found to vary significantly depending on the particle size and all zeolite sizes had better buffering ability than the feldspar. As a result, it has been concluded that zeolite and feldspar can be used as an alternative liming material for calcifuge plants both in remediating the acidity and in improving the chemical properties of soils.

**Key words:** Soil acidity, calcifuge plants, liming, zeolite, particle size, feldspar

### Giriş

Asit topraklar ileri derecede oluşan tecezzinin neticesinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak verimsizleşmektedir. Bu toprakların bitki yetiştirme ortamı olarak kalitesinin yükseltilmesi için toprak pH sınır artırılması gerekmektedir. Bu maksatla yaygın kireçleme materyali olarak Ca ve Mg' nin oksitleri, hidroksitleri ve

karbonatları kullanılmaktadır (Sims, 1996; Brady ve Ray, 2017). Kalsiyumlu yapılar kolay bulunması, ekonomik olarak birim fiyatının düşük olması gibi nedenlerle tercih edilmektedir. Ancak kalsifüj bitkilere toprak pH'sının düzenlenebilmesi için piyasada yaygın olarak bulunan kireçleme materyallerinin kullanılabilmesi mümkün

değildir. Zira kireçleme ile yükselen pH bu bitkilerde yüksek miktarlarda kaldırılan Fe, Al ve Mn gibi metallerin çözünmeyen formlara dönüşmesini sağlayarak kalsifüj bitkilerin gelişimini olumsuz etkilemektedir (Kacar, 2013).

Potansiyel olarak bu problemin bulunduğu topraklar çay yetiştiricilik alanlarıdır. Günümüzde Türkiye’de 75890 ha alanda çay yetiştiriciliği yapılmakta (Dünyada 8. Sırada) ve üretilen çay miktarı açısından Türkiye Dünyada 221600 ton üretimle 5. sırada bulunmaktadır (Kurt ve Hacıoğlu, 2011). Ancak çay yetiştiriciliğinde iyi sürgünün elde edilebilmesi için özellikle azotlu gübrelemenin kritik önemi bulunmaktadır. Bu bağlamda yörede toprak özelliklerinin de bir sonucu olarak uzun yıllar azot kaynağı olarak amonyum sülfat kullanılmıştır (Kacar, 2010, 2012; Yüksek ve ark., 2013) bu uygulamanın sonucu olarak pH’ sı 3’ ün altına inen alanların bulunduğu bildirilmektedir (Kacar, 2010). Sürücü ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada çay topraklarının pH’larının ortalama 3.86 en düşük değerin ise 2.8 olduğunu bildirmektedirler. Bu da problemin ne derece ciddi boyutlarda olduğunu açıkça göstermektedir.

Toprakların bozulmasını önleyebilmek için çay yetiştiriciliği yapılan Borçka, Çamlıhemşin ve Hemşin’de 2 531 da alanda organik çay yetiştiriciliğine başlanmıştır (Özden, 2009; Canik, 2011; Özcan ve Yazıcıoğlu, 2013). Ancak, yeterli organik gübrenin verilememesi, organik yetiştiricilikle ilgili ticari gübrelerin bulunmaması dolayısıyla (Gültekin, 2013) bitkilerin gelişmesi için yeterli azotun sağlanamaması neticesinde organik tarımda da elde edilen verim ve kalite giderek düşmektedir (Organik çay fabrikası yetkilileriyle yüz yüze görüşme). Sonuç olarak konvansiyonel yetiştiricilikte çay topraklarının bozulması, çevre kirliliği gibi problemler başat iken; organik tarımda yeterli azot ve diğer bitki besin elementlerinin sağlanamamasına bağlı verim ve kalite problemi oldukça yaygındır. Bu bağlamda bazı araştırmacıların tamamen ya da kısmen organik tarıma geçme önerilerinin ne derece yerinde olduğu tartışmalıdır. Çay

yetiştiriciliğinin tüm bu problemlerin temel nedeni, zaman içerisinde çay topraklarının asitleşmesidir. Çay bitkisinin kalsifüj olması nedeniyle bu toprakların yaygın olarak kullanılan, ortama hızlı bir şekilde kireç salınımı yapan materyallerle kireçlenerek asitleşmenin durdurulamaması ise problemin her geçen gün daha da büyümesi sonucunu doğurmaktadır.

Bu çalışmanın amacı kalsifüj bir bitki olan ve Karadeniz Bölgesi’nde yaygın olarak yetiştirilen çay bitkisinin yetiştirme alanlarında yaygın olarak görülen halen gerek organik gerekse konvansiyonel tarım sisteminde bir çözüm üretilmeyen asitleşme probleminin çözümünde kullanılabilecek potansiyel kireçleme materyallerinin belirlenmesidir. Bu bağlamda alternatif olabilecek süspansiyonlarında alkalın karakter gösteren, ayrışma süreçleri boyunca oluşan asit iyonları nötralleştirebilen, gerek mevcut durumu gerekse ayrışma ürünlerinin toprakların katyon değişimine katkıda bulunabilen farklı boyuta sahip zeolit ve feldspat gibi minerallerin kireçleme materyali olarak asit topraklarda kullanılabilme potansiyellerinin belirlenmesidir.

### Materyal ve Metot

Bu materyallerin seçilmesinin nedeni her iki materyalin sulu süspansiyonlarının, kireçte olduğu gibi, pH’ larının 8.3-8.4 aralığında olmasıdır. Ayrıca doğal zeolit kaynakları bakımından Türkiye’nin zengin bir ülke olduğu belirtilmektedir. Mevcut zeolit rezervlerinin 45.8 milyar ton gibi büyük hacimlerde olduğu tespit edilmiştir. Feldspat rezervlerinin ise 240 milyon tondan daha fazla olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2010). Ortoklaz ve mikroklin olarak adlandırılan K-feldspat, ülkemizde kütle halinde fazla rastlanan bir mineral olmamasına karşın granitik ve siyenitli kayalardan zenginleştirme işlemleri ile ayrıştırılarak ülke ekonomisine ve sanayiye kazandırılacak çok büyük rezervlere sahiptir (Anonim, 2010).

Zeolit üretimi yapan firmadan farklı boyutlarda temin edilen zeolitin genel özellikleri Çizelge 1’ de verilmiştir. Daha sonra zeolitler elenerek tanecik boyutu 1-0.5

mm, 0.5-0.25 mm ve 0.1 mm den küçük olan fraksiyonlar elde edilmiştir. Kimyasal özellikleri Çizelge 2’de verilen K-feldspatın

bu maksatla tanecik boyutu 0.1 mm’den küçük olan fraksiyonu kullanılmıştır.

Çizelge 1. Kullanılan zeolitin genel özellikleri (Rota Madencilik, 2019)

Table 1. Descriptive properties of the experimental zeolite (Rota Madencilik, 2019)

Genel		
Kimyasal isim	: Kalsiyum, potasyum, sodyum aluminosilikat	
Kimyasal aile	: Doğal zeolit	
Kimyasal özel isim	: Klinoptilolit (%90-95), Kristobalit (%0-5), Tridimit (%0-5)	
Kimyasal formül	: (Ca, K <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> , Mg) <sub>4</sub> Al <sub>8</sub> Si <sub>40</sub> O <sub>96</sub> . 24 H <sub>2</sub> O	
Kimyasal içerik		
SiO <sub>2</sub> %	65-72	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 0.7-1.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	10-12	MgO % 0.9-1.2
CaO %	2.4-3.7	Na <sub>2</sub> O % 0.1-0.5
K <sub>2</sub> O %	2.5-3.8	MnO % 0-0.08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	0-0.01	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.02-0.03	
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	5.4-7.2	
KDK* 150-200 cmol/ kg		

\* Metilen mavisi yöntemiyle belirlenmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan potasyum feldspatın kimyasal özellikleri (Kale Maden, 2014)

Table 2. Chemical properties of the experimental K-feldspar (Kale Maden, 2014)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	KO <sub>2</sub>
(%)							
67.2	18.1	eser	0.12	0.50	0.30	3.0	10.5

Temin edilen kireçleme materyallerinin titrasyon eğrisinin belirlenmesi için her bir materyalden 5 g örnek alınmış ve bu örneğin üzerine bir miktar su ilave ettikten sonra 0.01 M HCl çözeltisinden artan miktarlarda ilave edilerek ve son hacim 50 mL ye tamamlanmıştır. Bu şekilde materyallere 0, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 ve 5000 mmol/kg olacak şekilde H iyonu ilavesi yapılmıştır. Süspansiyonlar günde iki defa karıştırılarak 4 gün süreyle dengeye gelmesi beklenmiştir. 4 günün sonunda süspansiyonların pH’ları ölçülerek titrasyon eğrileri elde edilmiştir.

Karadeniz bölgesinin asit topraklarının kireçlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda kalsiyum karbonat inkübasyon metoduna en uygun metotların Dunn ve SMT metotlarının olduğu belirlenmiştir (Özuygur ve ark., 1974). Bu çalışmada farklı tarımsal uygulamalar altında olan toprakların kireç ihtiyacı Dunn metoduyla (Dunn, 1943) belirlenmiştir. Çay bitkisinin de optimum yetiştirme şartları gözetilerek titrasyon eğrisinden pH 6 yükseltecek kireç miktarı belirlenmiştir.

Deneme verilerinde tesadüf parsellerinde 4 x 8 faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi yapılarak, ortalamalar arasındaki çoklu karşılaştırmalar Duncan testine göre p≤005 güven sınırında yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Çizelge 3’ de farklı boyuttaki zeolitlerin ve feldspatın değişen miktarlarda asit eklenmesi sonucunda oluşan denge pH’ ları verilmiştir. Varyans analizi alternatif kireçleme materyallerinin her birisinin farklı titrasyon eğrisine sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Bu bağlamda her bir materyalin asit iyonlarını tamponlama kapasiteleri önemli derecede birbirinden farklıdır. Duncan testi zeolitin feldspattan daha yüksek bir tamponlama kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda zeolitin tanecik boyutunun da asit tamponlama kabiliyetini önemli derecede etkilediği gözlenmiştir. En yüksek tamponlama 0.25-0.5 mm çapına sahip zeolitte tespit edilmiş olup bunu 0.5-1 mm

ve <0.1 mm tanecik boyutuna sahip zeolit örnekleri takip etmiştir.

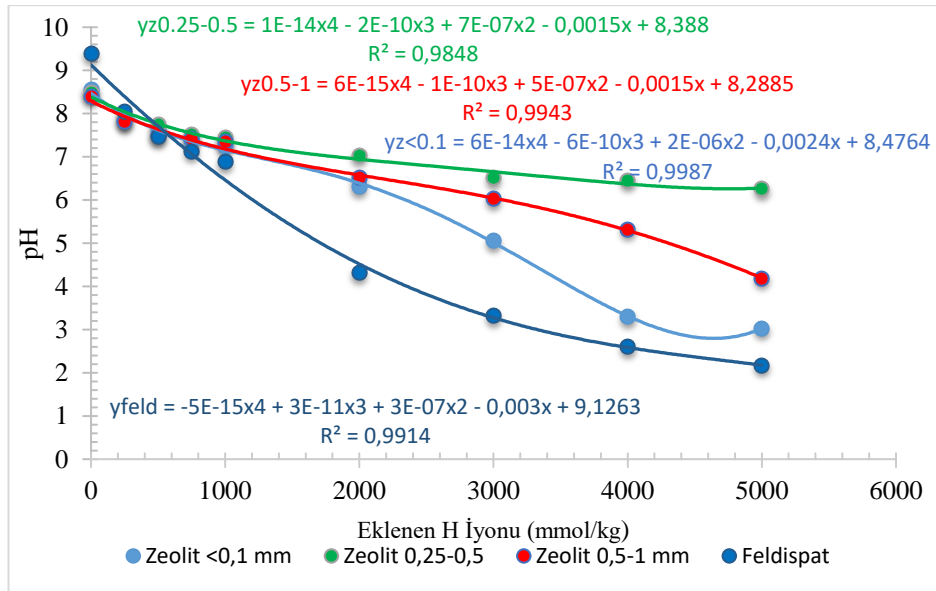
Titrasyon eğrisinden yapılan hesaplamalar süspansiyonun pH 7'ye ulaşması için materyallerin tamponlayabildiği H iyonu miktarının <0.1 mm' lik zeolit için 1266 mmol/kg, 0.25<Ø<0.5 mm' lik zeolit için 2059 mmol/kg, 0.5<Ø<1 mm' lik zeolit için 1427 mmol/kg ve feldspat için ise 880 mmol/kg olduğunu göstermektedir. Bu maksatla çay topraklarının 5.5-6 civarında olması

gerektiği tavsiye edildiğine göre (Kacar, 2000) tamponlanabilecek olan asitlik miktarları (denge pH'sı 6 olduğu durumda) Ø<0.1 mm'lik zeolit için 2248 mmol/kg, 0.25<Ø<0.5 mm' lik zeolit için 5000 mmol/kg'dan fazla, 0.5<Ø<1 mm' lik zeolit için 3042 mmol/kg ve feldspat için ise 1342 mmol/kg olmaktadır. pH 7 ve pH 6 arasındaki tamponlamanın H-OH nötralizasyonundan ziyade iyon değişimi mekanizmalarıyla gerçekleştirildiği değerlendirilmektedir.

Çizelge 3. Kireçleme materyallerinin artan miktarlarda eklenen hidrojen iyonlarının denge pH' sına etkisi

Table 3. Effect of increasing amounts of hydrogen ions added on equilibrium pH of liming materials

Kireçleme materyali	İlave edilen H iyonu (mmol/kg)									Ortalama Mean
	Added hydrogen ions (mmol/kg)									
Liming materials	0	250	500	750	1000	2000	3000	4000	5000	
Feldspat	9.39	8.05	7.46	7.13	6.88	4.31	3.32	2.60	2.17	5.70 D
Zeolit (<0.1mm)	8.53	7.84	7.61	7.37	7.25	6.31	5.06	3.30	3.03	6.25 C
Zeolit (0.25-0.5)	8.49	7.90	7.76	7.51	7.44	7.03	6.52	6.45	6.26	7.26 A
Zeolit (0.5-1 mm)	8.40	7.81	7.50	7.43	7.35	6.52	6.04	5.32	4.19	6.73 B
Ortalama (Mean)	8.70a	7.90b	7.58c	7.36d	7.23e	6.04f	5.23g	4.41g	3.91i	6.48

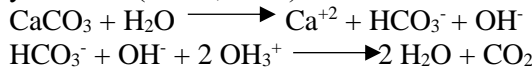


Şekil 1. Farklı boyutlardaki zeolit ve feldspat örneklerinin titrasyon eğrileri  
Figure 1. Titration curves of experimental feldspar and zeolite with differing size

Bu çalışma kapsamında farklı kullanım altında değişik pH değerlerine sahip üç toprağın kireçleme/titrasyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 2). Bu eğriler üzerinden

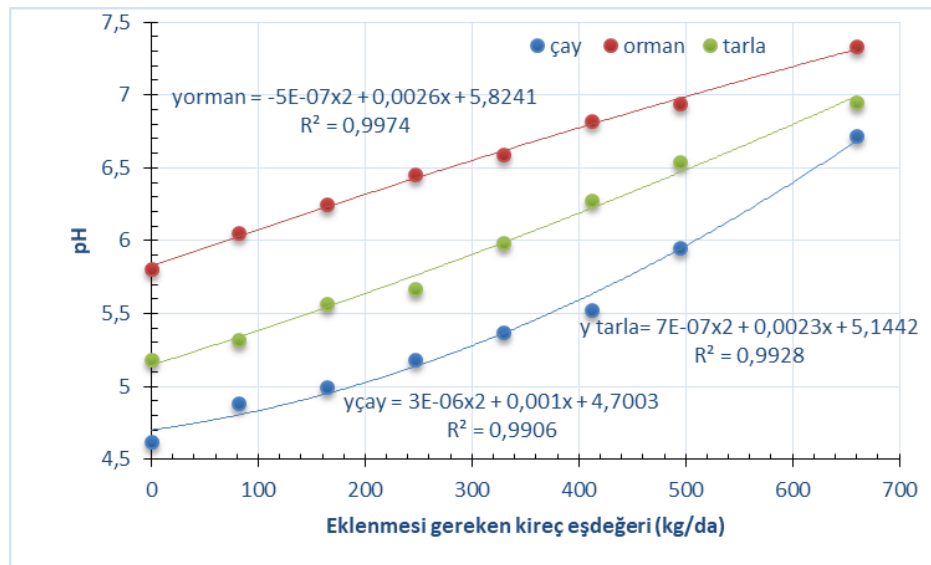
alternatif kireçleme materyallerinin hedef pH değerine ulaşılabilmesi için gereken miktarları hesaplanmıştır. pH 6.5'e (ulaşmak için bu topraklara, çay toprağı için

629.2, orman toprağı için 278, tarla toprağı için ise 482 kg CaCO<sub>3</sub> da<sup>-1</sup> kireç uygulanması gerektiğı Şekil 2 deki grafikten hesaplanmıştır. pH 6.0 için ise bu değerler sırasıyla 527, 69.8 ve 335 kg CaCO<sub>3</sub> da<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Toprakların kireç ihtiyacı, aktif ve değışebilir asitliğin bir fonksiyonu ve istenilen bitkinin optimum pH isteğine bağılı olarak ortaya çıkmaktadır (Sims, 1996). Bu bağlamda yukarıda hesaplanan kireç ihtiyaçları H iyonu eşdeğerine dönüştürüldüğünde çalışmadaki örnek topraklar için kullanılabilir alternatif kireçleme materyallerinin miktarı hesaplanabilir. Asit topraklarda kireçleme sırasında oluşan reaksiyon aşağıdaki gibi yazılabilir (Kacar, 2013).



Yukarıdaki reaksiyon stokiyometrisine göre 100 kg kirecin 2000 mol hidrojen iyonu ile reaksiyona girdiğı görülmektedir. Bu durumda örnek toprakların pH'sını 6'ya ulaştırmak için belirlenen kireç ihtiyaçları sırasıyla 10540 [(527/100)\*2000 = 10540 mol], 1396 ve 6700 mol hidrojen iyonu/da (0-20 cm derinlikte) nötralize edilmesi gerekmektedir. Bu hidrojen miktarlarına göre alternatif kireçleme materyallerinden kullanılması gereken miktarlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Bu hesaplamada kireçleme materyalinin pH 7'ye ulaşması için eklenmesi gereken H iyonu miktarları esas alınmıştır. Zira bu değerin altında materyalin çözelti ortamına sağladığı OH iyonu miktarı tükenmekte olduğu ve sonraki aşamada oluşan tamponlamanın büyük ölçüde iyon değışimi mekanizmalarıyla gerçekleştiğı varsayılmıştır.



Şekil 2. Dunn metoduyla belirlenmiş asit toprakların kireçleme (titrasyon) eğrisi  
Figure 2. Liming (titration) curves of the acid soils determined by Dunn method

Çizelge 4'te önerilen alternatif materyallerin kullanım miktarlarının çay toprağı için 11.98-5.12; orman toprağı için 1.59-0.68 ton/da ve tarla toprağı için ise 7.61-3.25 ton/da arasında değışim göstermiştir. Alternatif materyallerin standart kirece göre (%100 safiyette olduğu varsayıldığında) 9.72-22.72 kat daha fazla kullanılması gerekmektedir. Bu materyaller

göreceli olarak fazla kullanılacak olmasına rağmen kalsifüj bitkilerin bulunduğu asit/asitleşmekte olan toprakların rehabilitasyonu açısından kullanılması gerekmektedir. Zira bu minerallerin yapısında göreceli olarak, tarım kireci ile kıyaslandığında, çok daha düşük seviyelerde Ca içermektedir. Bu materyallerden zeolitte %3.7'den daha düşük, feldspatta ise %0.5

Ca var iken (Rota Madencilik, 2019, Kale Maden, 2014) kireçte bu değer %40' tır. Alternatif materyallerin kullanımında, hem düşük miktarlardaki Ca hem de Ca'nın bir kısmının kristal yapıda yer alması nedeniyle (Boettinger ve Ming, 2002), çözelti fazına hızlı Ca salınımı yapan tarım kireci kullanımının kalsifüj bitkiler üzerine oluşturduğu olumsuz etkilerin ortaya çıkmayacağı değerlendirilmiştir (Kacar, 2010). Diğer taraftan zeolitlerin 150-210 cmol/kg'lık yüksek katyon değişim kapasitesi asit toprakların düşük olan bu özelliğini de geliştirecektir. Dekarda 250 ton toprak hesabıyla uygulanan yaklaşık %2' lik zeolit KDK'da  $200 \times 0.02 = 4$  cmol/kg'lık bir artış sağlayabilmektedir. Diğer taraftan  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  oranı itibarıyla belirlenen toprak yaşının da gençleşmesini sağlayarak, toprağın daha uzun süre verimli şekilde kullanılmasına yardımcı olacaktır. Zeolit materyallerinin gerek değişebilir/kolayca çözelti fazına geçebilir formlarda bulunan K ve diğer alkali/toprak alkalisi katyonlar,

gerekse kristal örgüsü içerisinde yer alan katyonlar (tecezzi sonrası) asit toprakların bu elementlerce sürdürülebilir yönetimine önemli katkı sağlayabilecektir. Bu araştırmada kullanılan zeolit kimyasal yapısında Si ile koordine olmamış tanecik boyutuna göre %0.80-1.22 oranında değişen potasyum bulunmaktadır (Şanlı-Çelik, 2017). Bu miktarlar genellikle tanecik boyutunun küçülmesine bağlı olarak artış göstermektedir.

Diğer taraftan feldspatın ayrışmasıyla yıkanmanın derecesine göre 2:1 tipi ya da 1:1 tipi kil mineralleri oluşmaktadır (Brady ve Ray, 2017). Dolayısıyla feldspatlarla yapılacak kireçleme işlemi toprağın  $\text{SiO}_2$  miktarını arttıracığından zaman içerisinde zeolite benzer bir etki göstereceği değerlendirilebilir. Potasyum açısından zengin olan feldspattan tecezzi sırasında ve öğütmeden kaynaklanan fiziksel etki sonucunda açığa çıkacak olan K'nın verimlilik ve gübre ekonomisi açılarından getireceği ekstra faydalar da bulunmaktadır.

Çizelge 4. Örnek toprakların pH 6'ya ulaşması için kullanılması gereken kireçleme materyalleri (ton/da)

Table 4. Liming materials (ton / da) required to reach pH 6 of the experimental soils

Kireçleme materyalleri (KM) Liming materials	Çay toprağı <i>Tea soil</i>	Orman toprağı <i>Forest soil</i>	Tarla toprağı <i>Field soil</i>	KM / Kİ oranı <i>ratio</i>
Feldspat ( <i>Felspar</i> )	11.98	1.59	7.61	22.73
Zeolit (<0.1mm)	8.33	1.10	5.29	15.81
Zeolit (0.25-0.5)	5.12	0.68	3.25	9.72
Zeolit (0.5-1 mm)	7.39	0.98	4.70	14.02

Kİ, kireç ihtiyacı (*lime requirement*)

## Sonuç

Alternatif kireçleme materyalleri her ne kadar kireç ihtiyacının 9.72-22.72 kat daha fazla uygulanması gerekiyorsa da çay örtüsü altında olan toprakların direk olarak tarım kireci ile pH sınırın yükseltilmesi ya da sürdürülebilir yönetimi mümkün değildir. Bu nedenle bu materyallerin çay gibi kalsifüj bitkilerin bulunduğu topraklarda kullanılabilmesi mümkündür. Kalsiyum içeriği düşük bu materyallerle yapılacak olan pH düzenlemeleriyle toplamda 76 000 hektara ulaşan (Anonim, 2015) ve asitleşme problemi olan çay arazilerinin ıslahı

mümkün olabilecektir. Diğer taraftan bu materyallerle toprakların pH sınırın yükseltilmesi, topraklara önemli miktarlarda potasyum ilavesi sağlaması ve verimlilik açısından toprağın gençleşmesini sağlayacağından, asit toprakların rehabilitasyonunda kullanılması önerilebilir. pH'yı düzenleme etkisi bakımından 0.25-0.5 mm çapına sahip olması gerektiği değerlendirilmiştir. Diğer taraftan zeolit uygulamasıyla toprakta artacak olan katyon değişim kapasitesi toprakların asit iyonlarına karşı tamponlama gücünü de arttıracığından

asit toprakların sürdürülebilir kullanımına ve kimyasal özelliklerinin gelişmesine ek katkı sağlayabilecektir.

### Teşekkür

Zeolit numunelerini sağlayan Rota Madencilik A.Ş ve K-feldspat örneklerini sağlayan Kale Maden, Endüstriyel Hammaddeler San. Tic. ve A.Ş. yetkililerine teşekkür ederim.

### Kaynaklar

- Anonim, 2010. Feldspat Raporu. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. [http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/8c09c2ec26db837\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/8c09c2ec26db837_ek.pdf) .. 04.09.2019.
- Anonim, 2015. Çay Sektörü Raporu. Çaykur. <http://www.caykur.gov.tr/CMS/Design/Sources/Dosya/Yayinlar/104.pdf>. 04.09.2019.
- Boettinger, J.L. and Ming, D.W., 2002. Zeolites In: Mineralogy with Environmental Applications. (Eds. Dixon, J.B and D.G. Schultze). SSSA Book Series No 7., SSSA, Madison, USA pp 585-610.
- Brady, N. C. and Ray, W. R., 2017. The Nature and Properties of Soils (15 edn). Pearson Education, United States of America & United Kingdom.
- Canik, F., 2011. Türkiye’de Organik Tarım, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. TEPGE BAKIŞ, Nüsha 15.
- Dunn, L.E., 1943. Lime Requirement Determination of Soils by Means of Titration Curves. Soil Science 56: 341-351.
- Gültekin, S., 2013. Organik Tarım Kümelenmesi ve Çay Sektörünün Bölgesel Rekabet Analizi. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, sayfa 136-155, 3,4 Mayıs 2013, Rize.
- Kacar, B., 2010. Çay (Çay Bitkisi, Biyokimyası, Gübrelemesi, İşleme Teknolojisi). Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar, B., 2013. Temel Gübre Bilgisi. Nobel yayınevi, Ankara.
- Kale Maden, 2014. [www.kalemaden.com.tr](http://www.kalemaden.com.tr). (17.9.2014).
- Kurt, G. ve Hacıoğlu, H.K., 2013. Dünya Ülkeleri ile Türkiye’nin Çay Üretiminin İstatistiklerle İncelenmesi. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, sayfa 39-63, 3,4 Mayıs 2013, Rize.
- Özcan, M. ve E. Yazıcıoğlu. 2013. Türkiye Çay Yetiştiriciliğinin Sorunları ve Öncelikleri. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, sayfa 64-77, 3,4 Mayıs 2013, Rize.
- Özden, V.D. 2009. Türkiye Siyah Çay Sektör Raporu, Avrupa İşletmeler Ağı-Karadeniz. <http://www.ulusalcaykonseyi.org.tr/> (25.10.2015)
- Özuygur, M., M. Ateşalp, M. Börekçi.1974. Doğu Karadeniz Topraklarının Kireç İhtiyaçlarının Tayinde Uygulanacak Metotlar ve Kireçleme Malzemeleri Üzerinde Bir Araştırma. TUBİTAK-TOAG 107 nolu proje raporu.
- Rota Madencilik, 2019. <https://www.rotamining.com/wp-content/uploads/2017/07/ROTA-URUNBILGISI.pdf> (02.09.2019).
- Sims, J. T. (1996). Lime Requirement. In: *Methods of Soil Analysis: Part 3-Chemical Methods* Eds Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A. et al. Soil Science Society of America, Inc Madison & Wisconsin, United States of America, pp: 491-515.
- Sürücü, A., M. A. Özyazıcı, G. Özyazıcı, V. Uygur. 2013. Determination of Appropriate Extraction Methods for Available Iron, Copper, Zinc and Manganese in Acid Soils. Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences 19(4): 256-267.
- Şanlı-Çelik, 2017. Zeolitlerde Potasyum, Amonyum ve Fosfor Sorpsiyon/Desorpsiyon Kimyası. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yüksek, T., F. Yüksek, E. Sütü. 2013. Rize Yöresinde Çay Tarımında Gübreleme Sorunları ve Sürdürülebilir Çay Tarımı İçin Yeni Stratejiler. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, sayfa 89-100, 3-4 Mayıs 2013, Rize.