



TOROS TARIM

AR-GE BÜLTENİ

Mart 2024 / Sayı 8

Merhaba,

Toros ARGE Bülteni'nin yeni sayılarında birbirinden farklı ve dopdolu içerikleri sizler için ele almaya devam ediyoruz. Bu sayımızda "Yapay Zeka Programlarına Tarım Sektöründen Sorular", "Reaksiyon Optimizasyonu ve Büyük Ölçeğe Uyarlama Çalışmaları", "Tarım Endüstrisinde Fosfojips (PG) Türevli Nanohidroksiapatit (HAP) Sentez Yöntemlerinin ve Fosfor Kaynağı Olarak Atık Yönetiminin Değerlendirilmesi" ve "Tarımın Üretkenliği, Verimliliği ve Sürdürülebilirliği İçin Tarımsal Dijitalleşme" gibi birbirinden farklı konulara yer verdik.

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

Keyifli okumalar dileriz.



Yapay Zeka Programlarına Tarım Sektöründen Sorular

Emre Yüzbaşıoğlu
Toros Tarım, İstanbul, Türkiye
Strateji İş Geliştirme Ve Yatırımcı İlişkileri Müdürü

Yapay zeka'nın ne olduğundan bahsetmeye ihtiyaç olduğunu düşünmüyorum. Artık hangi habere denk gelsek yapay zekadan bahsediliyor. Sırada bunu günlük işlerimize nasıl entegre edeceğimize daha doğrusu yapay zeka ile birlikte nasıl çalışabileceğimize dair araştırmalar kalıyor. MIT'nin dünyanın en büyük danışmanlık şirketlerinden Boston Consulting Group (BCG) danışmanları üzerinde yaptığı bir araştırmaya göre yapay zeka ile birlikte çalışan danışmanların iş çıktılarında %40 artış gözlenmiş.

Şu anda piyasada iki farklı yapay zeka yarışmada önde gidiyor: OpenAI'nin ChatGPT'si ve Google'ın Gemini'si. Bu yazıda bu iki farklı yapay zekaya aynı soruları sorup aldığımız cevapları karşılaştırdım. Yapay zekaların ana eğitim dili İngilizce olduğu için bu soruları İngilizce sorup İngilizce olarak verdikleri cevapları Türkçeye çevirmelerini istedim. Aşağıdaki soruların cevaplarını kendim bulmaya çalışsam çok uzun zamanımı alabilirdi ancak yapay zekalar ile aşağıdaki cevapları oluşturmam yarım saatimi aldı. Sadece son soruda biraz konuşmamız gerekti. Bu noktadan sonra yapay zekayı günlük hayatımıza nasıl dahil edebileceğimizi araştırmak bize kalmış durumda. Herkese iyi denemeler!

Not: Yapay zekalar öğrenmeye devam ettiği için yapacağımız bu çalışmayı soruların sorulduğu tarih olan 8 Mart 2024'de ChatGPT 4.0 ve Gemini 137B LaMDA modelleri ile yaptığımızı yapmayı unutmamak gerekir.

1. Önümüzdeki 10 yıl içinde tarımsal teknoloji nasıl gelişecek?

ChatGPT: Önümüzdeki 10 yıl içinde, tarımsal teknoloji, gıda üretimini sürdürülebilir ve verimli bir şekilde artırma ihtiyacı tarafından yönlendirilerek önemli bir dönüşüm geçirecek. IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları ve YZ (Yapay Zeka) tarafından desteklenen hassas tarım gibi yenilikler, çiftçilerin mahsul sağlığını ve toprak koşullarını gerçek zamanlı olarak izlemesini sağlayacak, daha bilinçli karar almayı ve kaynak kullanımını azaltmayı mümkün kılacak. Robotik ve otomasyon daha yaygın hale gelecek, insansız hava araçları ile hava gözetlemesi ve otonom traktörler manuel işgücü ihtiyacını azaltacak. CRISPR gibi genetik düzenleme teknolojileri, verimi, iklim değişikliğine direnci ve besin içeriğini artıracak mahsul ıslahında ilerleme kaydedecek. Ayrıca, dikey tarım ve hidroponik gibi yöntemler, özellikle kentsel alanlarda, alan kullanımını

optimize ederek ve su tüketimini azaltarak daha yaygın hale gelecek. Bu evrim, daha yüksek üretkenlik, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğine karşı direnç elde etmeyi amaçlamaktadır.

Gemini: Tarım teknolojisi önümüzdeki 10 yılda akıllı tarım uygulamalarıyla hızla değişecek.

- Robot sürüleri yapay zeka ile yönlendirilip ot yolma ve hasat gibi sıkıcı işleri halledecek. Traktörler tamamen otonom hale gelerek güzergahları optimize edecek ve israfı azaltacak.
- Toprak koşulları, nem ve ürün sağlığı hakkında gerçek zamanlı bilgi toplayan sensörler sayesinde yapay zeka, kaynakların hassas bir şekilde tahsis edilmesini sağlayarak verimi maksimuma çıkaracak ve çevresel etkiyi azaltacak.
- Hassas işleri yapan tarım robotları artacaktır. Meyve toplama ve tozlaşma gibi görevleri üstlenen bu yorulmak bilmez robotlar verimliliği artıracak ve insan gücüne olan bağımlılığı azaltacak.
- Giderek artan nüfus ve arazi kıtlığıyla birlikte dikey ve kapalı alan tarımı daha önemli hale gelecek. Bu, iklim kontrollü ortamlar sağlayarak geleneksel hava koşullarına bağımlılığı en aza indirecek.

Genel olarak, tarım, verimliliği, etkinliği ve sürdürülebilirliği artıracak veri odaklı, akıllı bir devrime hazırlanıyor.

2. Toprakta bulunan ve fikse olmuş elementler kimyasal yollarla bitkiye yararlı hale gelebilir mi?

ChatGPT: Evet, topraktaki çözünmez elementler kimyasal yollarla bitkilere aktarılabilir. Bu süreç, genellikle bu elementlerin çözünabilir formlara dönüştürülmesini ve bitki kökleri tarafından emilebilir hale getirilmesini içerir. Örneğin, topraktaki mikroorganizmalar, çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar aracılığıyla çözünmez besinleri çözünabilir formlara dönüştürmede kritik bir rol oynar. Ayrıca, kelat yapıcı ajanların uygulanması veya toprağın asidik hale getirilmesi gibi belirli tarımsal uygulamalar, besin maddelerinin çözünürlüğünü artırarak onları bitkilere daha erişilebilir hale getirebilir. Bu, fosfor ve bazı iz elementler gibi bitkilerin doğrudan ememediği formlarda sıklıkla bulunan temel besin maddelerinin alımı için önemlidir. Bu kimyasal etkileşimler ve dönüşümler aracılığıyla, bitkiler büyüme ve gelişimleri için gerekli olan daha geniş bir besin maddesi yelpazesine erişebilir.

Gemini: Topraktaki "eriyemez" elementler bile çeşitli kimyasal süreçler sayesinde bitkilere transfer olabilir.

- Ayrışma: Yağmur suyu ve doğal asitler mineralleri yavaşça parçalayarak çözünürlüklerini artırır ve içerdikleri elementleri serbest bırakır.
- Kelasyon: Topraktaki bazı organik bileşikler, bitkilerin daha kolay emebileceği kompleksler oluşturarak "eriyemez" elementleri "yakalayabilir"
- pH Değişikliği: Toprak asitliği (pH) çözünürlüğü etkiler.

pH değiştiğinde bazı "eriyemez" elementler geçici olarak çözünür hale gelerek bitkiler tarafından alınabilir.

- Mikrobiyal Aktivite: Bakteri ve mantarlar gibi toprak mikropları mineralleri parçalayarak besin maddelerini, başta çözünmez olarak düşünülen elementleri de içeren şekilde serbest bırakabilir.
- Dolayısıyla bir element "eriyemez" olarak listelense bile bitkiler için sonsuza kadar erişilemez değildir. Sağlıklı topraktaki bu devam eden kimyasal süreçler, besin maddelerini bitkilerin kullanabileceği hale getirmek için sürekli çalışır.

3. Yapay zeka dil sorununu çözecek mi? Cevabını 60 kelime ile sınırla lütfen.

ChatGPT: Yapay zeka, çeviri doğruluğunu iyileştirerek ve diller arası anlık çeviri sağlayarak dil engellerini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Ancak, dil problemini tamamen çözmek, kültürel nüansları ve bağlamı anlamayı içerir ki bu hala bir meydan okumadır. Yapay zeka iletişimi geliştirebilirken, tam bir çözüm, yapay zekanın incelikleri ve dildeki insan unsurunu daha iyi kavramasıyla mümkün olacaktır.

Gemini: Yapay zeka, dil işlemede önemli adımlar atıyor fakat dil problemini tamamen çözmek karmaşık. Yapay zeka, kültürel nüansları, espriyi ve ileti amaçlarını henüz tam anlamıyla kavramıyor. Muhtemelen güçlü bir çeviri aracı olacak ancak insan anlayışını tamamen taklit etmek zorlu bir hedef.

4. Tarımda kullanılabilecek mikroorganizmaları listeler misin? Cevabını 100 kelime ile sınırla lütfen.

ChatGPT: Tarımda, toprak verimliliğini, bitki büyümesini ve mahsul direncini artırmak için çeşitli mikroorganizmalar kullanılır. Bunlar arasında:

Rhizobia: Azotu atmosferden sabitleyen baklagillerle simbiyotik ilişkiler kuran bakteriler.

Mikorizal mantarlar: Bitkilerde besin ve su alımını artırır.

Azospirillum: Özgür yaşayan, azot sabitleyen ve baklagil olmayan bitkiler için yararlı bakteriler.

Bacillus thuringiensis (Bt): Böceklerle zararlı toksinler üreten, biyopestisitlerde kullanılan bakteriler.

Trichoderma: Toprak besin döngüsünde ve bitki hastalıklarına dirençte yardımcı olan mantarlar.

Pseudomonas: Toprakta bulunan hastalıkları baskılayabilen ve bitki büyümesini teşvik edebilen bakteriler.

Bu mikroorganizmalar, sürdürülebilir tarım uygulamalarında kritik roller oynar.

Gemini: Tarımda rol oynayan birçok faydalı mikroorganizma

var! İşte bazı önemli gruplar:

Azot-fiksasyon bakteriyaları (bakteri): Rhizobium gibi bu bakteriler, baklagillerle simbiyotik ilişki kurarak havadaki azotu bitkilerin kullanabileceği bir forma dönüştürür.

Fosfat çözücü bakteriler: Toprak minerallerine bağlı fosforu açarak bitkilerin alımına hazır hale getirirler.

Mikorizal mantarlar: Bitki kökleriyle simbiyotik bir ortaklık oluşturarak besin ve su alımını artırır.

Biyolojik mücadele ajanları: Bu bakteri ve mantarlar topraktaki zararlı patojenlere saldırarak bitki hastalıklarını baskılamaya yardımcı olurlar.

Bunlar sadece birkaç örnek ve araştırmacılar sürdürülebilir tarım için mikroorganizmaların gücünden faydalanmanın yeni yollarını keşfetmeye devam ediyor. (Gemini için not: Cevabı İngilizceden Türkçeye çevirirken Rusça gibi gözükken bir yazı bıraktı ve İngilizce cevapta bakteriler için bazı resimler de göstermişti)

5. Mikrobiyal gübreler, mineral gübrelerle birlikte zarar görmeden nasıl granüle edilebilir?

ChatGPT: Mikrobiyal gübreler, faydalı mikropların hayatta kalmasını sağlamak için dikkatli bir formülasyon ve işleme yoluyla mineral gübrelere eklenebilir. Bu, mikrobiyal ajanların, mineral gübrelerin sert kimyasal ortamından korunmalarını sağlayacak koruyucu kaplamalar içine kapsüllenmesini içerir. Ayrıca, bu gübreler mikropların toprağa zamanla kademeli olarak salınmasını sağlayacak şekilde tasarlanabilir, böylece etkinliklerinin zaman içinde korunmasını sağlar. Bu süreç, mikroplara zarar vermeden mikrobiyal ve mineral bileşenlerin her ikisinin de etkinliğini koruyacak fiziksel ve kimyasal koşullar üzerinde hassas bir kontrol gerektirir. Bu entegrasyon, besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırarak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek sinerjik bir yaklaşım sunar.

Gemini: Mikrobiyal gübreler, mineral gübrelerle birlikte granüle edilerek tek bir ürün haline getirilebilir ancak bu işlem mikroorganizmalara zarar verme riski taşır. İşte zarar verme olasılığını azaltmak için bazı yöntemler:

Koruyucu Kaplama: Üreticiler, granülleme sırasında mikroorganizmalar için özel kaplamalar geliştirebilir. Bu kaplamalar, sert kimyasallardan, yüksek sıcaklıklardan ve granül oluşumu esnasındaki basınçtan onları korur.

Optimize Edilmiş İşlem Parametreleri: Granülleme sırasındaki sıcaklık, basınç ve kurutma süresi gibi faktörlerin ayarlanması mikroorganizmalar üzerindeki stresi en aza indirebilir. Bu, üretim süreci için "ideal koşulların" bulunması gibidir.

Mikrobiyal Seçim: Strese karşı yüksek toleransı olan güçlü mikrobiyal suşları seçmek çok önemlidir. Tüm

mikroorganizmalar aynı olmadığından, granülleme sürecine dayanabilecekleri seçmek başarı için kilit faktördür.

Canlılık Testi: Üreticiler, granülleme işleminden sonra sıkı canlılık testleri yapmalıdır. Bu, son ürünün etkili olması için yeterli sayıda canlı ve aktif mikrobiyal içerdiğinden emin olmayı sağlar.

Ancak unutulmamalıdır ki: Granülleme halen bir zorluk teşkil etmektedir ve tüm mikrobiyal suşlar bu işleme dayanıklı değildir. Belirli mikroorganizmalar için ardışık uygulama veya tohum kaplama gibi alternatif yaklaşımlar daha uygun olabilir.

En iyi yaklaşım, kullanılan spesifik mikroorganizmalara bağlıdır. Bu alanda araştırma ve geliştirme çalışmalarını devam ettirmektedir ve umarım gelecekte geliştirilmiş granülleme teknikleri, daha geniş bir yelpazedeki mikrobiyalın mineral gübrelerle güvenli bir şekilde birleştirilmesine izin verecektir.



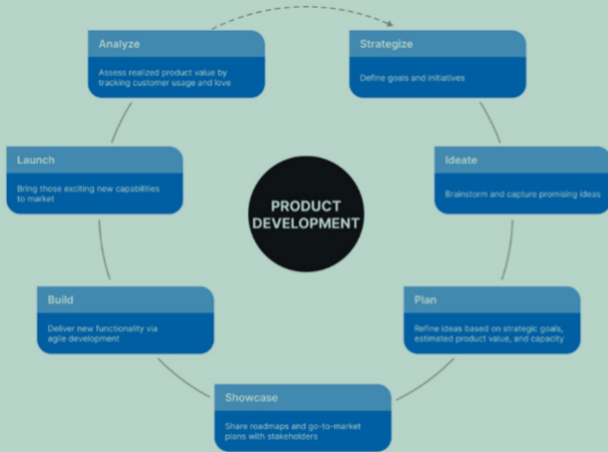
Reaksiyon Optimizasyonu ve Büyük Ölçeğe Uyarlama Çalışmaları

Tugba Tecim
Toros Tarım ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye
ARGE Şefi

Kimya ve kimya mühendisliği disiplinlerinin beraber çalıştığı ürün geliştirme/proses geliştirme çalışmalarında genel olarak uygulanan 3 temel aşama bulunmaktadır [1].

1. Laboratuvar ölçekli çalışmalar
2. Pilot ölçekli proses çalışmaları
3. Seri üretim ölçekli çalışmalar

Ürün geliştirme, üretim/sentez optimizasyonu çalışmalarının başlangıç noktası laboratuvar ölçekli reaksiyon/sentez çalışmaları olup, bu çalışmalardan elde edilen verilerin uygunluk değerlendirmesi sonraki aşamalarda elde edilecek çıktılara etkilemektedir.

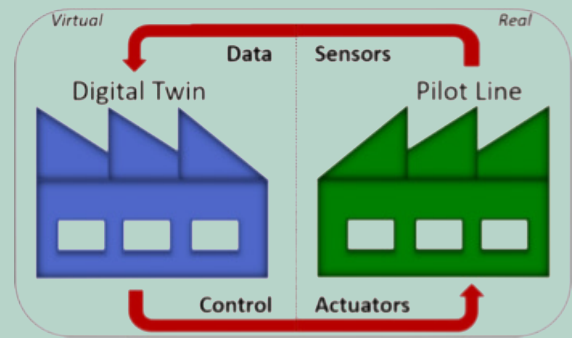


Görsel Linki: <https://l24.im/LiIsVqU>

Laboratuvar ölçekli reaksiyon/sentez çalışmalarının optimize edilmiş girdi verileri, bir sonraki pilot ölçekli proses çalışmalarına veri sağlar nitelikte olup, maalesef birebir üretim parametrelerini oluşturmamaktadır. Laboratuvar çalışmalarının kontrollü koşullarında hassas olarak kontrol edilebilen sıcaklık, nem, basınç, pH, viskozite ve karışım mol oranları gibi parametreler pilot ölçek düzeyine birebir taşındığında hedeflenen ve laboratuvar düzeyinde elde edilen çıktılara ulaşamayabilir. Bu durumda pilot ölçekte devreye giren kontrolsüz koşulların etkileri

değerlendirilmeli ve pilot ölçek şartlarında en kolay kontrol altında tutulabilecek parametrelere odaklanılarak pilot ölçekli prosesin optimizasyonu ayrıca çalışılmalıdır. Örneğin; laboratuvar koşullarında mevsimsel şartlardan bağımsız olarak kontrol edilebilen sıcaklık, nem ve basınç gibi değerler laboratuvar ölçeğinde optimize edilmiş girdi olsa da pilot ölçekte geçişte belirli bir mevsim şartındaki değerler yeni optimizasyon değeri olur veya prosesin istenen değere ulaşması için ek enerji ve proses kontrol maliyetlerini beraberine getirir. Bu durumda, reaksiyon kimyası ve fizikokimyasal proses parametreleri (pH, viskozite, katalizör etkisi, reaksiyonun G, H, S değişimleri, karışım konsantrasyonu, yoğunluk vb.) dikkate alınarak pilot ölçekte en etkili ve en kolay kontrol edilebilecek parametrelere odaklanılarak pilot proses optimizasyonu yapılır [2].

Laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmalar (ölçeğine de bağlı olarak) genel olarak benzer ölçek parametrelerine sahiptir. Reaksiyon kimyası ve mekanizmasının doğru olarak tespit edilmesi durumunda laboratuvar ölçeğinden pilot ölçekte taşıma çalışmaları başarılı olacaktır. Kimyasal reaksiyonların temel etkili fizikokimyasal parametreleri G, H, T olup; pilot ölçekte geçişte değişen hacim, basınç, reaksiyon hızı, taşınım parametreleri bu değerleri etkilemektedir. Ancak pilot ölçekte temel etken parametrelerin kontrol edilebilir oluşu pilot ölçekli çalışmaların avantajlarıdır [3].



Görsel linki: <https://l24.im/ul5Gy>

Seri üretime ölçekleme çalışmalarında ise, büyük ölçekli üretim ve taşınım olaylarında etkili olan birçok parametrenin kontrolü gerektiğinden ve pilot ölçeğe göre daha zor olduğundan daha büyük enerji ve yatırım maliyetleri oluşmaktadır [4].

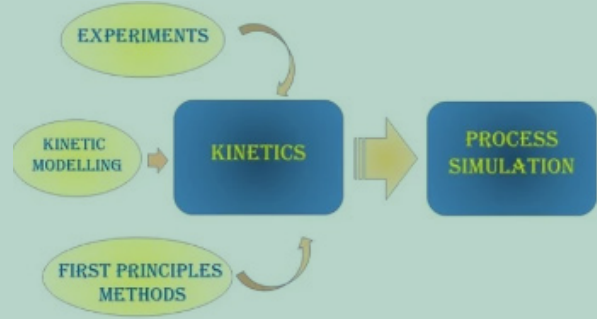
Seri üretime ölçekleme çalışmalarında, reaksiyon kimyası ve fiziksel yapı açısından bakılacak olursa, atmosferik basınç ve basınç farkları, iklime bağlı olarak gece/gündüz ve yıl içinde değişen sıcaklıklar ve nem, pH kontrolü ve katalizör etkisi gibi parametreler etkili olup, reaksiyon hızı ve verimi ise yukarıda belirtilen parametrelere ek olarak parçacık boyutu, yüzey alanı, proses tasarımı, girdi malzemelerin oranları gibi etkilere bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla seri üretime geçişte kontrol edilmesi gereken etkili parametreler artmakta ve kontrollü koşulların sağlanması ve üretim kalitesinin sürdürülebilirliği zorlaşmaktadır [5].

Pilot ölçekten seri üretime ölçekleme çalışmaları yaparken, üretim kapasitesindeki artış oranı, proses ekipmanlarına birebir olarak uygulanamaz [6]. Proses aşamalarının en önemli/etkili parametreleri seçilerek, buna göre artış/büyüme oranları uygulanmalıdır. Örneğin, genel olarak çıktı ürünün artış oranı girdi miktarları hesaplanırken direkt çarpan olarak uygulanırsa da proses ekipmanı yapısına ve tipine bağlı olarak (temas alanları, yüzey alanları, karıştırıcı etkisi, hızı gibi) o ekipman/reaktör içinde gerçekleşecek reaksiyon için en önemli parametreler (pH, girdi reaktan besleme oranları, girdilerin temas alanları vb.) belirlenir ve bu değerler sabit kalacak şekilde girdi hesaplamaları yapılarak prosese uygulanır.

Prosesin seri üretim ölçeğine taşınması proses ekipmanlarının tek tek scale-up hesaplamalarının yapılması ile mümkündür. İlgili ekipmanın çıktısı ürün/ara ürün için istenen özellikleri (saflık derecesi, konsantrasyon, ürün formu, tanecik büyüklüğü vb. gibi) sağlayacak şekilde ekipman tasarımı için gerekli mühendislik hesaplamaları yapılmaktadır [7]. Örneğin, distilasyon aşaması içeren bir proseste, pilot ölçek distilasyon kolonunun çapı, yüksekliği ve tepsi sayısı, scale-up katsayısı ile direkt olarak çarpılamaz. Kolon çıkışındaki hedef malzemenin saflık derecesi ve girdi malzemelerin/karışımın özellikleri ile hesaplanacak yeni kolon çapı, yüksekliği ve tepsi sayısı gibi bilgiler seri üretim ölçekli çalışmalarda kullanılmaktadır. Distilasyon kolonu örneğinde olduğu gibi için, girdi malzeme özellikleri ve çıktı malzemenin hedef saflığı (veya farklı bir kimyasal proseste hedef formülasyon, parçacık formu ve büyüklüğü vb.) değiştirilmeksizin; proses kurulum maliyetleri ve proses için gerekli alan büyüklüğü (taban alanı, kapalı depo tipi yerler için yükseklik) gibi bilgiler scale-up çalışmalarında kısıtlayıcı parametreler olarak da hesaba katılmaktadır.

Scale-up çalışmaları sırasında mühendislik hesaplamaları yapılan proses ekipmanları, kurulum sonrası oluşabilecek aksaklıkları, önceden tespit edebilmek adına simülasyon

yazılımlarında test edilir [8]. Bu tür çalışmaların testi için kullanılan ChemCAD programı yanısıra Aspen, SimLab, ProSimPlus, AFT Fathom, My Quorum, PipePhase, Petro-SIM, DWSIM, CADSIM Plus, SIMUL8 gibi proses simülasyonları üzerinde çalışma imkanı tanıyan yazılımlar mevcuttur.



Görsel Linki: <https://124.im/Xgtd7>

Elbette kağıt üzerinde yapılan hesaplamalar ve bilgisayar simülasyonları doğal koşulların etkisini tam olarak yansıtamayacağından scale-up çalışmaları sonrası proses kurulumlarında tesisin tam devreye girişi için gerçek koşullarda ekipman testleri ve deneme üretimi çalışmaları gerekmektedir. Değişen ortam koşullarının proses verimine olan etkisi tam olarak bertaraf edilemese de PID kontrolörler ve otomasyon sistemleri ile etkiler azaltılabilir.

Kaynaklar:

1. Stephanopoulos, George, and Gintaras V. Reklaitis. "Process systems engineering: From Solvay to modern bio-and nanotechnology.: A history of development, successes and prospects for the future." *Chemical engineering science* 66.19 (2011): 4272-4306.
2. Malato, S., Blanco, J., Vidal, A., & Richter, C. (2002). Photocatalysis with solar energy at a pilot-plant scale: an overview. *Applied Catalysis B: Environmental*, 37(1), 1-15.
3. Krishnamurthy, S., Rao, V. R., Guntuka, S., Sharratt, P., Haghpanah, R., Rajendran, A., ... & Farooq, S. (2014). CO2 capture from dry flue gas by vacuum swing adsorption: a pilot plant study. *AIChE Journal*, 60(5), 1830-1842.
4. Rawat, I., Kumar, R. R., Mutanda, T., & Bux, F. (2013). Biodiesel from microalgae: a critical evaluation from laboratory to large scale production. *Applied energy*, 103, 444-467.
5. Bramsiepe, C., Sievers, S., Seifert, T., Stefanidis, G. D., Vlachos, D. G., Schnitzer, H., ... & Schembecker, G. (2012). Low-cost small scale processing technologies for production applications in various environments—Mass produced factories. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 51, 32-52.
6. Donati, G., & Paludetto, R. (1997). Scale up of chemical reactors. *Catalysis today*, 34(3), 483-534.
7. Marques, Marco PC, Joaquim MS Cabral, and Pedro Fernandes. "Bioprocess scale-up: quest for the parameters to be used as criterion to move from microreactors to lab-scale." *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 85.9 (2010): 1184-1198.
8. Reisman, H. B. (1993). Problems in scale-up of biotechnology production processes. *Critical reviews in biotechnology*, 13(3), 195-253.



Tarım Endüstrisinde Fosfojips (PG) Türevli Nanohidroksiapatit (HAP) Sentez Yöntemlerinin ve Fosfor Kaynağı Olarak Atık Yönetiminin Değerlendirilmesi

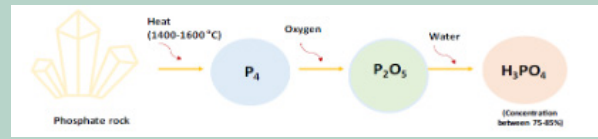
Cemre Avşar
Toros Tarım ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye
ARGE Uzmanı

Özet

Bir hammadde olarak fosforun bulunabilirliği, fiyata bağlı arz-talep zincirinden dolayı önemli bir endişe kaynağıdır. Tarımsal uygulamalarda alternatif fosfor kaynakları için yeni yaklaşımlar öne sürülmüştür. Nano-hidroksiapatit (nHA) yaygın olarak kullanılan bir biyoseramik malzeme olmasına rağmen alternatif fosforlu gübre olarak kullanımı yeni gelişen bir alandır. Yaş proses fosforik asit üretiminin bir yan ürünü olan fosfojips (PG), nHA üretimi için umut verici bir hammadDEDİR. Yıllık yaklaşık 300 Mtonluk PG birikim miktarı, eski PG yığınlarının çevre dostu ve uygun maliyetli bir şekilde kullanımına yönelik alternatif stratejiler getirilmesi için araştırmaların önemini artırmaktadır. PG'nin nHA üretiminde kalsiyum ve fosfor öncüsü olarak değerlendirilmesi hem verimli bir atık yönetimi stratejisi hem de düşük maliyetli hammadde sağlayacaktır. Bu çalışma, PG'den türetilmiş nHA üzerindeki çeşitli sentez yollarının kısa bir incelemesini vermekte ve nHA'nın fosforlu gübre olarak kullanımını tartışmaktadır.

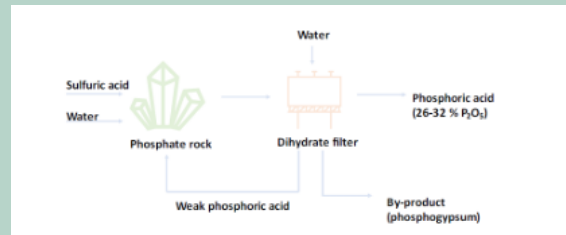
Giriş

Dünya çapındaki nüfus artışı, bazı ekolojik ve toplumsal zorlukların yanı sıra sürekli artan enerji, su ve gıda talebi de dahil olmak üzere bazı neden-sonuç zincirlerini tetiklemektedir. Tarım, katlanarak artan gıda talebinin karşılanmasından en çok etkilenen ilgi alanlarından biridir ve mineral gübreler en umut verici ve hızlı problem çözme seçeneğidir [1, 2]. Tarımsal uygulamalarda hem yüksek verim elde etmek hem de toprak verimliliğini korumak için bitki besleme kilit noktadır [3]. Mineral gübreler, birincil ve ikincil besin maddeleri ile bazı iz elementlerin birleşiminden oluşur ve toprağın fiziksel yapısında yetersiz besin maddesi bulunması durumunda, bitkilerin besin maddesi ihtiyacını karşılamak amacıyla toprağa uygulanır. Ancak organik gübrelerin üretim kapasitesinin yetersiz olması nedeniyle gıda üretiminde mineral gübrelerin kullanımı her geçen gün artmaya devam etmektedir.



Şekil 1. Termal proses fosforik asit üretim yöntemi [6]

Fosfor (P), diğer besin maddelerinin sağlıklı büyüme için bloklar oluşturmaya yardımcı olan temel besinlerden biridir. Fosforlu gübreler bitkiler için başlıca P besin kaynağıdır ve burada P, fosforik asitten (H₃PO₄) türetilmiş fosfat tuzları olarak alınabilmektedir. Dolayısıyla fosforik asit üretimi ticari fosforlu gübre üretiminin başlangıç noktasıdır. Endüstriyel ölçekte fosforik asit üretimi termal veya yaş proses yöntemleriyle gerçekleştirilebilir [5]. Şekil 1 ve Şekil 2 sırasıyla termal ve yaş işlem yöntemlerini göstermektedir. Fosforik asitin genellikle gıda ve farmasötik uygulamalarda kullanıldığı termal proses, yüksek saflıkta ürün verimine olanak tanır.

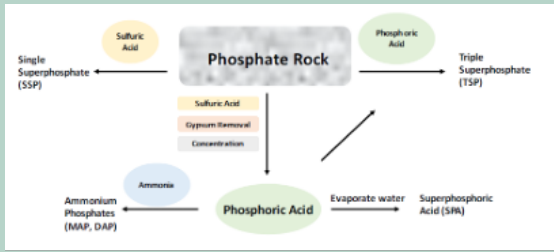


Şekil 2. Yaş proses fosforik asit üretim yöntemi [11]

Yaş proses ise fosfat kayasının orta sıcaklık aralığında (70 – 80 °C) sülfürik asit (H₂SO₄), nitrik asit (HNO₃) veya hidroklorik asit (HCl) yoluyla çözünmesi olarak tanımlanır. bazı durumlarda kullanılır [7]. Isıl işlem yüksek saflıkta ürün verimi sağlamasına rağmen yüksek enerji maliyeti gerektirir ve kullanılan ekipmanlarda korozyon sorunları da görülebilmektedir. Bu nedenle termal yöntem, endüstriyel ölçekte fosforik asit üretimi için ekonomik olarak uygun değildir. Yaş işlem, nispeten düşük dereceli bir fosforik asit saflığıyla sonuçlanır, ancak ekonomik faydalar, gübre endüstrisi için yaş işlem yönteminin uygulanabilir olmasına

olanak tanır; ek olarak, fosforik asidin sızıntı suyundan ayrılmasındaki kolaylık, yaş prosesi fosforik asit üretimi için mevcut ticari yöntem haline getirmektedir [8].

Yaş prosesi üretilen fosforik asidin %85'i gübre endüstrisinde kullanılmaktadır [9, 10]. Gübre talep tahminleri, sürdürülebilir bir gıda zincirine ulaşmak için uzun vadeli bir planın oluşturulmasına yardımcı olur [12]. Yeşil devrimden bu yana mineral gübrelere, dolayısıyla fosfatlı gübrelere olan talebin artması, fosforik asit üretim kapasitesini artırmıştır. 2023 yılına gelindiğinde yıllık fosforik asit üretiminin 50 Mton artması beklenmektedir, bu da yıllık 180 Mton fosfat kayası madenciliğine karşılık gelmektedir [13]. Üretilen fosforik asit, hem sıvı hem de katı fosfatlı gübre serilerinin üretiminde kullanılabilir olup, tekli ve/veya üçlü süperfosfatlar (SSP, TSP) ve amonyum fosfatlar (MAP, DAP) en yaygın kullanılan ürünlerdir. Şekil 3 fosfatlı gübre üretiminin şematik bir gösterimini göstermektedir.



Şekil 3. Fosfatlı gübrelerin üretim yollarının şematik gösterimi

Fosfatlı gübreler toprak yüzeyinde kolayca emilebilir, bu da fosfatın bitki köklerine daha düşük oranda ulaşmasına neden olur. Bu, fosforlu gübre tarafından sağlanan besin maddelerinin verimsiz emilimine ve düşük biyoyararlanımına neden olur [14]. Geleneksel mineral gübrelerin P alım verimliliğinin %5 – 30 aralığında olduğu ve bunun da fosfatlı gübrelerin aşırı kullanımına yol açtığı bildirilmektedir. Ek olarak, fosfatlı gübrelerdeki P kaynağı, tarımda kullanılan P'nin orijinal kaynağı olan fosfat kayasının bulunduğu fosforik asit bazlıdır. Tarımda P'nin mevcudiyeti, fosfat kayalarının aşırı tüketimine bağlı olarak bir azalma eğilimi gösterdiğinden, sınırlı fosfat kaya kaynakları artan bir endişe kaynağıdır [15].

Verimli bir P kaynağı mevcudiyetini sürdürmek için, fosforlu gübrelerin atık malzemelerden geri dönüştürülmesi umut verici bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır [16, 17]. Endüstriyel metalik olmayan bir atık olarak fosfojips (PG), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ formunda Ca ve P_2O_5 formunda P'yi sırasıyla kütlece yaklaşık %1,8 – 0,9 oranında içerir [18, 19]. PG'deki P_2O_5 içeriği düşük olmasına rağmen yıllık kitlesel üretim, PG'nin umut verici bir ikincil P kaynağı olmasını sağlar. Sentetik nanohidroksiapatit (nHA) hem kalsiyum hem de fosfat besin maddeleri içerir veya çinko, bakır ve demir gibi eser elementler de yapıya emdirilebilir ve alternatif bir gübre olarak zenginleştirilmiş bir formülasyon elde edilir. PG'nin kaynak kullanımı ekonomik

ve çevresel konularda önem taşımaktadır. Bu çalışma, PG'den üretilmiş nHA'nın sentez yöntemlerine ilişkin kısa bir inceleme sunarak, nHA'nın tarımda alternatif bir fosforlu gübre olarak kullanımına ilişkin daha fazla bilgi sağlar.

Fosfojips kimyasal yapısı itibarıyla CaSO_4 formunda olup günümüzde amonyum sülfat üretiminde kullanılmaktadır. Ancak bu süreçte yan ürün olarak hidroksiapatitin açığa çıkması gübre üreticilerini alternatif kullanım alanları yaratmaya yöneltmiştir. Bu anlamda hidroksiapatitin tarım sektöründe kullanımı gübre sektörü için yeni bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu çalışma doğası gereği farklı yöntemlerin karşılaştırılması niteliğinde olup araştırmacıların yeni yöntemler üzerindeki çalışmalarını hakkında fikir vermeyi amaçlamaktadır. Ancak konuyla ilgili endüstriyel ölçekli çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada fosfojips'in HAP üretiminde kullanımına yönelik literatürdeki farklı sentez yöntemleri araştırılmıştır. Ancak HAP'ın alternatif gübre olarak değerlendirilebileceği, HAP üretiminde kullanılan PG'nin ise ikincil hammadde kaynağı olarak değerlendirilebileceği belirtildi. Çalışmanın derleme niteliğinde olması nedeniyle farklı HAP sentez süreçlerinin açıklanması gerekli görülmüştür. Çünkü hidroksiapatitin endüstriyel üretimi ekonomik zorluklar doğurmaktadır. Bu çalışmada olası yöntemler değerlendirilerek araştırmacılara alternatif fikirler sunulmuştur.

Kaynaklar:

1. Roell, M.S., Zurbruggen, M.D. The Impact of Synthetic Biology for Future Agriculture and Nutrition Current Opinion in Biotechnology 61 (1) 2020: pp. 102 – 109.
2. Tian, X., Engel, B.A., Qian, H., Hua, E., Sun, S., Wang, Y. Will Reaching the Maximum Achievable Yield Potential Meet Future Global Food Demand? Journal of Cleaner Production 294 (1) 2021: pp. 126285 – 12692.
3. Barbosa, C.F., Correa, D.A., da Silva Cameiro, J.S., Melo, L.C.A. Biochar Phosphate Fertilizer Loaded with Urea Preserves Available Nitrogen Longer than Conventional Urea Sustainability 14 (2) 2022: pp. 686 – 692.
4. Kandpal, G. Review on Impact of Chemical Fertilizers on Environment International Journal of Modern Agriculture 10 (1) 2021: pp. 758 – 763.
5. Orabi, A.H., Mohamed, B.T., Elyan, S.S. Simultaneous Separation of Rare Earths and Valuable Actinoid Element from Wet Process Phosphoric Acid Using N-propylpropan-1-amine Extractant Hydrometallurgy 205 (1) 2021: pp. 105749 – 105755.
6. Lv, L., Liao, H., Zhang, T., Tang, S., Liu, W. Separation of Calcium Chloride from HCl Wet Process Phosphoric Acid Raffinate: Simulated and Experimental Study SSRN 2021: pp. 22.
7. Bouchkira, I., Latifi, A.M., Khamar, L., Benjelloun, S. Modelling and Multi-Objective Optimization of the Digestion Tank of An Industrial Process for Manufacturing Phosphoric Acid by Wet Process Computers & Chemical Engineering 156 (1) 2022: pp. 107536 – 107542.
8. Li, H., Ge, W., Zhang, J., Kasomo, R.M., Leng, J., Weng, X., Chen, Q., Gao, Q., Song, S., Xiao, L., Tian, C. Control Foaming Performance of Phosphate Rocks Used for Wet-Process of Phosphoric Acid Production by Phosphoric Acid Hydrometallurgy 195 (1) 2020: pp. 105364 – 105372.
9. Karshiev, B., Seytnazarov, A., Alimov, U., Namazov, S., Reymov, A., Rasulov, A. Purification of Wet Process Phosphoric Acid by Desulfurization and Ammonization Vaprosy Khimii I Khimicheskoi Tekhnologii 1 (1) 2021: pp. 24 – 34.
10. Ma, H., Feng, X., Zeng, B. Self-Anticorrosion for the Combustion Tower of Heat Recovered Thermal Process Phosphoric Acid Production Process Safety and Environmental Protection 118 (1) 2018: pp. 330 – 347.
11. Abdelouahed, H.B., Reguigui, N. Radiotracer Investigation of Phosphoric Acid and Phosphatic Fertilizers Production Process Journal of Analytical and Nuclear Chemistry 289 (1) 2011: pp. 103 – 111.
12. Tenkorang, F., Lowenberg-DeBoer, J. Forecasting Long-Term Global Fertilizer Demand Nutrient Cycling in Agroecosystems 83 (1) 2009: pp. 233.
13. Bounaga, A., Alsanea, A., Lyamlouli, K., Youssef, Z., Boulif, R., Rittmann, B.E. Microbial Transformations by Sulfur Bacteria Can Recover Value from Phosphogypsum: A Global Problem and a Possible Solution Biotechnology Advances 57 (1) 2022: pp. 107949 – 107954.
14. An, T., Qin, Y., Cheng, H., Wu, J., Su, W., Meng, G., Wei, H., Sun, C., Liu, Z., Guo, X. TiO₂-WO₃ Activated Weathered Lignite Coating Phosphate Fertilizer to Improve Longitudinal Migration Efficiency Journal of Cleaner Production 351 (1) 2022: pp. 131549 – 131555.
15. Avşar, C. A Novel Assessment Strategy for Nanotechnology in Agriculture: Evaluation of Nanohydroxyapatite as an Alternative Phosphorus Fertilizer Chemistry in Industry 71 (5 – 6) 2022: pp. 327 – 334.



Tarımın Üretkenliği, Verimliliği ve Sürdürülebilirliği İçin Tarımsal Dijitalleşme

Ertuğrul Çelik

Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
TÜBİTAK 2244 Program Bursiyeri

Değişen dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 9,7 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), artan bu küresel nüfusu beslemek için tarımsal üretimde %70'lik bir artışın gerekli olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, iklim değişiklikleri, toprak erozyonları, aşırı sulama gibi yanlış tarım uygulamaları, tarımda verim ve üretimin azalmasına neden olmakta ve artan gıda talebinin karşılanmasını da zorlaştırmaktadır.

Tarımsal dijitalleşme, bu sorunlara karşı yeni bir çözüm olarak ortaya çıkmış ve gıda sorunuyla mücadele için birçok fırsat penceresi açmıştır. "Tarımsal dijitalleşme" terimi, tümü nesnelere internet aracılığıyla birbirine bağlanan yapay zeka, büyük veri, robotik, insansız havacılık sistemleri, sensörler ve iletişim ağları gibi gelişmiş dijital teknolojilerin çiftlik üretim sistemine entegre edilmesi sürecini ifade eder. Tarımın dijitalleşmesi, bir sonraki tarım devrimi olabileceği için son yıllarda en çok önem verilen alanlardan biridir. Tarım ve teknoloji ilişkisinin artmasıyla veri odaklı bir tarım ekosistemi oluşmaya başlamıştır. Veri odaklı tarım, karar verme ve imkanları etkin kullanma noktasında çiftçilere yardımcı olurken, otomasyon sistemleri de zirai arazilerin verimli şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Örneğin, sensörler ile donatılmış tarım aletleri ve alanlarıyla, çiftçilere hangi alanda ve ne tür gübre kullanmaları gerektiği, hava koşulları, bitkinin ihtiyacı olan mineral ve sulama miktarı, toprağın durumu, tahmini hasat zamanı, hastalık ve zararlı tespiti ve bu tespit doğrultusunda hangi ilacın hangi dozlarda ve en uygun hava koşullarında uygulanması gibi konularda detaylı bilgi vererek verimin en üst düzeye çıkarılabilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede üreticiler, akıllı teknoloji cihazlarıyla tüm ekim alanını yönetme ve gözlemlenebilirlik imkânına sahip olmakta, emek gücünü ve üretim girdi maliyetlerini minimize edip kaliteli ve yüksek miktarda ürün elde etme imkânına sahip olmaktadır.



Görsel Linki: <https://tls.tc/gPPBI>

Genel olarak, dijital tarım, artan dünya nüfusunu beslemek için gıda üretimini sürdürülebilir bir şekilde artırmak için umut verici bir araç olarak görülmektedir. Dijitalleşme, tarımsal verimliliği artırmanın yanı sıra çevreye ve topluma çok çeşitli faydalar sağlayabilir. Örneğin, dijital tarım, kıt kaynaklar üzerindeki baskıları hafifletmeye, artan izlenebilirlik yoluyla gıda güvenliğini iyileştirmeye ve ayrıca iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olabilir. Tarımsal dijitalleşmenin diğer potansiyel faydaları arasında yeni tür yüksek vasıflı iş fırsatlarının yaratılması, küresel tarım pazarlarının desteklenmesi ve hayvan refahındaki iyileştirmeler yer almaktadır.

Tarımda temel hedef toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini esas alan, doğal kaynakları sürdürülebilir kullanan ve ileri teknoloji içeren bir yapı oluşturmaktır. Böylelikle tarımda üretim şekilleri geliştirilerek, kaynaklar doğru ve etkin kullanılarak daha az girdi ile daha çok üretim amaçlanmaktadır.

Kaynaklar:

A. Sridhar, A. Balakrishnan, M. Mariam Jacob, M. Sillanpää, N. Dayanandan: Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming, Environmental Science and Pollution Research, 2022.

E. D. Lioutas, C. Charatsari, M. De Rosa: Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma?, Technology in Society, Volume 67, 2021.

J. MacPherson, A. Voglhuber-Slavinsky, M. Olbrisch, P. Schöbel, E. Dönitz, I. Mouratiadou, K. Helming: Future agricultural systems and the role of digitalization for achieving sustainability goals. A review. Agron. Sustain. Dev. 42, 70, 2022.

<https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/akilli-tarim.pdf>

<https://www.tkteknoloji.com.tr/medya-merkezi/blog/tarim-icin-dijital-cozum/>