ALİ ÜNLÜKARA[1] **İNCİ ÖRS PETEKKAYA**[2]
Türkiye/Kayseri

SULAMA VE GÜBRELEMEDE FERTİGASYON TEKNİĞİ

Özet

Gübrelerin sulama suyu ile birlikte bitkilere verilmesi şeklinde tanımlanan fertigasyon tekniğinde gübre kullanım etkinliği yüksek olmaktadır. Fertigasyon teknikleri kullanılarak bitkilerden daha yüksek ve kaliteli verim alınabilmektedir. Zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlayan fertigasyon tekniğinde gübre kullanım etkinliğinin yüksek olması nedeniyle gübre kayıpları azalmakta ve dolayısıyla tarımın çevre kirliliğine olan etkisi düşmektedir. Fertigasyon tekniğinden etkin şekilde yararlanabilmek için sulamaların zamanında ve yeterince yapılması, bitkilerin besin maddesi ihtiyaçlarının bilinmesi, toprağın besin maddesi durumunun belirlenmesi, bitki ve toprağın izlenmesi ve gübre enjeksiyon yöntemlerinin bilinmesine gerek duyulmaktadır. Yapılan bu çalışmayla fertigasyon tekniği hakkında kısaca bilgi verilmeye çalışılmıştır.

GİRİŞ

Tarımsal üretimde alışılmış yöntemlerin kullanılması yoğun tarım yapılan alanlarda toprakların özelliklerinin bozulmasına sebep olurken kendisi ile ilişkili olan su kaynaklarının kirlenmesine ve aşırı su kullanımı ile su kaynakların azalmasına sebep olmaktadır. Doğal kaynaklar içerisinde en önemli yere sahip olan suyun özellikle de kullanılabilir su miktarının giderek azalma eğiliminde olması insanların suya olan ihtiyacını artırmaktadır. Bu konu ile ilgili olarak yeni tekniklerin kullanılması ve geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Dünya üzerinde nüfusun artması, insanların yaşam standartlarının her geçen gün yükselmesi, sahip olunan tarımsal arazilerden daha fazla

[1] Yrd. Doç. Dr., unlukara@erciyes.edu.tr, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, Kayseri

[2] Zir.Yük.Müh., Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

ürün ve bu ürünlerin kalitesinin de her geçen gün artması zorunluluğunu getirmiştir. Bu zorunluluklar öncelikli olarak topraklarımızın üretkenlik durumunun yüksek seviyelerde tutulmasını ve kalitesinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasıyla söz konusu olacaktır. Tarımsal üretimde en dikkate değer konular arasında sulama ve gübreleme uygulamaları yer almaktadır. Su- gübre ilişkisini en yüksek düzeyde tutarak bitkiden beklenilecek olan verimin maksimum düzeylerde olması hedeflenmektedir. Fertigasyon günümüzde tarımsal üretimde istenilen bu hedefe ulaştıracak metot olarak görülmektedir.

Su ve gübreden en yüksek düzeyde yararlanma zorunluluğu damla sulama sistemini ve bu yöntemle gübre uygulamalarını (fertigasyon) ön plana çıkartmıştır. Bu nedenle son yıllarda özellikle açık alan yetiştiriciliği ve meyvecilikte damla sulama sistemi ile gübre uygulamalarında artışlar gözlenmektedir (Anonymous, 2006).

Günümüzde her ne kadar yüzey sulama yöntemlerinin kullanımı halen çok yüksek oranda olsa da, artık basınçlı sulama sistemlerinin kullanımı dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artmaktadır. Fertigasyon uygulamaları son çeyrek yüz yılda özellikle damla sulama sistemleri ile birlikte önemli bir artış göstermiştir.

Kimi araştırmacılar fertigasyonu çeşitli şekillerde tanımlamış ve açıklamışlardır. Fertigasyon, çözünebilir gübrelerin sulama suyu ile birlikte verilme tekniğidir. Fertigasyon aslında bütün sulama yöntemleri ile uygulanabilme imkanına sahip olmasına rağmen, damla sulama yöntemi ile uygulanması nedeniyle damla sulama ile gübreleme şeklinde algılamak yerinde olacaktır (Güneş ve ark., 2004).

Çetin (2008), fertigasyonu sıvı ve katı şekilde bulunan besin elementlerinin sulama sistemleri aracılığıyla sulama suyunun verilmesi esnasında toprağa ve bitkinin kök bölgesine uygulanması olarak tanımlanırken, Sönmez ve ark (2008)'a göre, fertigasyon çözünebilir besin elementlerinin sulama suyuna karıştırılması ile birlikte verilme tekniği olarak tanımlamışlardır. Bitki besin maddelerinin sulama suyuna karıştırılarak damla sulama sistemleri ile birlikte bitki su ve besin elementi ihtiyacının karşılanması tekniği şeklinde fertigasyonu tanımlamak mümkündür (Boman ve Obreza 2008).

Fertigasyon, bitki besin maddelerinin hassas ve homojen şekilde aktif köklerin yoğunlaşmış olduğu ıslak alana uygulanmasına imkân vermektedir. Bundan dolayı, bitki gelişme dönemi boyunca bitkilerin talep ettikleri yeteri miktarda ve konsantrasyonda besin maddelerinin fertigasyonla etkili şekilde sağlanması mümkün olmaktadır.

Fertigasyonla toprak tipi, bitkilerin fizyolojik evresi, iklim ve diğer faktörlere göre azot, fosfor ve potasyum (NPK) temel besin maddelerinin ve mikro elementlerin en uygun formülasyonu için öneriler geliştirilmektedir. Bitki fizyolojik gelişme dönemine göre, toprak ve iklim karakteristikleri dikkate alınarak sulama sisteminin planlanması ve bitki besin maddesi sağlanması, en az kirlenmeyle birlikte yüksek bitki verimi ve meyve kalitesi sonucunu vermektedir (Imas, 1999). Bu uygulamada gübreler ihtiyaç duyulduğu zamanda ve az miktarda uygulandığı için aşırı yağış ve aşırı sulama şartlarında bile suda çözünebilir besin elementleri kayıpları daha az düzeylerde gerçekleşmektedir.

2.1 Fertigasyonun Üstünlükleri

Bitkiler tarafından su ve kimyasal maddelerin kullanım etkinliği, hem ekonomi hem de çevresel yönden önemlidir. Aşırı sulama ve kimyasal uygulamalar, derine sızma ile birlikte yer altı suyunun kirlenmesine neden olur. Özellikle damla sulama ile sulanan bitkilerde iyi bir gübreleme için fertigasyon tekniğinin daha etkin ve pratik bir yol olduğu ortaya konmuştur. Kimyasal gübrelerden ve birim sulama suyunda en yüksek verimin elde edilebilmesi için bitkilerin kolayca alabilecekleri bitki besin maddelerinin bitki köklerinin yakınına uygulanması esas olmaktadır.

Fertigasyonda gübrelerin tüm sulama sistemleri ile uygulanması mümkündür. Ancak, fertigasyon uygulaması son çeyrek yüzyılda özellikle mikro sulama (damla, mini yağmurlama, mikro- jet v.b.) sistemleri ile çok hızlı bir şekilde gelişerek artmıştır. Bu nedenle günümüzde kimyasalların sulama sistemleri ile uygulanması modern sulu tarımda yaygın hale gelmiştir. Buna bağlı olarak da, son yıllarda, fertigasyon-kemigasyon konusundaki pratik uygulama ve araştırmalar da hızla artmıştır (Papadopoulos, 2007).

Ticari anlamda ilk fertigasyon uygulamaları 20. yüzyılın ortalarında başlasa da, daha önceleri suda çözünen besin maddelerinin sulama suyu ile birlikte tarımsal amaçlı kullanıldığı anlaşılmaktadır. M.Ö. 400 yılında şehir atık sularının ağaçlara uygulandığı bilinmektedir (Young ve Hargett, 1984).

İsrail'de sulanan alanların neredeyse tamamında fertigasyon uygulanmaktadır. Çünkü sulama suyu ile gübrenin birlikte verilmesi daha yüksek verim ve daha kaliteli ürün alınmasını sağladığı gibi, gübre kullanım etkinliğini de artırmaktadır (Imas, 1999).

Geleneksel gübrelemeye göre, fertigasyon uygulaması ile gübre kullanım etkinliği %20-50 arasında daha fazla olduğu bildirilmiştir (Gaskell, 2004). Örneğin fertigasyonda azot (N) uygulamasının geleneksel uygulamaya (toprağa serperek) göre verimde önemli bir azalma meydana gelmeden, ortalama 135 kg N/ha tasarruf sağlanabileceği belirtilmiştir (Schepers ve ark., 1995). Potasyum nitrat ile greyfurtta yapılan çalışmada fertigasyon uygulaması, toprağa serpilerek yapılan gübre uygulamasına göre verimi %11 oranında artırmıştır (Boman, 1995).

Gonzalez- Meza ve ark. (1998) mısır bitkisinde, gübre uygulamasını geleneksel ve fertigasyon yöntemi uygulayarak yaptıkları araştırmada, mısır veriminin fertigasyon uygulamalarında %31 daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Darwish ve ark. (2002) patateste damla sulama ile yaptıkları araştırmada, fertigasyon uygulaması ile geleneksel gübreleme yöntemine göre daha yüksek su ve besin elementleri kullanım etkinliği elde etmişlerdir.

Nimura ve ark. (2001) kesme gül yetiştiriciliğinde, Mohammed ve Zuraiqi (2003) sarımsakta, Thorburn ve ark. (2003) şekerkamışında, Mohammad (2004) balkabağında, Aujla ve ark. (2005) pamukta yaptıkları araştırmalarda, azotun fertigasyon ile uygulanmasının geleneksel olarak topraktan uygulanmasına göre önemli düzeyde verim artışı sağladığını belirtmişlerdir. Hebbar ve ark. (2004) ise tarla domatesinde fertigasyon uygulamasıyla daha yüksek verim elde etmenin yanında, nitrat yıkanmasında azalma, bitki kök gelişimi ve bitkilerin azot, fosfor ve potasyum alımında ise artışlar olduğunu tespit etmişlerdir.

Singandhupe ve ark. (2003), damla sulama yöntemi ile geleneksel karık sulama yöntemini karşılaştırdıkları iki yıllık tarla denemesi çalışmasında damla sulama yönteminde 10 eşit seferde yapılan N uygulamasıyla, karık sulama yönteminde iki seferde yapılan azot uygulamasına göre %20-40 oranında azot tasarrufu sağlamışlardır. Benzer şekilde damla sulama sisteminde %31-37 su tasarrufu ile birlikte %3.7-12.5 daha yüksek verim elde etmişlerdir. Damla sulama sisteminde toplam azot alımı karık sulama sisteminden %8-11 daha yüksek olmuştur. Bitki boyu üzerinde farklı yüksekliklerdeki yaprakların stoma direncinin karık sulama yönteminde damla sulama yönteminden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Peng ve ark. (2008), Çin'de Shandog bölgesinde farklı gübre uygulamasının yer aldığı fertigasyon uygulamaları ile o bölgedeki çiftçilerin pratikte uyguladıkları

gübrelerin genç elma ağaçlarının gelişimi üzerine etkilerini araştırmak için çok yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Temel uygulamalar ve fertigasyon ile N, P ve K uygulanan deneme alanında çiftçi uygulamalarına göre elmanın kalite ve veriminde artışlar olmuştur. Fertigasyon sisteminin kullanılmasının 0-30 cm toprak horizonun üst kısmında N, P ve K' un yerleşmesine izin verdiğini ve buna ilave olarak kullanılan suda %30-50'lik bir oranda kazanç sağladığını bildirmişlerdir.

Treder (2006), elma ağaçlarında geleneksel gübre uygulamaları ile sadece azotlu ve komple besin elementlerinin kullanıldığı fertigasyonun etkilerini araştırmak için çok yıllık çalışma yürütmüştür. Genel olarak elma ağaçlarının gelişimi ve verimi fertigasyon uygulamaları ile artış göstermiştir. Başlangıçta sadece azot uygulamalarındaki gelişim diğer komple besin elementini içeren gübrelerin kullanıldığı fertigasyon uygulamalarında gerçekleşmiştir.

Silber ve ark. (2003), yüksek fertigasyon sıklığının marul üzerine etkilerine çalışmışlar ve düşük besin elementi konsantrasyonu seviyelerinde yüksek fertigasyon sıklığının verim artışını önemli bir şekilde teşvik ettiğini ve verimdeki artışın asıl olarak özellikle P gibi besin elementi alımını artmasıyla ile ilişkili olduğunu bildirmişleridir.

Hebbar ve ark. (2004), kumlu-tınlı bir toprakta gübre uygulama metotları, gübre seviyeleri ve gübre kaynakları ile fertigasyonun hibrid bir domatesin gübre kullanım etkinliği, verimi ve gelişimi üzerine etkilerini araştırmak için iki yıllık bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, domatesin toplam kuru madde verimi ve yaprak alan indeksi, karık sulamaya kıyasla damla sulama sisteminde daha yüksek seviyelerde bulunmuştur.

Geleneksel uygulamaya göre fertigasyonda daha az gübreleme işçiliği olacağı için işletme giderlerinde bir azalma söz konusu olacaktır. Ayrıca, gübrelerin bitkinin ihtiyaç duyduğu zaman ve miktarda uygulanması ile gübre kullanım etkinliği yükselmektedir. Fertigasyonun üstünlükleri aşağıda verildiği şekilde sıralanabilir.

- Fertigasyon tekniği, aktif köklerin yoğun olduğu nemli kök yığınına besin elementlerinin tam ve eşit şekilde uygulanmasına izin vermekte,
- Gelişme sezonu boyunca bitkinin gerçek beslenme ihtiyacını karşılamak için uygulanan besin elementlerinin konsantrasyonları ve miktarının ayarlanmasına izin vermekte,
- Enerji ve iş gücü kazanımı sağlamakta,

- Fertigasyonda gübre uygulama zamanlarında geleneksel işlemlere göre esneklik sağlanmakta,
- Fertigasyon hazır karışık besin elementleri çözeltileri ve bileşiklerinin uygun kullanımını ve az konsantrasyona sahip mikro besin elementlerinin toprağa daha doğru bir şekilde uygulanmasını sağlamaktır.

Sönmez ve ark. (2008)'a göre fertigasyonla

- Gübreler su ile birlikte bitkinin kök bölgesine verildiği için kök gelişiminin olmadığı yerlere gübre verilmemiş olmakta,
- Nitrat şeklinde toprak profilinden ve amonyak şeklinde toprak yüzeyinden kayıplar en az düzeyde gerçekleşmekte,
- Fertigasyon uygulanmasında bitkilerin üst kısımları ıslatılmadığı için hastalıklarla mücadele kolaylaşmakta,
- Fertigasyonda gübreleme uygulaması yanı sıra uygun tarımsal mücadele ilaçları ve diğer kimyasal maddelerin uygulanması da mümkün olmaktadır.

Bitki yaşı, gelişim evresi ve hava koşullarına göre bitkinin ihtiyaçlarında olan değişimlerin karşılanması, fertigasyonla besin elementi uygulamalarında su uygulama sıklığı ve gübre dozlarının düzenlenmesi ile mümkündür (Treder, 2006).

Bu avantajların yanında, fertigasyon otomasyona uygundur ve tüm sulama sistemlerinde uygulanması mümkündür. Fertigasyonla daha az gübre ve su uygulanması suretiyle hem üretim maliyeti hem de yeraltı sularının kirliliği azaltılabilecektir. Bu avantajların yanında fertigasyonun dezavantajları da bulunmaktadır.

2.2 Fertigasyonun Dezavantajları

Fertigasyon için sulama sistemlerine ilave alet ve ekipman gerektirmesi ve bunların pahalı olması ilk yatırım masraflarının da yüksek olmasına neden olur. Ayrıca, gübrelemede uygulama ekipmanları ve gübre tanklarının gerekliliği, bazı durumlarda kullanılan enjeksiyon sistemlerine bağlı olarak istenen konsantrasyonunun sağlanmasının zorunluluğu, özellikle kimyasalların sulama suyuna geri dönüşümünün önlenmesi ve uygun olmayan işletim sistemlerinde damlatıcıların tıkanması başlıca önemli kısıtlardır. Bunun yanında kullanıcıların yüksek düzeyde bilgi ve tecrübeli olmaları gerekmektedir.

Mikro sulamada, sulama sistemi aracılığıyla gübreler bitki köklerinin büyük bir kısmının geliştiği bölgeye suyla birlikte doğrudan uygulanabilmektedir. Filtreden önce sulama sisteminin basınç kontrol birimine monte edilmiş özel gübreleme enjektörleri yardımıyla fertigasyon yapılmaktadır. En yaygın şekilde uygulanan element azottur. Bununla birlikte, sebzeler için fosfor ve potasyum uygulamaları yaygındır. Son derece tavsiye edilmesine ve kolayca icra edilmesine rağmen fertigasyon diğer mikro sulama kurulumlarında zorunlu olmamasına karşılık damla sulamada fertigasyon bir zorunluluktur (Phocaides, 2000).

GÜBRELEME ENJEKTÖRLERİ

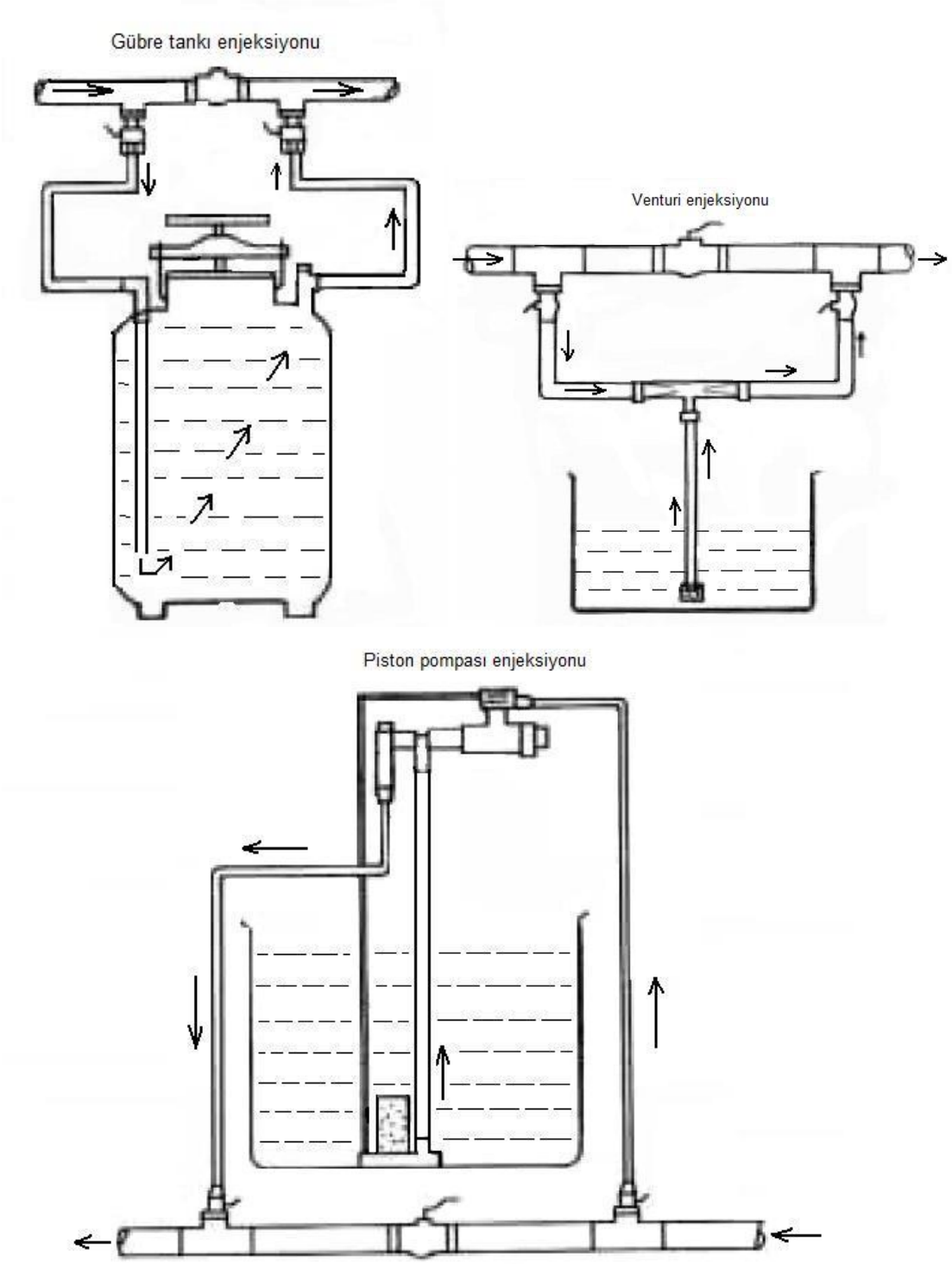
Sulama sistemi vasıtasıyla gübrelerin uygulanması için birkaç teknik geliştirilmiş ve pazarlarda birden fazla gübreleme enjektörü yer almıştır. Fertigasyon için iki ana enjektör bulunmaktadır. Alışılmış kapalı tank ve enjektör pompası. Her iki sistem de sulama sistemindeki su basıncıyla çalışmaktadır. Enjektör pompaları esas olarak ya Venturi tip veya piston pompası tipindedir. Kapalı tanklar daima bypass hat üzerine kurulurken, piston pompaları ya hat üzerine veya bypass hat üzerine kurulabilmektedir (Phocaides, 2000).

1 Gübre tankı. Bu tank silindirik, epoksi boya kaplı, sulama sistemi basıncına dayanıklı basınçlı metal bir tank olup basınç kontrol borusuna bypass olarak bağlanmaktadır. Tank giriş ve çıkış arasındaki boru hattına bağlı vananın kısmen kapatılmasıyla oluşturulan basınç farkıyla gübre tankı çalışmaktadır. Su akımın bir kısmı ana hattan saptırılarak tanka alttan girmektedir. Bu su akımı gübre çözeltisiyle karışmakta ve seyreltik çözelti sulama sistemine verilmektedir. Seyreltme oranı ve enjeksiyon oranı sabit değildir. Gübre konsantrasyonu başlangıçta yüksek ve çalışma sonunda çok düşüktür. Buna karşın gübreleme tankının düşük maliyeti ve kolay üretiminin yapılması nedeniyle bazı ülkelerde çok küçük ölçekte hala kullanılmaktadır.

2 Venturi tip enjektör. Bu enjektör Venturi borusu ilkesine dayanmaktadır. Enjektör giriş ve çıkışı arasında bir basınç farkına gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle, gübre çözeltisi içeren açık bir tank üzerine kurulu bir bypass düzeneğine bağlanmaktadır. Venturi tip enjektörün enjeksiyon oranı basınç değişimlerine karşı çok duyarlıdır ve

sabit bir enjeksiyon için bazen küçük basınç regülatörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sürtünme kayıpları yaklaşık olarak 1.0 bardır. Ventüri enjektörleri 1/2 – 2 inç ebatlarında ve 40-2000 litre/h enjeksiyon oranıyla plastik malzemeden üretilmektedirler. Diğer enjektörlere göre ventüri enjektörleri nispeten daha ucuzdur.

3 Piston pompası. Bu tip enjektör, sistemin su basıncından gücünü almakta ve bypass hatta değil doğrudan kaynak hat üzerine kurulabilmektedir. Sulama sistemi su akımı pistonları harekete geçirmekte ve sabit bir enjeksiyon oranını koruyarak bir tanktan gübre çözeltisini sisteme vererek çalışmaktadır. Sulama sistemi basıncına bağlı olarak enjeksiyon oranı 9-2500 litre/h arasında değişmektedir. Dayanıklı plastik malzemeden yapılan bu enjektörler farklı model ve boyutlarda bulunmaktadır. Piston pompaları Ventüri tip enjektörlerden çok daha pahalıdırlar.



Şekil 13.1 Gübre enjektörleri (Phocaides, 2000)

Çözünürlük

Gübre stok çözeltisi ayrı bir tankta sürekli çözünmüş bulunmalı ve sonra emme tankına dökülmelidir. Gübre tipleri yüksek derecede çözünür olmalı ve suda çözüldükleri zaman damlatıcıların tıkanma problemlerine neden olabilecek kalıntılar veya sedimentler oluşturmamalıdır. Çözelti sürekli çalkalanmalı, iyice karıştırılmalı ve tank tabanında oluşan birikim çamuru zaman zaman uzaklaştırılmalıdır. Enjektör emme borusu tank tabanında kalmamalıdır. Kuru gübrelerin çözülmesinde sıcak su yardımcı olmaktadır. Gübrelerin çözülme derecesi gübre tipi ve geldiği ülkeye göre değişmektedir. Potasyum nitrat (13-0-46) yaklaşık 1:8'lik düşük bir çözünürlüğe sahiptir yani 8 litre suda 1 kg kuru potasyum nitrat çözünmektedir. Potasyum klorürün çözünürlüğü (0-0-62) 1:3 iken amonyum nitrat (34-0-0) ve kalsiyum nitrat (15.5-0-0) yaklaşık 1:1'lik yüksek bir çözünürlüğe sahiptir. Kuru fosfor gübreler yaklaşık 1:2.5 oranında nitratlardan daha düşük bir çözünürlüğe sahiptir (Phocaides, 2000).

Asitlik

Birkaç azot formu tarafından üretilen asitlik, gübre tipinden gübre tipine değişmekte ve büyük oranda sulama suyu türünden ve toprak tipinden etkilenmektedir. En azından sezon başlangıcında ve sonunda toprak pH'sı kontrolü yapılmalıdır. İlaveten, sulama suyunun tam bir iyon analizi gerekli olmaktadır.

Miktar

Fertigasyon için gerekli gübre miktarını hesaplamak için basit bir yöntem, yıllık gübre uygulamasının sulama sayısına bölünmesidir. Geleneksel gübre dozlarına dayalı olarak farklı ülkelerde çeşitli gübreleme reçeteleri geliştirilmiştir. Uygulanan toplam gübre miktarı bitki gelişme dönemi uzunluğuyla ve sulama gereksinimleriyle ilişkilidir. Çizelge 1 sulama esnasında sabit bir oran ve beslemede sürekli esas üzerine gübreleme için Kıbrıs'ta uygulanan bazı gübre reçetelerini göstermektedir.

Bu reçeteler çok düşük tuzluluğa sahip sulama suları için önerilmektedir. Orta kalitede bir su için bir kural olarak, sulama suyu toplam tuzluluğuna ilave edilen maksimum gübre konsantrasyonu 0.5 dS/m'lik bir elektriksel iletkenliğe sahip olmalıdır. Daha yüksek konsantrasyonlar için toprak kök bölgesindeki tuzluluk düzeyi sık sık kontrol edilmeli ve gübre uygulamaları test sonuçlarına göre ayarlanmalıdır.

Çizelge 1 Net gübre konsantrasyonları (ppm, mg/litre veya g/m^3 olarak sulama suyunda net gübre)

Bitki	Azot (N)	Fosfor (P)	Potasyum (K)
Turunçgil	50	12	15
Muz	50	15	40
Domates	180	50	250
Salatalıklar (hıyar)	200	50	200
Dolma biber	170	60	200
Lahana	100	60	200
Soğan	100	50	150
Kabak	200	50	200
Patates	150	50	180
Yerfıstığı	120	50	200
Karpuz	150	50	150

Dikkat: Yukarıdaki reçete topraktaki gübre rezervine göre değişmektedir.

Fertigasyon Aralığı

Fertigasyon aralığı ya da sıklığı sulama aralığına eşit olmaktadır. Damla sulama yöntemiyle sulanan bitkilerde kök bölgesinde nem yüksek düzeyde tutularak bitkinin sudan kaynaklanan bir strese girmesi istenmemektedir. Genel bir uygulama olarak toprakta yarayışlı toplam nemin %30' u tüketilmeden önce sulama yapılmaktadır. Bu nedenle sulama aralığı toprak yarayışlı nem miktarına, bitki türüne, bitki gelişme dönemine ve hava şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Ancak sulamalar belirlenen bu sulama aralığından daha sık aralıklarla da yapılabilmektedir.

Kumlu topraklarda yüzey altı damla sulama sistemiyle yapılan fertigasyon sıklığının domates verimine etkisini araştırmak için Kahire'de yapılan 2 yıllık bir çalışmada dekara 20 kg ve 30 kg azot 1, 3, 7 ve 14 gün aralıklarla yapılan sulamalarla uygulanmıştır (Badr and El-Yazied, 2007). Sulama ve fertigasyon aralığı 1, 3, 7 ve 14 gün için dekara 6775 kg, 6513 kg, 6329 kg ve 5432 kg domates verimi alınırken toprakta 50-70 cm derinlikte hasat sonrası 1 kg toprakta kalan azot miktarı sırasıyla bu uygulamalar için 15 mg, 17 mg, 21 mg ve 80 mg olmuştur. Bu araştırma sonuçlarına

göre kumlu topraklarda fertigasyon sıklığı arttıkça hem verim artmış hem de çevre kirlenmesine neden olan kalıntı azot miktarı da azalmıştır.

Topraksız kültür yetiştiriciliğinde ise sulamalar gün içerisinde saatlik bazda gerçekleştirilmektedir. Gün içerisindeki sulama sayısının artması gübre kullanım etkinliğini artırarak verim artışı sağlamaktadır. Örneğin Silber et al. (2003) perlit ortamında yetiştirdikleri marulu günde 2, 10 ve 18 kez sulamışlar ve 10 ila 18 kez sulamanın ortalama olarak verimi %10 artırdığını belirlemişlerdir. Düşük sulama sıklığında meydana gelen verim kaybının su eksikliğinden çok besin maddesi eksikliğinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Topraktan kök yüzeyine doğru besin maddesi iletimi su akışıyla kütle transferi yoluyla ve konsantrasyon farklılığıyla difüzyonla olmaktadır (Barber 1995, Jungk 1996). Toprak özellikleri, bitki karakteristikleri ve gelişme şartları her bir mekanizmanın önemini etkilemektedir fakat genelde mobil NO_3 iyon kaynağı kütle transferi yoluyla alınırken mobilitesi daha düşük P ve K iyonları alımında difüzyon, yönetici mekanizma olmaktadır (Barber 1995, Jungk 1996). Buna göre Silver et al. (2003) sık fertigasyon uygulamasının besin alımını iki mekanizmayla iyileştirdiğini belirtmektedirler: Kök yüzeyi çevresinde besin elementi tüketim bölgesinde besin maddelerinin sürekli yenilenmesi ve ortamdaki daha yüksek ortalama nem içeriği nedeniyle kütle transferi yoluyla çözünmüş besinlerin iletiminin artması.

SULAMA SUYU MİKTARI VE SULAMA ARALIĞI

Bitkilere eksik su verilmesi bitkinin su stresine girerek verim kaybetmesine neden olduğu gibi fazla miktarda su verilmesi de bitkiye zararlı olmaktadır. Bu nedenle sulamaların zamanında yapılması ve uygulanacak su miktarının doğru şekilde tespit edilmesi son derece önemlidir. Fertigasyon tekniği ile su ve gübre birlikte verildiğinden dolayı bitki su ihtiyacının zamanında ve yeterince karşılanması daha da önem kazanmaktadır.

Bitkilerin su ihtiyaçları üzerine iklim birinci derecede etkili olduğu gibi bitki cinsi ve bitkinin gelişme evresi de etkili olmaktadır. Tarlaya uygulanacak su miktarı üzerine ise tüm bu etkenlerin yanı sıra su uygulama yöntemi de etkili olmaktadır. Bitkilere uygulanacak su miktarının belirlenmesi için ya toprak nemi ölçülmeli veya bitki su tüketimi tahmin edilmelidir.

Toprak su içeriği doğrudan veya dolaylı yöntemler kullanılarak belirlenebilir. Toprak örneğine çeşitli dış güçler uygulanmak suretiyle toprak örneğinden suyun çıkartılmasını sağlayarak ölçüm yapan yöntemler doğrudan (direk) yöntemlerdir. Su içeriği tarafından etkilenen bazı toprak özellikleri ve bu özellikler üzerine suyun etkisini ölçen yöntemler, dolaylı (indirekt) yöntemlerdir. Bazı dolaylı ölçüm yöntemlerinde, toprağa yerleştirilen ve etrafındaki toprak su içeriği ile dengede olduğu farz edilen bir obje (sensör) kullanılmaktadır. Bununla birlikte dengedeki sensörün (genellikle gözenekli bir ortam) su içeriği, toprağın su içeriğinden ziyade toprağın enerji seviyesine bağlı olmaktadır. Toprak nem içeriğinin ölçülmesinde kullanılan yöntemler; toprak yapısına zarar veren yöntemler ve toprak yapısına zarar vermeyen yöntemler şeklinde de sınıflandırılabilir. Toprakta tutulan su miktarı toprak su miktarının toprak miktarına oranlanmasıyla genel olarak belirlenmektedir. Bu orana gravimetrik toprak suyu, fırın kuru toprak suyu veya toprak su içeriği denilmektedir. Gravimetrik yöntem, ağırlık veya hacim yüzdesi cinsinden toprak nem içeriğini belirleyen ve yaygın bir şekilde kullanılmakta olan fakat toprak yapısına zarar veren doğrudan toprak nem içeriğini belirleyen bir yöntemdir. Dolaylı toprak ölçme yöntemleri, Nötron yöntemi, Zaman Etkili Yansıma Yöntemi (Time Domain Reflectometre veya kısaca TDR), Toprak su potansiyeli yöntemleri, Termokapl Psikrometre, Tansiyometreler, Elektriksel direnç yöntemleri, ısı kaybının ölçülmesi gibi yöntemleri içine almaktadır (Hoffman et al., 1992).

Bitki su tüketimini tahmin etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler güneş radyasyonu, sıcaklık, nem, rüzgar hızı gibi hava elemanlarından bir veya bir kaçı üzerine dayalı olarak bitki su tüketimini tahmin etmekte veya arazide doğrudan buharlaşma kaplarından yapılan ölçümlerden bitki su tüketimi tahmin edilmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar sonucu FAO56 Penman-Monteith yöntemi bitki su tüketiminin tahmin edilmesinde uluslar arası geçerliliği olan ve oldukça iyi sonuç veren yöntem olarak önerilmektedir.

Bitkilerin sulama aralığı üzerine bitki cinsi ve gelişme evresi, yetiştiriciliğin yapıldığı toprakların özellikleri ve iklim şartları etkili olmaktadır. İklimin kurak ve sıcak geçtiği zamanlarda daha sık sulama gerekirken nemli ve serin dönemlerde sulama aralığı uzamaktadır. Bitkinin tam olarak geliştiği ve su ihtiyacının yüksek olduğu orta dönem gibi dönemlerde sulama aralığı kısalırken, çimlenme-çıkış, gelişme dönemi ve

meyve olgunlaşmasının önemli oranda tamamlandığı hasada yakın dönemde ise bitki su tüketimi daha düşük dolayısıyla sulama aralığı da daha uzun olabilmektedir. Toprakların su tutabilme özelliklerinin farklı olması nedeniyle her toprağın sulamaya gelme zamanı da farklı olmaktadır. Kumlu toprakların su tutma kapasiteleri düşük olduğundan daha kısa sürede sulanması gerekirken, yüksek su tutma kapasitesine sahip orta ve ağır bünyeli topraklar daha aralıklı sulama ihtiyacı göstermektedirler. Sulama açısından bazı önemli toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Ancak yetiştiricilik yapılan toprakların özellikleri arazi ve laboratuar çalışmalarıyla mutlaka belirlenmelidir.

Çizelge 2 Sulama Açısından Önemli Bazı Toprak Özellikleri

Toprak tipi		Hafif (Kaba) Tekstürlü Topraklar	Orta Tekstürlü Topraklar	Ağır (ince) Tekstürlü Topraklar
Saturasyon kapasitesi (SC) % ağırlık		25-35	35-45	55-65
Tarla kapasitesi (FC) % ağırlık		8-10	18-26	32-42
Solma noktası (WP) % ağırlık		4-5	10-14	20-24
SC/FC		2/1	2/1	2/1
FC/WP		2/1	1.85/1	1.75/1
Hacim ağırlığı (γ) (g/cm^3)		1.4-1.6	1.2-1.4	1.0-1.2
Kullanılabilir toprak nemi % hacimsel (FC-WP) × γ		6	12	16-20
Toprak kullanılabilir nemi (Sa) (mm/m) (FC-WP) × γ × 10		60	120	160-200
Toprak nem tansiyonu (bar)	FC'da	0.1	0.2	0.3
	WP'da	15.0	15.0	15.0
İnfiltrasyon hızı (mm/h)		25-75	8-16	2-6

Giderek artan nüfusun beslenme ihtiyacının karşılanabilmesi için toprak ve su kaynaklarının daha verimli ve kaliteli üretimde kullanılması gerekmektedir. Su kaynaklarına tarım dışı diğer sektörlerin giderek artan talebi ve küresel ısınma, tarım alanlarından kaynaklanan kimyasal madde içeren suların oluşturduğu çevre kirliliği, su kaynaklarının daha doğru ve etkin kullanılması gerekliliğini artırmaktadır. Bu nedenle

sulamalar çok iyi şekilde programlanmalıdır. Oldukça ileri düzeyde bilgi gerektiren sulama programlanması, fertigasyon tekniği ile gübrelerin de suyla uygulanması sonucu daha da zorlaşmaktadır. Çiftçilerin bu zorlukların üstesinden gelebilmesi için bölgelerinde bulunan Sulama Birlik ve Kooperatiflerini destekleyerek güçlendirmeleri, faaliyetlerini denetleyerek daha iyi hizmet üretmeleri sağlanmalıdır. Bu kuruluşlarda sulama konusun da iyi yetişmiş, toprak ve gübreden anlayan ve bitki yetiştiriciliği konusunda da bilgi sahibi Ziraat Mühendislerinin çalıştırılması, sorunların üstesinden gelmede teknik yardım alınması açısından son derece önemlidir.

Yararlanılan Kaynaklar

Anonymous, 2006. Irrigation and Fertigation.

http://www.ces.nesu.edu/depts/hort/greenhouse_veg/waterfert_pages/table1.html
(23/11/2006)

Aujla, M.S., Thind, H.S., Buttar, G.S., 2005. Cotton yield and water use efficiency various levels of water and N trough drip irrigation under two methods of planting. Agricultural Water Management, 71, 167-179.

Badr, M.A., Abou El-Yazied, A.A., 2007. Effect of Fertigation Frequency from Subsurface Drip Irrigation on Tomato Yield Grown on Sandy Soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1 (3): 279-285.

Barber, S.A., 1995. Soil Nutrient Bioavailability. Wiley, New York.

Boman, B.J., 1995. Effects of fertigation and potash source on grapefruıt size and yield. In: Dahlia Greinder International Symposium on Fertigation, Technion, Haifa.

Boman, B., Obreza, T., 2008. Fertigation Nutrient Sources and application Considerations for Citrus. http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CH/CH18500.pdf

Çetin, Ö., Uygan, D., Boyacı, H., 2008. The effect of drip irrigation scheduling improvment by using percent canopy cover and crop development stage. Australian Journal of Agricultural Research, Vol. 59, Number 12, 1113- 1120.

Darwis, T., Therese, A, El-Katip M., Hajhasan, S., 2002. Impact of irrigation and fertilization on NO_3 leaching and soil-ground water contamination in Lebanon. 17 th. WCSS, 14-21 August 2002, Thailand.

Gaskell, M., 2004. Acid injection in irrigation water improving pH adjustment for blueberries http:// www.ces.uga.edu.edu./pubcd/b1130 (12/10/2004)

Gonzalez- Meza, A., Ramirez-Jaramillo, G., Perez- Miranda, L.A., Hernandez-Leos, B.A., 1998. Fertigation to increase corn yield The Henequez Zoneın Yucatan, Mexico. Proceeding of the İrrigation Asociation's 19 th Annual, November 1-3, 1998 San Diego, California, USA, 237-243

Güneş, A., Alparslan, M., İnal, A., 2004. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayın No: 1514, Ders Kitabı: 467, Ankara Sönmez, S., Çıtak, S., Sönmez,İ.,2008.Fertigasyon http://www.akdeniz.edu.tr/ziraat/tr/ekaynak/ts013.pdf

Hebbar, S.S., Ramachandrappa, B.K., Nanjappa, H.V., Prabhakar, M., 2004. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (Lycorpersic esclentum Mill.) Europ. J. Agronomy, 21, 117-127.

Hoffman, G.J., Howell, T.A. and Solomon, K.H., 1992. Management of Farm Irrigation Systems. ASAE Monograph Number 9 published by ASAE.

Imas P, 1999. Recent Techniques in Fertigation of Horticultural Crops in Israil. Workshop onRecent Trends in Nutrition Management İn Horticultural Crops, 11-12 February, Dapoli, Maharashtra, India.

Jungk, A.O., 1996. Dynamics of nutrient movements at the soil-roor interface. In Plant Roots- The Hidden Half. 2nd edition. Eds. Waisel, Y Eshel, A. and Kafkafi, U., PP: 529-556. Marcel Dekker, Inc., New York.

Mohammed, M.J., Zuraiqi, S., 2003. Enhancement of yield and nitrogen water use efficiencies by nitrogen drip- fertigation of garlic. Journal of Plant Nutrition . 26 (9) 1749- 1766

Mohammed, M.J., 2004. Squash yıeld, nutrient content and soil fertility parameters in response to methods of fertilizer spplication and rates of nitrogen fertigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 68 (2) 99-108.

Nimura, M., Yoshimi, H., Kondou, M., 2001. The Influence of porous ceramic particle size and fertigation quantity on the yield and quality of roses grown in soilless

culture. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 70 (5), 650-655

Papadopoulos, I., 2007. Fertigation- chemigation in protected agriculture. Cahiers Options Mediterraneennes, Vol.31, 275-291

Peng, Y., Shiqi, P., Youguo,T., Ivonova, S., Magen, H., 2008. Research Findins:/ Fertigation management in young apple trees in Shandong, China. International Potash Instıtute, No: 18. http://www. İpipotash.org/e-ifc/2008-18/research 1.php Potter1986.

Phocaides A., 2000. Technical Handbook on Pressurized Irrigation Techniques. Food and Agricultural Organization of The United Nations, Rome.

Schepers, J.S., Varvel, G.E., Watts, D.G., 1995. Nitrogen and water management strategies to reduce nitrate leaching under irrigated maize. Journal of Contaiminat Hydrology, Vol.20, Issues 3-4, 227-239

Silber, A., Bruner., M., Kenig, E., Reshef, G., Zohar, H., Posalski, I., Yehezkel, Shmuel, Cohen, S., Dinar, M., Matan, E., Dinkin, I., Cohen, Y., Karmi, L., Aloni, B., Assoulin, S., 2004. High fertigation frequency and phosphorus level: effects of on summer- grown bell pepper growth and blossom and root ıncidence. Plant and Soil: 1-12

Singandhupe, R.B., Rao, G.G.S.N., Patil, N.G., Brahmanand, P.S., 2003**.** Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation systems in tomato crop (Lycopersicon esculentum L.). Europ. J. Agronomy, 19, p327-340.

Sönmez, S., Çıtak, S., Sönmez, İ., 2008. Fertigasyon http://www.akdeniz.edu.tr/ziraat/tr/ekaynak/ts013.pdf

Thorburn, P.J., Dart, I.K., Biggs, I.M., Baillie, C.P., Smith, M.A., Keating, B.A., 2003. The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation, micro-irrigation: advances in system design and management. Irrıgation Science, Vol. 22, Num. 3-4, 201-209

Thompson, T.L., White, S.A., Wlatworth, J., Sower, G.J., 2003. Fertigation frequency for subsurface drip-irrigated broccoli. Soil sci. Soc. Am. J., 67; p 910-918.

Treder, W., 2006. Influence of fertigation with nitrogen and a complete fertilizer on growth and yielding of Gala apple trees. Journal of Fruit and Ornamental Plant Reserach, Vol. 14, p 143- 154.

Young, R.D., Hargett, N.L., 1984. History, growth and status: In: Fluid Fertilizer Solutions J.M.Potts (eds), Tennessee Valley Authority (TVA), Bull. Y-185