



TOROS TARIM

AR-GE BÜLTENİ

Haziran 2024 / Sayı 9

Merhaba,

Toros ARGE Bülteni'nin yeni sayılarında birbirinden farklı ve dopdolu içerikleri sizler için ele almaya devam ediyoruz. Bu sayımızda "Biyogaz Üretimi ve Üretime Dair Kritik Parametrelerin Değerlendirilmesi", "Fosfojipsin Yapı Malzemelerinde Kullanımı", "Yeşil Hidrojen: İklim Değişikliğinde Dayanıklılığı ve Sürdürülebilirliği Güçlendirmek" ve "Organomineral Gübreler Hakkında Kısa Bir Derleme" gibi birbirinden farklı konulara yer verdik.

Bülten çalışmalar ile ilgili katkı, soru ve önerileriniz için info.arge@toros.com.tr üzerinden bizlere ulaşabilirsiniz.

Keyifli okumalar dileriz.



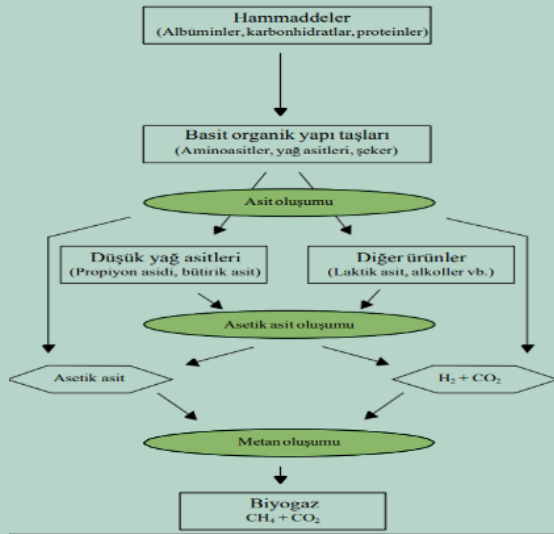
Biyogaz Üretimi ve Üretime Dair Kritik Parametrelerin Değerlendirilmesi

Uğur Santaş
Toros Tarım Gönen Tesisi, Balıkesir, Türkiye
Biyogaz Üretim Şefi

Fosil enerji kaynaklarının (petrol, kömür, doğalgaz vb.) tükenebilir ve çevre bakımından kirletici olması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal, biyogaz, vb.) araştırılmasını ve kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de biyogaz enerjisidir. Bitkisel, hayvansal, şehir ve endüstriyel atıkların anaerobik fermantasyonu sonucu elde edilen biyogaz, içeriğindeki metan gazından dolayı yanabilme özelliğine sahiptir. Biyogaz fosil yakıtlardan farklı olarak yenilenebilir bir enerji olmasının yanı sıra, karbondioksit emisyonunu artırmamakta ve sera etkisinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca sanayileşme ve kalkınmanın temel unsurlarından biri enerjidir. Dünya nüfusunun artışına ve gelişen teknolojiye paralel olarak enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Enerji bakımından kendine yeterli olmayan ülkelerde, çevre açısından temiz, güvenli, sürekli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır [1].

Biyogaz, organik materyallerin (gübre, bitkiler, çöp, yemek artığı, kimyasal atıklar, vb.) anaerobik şartlarda biyokimyasal fermantasyon ve mikrobiyolojik faaliyet sonucu parçalanması ile elde edilen, %20 havadan daha hafif olan, kalorifik değeri 20 MJ/m³ bileşiminde % 40–75 metan (CH₄), % 25–60 karbondioksit (CO₂) ve %2 hidrojen sülfür (H₂S), azot (N) bulunan yanıcı bir gaz karışımıdır [2].

Biyogaz oluşumu 3 aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşama Hidroliz aşamasıdır. Hidroliz aşamasında kompleks yapıların daha basit yapılara dönüşmesi sağlanmaktadır. Hidroliz aşamasından sonra oluşan ara ürünler ikinci aşama olan asetojenез aşamasında asit oluşturan bakteriler tarafından düşük yağ asitlerine (asetik, propiyon ve bütrik asit), karbondioksit ve hidrojene ayrıştırılır. Üçüncü ve son aşama olan metajenez aşamasında öncelikle asetik asitler, hidrojen ve karbondioksit metan üreten bakteriler tarafından metana dönüştürülür [3].



Şekil 1. Anaerobik bozunmanın şematik tanımı

Biyogazın Oluşumunu Etkileyen Parametreler

1-Çalışma sıcaklığının etkisi:

Biyogaz oluşumunda bozunmaya katılan bakterilerin 3 çeşit sıcaklık bölgesi bulunmaktadır.

Sakrofilik bakteri: 10-20 °C arasındaki sıcaklıklarda çalışır. Bu sıcaklıklarda materyallerin veya çürütücünün ısıtılmasına gerek yoktur, ancak bozunma performansı veya gaz üretimi düşüktür.

Mezofilik bakteri: 20-40°C arasındaki sıcaklıklarda çalışır. Mezofilik alanda faaliyet gösteren tesisler uygulamada en yaygın görülenlerdir, çünkü bu sıcaklık alanında nispeten yüksek bir gaz verimliliği ve iyi bir proses istikrarı sağlanabilmektedir

Termofilik bakteri: 40-60°C arasındaki sıcaklıklarda çalışır. Bekleme süresi en kısa olan fermentasyon türüdür. Biyogaz üretimi de çok yüksek olmasına rağmen yüksek enerji ihtiyacı duymaktadır [3].

2-Karıştırmanın Etkisi:

Biyogaz üretilen birçok atık içerisindeki fiziksel özelliklerden dolayı reaksiyon esnasında diğer atıklarla ile çürütücüdeki atıkların bire bir temas etmesi için karıştırılması gerekir. Çürütücüdeki atığın karıştırılmasının birçok avantajı vardır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- * Metan bakterileri tarafından üretilen biyogazın çıkışını kolaylaştırmak.
- * Bakteri popülasyonu ile taze atığın karışması ile reaksiyonu hızlandırmak.
- * Fermentasyon esnasında atığın üst yüzeyindeki köpük oluşumunu ve atığın içindeki küçük partiküllerin çürütücüdeki taban kısmına çökmesini engellemek.

- * Çürütücüdeki atığın sıcaklık dağılımını eşitlemek.
- * Çürütücüdeki atığın içindeki bakteri popülasyon yoğunluklarını düzenlemek.
- * Çürütücüdeki ölü alanı, karıştırma yöntemi kullanılarak çürütücüdeki boş alan hacminin fermentasyon üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek [4].

3- Çürütücülerde Bekleme Süresi:

Tesiste bekleme süresi doğrudan, kimyasal reaksiyonun meydana geldiği hacmin büyüklüğüne ve tesisin beslenmesine bağlıdır. Uçucu katının reaktörde kalış süresi anaerobik fermentasyonda en önemli faktörlerden birisidir. İlk evrede gaz üretiminin veya aynı anlamda fermentasyonun %70-80'i gerçekleşir. Bu zaman aralığında, yani reaktöre hammadde girişi ve %70-80 fermentasyon gerçekleşerek çıkışı arasındaki zaman aralığı bekleme süresini belirler. Hidrolik bekleme süresi (HBS), atık içindeki organik maddelerin bakteriler tarafından çürütülmesi sonucu biyogaz üretmesi için gerekli olan süredir [5],[6].

$$HBS = \frac{\text{Reaktör Hacmi (m}^3\text{)}}{\text{Günlük Debi (m}^3\text{/gün)}}$$

4-Yükleme Oranı ve Katı madde Oranının Etkisi

Yükleme oranı kuru madde içeriği ve bekleme süresi bağımlılığında oluşan bir faktördür. Yükleme oranının artması ile üretilen özgül metan üretim miktarı da artmaktadır. Bu anlamda yükleme oranı (BR) önemli bir işletme parametresidir. Yükleme oranı bir m³ çalışma hacmine bir zaman dilimi için kaç kilogram organik kuru madde beslemesi yapılması gerektiğini belirler. Yükleme oranı kg OKM/(m³ d) olarak verilir. [3],[7].

$$B_R = \frac{\dot{m} \cdot c}{V_R \cdot 100} \quad [\text{kg OKM m}^{-3} \text{ d}^{-1}]$$

' \dot{m} ' = bir zaman diliminde eklenen materyal miktarı [kg/d];

c = Organik materyal konsantrasyonu [% OKM];

V_R = Reaktör hacimleri [m³]

5. Karbon/ Azot (C/N) oranının Etkisi

Organik atıklar, karbon yönünden zengin olanlar ve azot yönünden zengin olanlar diye ikiye ayrılmaktadır. Karbon biyogaz oluşumu için gerekli iken, azot anaerobik bakterilerin gelişimi ve yeniden üretilmesi için gereklidir. Organik madde içerisinde karbonun en önemli kaynağı karbonhidratlar, azot kaynağı ise protein, nitrat ve amonyaktır [8]. Azot azlığı hücre gelişimi engellediği için verimi düşürür, çok olması durumunda da amonyak birikimi söz konusu olur ve pH değeri 8,5'a yaklaşır. Bu da sistemin inhibe olmasına neden olur. Böylece kötü kokulu, yanmayan bir gaz elde edilir. C/N oranının 8'den düşük olması durumunda bu etki görülür. 15:1 ila 30:1 arasındaki C/N oranları anaerobik fermentasyon için uygun olmaktadır [9].

6. pH Değeri ve Alkalinitenin Etkisi

pH değeri için de sıcaklık için bahsedilenlere benzer

bağlımlar geçerlidir. Bozunmanın çeşitli aşamalarına katılan mikroorganizmalar, optimum büyüyecekleri farklı pH değerlerine ihtiyaç duyarlar. Örneğin hidrolize eden ve asit üreten bakteriler için pH optimum düzeyi 5.2 ila 6.3 arasında bulunmaktadır [3]. Asetik asit oluşturan bakteriler ve metanojenik bakteriler mutlaka 6.5 ila 8 arasındaki nötral alanda bulunan bir pH değerine ihtiyaç duyarlar [3].

7. Basınç ve Köpüğün Etkisi

Reaktör içerisinde oluşacak basıncın anaerobik bakterilere ve dolayısıyla biyogaz üretim verimine etkisi söz konusudur. Literatürde konuyla ilgili olarak 0,75 – 1,5 kPa mutlak basınç aralığının, biyogaz üretimi için ideal olduğu ve bunun üzerindeki basınçlarda üretimin zorlaşacağı belirtilmektedir. Fakat özellikle büyük reaktörlerin alt kısmında bulunan metan bakterileri oldukça büyük hidrolik basınç altında faaliyetlerini sürdürmektedir [10].

Fazla miktarda gaz çıkışı çürütücülerde kalıcı köpük tabakasına yol açabilir. Köpük oluşumu, gaz çıkışının fazla olduğu işletmeye alma, inhibisyon sonrası iyileşme veya organik yükteki ani artıştan kaynaklanabilir [11]. Köpük

oluşumu, sıcaklık veya çamur bekleme süresinin yükselmesiyle azalır. Anaerobik reaktörde sıcaklık, köpük oluşumunu doğrudan çamur partiküllerine gaz kabarcıklarının adsorpsiyon etkisi ve dolaylı olarak ayrışma şeklinde etkileyebilir [12].

8. İnhibitör ve Toksik Maddelerin Etkisi

Ağır metal iyonları, sülfidler, sülfürler gibi inorganik iyonlar ile birçok organik maddeler anaerobik mikroorganizma topluluğuna toksik ve inhibitör etki yapmaktadırlar [13]. Bu metallerde özellikle demir, nikel ve kobalt düşük oranlarda fermentasyonu hızlandırırken, düşük sıcaklıklarda toksik etkiye neden olmaktadır [14]. Uzun zincirli yağ asitleri, dezenfektanlar, amonyak, antibiyotik, zararlı ilaçlar ve deterjanlar toksik etki oluşturan maddelerdir. Alkoller yüksek oranlarda toksik etki oluşturarak, metan üretiminin azalmasına neden olmaktadır [15].

Fermentasyon sırasında proteinlerden üretilen amonyak miktarının artışı düşük seviyede olduğu zaman biyogaz üretimini artırırken, yüksek seviyede olması inhibisyona neden olmaktadır [16].

Tablo 1. Anaerobik arıtmada engelleyicilerin engelleme seviyesi

Engelleyiciler	Engelleme Seviyesi (mg/lt)
Sülfat (SO_4^{-2})	5.000
NaCl ve Genel Tuzlar	40.000
Nitrat (N olarak hesaplanmış)	0.05
Bakır (Cu^{+2})	100
Krom (Cr^{+3})	200
Nikel (Ni^{+2})	200–500
Sodyum (Na^{+1})	3.500–5.500
Potasyum (K^{+1})	2.500–4.500
Kalsiyum (Ca^{+2})	2.500–4.500
Magnezyum (Mg^{+2})	1.000–1.500
Mangan (Mn^{+2})	1.500 üzeri

Biyogaz üretim teknolojisi organik kökenli atık maddelerden hem enerji elde etmesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkân sağlamaktadır. Biyogaz üretim teknolojisi ile organik atıkların yüksek kaliteli gübreye dönüşmesi sağlanmaktadır. Çünkü hiçbir bozuşmaya uğramamış hayvansal atıklarda bitkilere zararlı olan metan gazı mevcuttur ve üretim ile beraber bu gaz çıkmaktadır. Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta metan gazı çıktığı için daha değerli bir organik yapıya dönüşmektedir. Çürütücüden katı-sıvı fraksiyonda çıkan organik yapı, katı ve sıvı faza ayrılarak, katı organik ve organomineral gübre ile sıvı gübre üretiminde kullanılmaktadır.

Kaynaklar:

1. Gülen, J., Arslan, H., 2005. "Biyogaz" Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma 4: 121-129
2. A Renewable Energy Project Kit Build your own biogas generator Teach Build Learn 2002, Renewable Energy The Pembina Institute
3. Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG), 1994/2009, §3 Begriffsbestimmung <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/krw-abfg/gesamt.pdf>, Letzter Zugriff: 09.08.2010
4. Bayrakçeken H., 1997, Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 21-29
5. Kishore, V.V.N., Raman, P., Rao, V.V.R., 1987, Fixed Dome Biogas Plants-A Design, Construction and Operation Manual, Tata Energy Research Institute, New Delhi
6. Öztürk, M., 2005, Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı Ankara.
7. Yaldız, O., Biyogaz Teknolojisi Akdeniz Üniversitesi, Yayın No:78 Antalya, 2004
8. Pound, B., Done, F., Preston, T.R., 1981, Biogas Production from Mixtures of Cattle Slurry and Pressed Sugar Cane Stalk, With and Without Urea, Trop. Anim. Prod., 6, pp. 11-21
9. Werner, U., Stöhr, U., Hees, N., 1989, Biogas Plants in Animal Husbandry, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien, GATE, A Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
10. Chynoweth, D.P. and Isaacson, R., 1987, Anaerobic Digestion of Biomass, Springer; 1 edition, 282 p.
11. Mosey, F.E., ve Foulkes, M., 1984, Control of the Anaerobic Digestion Process, In Swage Sludge Stabilization and Disinfection, Ed. A.M. Bruce,;
12. Halalsheh, M., Koppes, J., Elzen, J., Zeeman, G., Fayyad, M., Lettinga, G., 2005, Effect of SRT and temperature on biological conversions and the related scum-forming potential. Water Research, 39, 2475– 2482
13. Pekin, B., 1983, Biyokimya Mühendisliği (Biyoteknoloji), Ege Üniversitesi Kimya Fakültesi Yayınları, No:3, İzmir, ss. 368-385
14. Ram, M.S., Singh, L., Suryanarayana, M.V.S., Alam, S.I., 2000, Effect of Iron, Nickel and Cobalt on Bacterial Activity and Dynamics During Anaerobic Oxidation of Organic Matter, Water, Air, and Soil Pollution, 117, pp. 305–312
15. Anon., 2000, Anaerobic Digestion of Farm and Food Processing Residues, British Biogen, www.mrec.org/biogas/adgpg.pdf
16. Eldem, N.Ö., Öztürk, I., Soyer, E., Çallı, B., Akgiray, Ö., 2004, Ammonia and pH Inhibition in Anaerobic Treatment of Wastewaters, Part I: Experimental, Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, Vol. A39, 9, pp. 2405–2420



Fosfojipsin Yapı Malzemelerinde Kullanımı

Ertuğrul Çelik
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye,
Tübitak 2244 Bursiyeri
Cemre Avşar
Toros Tarım A.Ş. ARGE Merkezi
ARGE Uzmanı

Fosfojips (PG), fosfat kayasından fosforik asit üretim süreci sırasında ortaya çıkan yan üründür [1]. Fosfojips yaklaşık %5-6 oranında [2], P₂O₅, florürler, organik madde ve alkaliler gibi istenmeyen safsızlıkların varlığı nedeniyle yapı malzemesi olarak sınırlı kullanım alanına sahiptir [3].

Fosfojipste bulunan fosfat ve florürün, çimentonun mekanik mukavemetinde azalma, priz süresinde ve sertleşmesinde gecikme/uzama gibi olumsuz etkileri neden olmaktadır [4]. Fosfojips, ayrıca doğal olarak oluşan radyonüklidlerin (daha spesifik olarak doğal olarak oluşan radyum izotoplarının) artırılmış konsantrasyonlarını da içerebilir, bu da onun yapı uygulamalarında/sektöründe (örneğin alçı panel olarak veya çimento ve betonda) kullanımını sınırlar [5].

Yapı sektöründe güvenli kullanılabilmesi için ham fosfojipste bulunan safsızlıkların gidermek veya en azından azaltmak amacıyla çalışmalar yürütülmektedir [6]. Bu nedenle araştırmacılar, ham Fosfojipste bulunan safsızlıkların gidermek için yıkama, ıslak eleme, silika ve sülfürik asit karışımı veya sıcak sulu amonyum sülfat çözeltileriyle işlemden geçirme, kireçle nötralizasyon gibi kimyasal veya fiziksel yöntemleri içeren yöntemler ve termal işlemler gibi farklı yöntemler kullanmışlardır [6].

Fosfojips'in %10-20 sulu amonyum hidroksit çözeltisi ile muamele edilmesi ve ardından suyla yıkanarak çimentoda priz geciktirici olarak kullanıma uygun hale getirildiği de bulunmuştur [7].

170 µm'den büyük parçacık boyutu fraksiyonlarına sahip fosfojips partiküllerinde flor, silikon ve sodyum oksit bileşikleri yoğun bir şekilde bulunurken, 25 µm'den küçük parçacık boyutu fraksiyonları, organik maddeler ve kristal kafeste birleştirilmiş fosfat bakımından zengindir. Eleme yöntemiyle alçıtaşının yaklaşık %75'i temiz bir halde geri kazanılabilir [7].

Endüstriyel yan ürünlerin yapı malzemesi olarak kullanılması bu sektörde sürdürülebilirliğin sağlanmasına

yardımcı olabilir. Bu nedenle fosfojips, portland çimentosunda priz geciktirici olarak, alçı endüstrisinde alçı sıva yapmak için, portland çimentosu klinkerinde mineralleştirici, çimento ham karışımında, içi boş bloklar, pişirilmemiş tuğlalar ve bağlayıcı malzemelerde hammadde olarak kullanılır [2,8,9].

Ayrıca, radyoaktif içeriği de kullanımını sınırlandırmaktadır. Kullanılmayan devasa miktardaki fosfojips, uçucu kül ve portland çimentosunun inşaat sektöründe birleştirilmesiyle yeniden kullanılabilir. Ancak fosfojips doğal olarak oluşan radyoaktivite içerir ve 226Ra önemli bir radyoaktivite kaynağıdır. 370 Bq/ kg (10 pCi/ g) radyoaktiviteyi aşan fosfojipsi, 1992 yılından bu yana Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından tüm kullanımlardan yasaklanmıştır. Avrupa Atom Komisyonu (EURATOM) tarafından belirlenen uluslararası sınır ise 500 Bq/ kg (13.5 pCi/ g) olarak belirlendi [10].

Fosfojipste radyoaktif maddelerin konsantrasyonunu azaltmak için uygulanan diğer işlemler, kalsiyum sülfat hemihidratın veya kalsiyum sülfat dihidratın yeniden kristalleşmesine dayanmaktadır [4]. Bu şekilde, fosfat cevheri işlenmesinde üretilen alçıtaşının yaklaşık %90'ı, önemli ölçüde daha düşük seviyede radyoaktif madde içeren potansiyel bir yapı malzemesi olarak geri kazanılabilir [4].

Bu doğrultuda, Şekil 1'de fosfojipsin çok yönlü bir hammadde olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmalar gösterilmiştir. Şekil 1b'de bir evin inşasını geliştirmek için doğal sıva ve fosfojips kullanılmıştır. Uygulanabilir bir alternatif olan geleneksel içi boş beton bloklardan veya yanmış kilden yapılmış içi boş tuğlalar yerine PG'den yapılmış içi boş blokların kullanılması mümkündür. Şekil 1c'de, PG ile üretilen içi boş bloklar gösterilmektedir. Bu bloklar dayanıklılık, dayanıklılık ve ısı yalıtım özelliklerini sağladığı için binanın yapısına uygundur. İçi boş bloklar potansiyel olarak içi boş beton blokların ve kil tuğlaların yerini alabilir. Şekil 1d 'de PG'yi yeni bir duvar türü olarak uygulanmıştır. Şekil 1e'de %25 PG, %10 kum ve %65 kil

karışımından yapılan pişmiş tuğlalar geliştirilmiş ve Şekil 1f ise Kil, çimento ve PG'den oluşan seramik bloklar, PG'nin inşaatta bir başka potansiyel uygulamasını göstermektedir [11].



Şekil 1. (a) İnşaat sektöründe PG kaynak kullanımı, (b) Plaka/levha, (c) İçi boş blok, (d) Duvar, (e) Tuğla inşaatı ve (f) seramik bloklar.

Fosfojips, enerji tasarrufu sağlamak, çevreyi korumak, kaliteyi artırmak ve çimento üretim maliyetini azaltılmasına yardımcı olacaktır [12]. Bu atık malzemelerin ekonomiyi dengelemenin ve enerji tasarrufu sağlamanın yanı sıra tekno-ekonomik amaçlarla da kullanılması konusunda kullanıcılar, profesyoneller ve finansal destekçiler arasında farkındalığın geliştirilmesi gerekmektedir [3].

Kaynaklar:

1. Zeng, L. L., Bian, X., Zhao, L., Wang, Y. J., & Hong, Z. S. (2021). Effect of phosphogypsum on physiochemical and mechanical behaviour of cement stabilized dredged soil from Fuzhou, China. *Geomechanics for Energy and the Environment*, 25, 100195.
2. Islam, G. S., Chowdhury, F. H., Raihan, M. T., Amit, S. K. S., & Islam, M. R. (2017). Effect of phosphogypsum on the properties of Portland cement. *Procedia engineering*, 171, 744-751.
3. Kumar, S. (2003). Fly ash–lime–phosphogypsum hollow blocks for walls and partitions. *Building and Environment*, 38(2), 291-295.
4. Reijnders, L. (2007). Cleaner phosphogypsum, coal combustion ashes and waste incineration ashes for application in building materials: A review. *Building and Environment*, 42(2), 1036-1042.
5. Gijbels, K., Nguyen, H., Kinnunen, P., Schroyers, W., Pontikes, Y., Schreurs, S., & Illikainen, M. (2019). Feasibility of incorporating phosphogypsum in ettringite-based binder from ladle slag. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117793.
6. Rashad, A. M. (2017). Phosphogypsum as a construction material. *Journal of cleaner production*, 166, 732-743.
7. Potgieter, J. H., Potgieter, S. S., McCrindle, R. I., & Strydom, C. A. (2003). An investigation into the effect of various chemical and physical treatments of a South African phosphogypsum to render it suitable as a set retarder for cement. *Cement and concrete research*, 33(8), 1223-1227.
8. López, F. A., Gázquez, M., Alguacil, F. J., Bolívar, J. P., García-Díaz, I., & López-Coto, I. (2011). Microencapsulation of phosphogypsum into a sulfur polymer matrix: Physico-chemical and radiological characterization. *Journal of hazardous materials*, 192(1), 234-245.
9. Tian, T., Yan, Y., Hu, Z., Xu, Y., Chen, Y., & Shi, J. (2016). Utilization of original phosphogypsum for the preparation of foam concrete. *Construction and Building Materials*, 115, 143-152.
10. Değirmenci, N. (2008). Utilization of phosphogypsum as raw and calcined material in manufacturing of building products. *Construction and Building Materials*, 22(8), 1857-1862.
11. Murali, G., & Azab, M. (2023). Recent research in utilization of phosphogypsum as building materials. *Journal of Materials Research and Technology*.
12. Taher, M. A. (2007). Influence of thermally treated phosphogypsum on the properties of Portland slag cement. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(1), 28-38.



Yeşil Hidrojen: İklim Değişikliğinde Dayanıklılığı ve Sürdürülebilirliği Güçlendirmek

Ali Yetgin
Toros Tarm ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye
Ar-Ge Uzmanı

Özet

Yeşil hidrojen, sera gazı emisyonlarının çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmanın bir yolunu sunduğu için iklim değişikliğiyle yakından ilgilidir. Yeşil hidrojenin üretimi ve kullanımı sera gazı yaymaz, bu da onu fosil yakıtlara düşük karbonlu bir alternatif haline getirir. Bu, yeşil hidrojenin atmosfere salınan karbondioksit ve diğer sera gazlarının miktarını azaltma ve böylece iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme potansiyeline sahip olduğu anlamına gelir. Ayrıca yeşil hidrojen, iklim değişikliğini hafifletmek için kritik olan yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesine entegrasyonunu da destekleyebilir. Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları doğası gereği kesintilidir, yani ihtiyaç duyulduğunda her zaman mevcut değildirler. Yeşil hidrojen kullanılarak, yenilenebilir enerji arzı düşük olduğunda fazla yenilenebilir enerji depolanabilir ve kullanılabilir, bu da güvenilir ve istikrarlı bir enerji kaynağı sağlamaktadır.

Giriş

Yeşil hidrojen, rüzgar, güneş veya hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen hidrojen yakıtı şeklidir. Su moleküllerini hidrojen ve oksijene ayırmak için elektrik kullanan elektroliz adı verilen bir işlemle oluşturulur. Üretim sürecinde karbondioksit ve diğer sera gazlarını açığa çıkaran fosil yakıtlardan üretilen hidrojenin aksine, yeşil hidrojen sıfır emisyonlu bir yakıttır [1]. Ulaşım, sanayi ve enerji üretimi gibi çeşitli sektörlerde fosil yakıtların yerini alma, sera gazı emisyonlarını azaltmaya ve iklim değişikliğiyle mücadelede yardımcı olma potansiyeline sahiptir.

Yeşil hidrojen, arz düşük olduğunda kullanılacak fazla yenilenebilir enerjiyi depolayarak yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesine entegrasyonunu da destekleyebilir. Ayrıca fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak, güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlayarak enerji güvenliğini artırmaya yardımcı olabilir.

Yeşil hidrojen, düşük karbonlu bir ekonomiye geçişe ve iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olmak için umut verici bir çözümdür [2]. Bununla birlikte, yaygın ve uygun maliyetli bir enerji kaynağı haline gelmek için önemli yatırımlar ve altyapı geliştirmek gerekmektedir.

Yeşil hidrojen ayrıca ulaşım, ısıtma ve endüstriyel süreçler dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılabilen esnek bir enerji taşıyıcısı olarak kabul edilir. Yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir, bu da onu birçok uygulamada fosil yakıtlara pratik bir alternatif haline getirir. Yeşil hidrojenin önemli avantajlarından bazıları, yerel olarak üretilebilmesi, ithalata olan bağımlılığı azaltması ve enerji güvenliğini artırmasıdır [3]. Ayrıca, yeşil hidrojen üretimi, yenilenebilir enerji kaynaklarının bol olduğu bölgelerde yeni işler yaratabilir ve ekonomik büyümeyi teşvik edebilir.



Şekil 1. Yeşil hidrojen rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebilmektedir [18].

Bununla birlikte, yeşil hidrojen üretmek şu anda fosil yakıtlardan hidrojen üretmekten daha pahalıdır. Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyeti hızla düşmekte ve bu da yeşil hidrojeni giderek daha uygun maliyetli hale getirmektedir [4]. Ek olarak, gelişmiş elektroliz sistemleri gibi yeni teknolojilerin geliştirilmesi, yeşil hidrojen üretiminin maliyetini daha da azaltabilir. Yeşil hidrojen, sera gazı emisyonlarını azaltmaya, enerji güvenliğini artırmaya ve ekonomik büyümeyi

desteklemeye yardımcı olabilecek umut verici bir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji daha uygun maliyetli hale geldikçe, yeşil hidrojenin üretimi ve kullanımının artması ve düşük karbonlu bir ekonomiye geçişe katkıda bulunması muhtemeldir [5].

Yeşil Hidrojen stratejisi, rüzgar, güneş veya hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen hidrojen yakıtının geliştirilmesi ve kullanılması yoluyla iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik bir yaklaşımdır. Yeşil hidrojen, elektroliz adı verilen bir süreçle su moleküllerini hidrojen ve oksijene ayırmak için yenilenebilir elektrik kullanılarak oluşturulur [6]. Bu strateji, ulaşım, sanayi ve enerji üretimi gibi çeşitli sektörlerde fosil yakıtları hidrojenle değiştirerek sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, arz düşük olduğunda kullanılacak fazla yenilenebilir enerjiyi depolayarak yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesine entegrasyonunu da destekleyebilir.

Yeşil hidrojen kullanımı, ülkelerin fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltarak ve enerji güvenliğini artırarak iklim değişikliğine uyum sağlamalarına yardımcı olabilir [7]. Strateji aynı zamanda yeşil hidrojen üreten ve ihraç eden bölgelerde yeni iş fırsatları yaratılmasına ve ekonomik büyümenin desteklenmesine yardımcı olabilir. Yeşil Hidrojen stratejisi, iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik küresel çabaların çok önemli bir parçasıdır ve benimsenmesi, etkilerinin hem azaltılmasına hem de uyumuna önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

Sera gazı emisyonlarının azaltılması

Yeşil hidrojenin başlıca faydalarından biri, sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyelidir. Fosil yakıtlar, ısıyı atmosferde hapseden ve iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarına önemli katkıda bulunur. Yeşil hidrojen ise yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilir ve üretimi veya kullanımı sırasında herhangi bir sera gazı salınımı yapmaz. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliği bağlamında yeşil hidrojenin kritik bir faydasıdır [8]. Yeşil hidrojenin üretimi ve kullanımı, iklim değişikliğine önemli katkıda bulunan sera gazlarını yaymaz. Sera gazları, Dünya atmosferindeki ısıyı hapsederek küresel ısınmaya, deniz seviyelerinin yükselmesine ve çevre üzerindeki diğer olumsuz etkilere yol açar.

Buna karşılık, doğal gaz gibi fosil yakıtlardan hidrojen üretimi önemli miktarda sera gazı yayar [9]. Aslında, fosil yakıtlardan hidrojen üretimi, birçok ülkede önemli bir sera gazı emisyonu kaynağıdır. Ülkeler, yeşil hidrojene geçerek sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir ve iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik küresel çabalara katkıda bulunabilir. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, sera gazı emisyonlarına önemli katkıda bulunan ulaşım sektöründe özellikle önemlidir. Yeşil hidrojen, yalnızca su buharı yayan hidrojen yakıt hücreli elektrikli araçlar gibi sıfır emisyonlu araçlar için yakıt olarak kullanılabilir [10]. Bu, iklim değişikliği hedeflerine ulaşmak için kritik olan ulaşım

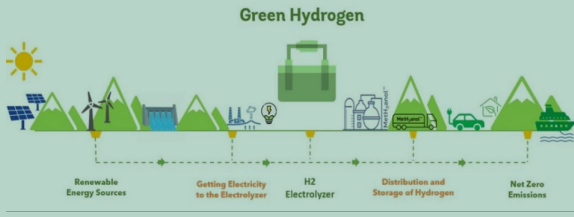
sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir.

Sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliği bağlamında yeşil hidrojenin önemli bir faydasıdır. Ülkeler, yeşil hidrojene geçerek sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir ve iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik küresel çabalara katkıda bulunabilir. Yeşil hidrojen ile sera gazı emisyonlarının azaltılması, hidrojen üretim sürecinin yaşam döngüsü emisyonlarına bağlıdır [11]. Yeşil hidrojenin kendisi sera gazı yaymazken, hidrojeni üretmek için kullanılan yenilenebilir enerjinin üretimi bazı emisyonlar üretebilir. Bununla birlikte, yeşil hidrojenin yaşam döngüsü emisyonları, fosil yakıtlardan üretilen hidrojenden önemli ölçüde daha düşüktür. Bazı yeşil hidrojen üretim süreçleri, üretim sürecinde oluşan karbondioksit emisyonlarını yakalayan ve depolayan karbon yakalama teknolojisini içerebilir [5]. Bu, yeşil hidrojen üretimiyle ilişkili sera gazı emisyonlarını daha da azaltabilir.

Yeşil hidrojen ile sera gazı emisyonlarının azaltılması, düşük karbonlu bir ekonomiye doğru daha büyük bir enerji geçişinin parçasıdır. Yeşil hidrojen kullanımı, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaya ve iklim değişikliğini hafifletmek için kritik olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmeye yardımcı olabilir. Hükümet politikaları, yeşil hidrojenin benimsenmesini teşvik etmede ve sera gazı emisyonlarını azaltmada önemli bir rol oynayabilir [12]. Karbon fiyatlandırması, yenilenebilir enerji hedefleri ve yeşil hidrojen üretimi ve kullanımı için sübvansiyonlar gibi politikalar, düşük karbonlu ekonomiye geçişi teşvik edebilir. Yeşil hidrojen ile sera gazı emisyonlarında önemli düşüşler elde etmek için üretim ve kullanımın ölçeğini büyütme gerekmektedir. Bu, altyapı ve teknoloji geliştirmeye yatırım yapmanın yanı sıra yeşil hidrojen için pazarların yaratılmasını gerektirecektir. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliği bağlamında yeşil hidrojenin kritik bir faydasıdır. Yeşil hidrojen üretimini ve kullanımını artırmanın zorlukları olsa da benimsenmesi sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir ve iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik küresel çabalara katkıda bulunabilir.

İklim değişikliğine uyum

Yeşil hidrojen, ülkelerin artan sıcaklıklar, değişen yağış düzenleri ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamasına yardımcı olabilir [13]. Yeşil hidrojen, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak enerji güvenliğini artırabilir ve aşırı hava olaylarının neden olduğu arz kesintisi riskini azaltabilir. İklim değişikliğine uyum, yeşil hidrojenin iklim değişikliğinin etkilerini azaltmadaki rolünün bir diğer önemli yönüdür. İklim değişikliği, dünya çapında daha sık ve şiddetli sıcak hava dalgaları, kuraklık, sel ve fırtınalar gibi önemli etkilere neden olmaktadır. Bu etkilerin ekosistemler, altyapı ve insan yaşamları üzerinde yıkıcı etkileri olabilir.



Şekil 2. Yeşil hidrojen iklim eylemi hedeflerine katkıda bulunurken küresel enerji talebinin karşılanmasına yardımcı olmaktadır [19].

Yeşil hidrojen ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek, iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha az savunmasız olan daha dayanıklı bir enerji altyapısı oluşturabiliriz. Örneğin, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıt bazlı enerji kaynaklarına göre aşırı hava olaylarına karşı daha az savunmasızdır. Yeşil hidrojen teknolojisi, iklim değişikliğinin etkileri karşısında dayanıklılığı artırmaya yardımcı olabilecek merkezi olmayan enerji üretimini de kolaylaştırabilir [14]. Merkezi olmayan enerji üretimi, büyük merkezi enerji santrallerine güvenmek yerine, ihtiyaç duyulan yere daha yakın bir yerde, daha küçük ölçekte enerji üretmeyi içerir. Bu, enerji sistemlerini iklimle ilgili aksaklıklara karşı daha dayanıklı hale getirebilir. Yeşil hidrojen, aşırı hava olayları sırasında daha güvenilir ve esnek bir enerji arzı sağlamaya yardımcı olabilecek fazla yenilenebilir enerjiyi depolamak için de kullanılabilir [15]. Örneğin, talebin düşük olduğu dönemlerde üretilen fazla yenilenebilir enerji, yeşil hidrojen üretmek için kullanılabilir ve bu hidrojen daha sonra depolanabilir ve yüksek talep dönemlerinde elektrik üretmek için kullanılabilir.

Yeşil hidrojenin faydalarından biri, enerji sektöründe su kullanımını azaltabilmesidir [16]. Bu önemlidir, çünkü iklim değişikliğinin dünyanın birçok bölgesinde su kıtlığını şiddetlendirmesi beklenmektedir. Fosil yakıt bazlı enerji üretimi genellikle su yoğunudur, oysa yeşil hidrojen üretimi minimum su kullanımı ile yapılabilir. Bu, yeşil hidrojenin teşvik edilmesinin su kaynaklarının korunmasına yardımcı olabileceği ve bu da iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaya yardımcı olabileceği anlamına gelir. Yeşil hidrojen, iklim değişikliğinin etkileri karşısında enerji güvenliğini ve dayanıklılığını artıracak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine yardımcı olabilir. Yeşil hidrojen üretmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek, tek bir enerji kaynağına olan bağımlılığımızı azaltabilir ve enerji sistemlerini iklimle ilgili aksaklıklara karşı daha dayanıklı hale getirebiliriz. Yeşil hidrojen üretimi, rüzgar, güneş veya hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını gerektirir. Bu yenilenebilir enerji kaynakları, kuraklık veya sel gibi iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaya yardımcı olabilecek tarımsal ormancılık gibi sürdürülebilir arazi kullanım uygulamalarına entegre edilebilir. Yeşil hidrojen, sera gazı emisyonlarını azaltmaya ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaya yardımcı olabilecek iklim dostu

ulaşıma geçişi de destekleyebilir [16].

Son olarak, yeşil hidrojen üretimini ve kullanımını teşvik etmek, iklim değişikliğine uyum konusunda uluslararası iş birliğini teşvik edebilir [17]. Ülkeler, yeşil hidrojen teknolojisini ve altyapısını geliştirmek için birlikte çalışarak bilgi ve kaynakları paylaşabilir ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamada birbirlerini destekleyebilir. Sonuç olarak, yeşil hidrojen, su kullanımını azaltarak, enerji kaynaklarını çeşitlendirerek, sürdürülebilir arazi kullanımını teşvik ederek, iklim dostu ulaşımı destekleyerek ve uluslararası iş birliğini teşvik ederek iklim değişikliğine uyum sürecine katkıda bulunabilir.

Sonuç

Yeşil hidrojen kullanımı, ülkelerin artan sıcaklıklar, değişen yağış düzenleri ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamasına yardımcı olabilir. Yeşil hidrojen, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak enerji güvenliğini artırabilir ve aşırı hava olaylarının neden olduğu arz kesintisi riskini azaltabilir. Benimsenmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunun desteklenmesine ve enerji güvenliğinin artırılmasına yardımcı olarak düşük karbonlu bir ekonomiye geçişin önemli bir parçası haline gelebilir. Ulaşım ve sanayi gibi çeşitli sektörler için yenilenebilir enerji sağlama potansiyeli muazzamdır ve üretim süreci tamamen emisyonuz olabilir. Ayrıca, yeşil hidrojen ekonomisinin geliştirilmesi, döngüsel ve düşük karbonlu bir ekonomiye geçişi mümkün kıldığı için iklim değişikliğine dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği artırabilir. Yeşil hidrojenin mevcut enerji sistemlerine entegrasyonu, hükümetler, özel sektörler ve paydaşlar arasında iş birliği ve koordinasyon gerektirir.

Kaynaklar:

1. Castelvocchi, D. (2022). How the hydrogen revolution can help save the planet—and how it can't. *Nature*, 611(7936), 440-443.
2. van Renssen, S. (2020). The hydrogen solution?. *Nature Climate Change*, 10(9), 799-801.
3. Agaton, C. B., Batac, K. I. T., & Reyes Jr, E. M. (2022). Prospects and challenges for green hydrogen production and utilization in the Philippines. *International Journal of Hydrogen Energy*.
4. Bogdanov, D., Ram, M., Aghahosseini, A., Gulagi, A., Oyewo, A. S., Child, M., & Breyer, C. (2021). Low-cost renewable electricity as the key driver of the global energy transition towards sustainability. *Energy*, 227, 120467.
5. Yu, M., Wang, K., & Vredenburg, H. (2021). Insights into low-carbon hydrogen production methods: Green, blue and aqua hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(41), 21261-21273.
6. Kumar, S. S., & Himabindu, V. (2019). Hydrogen production by PEM water electrolysis—A review. *Materials Science for Energy Technologies*, 2(3), 442-454.
7. He, W., Abbas, Q., Alharthi, M., Mohsin, M., Hanif, I., Vo, X. V., & Taghizadeh-Hesary, F. (2020). Integration of renewable hydrogen in light-duty vehicle: nexus between energy security and low carbon emission resources. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(51), 27958-27968.
8. Ocko, I. B., & Hamburg, S. P. (2022). Climate consequences of hydrogen emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(14), 9349-9368.
9. Olah, G. A. (2005). Beyond oil and gas: the methanol economy. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(18), 2636-2639.
10. Wong, E. Y. C., Ho, D. C. K., So, S., Tsang, C. W., & Chan, E. M. H. (2021). Life cycle assessment of electric vehicles and hydrogen fuel cell vehicles using the greet model—A comparative study. *Sustainability*, 13(9), 4872.
11. Bauer, C., Treyer, K., Antonini, C., Bergerson, J., Gazzani, M., Gencer, E., ... & Van der Spek, M. (2022). On the climate impacts of blue hydrogen production. *Sustainable Energy & Fuels*, 6(1), 66-75.
12. Sheng, M. S., Sreenivasan, A. V., Sharp, B., & Du, B. (2021). Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions and energy consumption for electric vehicles: A comparative study in Oceania. *Energy Policy*, 158, 112552.
13. Naaz, A., & IPS, P. H. (2022). Climate Change and its Interconnectedness with Natural Disasters: A Global Perspective. In 5th World Congress on Disaster Management (pp. 446-451). Routledge.
14. Kar, S. K., Sirha, A. S. K., Bansal, R., Shabani, B., & Harichandan, S. (2023). Overview of hydrogen economy in Australia. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 12(1), e457.
15. Widera, B. (2020). Renewable hydrogen implementations for combined energy storage, transportation and stationary applications. *Thermal Science and Engineering Progress*, 16, 100460.
16. Ocko, I. B., & Hamburg, S. P. (2022). Climate consequences of hydrogen emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(14), 9349-9368.
17. Weger, L. B., Leitao, J., & Lawrence, M. G. (2021). Expected impacts on greenhouse gas and air pollutant emissions due to a possible transition towards a hydrogen economy in German road transport. *International journal of hydrogen energy*, 46(7), 5875-5890.
18. Ballo, A., Valentin, K. K., Korgo, B., Ogunjobi, K. O., Agbo, S. N., Kone, D., & Savadogo, M. (2022). Law and Policy Review on Green Hydrogen Potential in ECOWAS Countries. *Energies*, 15(7), 2304.
19. <https://www.worldwildlife.org/stories/what-is-green-hydrogen-and-how-can-it-help-tackle-the-climate-crisis>
20. <https://blogs.worldbank.org/ppps/green-hydrogen-key-investment-energy-transition>



Organomineral Gübreler Hakkında Kısa Bir Derleme

Banş Saçlı
Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye,
Tübitak 2244 Bursiyeri

Türkiye'nin iklim koşulları ve toprak yapısı sonucunda, toprak yapısına eklenen bitkisel ve hayvansal kökenli organik maddelerin mikrobiyolojik ayrışmaları hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Aynı zamanda toprakta biriken organik madde miktarı düşük düzeydedir. Bu miktarın artırılabilmesi, uygulama sonrası toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını da olumlu etkilemesi nedeni ile organomineral gübrelerin kullanımının önemi günden güne büyük önem kazanmaktadır. Organomineral gübrelerin yaygın kullanımı sonucu organik gübrelerin uzun etki sürecinin sağlanmasının yanında kimyasal gübrelerin bilinçsiz kullanıcılar tarafından toprak yapısını bozması da önlenabilir.

Taban (toprak altı) gübresi olarak kullanıldığında organomineral gübreler topraklardaki su tutma kapasitesini artırır. Bitki ve hayvanların doğal çürümesi ile oluşan kimyasal ve biyolojik etkileşimler sonucu ortaya çıkan ve organomineral gübre yapısına kazandırılan hümik asit ve fulvik asit aşırı yağış esnasında bitki besin maddelerinin toprağın derinliklerine gitmesini önler. Aynı zamanda da bitkiler tarafından erişilemez formlarda bulunan elementleri erişilebilir formlara dönüştürür. Toprağın hava almasını kolaylaştırırken, içerdiği mikro besin elementleri ile de makro besin elementlerinin yanında çeşitlilik de sağlar.

Organomineral gübre kullanımının mineralle ilgili temel avantajı, nitrojen gibi bazı besin maddelerinin buharlaşma, fosfor fiksasyonu ve potasyum liçi yoluyla kaybının yavaş salım ile önlenmesini sağlamasıdır.

Humik asit ve fulvik asitten oluşan hümik grup, toprak organik maddesinin yaklaşık %60-80'ini oluşturan karmaşık yapılardır. Mikrobiyal saldırılara karşı dirençli olan bu yapılar aromatik halka tipi yapılara sahiptir. Polifenol ve polikinon grupları içerirler. Bozunma, sentez ve polimerizasyon yoluyla oluşurlar. Yapıdaki küçük koloidal parçacıklar negatif yüklüdür (OH⁻, COOH⁻ veya fenolik gruplar), büyük bir yüzey alanına sahiptir, daha yüksek katyon değişim kapasitesine ve silikattan 4-5 kat daha yüksek su tutma kapasitesine sahiptir.

Gübre üretim sürecinde organik temelli besin maddeleri, çeşitli atıklardan sağlanabilmektedir. Fosfojips gibi endüstriyel atıklar, prina gibi tarım atıkları ve lignoselülozik biyokütleler organomineral gübrelerde kullanılarak atık halden bitki besin maddelerine dönüştürülebilirler. Böylece tarım sektörünün temel zorlukları içerisinde yer alan gıda üretimi ve atık yönetimi eş zamanlı olarak ele alınabilir.

Organomineral gübreler ve tarıma etkileri

Organomineral gübrelerin tüm bu olumlu yönleri literatürde bulunan çeşitli çalışmalarda da karşımıza çıkmaktadır. Organomineral ve kimyasal gübrelerle birlikte farklı fosfor uygulamaları yapıldığında, fosforun etkinliği ve silajlık mısırdaki fosforun yeniden alım verimliliğinin arttığı belirlenmiştir [5].

Organomineral gübrelerin inorganik gübrelerle kıyasla farklılıkları

Farklı organomineral ve inorganik kompoze gübrelerin kışık ekmeclik buğday tane verimi ve bazı verim unsurları üzerine etkileri ele alınmış ve kışık ekmeclik buğday yetiştiriciliğinde birim alandan yüksek verim elde etmek için organomineral gübrelerin taban gübresi olarak, inorganik gübrelerin ise üst gübre olarak birlikte kullanıldığı dengeli bir gübreleme programının önerilebileceği sonucuna ulaşılmıştır [8].

Domat zeytin çeşidinde 4 yıl süreyle yürüttükleri çalışmada, ağaç başına 2 veya 3 kg organomineral gübre uygulamasının diğer gübre ve dozlarına göre daha yüksek verimle sonuçlandığı ve bunun istatistiksel açıdan oldukça önemli olduğu belirtilmiştir [7]. Ekonomik analiz sonucunda üretici için en yüksek gelirin ağaç başına 3 kg organomineral gübre ile elde edildiği ve gübre dozunun biraz daha artırılması durumunda (%10) ağaç başına marjinal gelirin daha da artacağı tespit edilmiştir.

Organomineral gübrelerin farklı içerikle geliştirilmesi

Aynı zamanda organomineral gübrelerin üretiminde kullanılacak artma çamurları [4], şeker kamışı [1], mikroalgler [2], fosfojips [6] çeşitli organik ürünler ve atıklar

ile yapılan çalışmalar, gübrenin geliştirilmesinin yanı sıra atık değerlendirme açısından da önemli bir durumdur.

Özetle, organomineral gübrelerin geliştirilmesi ve kullanımı ile ekonomik kayıplar önlenebilmekle birlikte ekolojik denge sağlanabilmektedir. Verim ve besin alımı gibi farklı parametrelerde yüksek düzeyde iyileştirmeler ortaya konulmuştur. Bu nedenle bu tür gübrelerin kullanımının yaygınlaşması sonucunda, sürdürülebilir tarım bundan olumlu bir etki kazanacaktır.

Kaynaklar:

1. Cruscio, C. A. C., Campos, M. D., Martello, J. M., Alves, C. J., Nascimento, C. A. C., Pereira, J. C. D. R., & Cantarella, H. (2020). Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. *Scientific Reports*, 10(1), 5398.
2. De Paula Pereira, A. S. A., Magalhães, I. B., Ferreira, J., de Siqueira Castro, J., & Calijuri, M. L. (2023). Microalgae organomineral fertilizer production: A life cycle approach. *Algal Research*, 71, 103035.
3. Eryılmaz, F., Ahi, Y., Hatipoğlu, R., Fırat, M., Rıza, A., Siti, R., & Burun, H. M. (2021). *Agricultural Researches Resourcebook*.
4. Kominko, H., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2017). The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. *Waste and Biomass Valorization*, 8, 1781-1791.
5. Korkmaz, A., Gezgin, S., & Yılmaz, F. (2021). Organomineral ve kimyasal gübre ile farklı fosfor uygulamalarının silaj mısırın verimi ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2), 268-275.
6. Matveeva, V. A., Smirnov, Y. D., & Suchkov, D. V. (2022). Industrial processing of phosphogypsum into organomineral fertilizer. *Environmental Geochemistry and Health*, 44(5), 1605-1618.
7. Pekcan, T., Turan, H. S., & Çolakoğlu, H. (2009). Effects of organomineral, mineral and farmyard manures on the yield and quality of Olive Trees (*Olea Europaea* L.).
8. Süzer, S., & Çulhacı, E. (2017). Farklı organomineral ve inorganik kompoze gübrelerin kışlık ekmeçlik buğday tane verimi ve bazı verim unsurları üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 87-92.