

Van Liedekerke, Paul, Josse De Baerdemaeker, and Herman Ramon. 2006. Section 5.5 Fertilizer Application Control, pp. 273-278 of Chapter 5 Precision Agriculture, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers.

Çevirmen: Ömer Faruk TAŞER

Çeviri Editörleri: Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN

5.5 Gübre Uygulamalarının Kontrolü

Yazarlar: P. Van Liedekerke, J. De Baerdemaeker ve H. Ramon

Çevirmen: Ömer Faruk TAŞER

Özet: Bu bölümde gübre uygulamalarında bilgisayar ve modelleme çalışmalarının kullanımı vurgulanmaktadır. Hassas bir gübreleme yönetiminde, gübre dağıtım deseni ve gübre uygulama dozunun en iyi şekilde kontrol edilmesi amaçtır. Gübre çeşitlerinin kısa tanıtımından sonra, çevrimiçi ölçümler ve doz uyarlamasının kontrolü tartışıldı. Bu tekniklerin halen geliştirme çalışmaları devam etmekte olup, geliştirilen tekniklerle çevresel hassasiyetler ve sınırlamalara göre özel dağıtım dozlarında çalışmamız mümkün olabilecektir. Daha sonra nümerik modellemeler içeren yeni teknik tartışıldı. Bununla dağıtım desenlerinin, gübre partikülleri ve makine özelliklerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanması mümkündür. Bu sayede pahalı testlerden kaçınılabılır. Sonuçta, her iki metot da GIS'le ilişkilendirilmiştir ve böylece en uygun gübre dozu, özel toprak istekleriyle uyumlu hale getirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Gübre kontrol, Dağıtım deseni, Yabancı ot algılama.

5.5.1 Gübre Dağıtıcı Tipleri

Tarımda dört tip granül gübre dağıtıcısı kullanılmaktadır. Bunlar:

Santrifij veya diskli tip dağıtıcılar: En çok kullanılan tip olan bu dağıtıcılarda, gübre partikülleri döner disk üzerine düşer ve disk kanatları tarafından ivmelendirilir. Bu sistemde gübre dağıtım desenlerine; diskin dönü hızı (genellikle 500-600 rpm), dağıtıcı kanatların şekli ve uzunluğu, diskin eğimi ve gübrenin disk üzerindeki ilk etki noktası etkilidir. İki döner diskli tiplerde, 36 m'ye kadar uzunluğunda enine gübre dağıtım deseni oluşturabilir. Desenlerin şekilleri, diskin dönü yönü ile ilişkili olarak yamuk veya üçgen benzeri olabilir.

Pandüllü tip dağıtıcılar: Bu sistem yatay olarak salınım hareketi yapan pandül ile gübrelerin ivmelendirilmesi esasına dayanır. Genel olarak bu tip dağıtıcılar, enine ve hareket doğrultusunda küçük dağıtım deseni oluştururlar ve desenlerin düzensiz olma riski düşüktür. Dağıtım desenlerinin şekli üçgen benzeridir.

Pnömatik tip dağıtıcılar: Bu tip dağıtıcılarda iletim borusu (boom) bulunur (ilaçlama boruları gibi) ve gübre partikülleri basınçlı hava etkisi ile boru sisteminde taşınarak toprağa iletilir. Bu sistemin avantajları; yüksek hassasiyet, dağıtım

desenlerinin düzgünlüğü ile rüzgar şartları ve gübre özelliklerinden en az düzeyde etkilenmesidir. İlave olarak genelde enine gübre dağıtım desenlerinde sapma olmadığından, çiftçiler uygulama alanı tarla sınırlarında da hassas olarak gübre dağıtım uygulaması yapabilir. Diğer taraftan dağıtım desenlerinin genişliği gübre iletim borusu uzunluğu ile sınırlıdır.

Band tipi gübre dağıtıcılar: Makine, tahıl ekim makineleri veya pelet tipi materyali dağıtan makinelere benzer ve gübre partiküllerini sıralar arasına uygulamada kullanılır. Aynı makine üzerinde ekim ve dikim işlemleri de birleştirilebilir ve zaman tasarrufu sağlanır. Bu tip uygulama ile granül gübreler bitki sıralarına yakın şekilde verilebilmekte, gübreler etkinliklerini en üst düzeyde ve uzun zaman sürdürebilmektedir.

5.5.2 Santrijüj Gübre Dağıtıcılarda Gübre Dozunun Kontrolü

Dağıtım Desenlerinin Çevrimiçi Ölçümleri

Çevre koruma bilincindeki artışa bağlı olarak, mümkün olduğunca ürün verimini de azaltmadan gübre girdileri azaltılmalıdır. Buna, dağıtım desenlerinin iyileştirilmesi ile ulaşılır. Test merkezlerinde gübre dağıtıcılarının kalibrasyonu zaman kaybına neden olduğu kadar pahalıdır. Bu nedenle Hostee [1] toplama metodu yerine, tahmin metodunu önermektedir.

Çevrimiçi dağıtım desenleri, gübre partiküllerinin kanatları terk ettiği andaki hızlarının ve çaplarının optik sensörlerle ölçülmesine bağlı olarak tahmin edilir. Açısız pozisyonları çok iyi belirlenmiş olan gübre partiküllerinin örneklemesi için sensör, diskin kenarında ve diskle birlikte birkaç kez dönü hareketi yapar. Her bir açıda gözlemlenen partikül hızları ve çapları balistik model içerisinde tanımlanarak çevrimiçi dağıtım desenleri tahmin edilir.

Sistem, GPS ile birlikte daha iyi sistemlerin geliştirilmesi için kullanılabilir. Bu sistemde dağıtıcı en yüksek etkinlikte çalışır ve bölgesel olarak arzu edilen uygulama normuna bağlı olarak da desenlerin üst üste bindirme mesafesi değişir. Bu işlemler gerçekten çok kısa bir çalışma süresi içerisinde sonuçlandırılabilir. Diğer bir avantajı ise, Ayrık Eleman Yönteminin (DEM, Discrete Element Method) doğrulamasında kullanılabilmesidir.

Çevrimiçi Ölçüm ve Doz Ayarı

Arzu edilen gübreleme dozu bilinirse, uygulama gübre normu ayarı da doğru olarak yapılabilir. Santrifüj dağıtıcıda gübre kütesinin akışı genellikle, gübre akış valf açıklığının veya gübre yedirici diskin dönü hızının değiştirilmesiyle kontrol edilir. Gübre kütesinin akışı, partiküller arası sürtünmeden etkilenir [2], buna havadaki nem oranı ve gübre partiküllerinin higroskopik özellikleri de etkilidir. Bunun bir sonucu olarak, her bir yeni uygulamada (farklı gübre çeşidi veya hava şartlarında bile), gübre akış sistemin kalibrasyonu yapılmalıdır. Bu kalibrasyon genellikle depoda kalan gübre miktarının tartım değeri ile, dağıtıcı tarafından

dağıtıldığı tahmin edilen gübre miktarının karşılaştırılması esasına dayanır. Tartım cihazı, traktör ile gübre dağıtıcı bağlantısı arasına yerleştirilen bir yük hücresi (load cell) olabilir. Yük hücresi bu şekilde, örnek olarak gübre dağıtıcının boş ağırlığını ölçer.

Statik ölçüm yerine, uygulama süresince yapılan otomatik kalibrasyon tercih edilebilir. Bu ise referans olarak ikinci bir yük hücresi kullanılarak başarılabilir (bu basit olarak bir akış hızı ölçerdir). İkinci yük hücresi küçük ağırlıkları ölçer ve bu şekilde farklı tarla koşullarında dağıtımın değişkenliğini giderir. Bu durumda arzu edilen gübreleme normu (kg/ha) makine üzerindeki bilgisayardan girilerek ve ayrıca bir kalibrasyon testine gerek kalmadan gübre dağıtımı otomatik olarak gerçekleştirilir.

Sonuç olarak doz uyarlaması, disk üzerindeki değişkenlikleri doğrudan gözlemleyerek ve kontrol ederek de yapılabilir. Bu durumda diskler hidrostatik transmisyon sistemi yardımıyla hareketlendirilir. Giriş ve çıkış basınç farklarının ölçümüyle (impuls ölçümü), gübre dozu yanında gübre özelliklerindeki değişime bağlı kütle akışındaki değişim de düzenlenebilir [3].

Gerçek ayarlar ile gübre akış oranlarına ilişkin bilgiler, coğrafik tarla konum verileri ile birlikte uygulama haritaları elde etmek için kayıt edilebilir. Bu bilgi tarla yönetimi için olduğu kadar ürünün satımında, üretim yöntemlerinde çevresel etkiler ve gübre kullanımı ile ilgili düzenlemelere uyulduğunun belgelenmesi için gereklidir. Hassas tarım, GIS içerisinde konumsal verilerin kullanımını içerecek şekilde her bir tarla için verilerin depolanması ve kullanılmasına olanak sağlayan bilgisayar yazılımlarının gelişimine sebep olmuştur.

Pozisyon ve Gecikme Süresi

Modern tarımda, toprak ve ürünün gübre ihtiyaçlarını belirleyebilmek ve doğrudan bilgi akışı sağlayabilmek amacıyla, traktörler çevrimiçi azot sensörleriyle veya GPS anten ve gübreleme haritalarıyla donatılmıştır. Bu durumda sensör/anten den alınan bilgiler ile gübrenin toprağa düşüşü arasında bir zaman gecikmesi süresi vardır. Bu zaman gecikmesi D gibi bir pozisyon sapmasına neden olur. Sapma, sensör/anten ile dağıtım konisi merkezi (pnömatik dağıtıcıda dağıtım borusu pozisyonu) arasındaki X mesafesi ile zaman gecikmesinin ayarı Y' ye ayrılabilir.

Toplam pozisyon sapma değeri:

$$D=X-Y$$
$$=X-v_{\text{traktör}}(t_0+t_1)$$

Burada;

$v_{\text{traktör}}$ = traktör hızı

t_0 = dozaj ve kontrol sisteminin tepki süresi

t_1 = dağıtıcının tepki süresi (depo gübre akış deliğinden tarlaya)

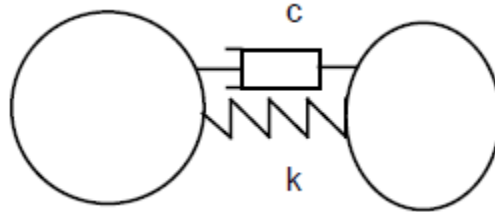
Bunun bir sonucu olarak, değişken gübre uygulamalarında doğru tatmin edici sonuçların alınabilmesi için, GPS kontrol sistemi bulunan her bir traktör gübre dağıtıcı kombinasyonu zaman gecikmesini hesap edebilmelidir.

5.5.3 Dağıtım Desenlerinde Bilgi Teknolojilerinin Kullanımı:

Santrifüj Dağıtıcılarda Dağıtım Desenlerinin İyileştirilmesi

Santrifüj dağıtıcılarda, disk üzerindeki gübre hareketi gübre dağıtım desenini etkiler. Disk üzerindeki gübre hareketlerinin simülasyonu için dağıtım desenleri üzerine etkili olan faktörler çok iyi anlaşılmalıdır. Şimdiye kadar simülasyon çalışmalarında, gübre partiküllerinin küresel oldukları ve disk üzerindeki ivmeli hareketleri sırasında diğer partiküllerin herhangi bir etkilerinin olmadıkları varsayılmıştır. Bu kabullenmelere göre, gübre partiküllerinin hareketleri ve yörüngeleri ile ilgili eşitlikler kolaylıkla elde edilebilir [1,2,4-6]. Test merkezlerinde yürütülen deneysel sonuçlara göre gübre dağıtım desenleri üzerine; diskin hızı, depo gübre çıkış deliği şekli ve akan gübre kütesinin miktarı, kanatlar ile gübre partikülleri arasındaki sürtünme, gübre çeşidi gibi birçok önemli parametre etkilidir. Simülasyon uygulaması ile deneysel sonuçların karşılaştırılmasında, aralarında kabul edilebilir uyum olduğu görülmekle birlikte, denemelerde gerçek gübre partikülleri yerine yuvarlak çelik bilyeler kullanıldığında hataların daha büyük olduğu görülmektedir. Genel olarak, ölçümlerle bulunan dağıtım desenlerinin şekli, simüle edilen partikül dağılımlarından daha düzenlidir ki bu muhtemelen modelin basitleştirilmesiyle ilişkilidir.

Analitik modellerde, partiküllerin birbirleriyle olan etkileşimleri dikkate alınmaz. Simüle edilen yörüngeler küresel partiküller içindir ve ilave olarak partiküllerin disk üzerindeki ilk pozisyonları ve hızları bilinmez [2,6]. Bütün bu problemlerin, gübre ve kanatlar arasındaki bütün etkileşimlerini hesaplayan simülasyon araçlarıyla çözülebilmesi mümkündür.



Şekil 1. Partiküller arasındaki temas durumları.

Simülasyon, büyük miktarlardaki gübre partiküllerinin depolandığı depo içersinde başlar, partiküllerin disk üzerindeki hareketleri ile devam eder ve partiküllerin havaya fırlatılmalarıyla sonlanır.

Ayrık eleman yönteminde (DEM), simülasyon şu prensiplere dayanır:

1. Her bir zamanda t , nesnelere arasındaki (partiküller, kanatlar,) mümkün olan bütün temaslar dikkate alınır.

2. Temas halindeki bütün nesnelere (partiküller, kanatlar,) için, aralarındaki bütün temas kuvvetleri hesaplanır ve bu kuvvetler sönümlenme yayı gibi modellenir. $F = -Kx - c(dx/dt)$ (Şekil 1). Hiçbir merkezkaç veya Coriolis kuvvetleri bir önceki yaklaşımda olduğu gibi doğrudan ilişkili değildir.
3. Hareket eşitliklerinin integrali alınır ve böylece, t zamanında partiküllerin pozisyonları ve hızları elde edilir.
4. Bir sonraki zaman dilimi $t+\Delta t$ (zaman dilimleri tipik olarak 10^{-6} s) de dikkate alınır.

Gübre partikülleri DEM' de küresel fakat aynı zamanda küresel kümeler halinde (düzensiz partiküller) olarak modellenilebilir. DEM ile her bir durum zaman sınırlamasına bağlı olarak simüle edilir. Çok sayıdaki partikül için içinde olduğunda ve mümkün olan bütün temaslar dikkate alındığında simülasyon süresi de artar [7].

Bir partikül için DEM' le yapılan simülasyon sonuçları, basit deneylerin sonuçlarıyla halihazırda bir uyum göstermektedir. Böylece yakın bir gelecekte, çok sayıda partikül içeren gerçek sistemlerin simülasyonlarının yapılması önemli olacaktır. Sonuç olarak, DEM'de simülasyon çıktıları ile çok sayıda partikül içeren deneysel uygulamalar arasında çok iyi benzerlik olursa, dağıtıcı ayarlarının yapılması ve gübre dağıtım özelliklerinin iyileştirilmesi ile (şekil, sıklık, sürtünme v.b.) birlikte, dağıtım desenlerinin iyileştirilmesine yardım edebilir ve disk üzerindeki gübre kayıpları azaltılabilir.

Bilişimsel işlemlerdeki artışa bağlı olarak DEM, modellemede ve bütün granül materyallerin dinamik hareketlerini tahmin etmede güçlü bir simülasyon aracı olabilir.

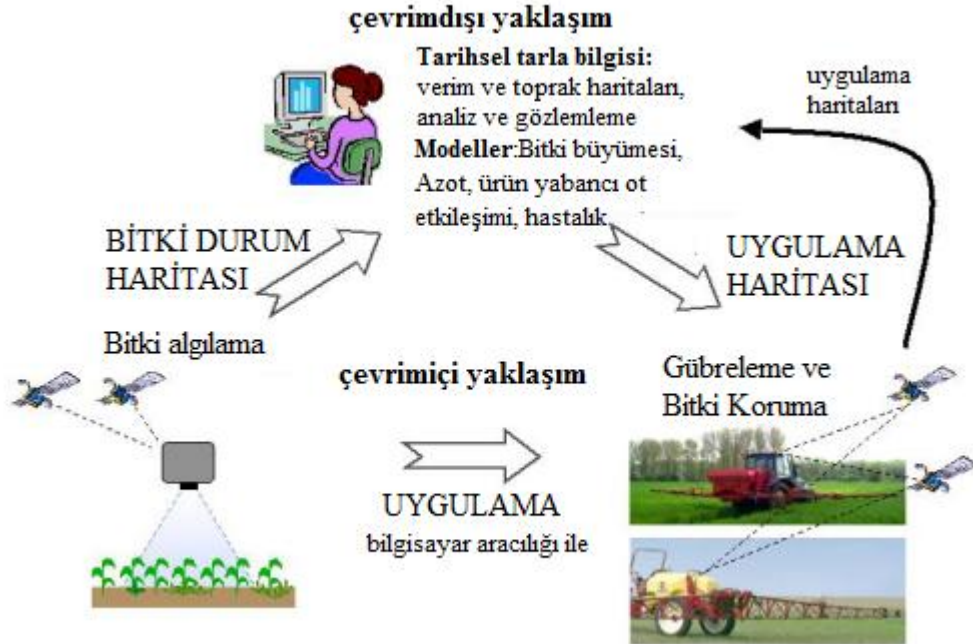
5.5.4 Lokal Uygulamada En Uygun Doz Tayini

Her bir toprak ve bitkinin kendine özgü azot, fosfat ve diğer bitki besin maddeleri ihtiyacı olduğundan, gübre uygulama normunun ayarı çok önemlidir. Atılacak en uygun dozun tayininde, geleneksel olarak toprak analizi sonuçlarından yararlanılmaktadır. Azot için gübreleme dozunun tayininde bitkinin azot isteği ile, toprak tarafından sağlanan azot (topraktaki halihazırdaki azot ile tahmin edilen nitrifikasyonu içermektedir) arasındaki eksiklik esas alınır.

Geleneksel olarak toprak örneklerinin karışımlarının analiz sonuçlarına göre, bir hektar alana atılacak ortalama gübreleme normu belirlenir. Bitkilerin yetişme şartlarının çok nadiren tekdüze olmasından dolayı lokal olarak bazı alanlara ihtiyaçtan fazla veya az gübre verilebilecektir. Hassas tarımda lokal olarak en uygun dozun uygulanması için tarla içindeki değişimler dikkate alınır. Bu ise girdilerin verimliliğini (örneğin fazla gübreleme yapılmaması) artırır. Çevrimiçi azot ayarlamaları için belirli bitki büyüme evrelerinde elde edilen optik bitki verilerine dayalı, optik araçlar geliştirildi. Bitkilerdeki azot eksikliği bitki büyümesinin yavaşlamasına, klorofil içeriğinin azalmasına neden olur ki, bu bitki yansıma spektrumu analizi ile belirlenebilir [8,9]. Bu sistem ticari olarak halihazırda Hidro N-

Sensör olarak YARA (www.yara.com) firması tarafından mısır ve buğday bitkileri için pazarlanmaktadır. Bu cihaz yardımıyla gerçek zamanlı elde edilen verilere dayanarak ayarlanan azot miktarları bitkilere uygulanır. Bu sistem, bitki büyümesini sınırlandıran faktörün sadece azot olduğu kabulüne göre çalışır. Eğer azot tek başına bitki büyümesini etkileyen faktör değilse, çevrimdışı yaklaşımlar en uygun gübre dozunun tespitinde tercih edilir. Bu ise bölgesel tarla bilgilerinin de içinde bulunduğu gübre uygulama haritalarının yapımı için bir fırsattır. Eğer tarlada belirli alanlardaki verimin az olduğu tahmin edilirse, gübreleme dozu buna bağlı olarak ve fazla gübrelemeden kaçınılarak ayarlanır. Bu ise verim haritası, toprak haritası ve tarladaki belirli alanlara ait diğer gözlemleri içeren tarla bilgilerinin, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) içinde birleştirilmesi ile sağlanır.

Çevrimiçi ve dışındaki yaklaşımlara göre yapılan bölgesel uygulama kavramları, hassas tarım içerisinde ifade edilir (Şekil 2) ve bitki koruma gibi diğer bitki üretim işlemlerine de uygulanabilir. Yabancı ota mücadelede çevrimdışı yaklaşımlar, ayarlanmış herbisit formülünü ve uygulama dozunu içeren uygulama haritaları veya herbisit uygulama haritalarını oluşturmak için kullanılan yabancı ot haritalarının oluşturulmasını gerekli kılar. Pülverizasyon uygulamalarında kullanılan çevrimdışı yaklaşımda tarla pülverizatörü üzerinde bulunan bilgisayar yardımıyla ilaçlama sistemi aktif hale getirilir. Yabancı ot yoğunluğunun basit olarak tahmin edilebilmesinden beri (örnek, yabancı ot eşik değerine bağlı olarak) doğru herbisit uygulamasının doğru zamanda uygulanmasında gerçek zamanlı yaklaşımlar yararlı olabilir. Bu *yabancı ota bağlı kontrollü ilaçlama* olarak da bilinir.



Şekil 2. Hassas gübreleme ve bitki korumada, sıra üzeri ve sıra dışı yaklaşımlar ve prensipleri.

Çevrimdışı haritaya bağlı ilaçlama uygulaması, gerçek zamanlı uygulama yaklaşımına göre en uygun işlemin (gübre dozu, herbisit veya pestisit formülasyonu) seçim şansını artırır. Bu yaklaşımda otomatik veya elle tarla kontrolleri gerekli olmakta ve uzmanların toplanan bilgileri analiz etmesi, uygulama haritaları yapması veya kontrol etmesi gerekmektedir bu da yoğun işgücü gerektirmektedir.

Uyarlanan dozun tarlaya uygulanmasında, lokal uygulama yapabilen aletlerin tarla içerisinde konumlandırılması gereklidir. Bu aletin konumunun belirlenmesi ise ancak Küresel Konumlama Sistemi (GPS) yardımıyla mümkündür. GPS, uydu sinyallerini almak için alıcılar ve bir yerin tespiti için nirengi (triangulation) yöntemi kullanır. Böylece XY koordinatı veya diğer koordinatlar cinsinden XY düzleminde yaklaşık 1 m doğrulukla bir yerin noktasal konumunu belirler. Mevcut ticari sistemler makine üzerinde bir bilgisayar bulundurmaktadır. Tarlada her bir nokta için otomatik olarak doğru dozun ayarlamasını yapmak için bu bilgisayar, gübre uygulama haritalarını içerir ve GPS alıcısına bağlanır. Benzer sistemler, bitki korumada lokal ilaçlama dozunun kontrolü için oluşturulabilir.

Kaynaklar

1. Hofstee, J. W. 1993. Physical properties of fertilizer in relation to handling and spreading. PhD thesis. Wageningen, The Netherlands: Agricultural University.
2. Hofstee, J. W. 1995. Handling and spreading of fertilizers Part 5: The spinning disc type fertilizer spreader. J. Agricultural Engineering Research (62): 143-162.
3. <http://www.kuhnsa.com/internet/actualit.nsf/0/2EF3FA8B0397DDC4C12569B20026EA98?OpenDocument>
4. Patterson, D. E., and A. R. Reece. 1962. The theory of the centrifugal distribütör I: Motion on the disc, near-centre feed. J. Agricultural Engineering Research 7(3): 232-240.
5. Inns, F. M., and A. R. Reece. 1962. The theory of the centrifugal distributor II: Motion on the disc, off-centre feed. J. Agricultural Engineering Research 7(4): 345-353.
6. Olieslagers, R., H. Ramon, and J. De Baerdemaeker. 1996. Calculation of fertilizer distribution patterns from a spinning disc spreader by means of a simulation model. J. Agricultural Engineering Research 63: 37-152.
7. Tijsskens, E., H. Ramon, and J. De Baerdemaeker. 2003. Discrete element modeling for process simulation in agriculture. J. Sound and Vibration 266(3): 493-514.
8. Filella, I., L. Serrano, J. Serra, and J. Peñuelas. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. Crop Sci. 35: 1400-1405.
9. Reusch, S. 1997. Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation, Universität Kiel.