

PAPER DETAILS

TITLE: Investigation of the availability of borogypsum industrial waste the boron-containing diammonium phosphate the production

AUTHORS: Rövsen GULIYEV

PAGES: 87-92

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/502064>



BOR DERGİSİ

JOURNAL OF BORON

<http://dergipark.gov.tr/boron>



Borojips endüstriyel atığının bor içerikli diamonyum fosfat üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi

Rövşen Guliyev*

Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Ardahan, Türkiye; ORCID ID orcid.org/0000-0003-2396-8201

MAKALE BİLGİSİ

Makale geçmişi:
İlk gönderi 09 Mayıs 2017
Revize gönderi 23 Şubat 2018
Kabul 28 Mart 2018
Online 05 Temmuz 2018

Araştırma Makalesi

DOI: 10.30728/boron.311162

Anahtar kelimeler:
Borojips,
Diamonyum fosfat,
Gübre,
Endüstriyel atık

ÖZET

Sunulan çalışmada endüstriyel atık olan borojipsin diamonyum fosfat üretiminde değerlendirilerek bor içerikli gübre elde edilmesi incelenmiştir. Laboratuvar koşullarında diamonyum fosfat, borojips ile 1,00:0,25; 1,00:0,50; 1,00:0,75; 1,00:1,00; 1,00:1,25; 1,00:1,50 mol oranlarında karıştırılmış karışma esnasında katı/sıvı (K/S) oranı 1,5, sıcaklık 35°C, karışma süresi 60 dakika, pulpun başlangıç karışma pH'ı 5,5 ve karışma hızı 600 devir/dak. tutulmuştur. İncelemeler sonucunda diamonyum fosfatın borojips atığı ile 1,00:0,50 oranlarında karıştırılmasının optimum olduğu tespit edildi. Sonuç olarak bor içerikli diamonyum fosfat üretiminde, borik asit üretiminin atığı olan borojipsin kullanımı uygun görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen veriler yardımıyla çevreyi kirleten ve depolanması büyük masraflara sebep olan atıktan, içeriğinde bitki için besin maddeleri olan gübre üretilmiştir. Sonuç olarak borojipsin bor içerikli gübre üretiminde alternatif hammadde kaynağı olabilecek potansiyele sahip olduğu görülmüştür.

Investigation of the utilization of borogypsum industrial waste for the production of boron-containing diammonium phosphate

ARTICLE INFO

Article history:
Received 09 May 2017
Received in revised form 23 February 2018
Accepted 28 March 2018
Available online 05 July 2018

Research Article

DOI: 10.30728/boron.311162

Keywords:
Borogypsum,
Diammonium phosphate,
Fertilizer,
Industrial waste

ABSTRACT

In the present study, the industrial waste borogypsum was evaluated in the production of diammonium phosphate as boron-containing fertilizer. In laboratory conditions, Diammonium phosphate was mixed with borogypsum in 1.00:0.25; 1.00:0.50; 1.00:0.75; 1.00:1.00; 1.00:1.25 mole ratios; during the mixing solid/liquid (S/L) ratio of 1.5, temperature of 35°C, mixing time of 60 minutes, pulp initial mixing pH of 5.5 and mixing speed of 600 rpm were set. As a result, it was found that mixing of diammonium phosphate with borogypsum at a ratio of 1.00:0.50 was optimum. Consequently, in the production of boron-containing diammonium phosphate, the use of borogypsum, which is the waste of boric acid production, has been found suitable. With the help of the data obtained in this study, fertilizers with nutrients for plants were produced from the waste that caused pollution and stored in the environment. As a consequence, it has been found that borogypsum has potential to be an alternative raw material source in the production of fertilizers containing boron.

1.Giriş (Introduction)

Çağımızda tabii kaynakların azalması ve çevre kirliliğinin artması nedeniyle, endüstriyel kirlenmenin kontrol edilmesi ve oluşan atıkların değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Çevrenin korunması ve kaynakların daha etkili kullanılması atıkların değerlendirilmesi ile mümkündür. Bilindiği gibi Türkiye, dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip ülkesidir. Bu avantajımızı kullanarak bor cevherinden borik asit ve birçok bor içerikli ürünler üretilmektedir. Bu ürünlerin üretiminde çeşitli atıklar oluşmaktadır. Konsantre kolemanitten

üretilen borik asidin tonu başına yaklaşık 3 ton borojips oluşmaktadır [1].

Balıkesir'in Bandırma ilçesinde ve Kütahya'nın Emet ilçesindeki Eti Maden İşletmeleri Tesislerinde borik asit fabrikaları bulunmakta ve yılda 385 bin ton borik asit üretilmektedir [2]. 385 bin ton borik asit üretimi esnasında yaklaşık olarak 1155 bin ton borojips oluşmaktadır. Borojips atığının içeriğinde % 3-7 B₂O₃ bulunmaktadır [3,4]. Görüldüğü gibi her yıl yaklaşık 35-80 bin ton B₂O₃ borojipsin içeriğinde atık olarak atılmaktadır. Bu atık, genellikle açık arazide

*Sorumlu yazar: rovsenguliyev@ardahan.edu.tr

depolanmaktadır. Her defasında yeni depolama alanlarına ihtiyaç duyulmakta, depolama işlemine belirli masraflar sarf edilmekte ayrıca, büyük arazileri işgal etmektedir ve bu atıklar çevreyi kirletmektedir. Bu problemin en uygun çözümü, borojipsin hammadde olarak değerlendirilebilmesidir. Borik asit fabrikalarından çıkan atığın çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanması için geri kazanım yöntemi ve hammadde olarak kullanımı en etkili yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır ve atık borojipsin değerlendirilmesi artık zorunluluk haline gelmiştir. Borojipsin hammadde olarak kullanılması onun doğadan uzaklaştırılmasını sağlamakla ve çevre kirlenmesini önlemekle kalmayıp, aynı zamanda ekonomik olarak fayda sağlayacaktır. Atık borojipsin içeriğindeki B_2O_3 tenörü bazı ülkelerin işlettikleri cevher ve göl sularındaki B_2O_3 tenöründen çok daha yüksektir [5]. Tarım alanlarının sınırlı oluşundan dolayı, artan dünya nüfusunun beslenmesi için bu alanlardan daha fazla ürün elde etme yoluna gidilmektedir. Bu yüzden, tarımın modernleşmesi gerekmektedir. Modern tarımda kimyasal gübrelerin, özellikle içeriğinde birkaç besin maddesi içeren gübrelerin, önemi çok büyüktür.

Bitkinin normal büyüme ve gelişmesi için gerekli olan makro besleyici elementler gibi, mikro besleyici elementler de önemli rol oynamaktadır. Bu mikro elementlerin en önemlilerinden biri bor olup, bitki büyüme ve gelişiminde gerekli besleyici elementtir [6]. Bor bitkilerin normal gelişimini sağlamakla, onun verimini ve hastalıklara dayanıklılığını artırır [7,8]. Toprakta bor besin elementinin noksanlığı sonucu bir yandan fotosentez ürünlerinin yapraktan kök ve yeşil aksamdaki büyüme noktalarına taşınmaması, diğer yandan hücre duvarlarının yapısal tahribat görmesi sebebi ile bitkinin büyümesinde azalma görülmektedir [9]. Borlu gübre verilmiş topraklarda ekilen bitkilerde tozlanma, meyve tutumu, meyve verimi ve meyvelerin kalitesi artar [10]. Fındıkta borlu gübrelemenin boş meyve oluşumunu azaltarak verim üzerinde etkili olduğu [11], kirazda meyve kalitesini ve görünümünü iyileştirdiği [12], domatesin verimini %18 artırdığı [13], armudun depolama süresini artırdığı [14], şeker pancarında kalp çürümesinin azaldığı ve yumru ağırlığı verimini artırdığı [15,16], tütün yaprağındaki nikotin içeriğini önemli şekilde artırdığı [17], pamuk üretiminde verimi %11,68 artırdığı [18], patlak mısır bitkisinde dane verimini artırdığı [19], ayçiçeği üretiminde %10-%20 arasında değişen verim artışları görülmüştür [20]. Borun toprakta normal miktardan az olması, bitkilerin normal gelişimini etkilemekle onun verimini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda, elde edilen ürünün kalitesini düşürür. Bor noksanlığını gidermek için kullanılan borlu gübre gibi susuz boraks, boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, sodyum pentaborat, disodyum oktaborat

kullanılmaktadır. Bir dekar toprağa önerilen bor miktarı 50-400 g olmaktadır [21]. Toprağa sadece bor içeren gübre (disodyum oktaborat, sodyum pentaborat, boraks) vermek ekonomik bakımdan uygun değildir. Bu nedenle borlu gübre üretiminde sanayi atıklarının kullanılması ekonomik çevre ve hammadde bakımından elverişlidir [22].

Bu açıdan borojipsin bor içerikli diamonyum fosfat üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmadaki amaç, Türkiye için önemli sorun oluşturan borojipsi makro ve mikro besin maddesi içeren gübre üretiminde kullanmaktır. Böylece terkinde birden çok besin maddesi içeren gübre üretimi incelenecektir. Bu amaçla borojips endüstriyel atığının bor içerikli diamonyum fosfat üretiminde kullanılabilirliği incelenmiştir.

2. Malzemeler ve yöntemler (Materials and methods)

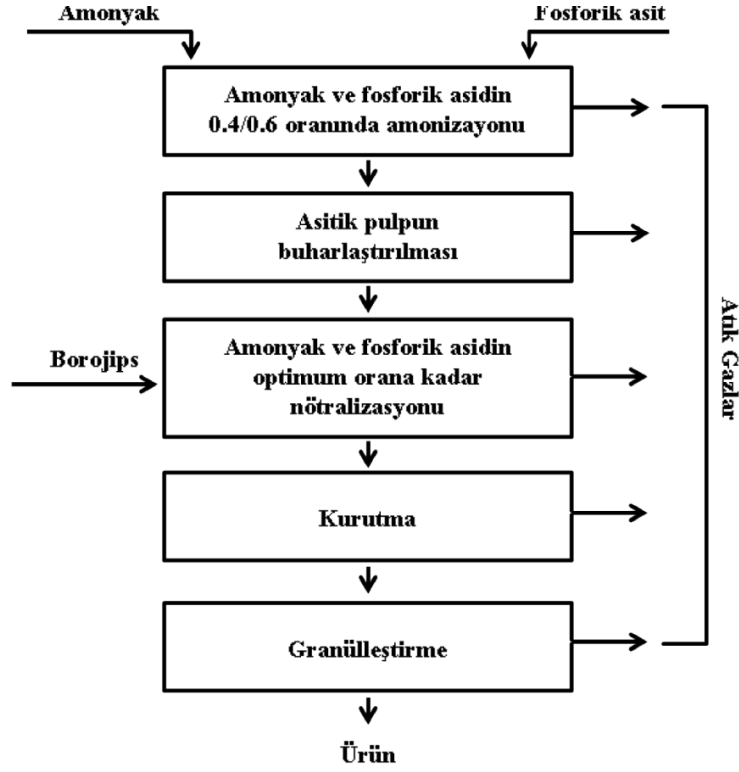
Deneylerde kullanılan borojips Türkiye'deki Eti Holding Bandırma Boraks ve borik asit fabrikasından temin edilmiştir. Nemli olan borojips önce havada kurutulduktan sonra etüvde (Gemo DT104) 100°C sıcaklıkta sabit tartıma ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Laboratuvar tipli bir öğütücüde öğütülüp ölçüsü 100 mesh olan elekten geçirilmiş ve içeriği analiz edilmiştir. Araştırmada kullanılan borojipsin kimyasal içeriği Çizelge 1'de verilmiştir.

Denemelerde kullanılan diamonyum fosfat, %17,5-18,3 N; % 45,5-46,5 P_2O_5 içermektedir.

Laboratuvar koşullarında diamonyum fosfat borojips atığı ile 1,00:0,25; 1,00:0,50; 1,00:0,75; 1,00:1,00; 1,00:1,25; 1,00:1,50 oranlarında karıştırılır. Belirli miktardaki diamonyum fosfat, hacmi 1000ml olan ve karıştırıcıyla donatılmış reaktöre konulur ve katı/sıvı oranı 1,5 olacak miktarda su ilave edilir ve 35°C ye kadar ısınır. Sonra reaktöre belirli miktarda borojips ilave edilir ve reaktanların karışması belirli süre devam ettirilir. Çözündürme deneyleri, mekanik karıştırıcı (Dragonlab OS20-S) ile numunenin cam reaktördeki çözelti içerisinde homojen dağılımı sağlayacak karıştırma hızlarında gerçekleştirilmiştir Karışma esnasında katı/sıvı (K/S) oranı 1,5, sıcaklık 35 °C, karışma süresi 60 dakika, pulpun başlangıç karışma pH'ı 5,5 ve karışma hızı 600 devir/dak. tutulup, oluşan pulp eşit şekilde ikiye bölünerek bir kısmı oda sıcaklığında, diğer kısmı ise porselen beherde etüve konulur ve 2-3 saat 100-105°C'e sıcaklıkta tutulur. Sonra oluşan gübre oda sıcaklığına kadar soğutulur UV-Spektrofotometre (Termo Evolution 220) ve ICP-MS (Spectro blue

Çizelge 1. Borojipsin kimyasal içeriği (Chemical content of borogypsum).

Bileşen	B_2O_3	SiO_2	SO_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	Na_2O	SrO	As_2O_3	H_2O
Bileşim(%)	6,52	7,14	43,40	26,38	1,15	0,72	0,83	0,16	0,95	0,15	12,60



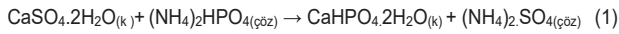
Şekil 1. Bor içerikli diamonyum fosfatın üretim akım şeması (Production flow diagram of diammonium phosphate boron-containing).

ICPOS) cihazlarında belirli metotlarla azot, tüm P_2O_5 , kalsiyum ve kükürt tayin edilir [23,24]. Gübre içeriğindeki bor tayini gravimetrik yöntemle yapılmıştır [25].

Bor içerikli diamonyum fosfatın üretiminin akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.

3. Sonuçlar ve tartışma (Results and discussion)

Diamonyum fosfat borojips ile reaksiyona girerek kalsiyum hidrojen fosfat ve amonyum sülfat oluşturmaktadır:



Reaksiyondan görüldüğü gibi elde edilen gübrenin diamonyum fosfattan farkı bitki için besin maddeleri olan fosfor ve azotun dışında kükürt, kalsiyum ve bor da içermektedir.

Borojipsin katkısıyla diamonyum fosfat üretiminin incelenmesi borojipsin farklı miktarlarında yapılmıştır. Diamonyum fosfatın miktarı 1 mol sabit tutularak borojipsin miktarları 0,25-1,50 mol arasında değiştirilmiştir. Diamonyum fosfat ve borojipsin farklı oranlardaki karışımlarından oluşan gübrenin içerikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi borojipsin miktarının artması ile elde edilen gübrenin içeriğinde bor, kalsiyum ve kükürdün miktarı artmakta P_2O_5 ve azot miktarı azalmaktadır. Onun için 1 mol diamonyum fosfata ilave edilen borojipsin miktarı 0,25-0,75 mol arasında tutulması uygun görülmüştür. Elde edilen gübrenin içeriğinde bor, kalsiyum ve kükürdün miktarları standartlara uygun olmakta aynı zamanda azot ve fosforun miktarları fazla azalmamaktadır. Diamonyum fosfatın borojips atığı ile 1,00:0,50 oranlarında karıştırılmasının optimum olduğu tespit edilmiştir. Bu oranda

Çizelge 2. Borojipsin katkısıyla üretilen diamonyum fosfatın içeriğine borojipsin miktarının etkisi (kurutma 100-105° C' de etüvde yapılmıştır) (The effect of borogypsum content on the content of diammonium phosphate produced by addition of borogypsum (drying is carried out at 100-105 °C)).

(NH ₄) ₂ HPO ₄ : CaSO ₄ ·2H ₂ O	P ₂ O ₅ ,%			SO ₃ ,%		(SO ₃ suda/ SO ₃ toplam) *100	CaO	N	B
	Suda Çözünen	Sitratta Çözünen	Toplam	Suda Çözünen	Toplam				
1,00:0,25	25,50	39,50	40,58	6,61	6,63	99,73	4,23	16,00	0,32
1,00:0,50	19,03	31,40	32,56	10,22	10,32	99,05	6,95	12,84	0,55
1,00:0,75	15,26	25,96	27,20	12,77	13,35	95,65	8,97	10,73	0,68
1,00:1,00	10,48	22,00	23,35	13,75	15,24	90,23	10,50	9,21	0,75
1,00:1,25	7,23	18,80	20,46	13,84	16,76	82,55	11,52	8,01	0,87
1,00:1,50	5,65	16,30	18,20	13,40	17,88	74,94	12,40	6,18	0,95

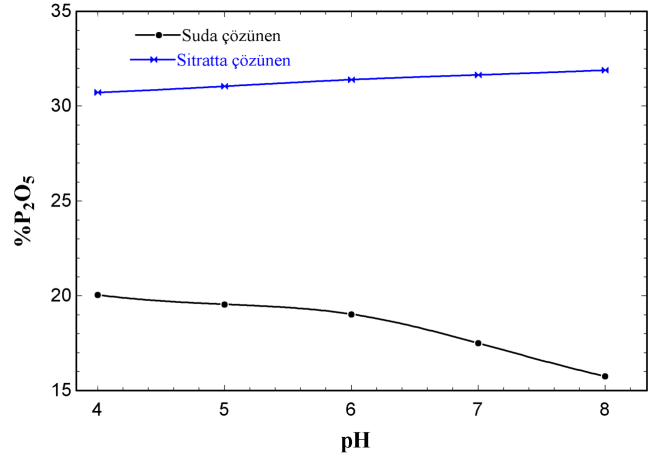
diamonyum fosfat içeriğinde borun miktarı % 0,55 olmaktadır ki, bu da literatür değerlere uygundur [26].

Çizelge 2' de görüldüğü gibi suda çözülen SO_3 miktarı diamonyum fosfata ilave edilen borojipsin miktarı arttıkça azalsa da ilk 3 deneyde diamonyum fosfatla borojips atığının 1,00:0,25; 1,00:0,50; 1,00:0,75 oranlarındaki karışımında azaldığı görülmektedir. Bu da borojipsin miktarının artmasıyla reaksiyon hızının azalmasından kaynaklanıyor olabilir.

Çizelge 3' de aynı kanuna uygunluk görülmektedir. Sadece reaksiyon sonucu oluşan ürünün kurutulması 20-25°C' de yapıldığından suda çözülen SO_3 miktarı daha düşük görülmektedir. Yapılan çalışmada diamonyum fosfatın borojips atığı ile karıştırılmasından oluşan gübrelere içeriğindeki azot miktarları arasında önemli bir fark görülmemektedir (Çizelge 2 ve Çizelge 3). Bu da elde edilen gübrenin ısıtarak kurutulması durumunda azot kaybının fazla olmayacağını göstermektedir, elde edilen sonuç gübrenin granülleşme prosesi sorunsuz şekilde gerçekleşmesi anlamını taşımaktadır.

Çizelge 4' den görüldüğü gibi diamonyum fosfatın ve borojipsin tüm oranlarında reaktanların karışma süresi arttıkça pH' ının arttığı görülmektedir. Bu durum reaktanlar arasında reaksiyonun oluştuğu anlamını taşımaktadır.

Şekil 2' den görüldüğü gibi pH değeri yükseldikçe sitrat da çözülen P_2O_5 miktarı çok az artsa da, suda çözü-



Şekil 2. Reaksiyon ortam pH'nın gübre içeriğine etkisi (K/S oranı 1,5, sıcaklık 35°C, karışma süresi 60 min, karışma hızı 600 devir/min) (Effect on fertilizer content of reaction medium pH (K/S ratio 1.5, temperature 35°C, mixing time 60 min, mixing speed 600rpm)).

len P_2O_5 miktarı azalmaktadır. Bu da toprağa verilen gübre içeriğindeki fosforun yağmur sularında daha az çözülmesine sebep olmaktadır ki, bu daha az fosfor kaybı açısından önem arz etmektedir. Benzer sonuçlar fosfojipsin amonyak ve fosforik asitle reaksiyonunda da gözlenmiştir [27].

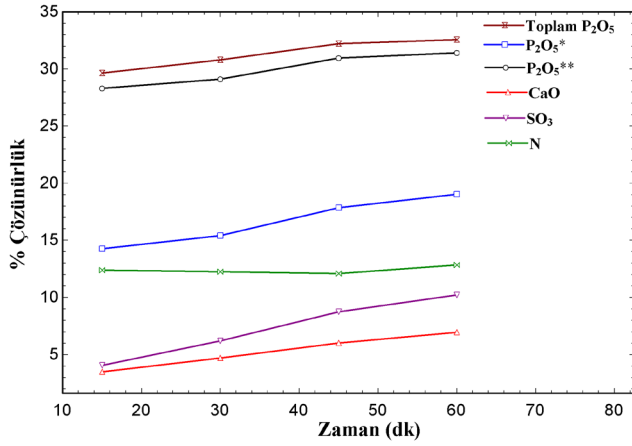
Şekil 3' de borojipsin katkısıyla elde edilen borlu diamonyum fosfatın içeriğine reaktanların karışma süresinin etkisi verilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi

Çizelge 3. Borojipsin katkısıyla üretilen diamonyum fosfatın içeriğine borojipsin miktarının etkisi (kurutma 20-25°C' de yapılmıştır) (The effect of borogypsum content on the content of diammonium phosphate produced by addition of borogypsum(drying is carried out at 20-25 °C)).

(NH ₄) ₂ HPO ₄ : CaSO ₄ 2H ₂ O	P ₂ O ₅ ,%			SO ₃ ,%		(SO ₃ suda/ SO ₃ toplam) *100	CaO	N	B
	Suda Çözünen	Sitratla Çözünen	Toplam	Suda Çözünen	Toplam				
1,00:0,25	25,70	39,05	40,50	6,27	6,35	98,70	4,00	16,05	0,30
1,00:0,50	19,23	30,52	32,51	10,03	10,23	98,03	6,82	12,95	0,50
1,00:0,75	15,55	25,55	27,15	12,20	13,22	92,25	8,75	10,81	0,63
1,00:1,00	10,60	21,67	23,27	13,54	15,04	90,00	9,23	9,35	0,70
1,00:1,25	7,65	18,30	20,39	13,59	16,52	82,26	11,36	8,40	0,81
1,00:1,50	5,75	15,71	18,17	12,97	17,32	74,89	12,03	7,00	0,90

Çizelge 4. Reaktanların karışma sürecine bağlı olarak reaksiyon ortamının pH değerleri (K/S oranı 1,5, sıcaklık 35°C'de, pulpun başlangıç karışma pH'ı 5,5 ve karışma hızı 600 devir/min) (The pH values of the reaction medium depend on the mixing process of the reactants(K/S ratio 1.5, temperature 35°C, initial mixing pH 5.5, mixing speed 600rpm)).

Karışma süresi (min.)	Diamonyum fosfatın borajipse oranı					
	1,00:0,25	1,00:0,50	1,00:0,75	1,00:1,00	1,00:1,25	1,00:1,50
10	6,58	6,57	6,23	6,44	6,84	6,83
20	6,67	6,66	6,34	6,73	6,83	6,92
30	7,08	7,23	7,01	7,11	7,41	7,81
40	7,10	7,36	7,28	7,46	7,66	7,86
50	7,11	7,48	7,56	7,88	7,88	7,98
60	7,12	7,50	7,58	7,91	7,92	8,05



Şekil 3. Diamonyum fosfatın içeriğine reaktantların karışma süresinin etkisi (Diamonyum fosfatın borojipse oranı 1:0,5; K/S oranı 1,5; sıcaklık 35°C'de, karışma hızı 600 devir/min) (The effect of the mixing time of the reactants with the content of diammonium phosphate (K/S ratio 1.5, temperature 35°C, mixing time 60 min, mixing speed 600rpm))

(P₂O₅*, Suda çözünür; P₂O₅**, Suda ve amonyum sitratla çözünür)

karışma süresinin artması diamonyum fosfat içeriğindeki P₂O₅'in, CaO'ın, SO₃'ün miktarlarının artmasına sebep olmaktadır. Fakat 45 dakikadan sonra bu artma hızı azalmaktadır.

4. Sonuçlar (Conclusions)

Ülkemizin bor içerikli gübreye ihtiyaç duyduğu bir gerçektir. Bu ihtiyaçları karşılamak için alternatif yöntemlerden biri bor içerikli gübre üretiminde bor tuzları yerine endüstriyel atık olan borojipsin kullanılmasıdır. Yapılan çalışmada endüstriyel atık olan borojipsin diamonyum fosfatla farklı mol oranlarında karıştırılarak elde edilen gübre incelenmiştir. İncelemeler sonucunda diamonyum fosfatın borojips atığı ile 1,00:0,50 oranlarında karıştırılmasının optimum oranları tespit edilmiştir. Bu oranda diamonyum fosfat içeriğinde borun miktarı % 0,55 olmaktadır. Böylece borojips endüstriyel atığının bor içerikli diamonyum fosfat üretiminde kullanılabilirliğinin mümkünlüğü görülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen veriler yardımıyla çevreyi kirleten ve depolanması büyük masraflara sebep olan atıktan, içeriğinde bitki için besin maddeleri olan gübre üretilmiştir. Sonuç olarak borojips bor içerikli gübre üretiminde alternatif hammadde kaynağı olabilecek potansiyele sahiptir. Yapılan çalışmanın endüstriyel boyuta taşınması halinde borojips endüstriyel atığı diamonyum fosfat gübre üretiminde değerlendirilmek suretiyle ekonomik ve çevresel anlamda bir yenilik oluşturmaktadır. Ekonomik ve çevresel faktörler düşünüldüğünde, borojipsin değerlendirilmesi için çalışmaların artarak devam etmesinin gerekli olduğu görülmektedir.

Kaynaklar (References)

[1] Yünlü K., Bor bileşikler, sentez yöntemleri, özellikleri, uygulamaları, Ankara, 2016.

[2] Bor Sektör Raporu, Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2014.

[3] Boncukçuoğlu R., Yılmaz T. M., Kocakerim M. M., Tosunoğlu V., Utilization of trommel sieve waste as an additive in Portland cement production, Cem. and Concr. Res. 32 (1), 35-39, 2002.

[4] Metin T., Kimyasal atık alçıların zemin stabilizasyonunda kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2007.

[5] Kılıç A. M., Bor madenin Türkiye aksından önemi ve gelecekteki yeri, Eskişehir-Türkiye, 23-25 Eylül, 2004.

[6] Deb D. L., Sakal R., Datta S. P., Micronutrients in fundamentals of soil science, 2nd edition, 461-490, 2009.

[7] Brady N. C., Weil R. R., Micronutrients and other trace elements, In the nature and properties of soils, Pearson Education, 13th edition, 654-684, 2007.

[8] Brown P. H., Bellaloui N., Wimmer M. A., Bassil E. S., Ruiz J., Hu H., Pfeffer H., Dannel F., Römhelt V., Boron in plant biology, Curr. Plant. Biol., 4, 205-223, 2002.

[9] Hajiboland R., Bahrami-rad S., Bastani S., Poschenrieder L.C., Boron re-translocation in tea Camellia sinensis L., Kuntze O., Plant Act. Physiol., 35, 8, 2373-2381, 2013.

[10] Ganie M. A., Akhter F., Bhat M. A., Malik A. R., Junaid J., Shah A. M., Bhat A. H., Bhat T., Boron-a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits, Cur. Sci., 104 (1), 10, 2013.

[11] Silva A. P., Rosa E., Haneklaus S. H., Influence of foliar boron application on fruit set and yield of Hazelnut. J. Plant Nutr., 26, 561-569, 2003.

[12] Wojcik P., Wojcik M., Effect of boron fertilization on sweet cherry tree yield and fruit quality, J. Plant Nutr., 26, 10, 2006.

[13] Huang J-Sh, Snapp S.S., The effect of boron, calcium, surface moisture on shoulder check, a quality defect in fresh-market tomato, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 129 (4), 599-607, 2004.

[14] Xuan H., Streif J., Pfeffer H., Dannel F., Römhelt H., Bangerth F., Effect of pre-harvest boron application on the incidence of CA-storage related disorders in Conference pears, The J. Hortic. Sci. and Biotechnol., 76 (2), 133-137, 2001.

[15] Demirtaş A., Bor bileşikler ve tarımda kullanımı, Atatürk üniversitesi Ziraat Fakültesi, 37, 111-115, 2006.

[16] Durak A., Ulubaş G., Bor gübrelemesinin şeker pancarında (Beta vulgaris L.) verim özellikleri üzerine etkisi, TURJAF, 5 (7), 745-749, 2017.

[17] Mauhammad T., Ali A., Lataf-UI-Hak Amanullah K., Comparing Application Methods for Boron Fertilizer on the Yield and Quality of Tobacco (Nicotiana tabacum L.), Com. Soil Sci. Plant Anal., 41, 1525-1537, 2010.

[18] Mauhammad A., Niaz., Asghar A., Muhammad A.C., Jamil H., Influence of Soil-applied Boron on Yield, Fiber Quality and Leaf Boron Contents of Cotton (Gossypium hirsutum L.) J. agric. soc. sci., 1, 7-10, 2007

-
- [19] Ayhan H., Özcan C., Kireçli toprakta mısır bitkisine (Zea mays everta) uygulanan borun verim ve bor kapasitesine etkileri, BORON 2 (1), 37 - 42, 2017.
- [20] Kurşun İ., Gürbüz M.A., Günay E., Kaya Y., Evcı G., Süzer S., Pekcan V., Bor gübrelemesinin Trakya yöresinde ayçiçeği verimi üzerine etkisi, BORON 1 (2), 74- 85, 2016.
- [21] Gupta U.C., Boron nutrition of crops, Adv.Agronomy, 31, 273-307, 1979.
- [22] Guliyev R., An investigation of borogypsum utilization for the production of triple superphosphate containing boron fertilizers, Fresenius Environmental Bulletin, 24(3), 748-754, 2015.
- [23] Pozin M., Rukovodstvo K., Prakticeskim zanyatiyam po tekhnologii neorganiceskiy veşest, Leningrad,1980.
- [24] Kacar B., Temel Laboratuvar Bilgisi 1 - Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2012.
- [25] Ün, R., Organik Kimya, İstanbul Üniversitesi, 233-282, İstanbul, 1990.
- [26] Pozin M.,Technologiya mineralnik udobrenii, Leningrad, 1983.
- [27] Sadykov B.B.,Volynskova N.N.,Namazov Sh.,Beglov B.M., Technology for manufacturing fertilizer superfos containing nitrogen, phosphorus, Sulfur and Calciu, Russian Journal of Applied Chmistry 81, 9, 1667-1672, 2008.