

## GÜBRELEME VE SULAMA ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Ünal ALICI (1)

### ÖZET

*"Sulama ve gübreleme tarımsal üretimi artırmada en etkin etmenlerdir. Bunların birlikte üretim üzerine etkisi büyük önem taşımaktadır. Toprakta bulunan veya yapay yollardan toprağa verilen bitki besin maddelerinin toprak içerisinde hareketi ve sulamayla olan ilişkileri incelenmiş ve bu besin maddelerinin üretimi artırırken bitki su tüketimini hangi yönde etkilediği gözden geçirilmiştir. İyi bir sulama uygulamasının iyi bir gübreleme programı ile gerçekleştirilebileceği açıklanmıştır".*

Bilindiği gibi sulama bitkilerin gereksinme duyduğu fakat doğal yollardan karşılanamayan suyun toprağa verilmesi, gübreleme ise bitkinin gereksinme duyduğu fakat doğal yollardan karşılanamayan besin maddelerinin toprağa verilmesidir. Bu nedenle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimi artırmada sulama ve gübreleme en etkin etmenler olmaktadır. Fakat tarımsal üretimi artırmada sulamanın veya gübrelemenin tek tek etkilerinden çok birlikte etkileri daha çok önem taşımaktadır.

Sulama, gübrelerin kullanımında bazı sorunlar ortaya çıkardığı gibi, bitki besin maddelerinin toprağa verilisinde de bazı yeni olanaklar sağlar. Öncelikle sulama gübreleri için daha büyük gereksinme duyulmasına neden olur. Ayrıca sulamanın kârlı olabilmesi için verimin yeteri kadar yüksek olması gerekir, yüksek verim ise bitkilerin topraktan daha fazla besin maddesi almalarına neden olur. Alınan bu besin maddelerinin miktarı verimle orantılı olarak artar. Eğer sulama suyu etkin bir şekilde kullanılmak isteniyorsa sulanan bitkilerin besin maddeleri gereksinmelerini karşılayacak bir gübreleme programı da uygulanmalıdır.

Bitkiler gereksinme duydukları besin maddelerini toprağa verilen kimyasal ve organik gübrelerden sağladıkları gibi topraktaki diğer kaynaklardan da yararlanırlar. Sulu tarımda belirli bir gübrenin seçimi ve ne miktar kullanılacağı, bitkinin

---

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Öğretim Üyesi.

türüne, bitkinin gelişme durumuna, gübrelerin verilme zamanına, toprağın türüne, toprakta ne miktarda bu besin maddesinden kaldığına, bu besin maddesinin birim fiyatına ve kullanılan sulama teknolojisine bağlıdır. Sulu tarımda her ne kadar gübreler için yapılan harcamalar toplam masrafın yaklaşık olarak % 10'unu oluşturursa da gübrelerin yanlış kullanımı verimin düşmesine neden olabilir. Böylece sulamadan beklenen yarar da elde edilemez.

Bitki gelişmesi için toprak içerisinde yeterli miktarda nem bulunması kadar yeterli besin maddesi bulunması da gerekir. Bu besin maddelerinin miktarı ve hareketi topraktaki nem hareketi ile yakından ilgilidir. Topraktaki nem hareketi ise kullanılan sulama yöntemi ve sıklığının bir sonucu olarak ortaya çıkar.

Sulamannın, bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasını ve dolayısıyla verim üzerine olan etkisini daha iyi anlayabilmek için sırasıyla aşağıdaki konular üzerinde duracağız.

- I. Mineral besin maddelerinin toprak içerisindeki hareketi,
- II. Mineral besin maddelerinin toprakta bulunma durumları ve hareketleri,
- III. Ana besin maddeleri olan N, P ve K'un toprak içerisinde bulunma durumları ve hareketleri,
- IV. Sulama, gübreleme ve verim arasındaki ilişkiler,
- V. Gübreleme ile bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler,
- VI. Gübrelerin verilme yöntemleri ve gübrelerin verilmesinde dikkat edilecek özellikler.

### **1. Mineral Besin Maddelerinin Toprak İçerisindeki Hareketi**

Toprak suyu içerisinde çözülmüş olarak bulunan iyonların hareketi difüzyon ve konveksiyon yoluyla olmak üzere iki şekildedir.

#### **a) Difüzyon yoluyla iyon hareketi**

Bir çözelti içerisinde iyonlar konsantrasyonunun yüksek olduğu noktadan, düşük olduğu noktaya doğru akarlar. Bu akışın miktarı konsantrasyonun gradyanı ile orantılıdır. Bu durum Fick kanunu olarak bilinmektedir ve şu şekilde ifade edilir.

$$\frac{dQ_d}{dt} = -DA \frac{dc}{dx}$$

Burada  $Q_d$ , difüzyonla yer değiştiren iyon miktarı;  $t$  zaman,  $A$  difüzyonun meydana geldiği bölgenin kesit alanı,  $c$  konsantrasyon miktarı (birim hacimde ağırlık olarak)  $x$  difüzyonun meydana geldiği iki nokta arasındaki uzaklık ve  $D$  difüzyon katsayısıdır. Su içerisinde çözülebilen birçok iyon için difüzyon katsayı-

ları kimya el kitaplarında yayınlanmıştır. Yalnız elektrik yüklü gözenekli bir ortam olan toprakta, herhangi bir iyon için difüzyon katsayısı suya göre daha düşüktür. Topraktaki difüzyon katsayısı ile sudaki difüzyon katsayısı arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

$$D_p(\theta) = D_o \cdot a \cdot e^{b\theta}$$

Burada  $D_p$ , topraktaki nem içeriğine bağlı olarak değişen difüzyon katsayısı,  $\theta$  topraktaki nem içeriği,  $D_o$  sudaki difüzyon katsayısı,  $a$  ve  $b$  toprağın tipine göre değişen deneysel sabitelerdir.

Bu durumda toprak içerisinde difüzyonla iyon hareketi

$$\frac{dQ_d}{dt} = - D_p(\theta) \frac{dc}{dx} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

b) Konveksiyon yoluyla iyon hareketi

İyonların konveksiyon yoluyla hareketi iki fiziksel olayın sonucu oluşur:

1. Topraktaki suyun ortalama akış hızı,
2. Mekaniksel dispersiyon etkisi.

Mekaniksel dispersiyon difüzyona benzer bir özellik gösterir. Bu iki etkiyi gözönünde bulundurarak konveksiyon yoluyla iyon hareketi şu eşitlikle ifade edilebilir.

$$\frac{dQ_c}{dt} = D_n(\bar{V}) \frac{dc}{dx} + qc$$

Burada  $Q_c$ , konveksiyon nedeniyle yer değiştiren iyon miktarı,  $D_n$  ortalama hız  $(\bar{V})$ 'nin bir fonksiyonu olarak dispersiyon katsayısı,  $q$  hacimsel olarak su flaksı (su flaksı toprağın birim kesit alanından birim zamanda akan su miktarı olarak tanımlanır),  $c$  konsantrasyon miktarıdır. Topraktaki toplam iyon hareketi difüzyon ve konveksiyon sürecinin birlikte etkimesi sonucu oluşur. Bu nedenle bu iki eşitliği birleştirdiğimizde toplam iyon hareketi için şu eşitlik yazılır.

$$\frac{dQ_t}{dt} = - D(\bar{V}, \theta) \frac{dc}{dx} + qc$$

Bu eşitlikte  $Q_t$  belirli bir zaman aralığında belirli iki nokta arasında yer değiştiren iyon miktarı,  $D(\bar{V}, \theta)$  ortalama su akış hızı ve toprak nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak oluşan toplam difüzyon ve dispersiyon katsayısı,  $c$ ,  $x$  ve  $q$  ise daha önceki eşitliklerde belirttiğimiz gibidir.

Bu eşitlikten de görülebileceği gibi, infiltrasyon, evaporasyon ve transpirasyon sonucu toprakta nem miktarı değiştiğinde topraktaki iyonların hareketi de başlayacaktır. Çünkü topraktaki nem içeriği değiştiğinden hem su flaksı değişecek hemde  $D(\bar{V}, \theta)$  katsayısı değişecektir. Böylece topraktaki iyon miktarında bir değişme olmazsa bile iyon hareketi hızlanacaktır. Topraktaki nem durumu dinamik bir süreç olduğundan hiç bir zaman sabit kalmaz. Bunun sonucu olarak iyon hareketleri de bir devamlılık gösterir.

## II. Mineral Besin Maddelerinin Toprakta Bulunma Durumları ve Hareketleri

Topraktaki iyonların hareketini etkileyen etmenleri kısaca gözden geçirdik, şimdi bitkilerin gereksinme duydukları bazı mineral maddelerin toprak içerisinde bulunma durumlarını ve hareketliliklerini inceleyelim.

Bitkilerin gereksinme duydukları 14 mineral besin maddesinin hepsi de su da çözülebilir formda piyasadan sağlanabilmektedir. Gübrelerin çoğu, su da az veya çok çözünebilirliklerine bakılmaksızın toprağa, katı ve sıvı olarak veya sulama suyuna katılarak verilir. Bu gübrelerin verilmesiyle birlikte toprak içerisinde başlayan kimyasal reaksiyonlar bu minerallerin toprak suyu içerisindeki konsantrasyonunu büyük ölçüde değiştirir. Bu değişikliğin miktarı iyon tipine büyük ölçüde bağlıdır.

Sulanan alanların genel karakteri olan nötral ve alkali topraklarda,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{--}$  anyonları, bu anyonları bağlayıcı kuvvetlerin bulunmaması nedeniyle serbestçe hareket ederler. Ayrıca bu anyonların çözünebilirliklerinin yüksek oluşu hareketliliklerini daha da artırır.  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{--}$  'ın hareketliliği  $\text{NO}_3^-$  'ın hareketliliği kadar önem taşımaz, çünkü  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{--}$  genellikle sulama suyunda bitki gereksinmesini karşılayacak oranda bulunur.

Minor elementlerden Borun topraktaki bir kısmı çözülebilir durumdadır ve sulama yoluyla hareket eder. Bor eksikliği ve zehirliliğinin olduğu sulanan alanlar varsa da pek yaygın değildir. Nötral ve alkali toprakların pH'sının Mo faydalılığını artırması nedeniyle sulanan alanlarda Mo noksanlığına hemen hemen hiç rastlanmaz.  $\text{Ca}^{++}$  ve  $\text{Mg}^{++}$  toprakların değişebilir katyon kapasitelerine bağlı olarak toprak çözeltisinde denge halindedir ve genellikle sulanan topraklarda yeterli miktarda bulunur. Zn, Cu, Co, Mn, Fe iyi havalandırılan topraklarda toprak tarafından çok kuvvetli bir şekilde tutulurlar ve kuarşlı kumlu topraklar dışındaki topraklarda hemen hemen hareketsizdirler. Bu minor elementlerin noksanlığına pek rastlanmaz. Özet olarak  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  ve verildiğinden 1-2 gün sonra üre hareketlidir.  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  ve  $\text{NH}_4^+$  toprak koşullarına bağlı ola-

rak sınırlı hareketliliğe sahiptir. Fosfor ve mikro besin elementleri katyonları ise hareketsizdirler.

### III. Ana Besin Maddeleri olan N, P ve K'un Toprak İçerisinde Bulunma Durumları ve Hareketleri

Bitki besin maddeleri ile ilgili olarak yapmış olduğumuz bu kısa açıklamadan sonra bitki gelişimi için ana besin maddeleri olan ve verimi önemli ölçüde etkileyen N, P ve K'un toprak içinde bulunma şekilleri ve hareketliliklerini gözden geçirelim.

#### a) Azot

Organik ve kimyasal gübrelerin çoğu azotu amonyum formunda içerirler. Nitratlı gübreler genellikle daha pahalıdır. Toprakta azot mikroorganizmalar ve bitkiler tarafından devamlı olarak tüketilir. Amonyumun büyük bir kısmı değişebilir iyon şeklinde kil ve organik madde tarafından tutulur. Ancak pH'sı 7,5'un üzerinde olan topraklar kuruduklarında amonyumun bir kısmı volatilizasyon nedeniyle amonyak gazı haline geçerek kaybolabilir.

Legümlü bitkilerin dışındaki bitkilerin büyük çoğunluğu azotu  $\text{NO}_3^-$  şeklinde absorbe ettiklerinden amonyumun nitrat şekline dönüşmesi olan nitrifikasyon süreci büyük önem taşır. Herhangi bir anda toprak içerisinde bulunan  $\text{NO}_3^-$  miktarı, nitrat içeren gübrelerin verildiği zamana,  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NH}_3$ 'ün nitrifikasyonu oranına, organik maddelerin mikroorganizma faaliyeti sonucu bozuşma miktarına ve bitkilerin topraktan aldıkları  $\text{NO}_3^-$  miktarına bağlı olarak değişir.

Azotun nitrat formu hareketli bir iyon olduğundan sulama ile birlikte başlayan su hareketi sonucu her yöne hareket eder. Sulama ya nitratın kök bölgesi altına yıkanmasına neden olur veya gözeneklerin suyla dolması nedeniyle oluşan oksijen yokluğunda, nitratın amonyum haline dönüşmesi olan denitrifikasyon süreci ortaya çıkar.

Toprakta, nitrifikasyon mu yoksa denitrifikasyon mu sürecinin meydana geleceğini ve bu sürecin miktarının ne olacağını belirleyen ana etmenlerden biri topraktaki nem içeriğidir. Diğer önemli etmen ise toprağın sıcaklığıdır. Havada kuru topraklarda hemen hemen hiç nitrifikasyon olmamasına karşın solma noktasında biraz nitrifikasyon süreci oluşur. Nitrifikasyon oranının en yüksek olduğu nokta toprakta 0,5 atmosfer tansiyona tekabül eden nemin bulunduğu zamandır. Bu nem değerinin artması veya azalması nitrifikasyon hızını azaltır. Azalan bu nitrifikasyon hızı bazı sulama koşullarında ortaya çıkan oksijen miktarının azal-

ması sonucu daha da düşer. Nitrifikasyon sürecinin en fazla olduğu sıcaklık ise 30°C civarındır.

İsrail'de Kafkafi ve Bar-Yosef (Kafkafi, U., 1973, s. 179) tarafından mısır ekili montmorillonitli killi bir toprakta yapılan tarla denemesinde yağmurlamayla 68 mm su verilmesinden 35 gün sonra bir hektarlık alandan 330 kg NO<sub>3</sub> azotunun kaybolduğu ve kaybın büyük bir kısmının ise sulamadan sonraki iki hafta içinde meydana geldiği görülmüştür. Bu süre içerisinde bitkilerin aynı alandan absorbe ettikleri azot miktarı ise yalnızca 36 kg/ha olmuştur. Bu rakamlar sulama sonucu ortaya çıkan gübre kaybının büyüklüğünü belirleme bakımından iyi bir örnektir.

Drenaj suyu içerisinde çok miktarda nitrata rastlanması bu iyonun hareketliliğinin iyi bir ölçüsüdür. Bu durum gözönünde bulundurularak sulama ve gübreleme zamanlarının ayarlanması gerekir. Bilindiği gibi iyi planlanmış bir sulama, suyun kök derinliğinden daha derinlere sızmasını önleyecek şekilde planlanmış sulamadır. Böyle bir sulamada nitratin yıkanması ve kaybı da bir ölçüde önlenmiş olur.

Toprağa amonyumlu gübreler verildiğinde, amonyum kil mineralleri ve organik madde tarafından tutulur. Bu nedenle topraktaki amonyum miktarı kil mineralleri ve organik madde miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Bunun sonucu olarak kumlu ve tınlı topraklarda amonyumun hareketliliği daha fazladır. Toprağa tutulabileceğinden fazla amonyum vermek gübre kayıplarını artıracaktır. Zaten nitrifikasyon süreci bu amonyumu koşullar elverdiği ölçüde NO<sub>3</sub><sup>-</sup> şeklinde dönüştürecektir. Toprağa azot üre şeklinde verildiğinde, ürenin toprak tarafından zayıf bir şekilde tutulması nedeniyle hareketliliği fazladır. Fakat üre hızlı bir şekilde hidrolize olarak amonyum haline dönüşür. Bu nedenle ürenin hareketliliği fazla önem taşımaz.

#### b) Fosfor

Toprakta fosforun büyük bir kısmı katı halde az çözülebilir kalsiyum fosfat olarak veya kil mineralleri tarafından adsorbe edilmiş olarak bulunur. Bu formlar toprak çözeltisi ile denge durumundadır. Toprak neminin azalması toprak suyundaki fosfat konsantrasyonunu önemli ölçüde değiştirmez. Zaten fosfat oldukça asitli topraklar dışında toprak suyu içerisinde çok az miktarda çözülmüş olarak bulunur. Sulanan toprakların büyük bir kısmı kalsiyumca zengin topraklardır. Bu durum fosforun çözünebilirliğini etkileyen en önemli etmendir. Bu nedenle kumlu topraklar dışında, fosfat toprakta hareketsiz olarak kabul edilir. Fosfatın kuvvetli bir şekilde adsorbe edilmesi ve hareketliliğinin azlığı nedeniyle yıkanma sonucu kaybı çok azdır. Toprağa verilen fosforun en az % 85'i toprağın 10 cm derinliği içerisinde kalır ve drenaj suyunda çok az miktarda fosfor bulunur. Fosfor kaybı genellikle yüzey erozyonu sonucu ortaya çıkar.

Bitki tarafından alınan fosforun büyük bir kısmı köklere difüzyon yolu ile ulaşır ve kökler tarafından adsorbe edilir. Fakat kökün birim yüzeyi fosfat absorbe etme işine bir haftadan fazla devam etmez. Bu nedenle topraktaki nem miktarı kök gelişmesini önleyecek oranda düşerse, kök gelişmesi yavaşlayacağından fosfor alımı da azalır. Bu bakımdan sulama yoluyla nem miktarı ve bunun sonucu olarak kök gelişmesi denetlenemediğinden, sulama bitkilerin fosfor alımını etkileyen çok önemli bir etmen olmaktadır.

#### c) Potasyum

Topraktaki potasyum genellikle üç faza ayrılır.

1. Mika, feldispar ve illit kil minerallerindeki bağlı (fiks) potasyum,
2. Kil mineralleri ve organik madde tarafından tutulmuş değişebilir potasyum,
3. Toprak suyundaki çözelmiş potasyum.

Topraktaki değişebilir ve çözelmiş potasyum bitkiler tarafından kullanılabilir durumdadır. Ekili bir tarlada bitkilerin potasyum kullanmaları nedeniyle değişebilir ve çözelmiş potasyum miktarında bir azalma olur. Ayrıca toprağın nem içeriğinde değişme çözeltideki K konsantrasyonunun önemli ölçüde etkiler. Fakat hasattan sonra bağlı potasyum difüzyon yoluyla değişebilir ve çözelmiş potasyumu eski düzeyine getirir.

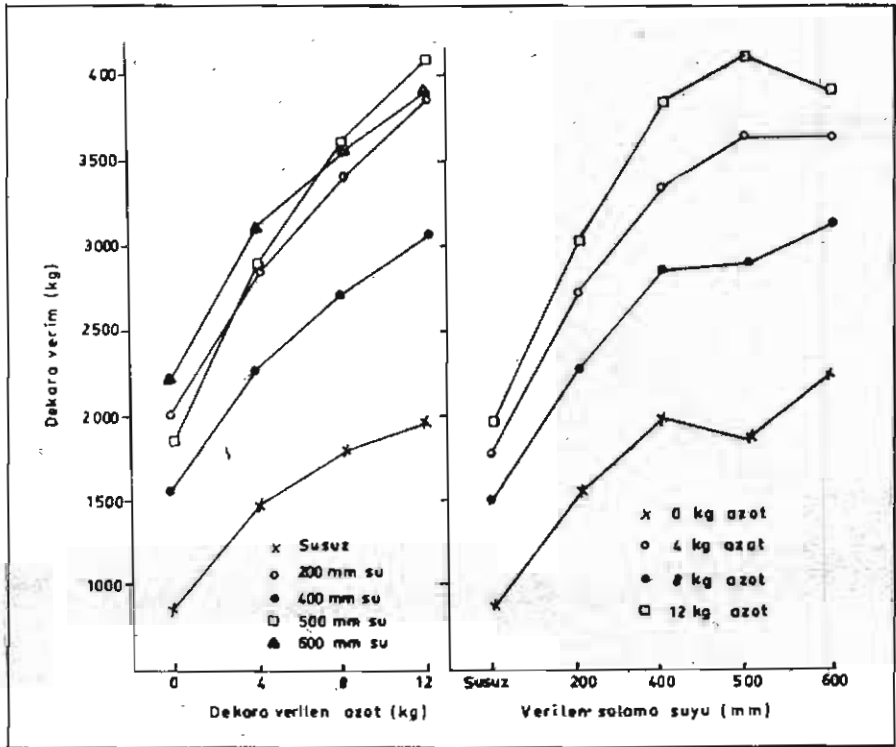
Sulanan bir tarla toprağından yıkanan potasyum miktarı toprağın katyon değiştirme kapasitesine ve kullanılan sulama suyunun katyon konsantrasyonuna bağlıdır. Örneğin, tuzlu toprakların ıkanması sonucu önemli miktarda potasyum diğer iyonlarla birlikte topraktan atılabilir. Fakat normal koşullar altında potasyumun aşağı doğru hareketi yılda birkaç santimetreyi geçmez. Toprağın sürülmesi, bu potasyumun devamlı olarak kök bölgesinde kalmasını güvence altına alır. Potasyum kaybı katyon değiştirme kapasitesi düşük topraklarda ve sürüm yapılmadığı durumlarda önem kazanır.

#### IV. Sulama, Gübreleme ve Verim Arasındaki İlişkiler

Sulama ve gübrelemenin verimi artırdığı çok eski zamanlardan beri bilinen bir gerçektir. Fakat sulamanın ve gübrelemenin verim üzerine karşılıklı etkilerinin ne ölçüde olduğunun bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Yani şu sorulara yanıt verilmesi gerekir: Sulama verimi gübreleme olmadan ne kadar artıyor ve bu artış hangi oranda oluyor. Sulama yapmadan yapılan bir gübreleme ne oranda verimi artırmada etkin oluyor. Bunlardan herhangi birinde yapılacak bir azaltma durumunda yapılacak bir artırımla ortadan kaldırılabilir mi? Bu soruların yanıtları yapılacak olan gübreleme sulama programının şeklini belirleyecektir. Bu nedenle şimdi gübreleme ve sulamanın verim üzerine karşılıklı etkilerini inceleyen bazı araştırma sonuçlarını gözden geçirelim.

Eskişehir Toprak-Su Araştırma Enstitüsünde (Tarım Bakanlığı, 1966, s. 15) 1962-1964 yılları arasında yapılmış olan bir araştırmada da farklı düzeylerdeki azot ve suyun verimi ne oranda etkilediği incelenmiştir (Şekil 1). Bu araştırma sonuçlarını gözden geçirdiğimizde şunları görmekteyiz.

Su düzeyi sabit tutulduğunda, gübre miktarı artırıldıkça, verimde buna bağlı olarak artmaktadır. Birinci grafikte farklı gübre dozları yatay eksende verim düzeyi ekseninde gösterilmiştir. Susuz durumda verilen gübrenin verimin artışına etkisi azalan bir hızda olmuştur. Fakat su miktarı artırıldıkça verilen gübre dozuyla verim hemen hemen doğrusal olarak artmıştır. Ancak belli bir düzeyden daha fazla su verilmesi verimi artırmamış düşürmüştür. Bu durum ikinci grafikte daha belirgin bir şekilde görülmektedir.

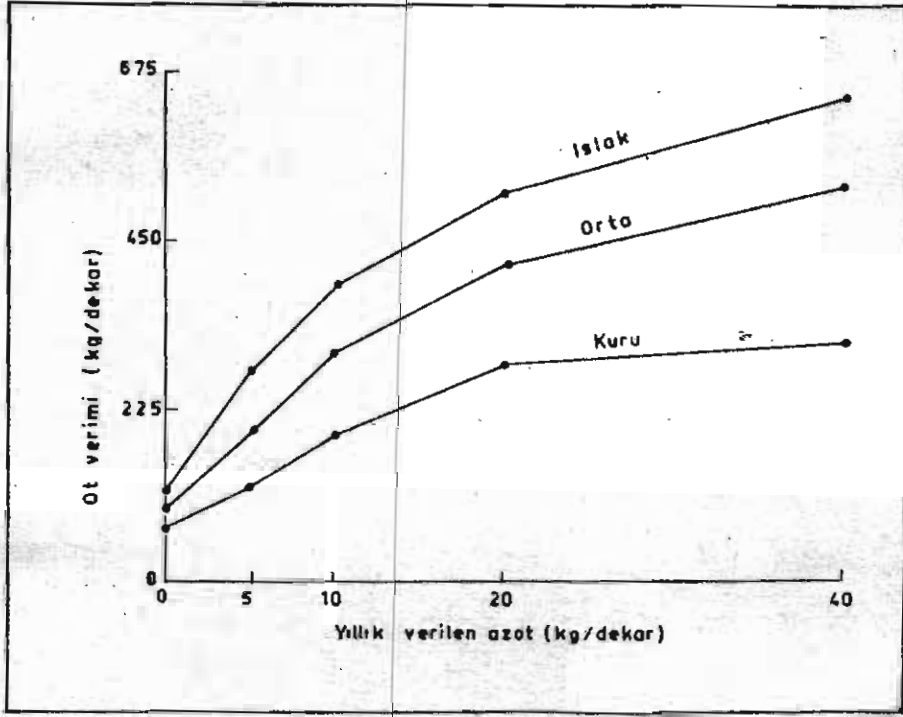


Şekil 1. Sulama ve gübrelemenin şeker pancarı verimi üzerine etkisi.

Aynı şekilde A.B.D.'leri Montana eyaletinde 1961 yılında Ayrık otu (*Agropyrum smithii*) ile yapılan denemede de benzer sonuçlar göstermektedir (Viets, F. G. 1967, s. 468). Bu grafikte yatay ekseninde gübre miktarı dikey ekseninde ot verimi gösterilmiştir (Şekil 2). Üç ayrı sulama koşuluna göre azotun ot verimine et-



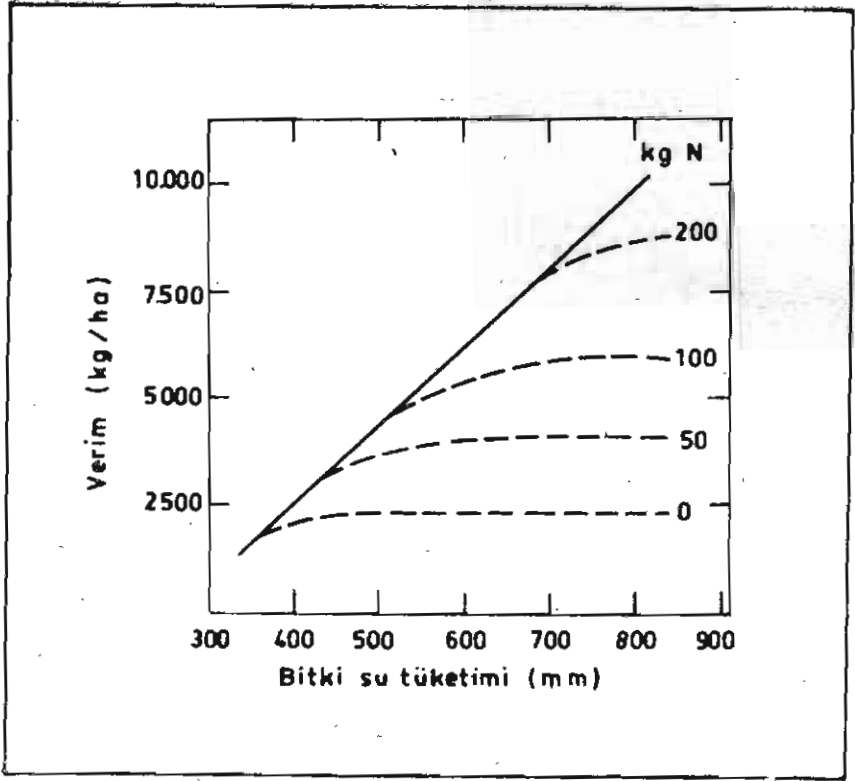
kisi incelenmiştir. Burada görülen önemli özellik topraktaki nem miktarı sınırlayıcı bir etken olduğunda gübrenin yararlılığı ve bitki tarafından alınımının yavaşlamasıdır. Ayrıca dekara 10 kg'den fazla azot verildiğinde bu azotun yararlılık oranı düşmektedir. Bu noktaya kadar verim artışı yaklaşık olarak doğrusaldır.



Şekil 2. Üç ayrı sulama koşulunda azotun ayrı otu verimine etkisi.

Üzerinde önemle durulması gereken bir nokta şudur. Şayet toprakta yeteri miktarda besin maddeleri yoksa fazla su verilmesinin verime önemli ölçüde etkisi olmayacaktır. Sınishi (Bielorai, H., 1973, s. 366) tarafından İsrail'de mısırla yapılmış bir araştırmanın sonuçları bu konuya daha iyi bir açıklık getirmektedir (Şekil 3)

Bu çalışmada toprağa değişik düzeylerde gübre verildiğinde sulama suyu belirli bir noktaya kadar verimi artırmakta fakat bu noktadan sonra sulamaya devam edilmesi verimi etkilememektedir. Topraktaki besin maddesi yeterli bir düzeyde olduğunda verilen fazla su bu maddenin yararlılığını artırarak verimi yükseltmiştir. Bu nedenle toprakta bitkiler tarafından kullanılacak azot miktarı artırılmadıkça topraktaki su tansiyonunu düşük düzeyde tutarak bitki su tüketimini artırmanın yararı yoktur.

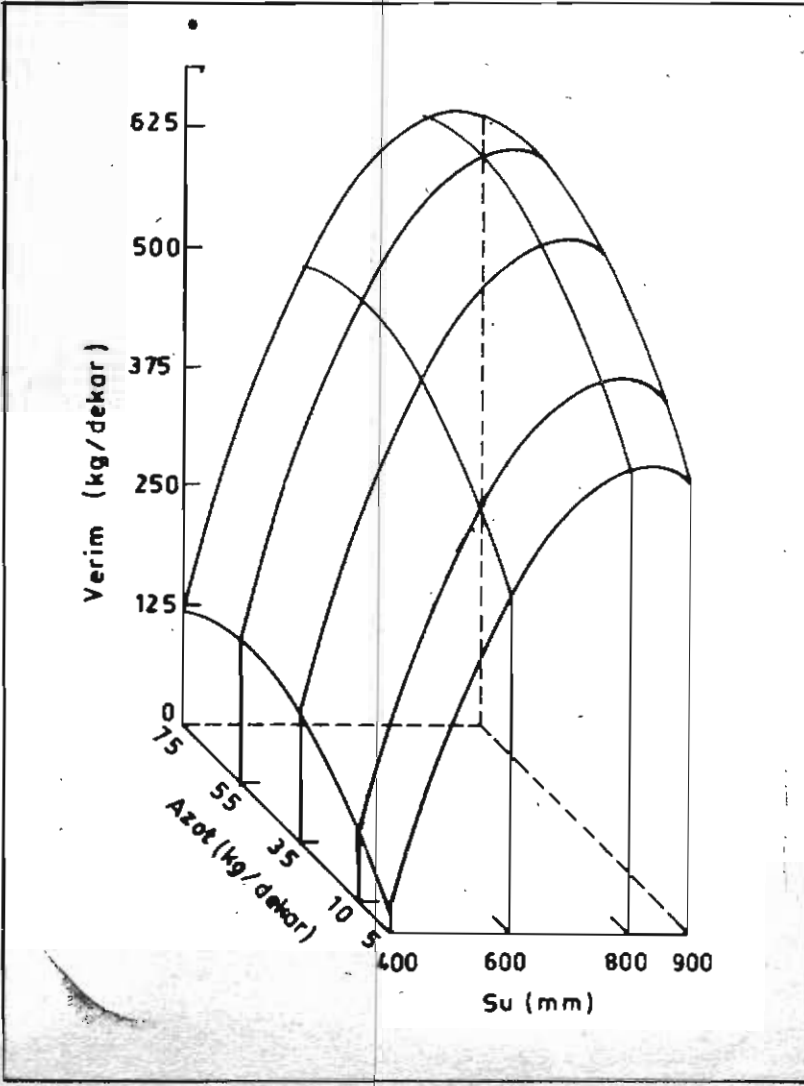


Şekil 3. Değişik düzeylerde verilen sulama suyu ve azotun mısır verimi üzerine etkisi.

Son yıllarda A.B.D.'lerinde azot ile sulama suyunun verim üzerine etkisini incelemek için birçok eyalette geniş kapsamlı bir araştırma programı yürütülmüştür. Bu araştırmalar sonucu mısır, buğday, şekerpancarı ve pamuk için sulu tarımda kullanılmak üzere üretim fonksiyonları belirlenmiştir.

Bu araştırmalardan buğday ve pamuk ile ilgili olanını inceleyelim (Şekil 4 ve 5). Buğday ile ilgili rakamlar (Hexem, R. W. ve Heady, E. D., 1978, s. 108). A.B.D. Arizona eyaletinde 1971-1972 yılında yapılan denemelerden, pamuk ile ilgili rakamlar (Hexem, R. W. ve Heady, E. D., 1978, s. 126) ise Kaliforniya eyaletinde 1969 yılında yapılan denemeden alınmıştır. Bu grafiklerde üretim yüzeyi azot ve sulama suyunun bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Yatay eksenlerde sulama ve azot miktarları, dikey eksenlerde verim gösterilmiştir.

Bu grafikleri incelediğimizde şunları görmekteyiz. Su miktarını sabit tutarak, gübre miktarını artırıp verimi belli bir noktaya kadar artırmak veya verilen gübre miktarını sabit tutarak, verilen su miktarını artırıp verimi artırmak olanağı vardır. Yani aynı verim değişik su-azot kombinasyonlarıyla sağlanabilir. Çiftçi yönünden



Şekil 4. Buğdayın su ve azota göre üretim fonksiyonu.

amaç en yüksek verim değil, en yüksek kârı sağlayacak verim düzeyini sağlamaktır. Bu durum göz önünde bulundurularak su ve gübrenin maliyeti dikkate alınıp çiftçiye hangi düzeyde su ve gübre kullanırsa gelirini en yüksek düzeye çıkaracağı söylenebileceği gibi bir sulama projesinin kapasitesinin ekonomik olarak hangi düzeyde tutulması gerektiği de önceden belirlenebilir.

Yukarıda birkaç örneğini verdiğimiz çalışmalar bize şunu göstermektedir. İyi bir gübreleme programı ile desteklenmeyen bir sulama kendisinden beklenen yararı

sağlayamayacaktır. O halde bir sulama projesinden beklenen yararın sağlanması, o yörenin koşullarına ve bitkinin türüne bağlı olarak saptanacak gübre-su kombinasyonunun iyi bir şekilde seçilmesine bağlıdır.

## V. Gübreleme İle Su Tüketimi Arasındaki İlişkiler

Gübreleme verimi ve özellikle vejetatif büyümeyi artırdığına göre bu artan verime paralel olarak su tüketimi artmakta mıdır? Eğer su tüketiminde büyük artışlar meydana geliyorsa, sulama için önceki duruma göre yaratılması gereken ek kapasite için yapılacak sabit ve değişken masrafları elde edilen verim artışı karşılanılabilecek midir? Bu soruları yanıtlamak amacıyla gübrelemenin su tüketimini ne oranda etkilediğini belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu etkinin derecesini belirlemede önceleri transpirasyon oranı (buna transpirasyon katsayısı da denilmektedir) bir ölçüt olarak kullanılmakta idi, bu terim şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$\text{Transpirasyon oranı} = \frac{\text{ET}}{\text{Kuru ağırlık}}$$

Burada ET kg olarak birim alandan meydana gelen evapotranspirasyonu kuru ağırlık ise birim alandan alınan ürünün kuru ağırlığını ifade etmektedir.

Bu terimin değişik koşullarda yapılan çalışmalar arasında bir karşılaştırma yapma da yetersiz olduğu görülmüştür. Çünkü bitkinin tükettiği su miktarı bitkinin büyüklüğünden çok klimatolojik koşullara bağlıdır. Bu nedenle farklı yörelerde yapılan çalışmalarda aynı bitki için farklı transpirasyon oranları elde edilmiştir. Bu durum gözönünde bulundurularak son yıllarda yukardaki terimin tersi olan bitki su kullanım randımanı terimi kullanılmaya başlanmıştır. Bu terim şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$\text{Su kullanma randımanı} = \frac{\text{Kuru ağırlık}}{\text{ET}}$$

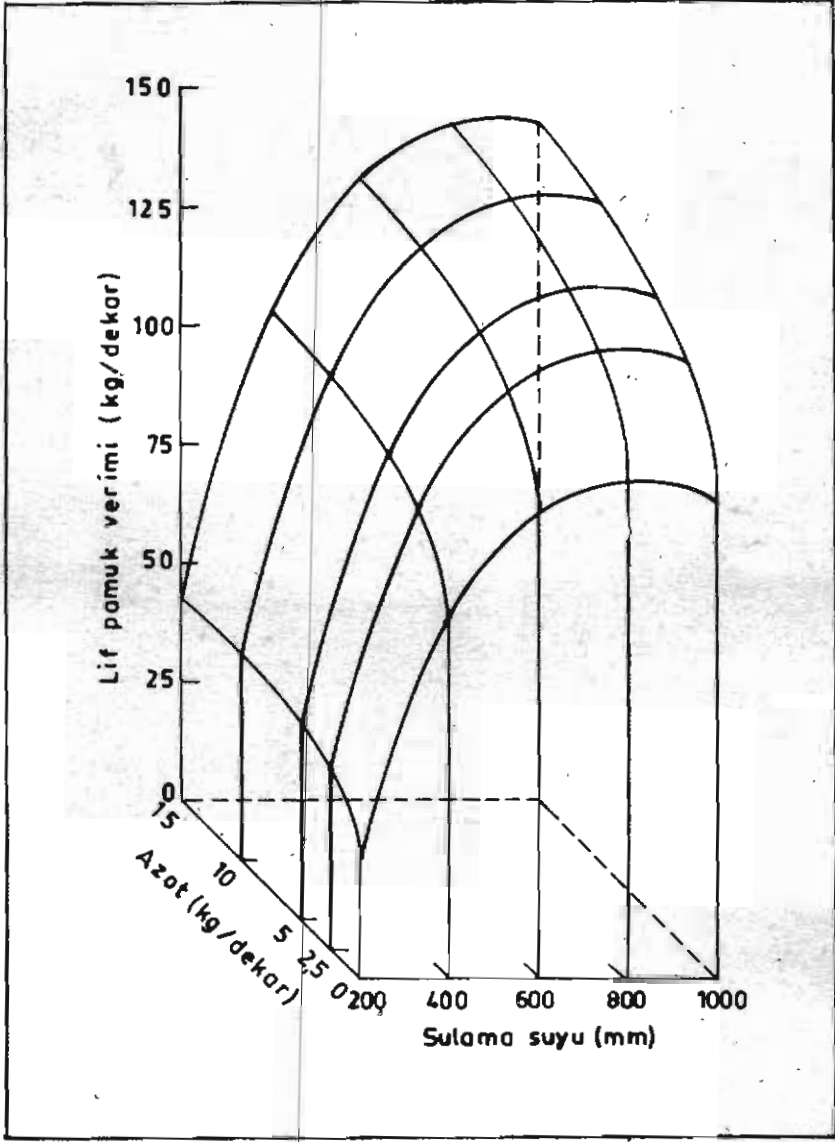
Buradaki ifadeler transpirasyon oranında belirtilenin aynısıdır.

Bitki su kullanım randımanı, tüketilen her bir birim su için elde edilen ürün miktarını göstermektedir. Böylece gübrelemenin verim üzerine etkisi daha iyi bir şekilde gözlenebilmektedir.

Evapotranspirasyon, her hangi bir zaman aralığında toprak yüzeyini gölgeleyebilen ve yeterli su sağlayabilen bütün bitkiler için aynıdır. Çünkü evapotranspirasyonu etkileyen en önemli etmen vejetatif büyümeden çok evapotranspirasyon için kullanılabilir enerji miktarıdır. Bu enerji miktarı ise o bölgenin iklimsel koşullarının bir sonucudur. Zaten bitki su tüketimini saptamada kullanılan Blaney-Cridde, Lowry-Johnson, Jensen -Haise gibi deneysel eşitliklerde de iklim-

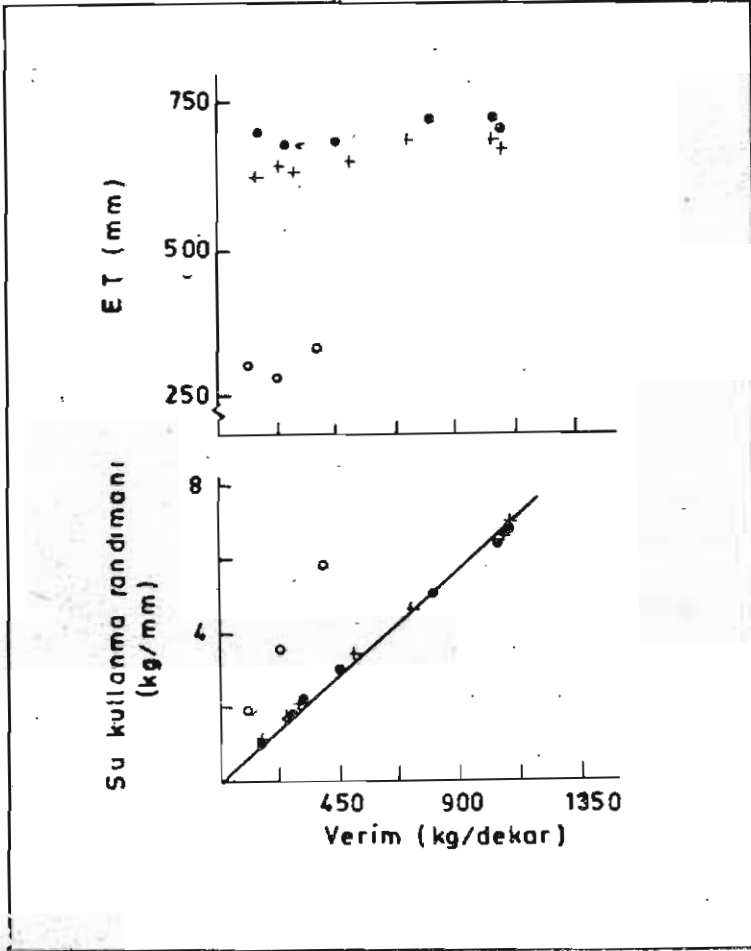
sel etmenler daha büyük etkinliğe sahiptir. Kısaca ifade etmek gerekirse ET büyük oranda iklimsel koşullara çok az olarakta bitkinin türüne ve büyüklüğüne bağlıdır.

Bu konuyla ilgili olarak A.B.D. Kuzey Dakota eyaletinde 1961 yılında Brom otu ile yapılmış bir araştırmanın (Viets, F.G., 1962, s. 241) sonuçlarını gözden geçirelim (Şekil 6).



Şekil 5. Pamuğun üretim fonksiyonu.

Bu denemede iki düzeyde sulama yapılmıştır. Birinci sulama durumunda 120 cm derinlikte faydalı suyun % 40'ı tüketildiğinde sulama yapılmış, ikinci durumda ise faydalı suyun % 70'i tüketildiğinde sulama yapılmıştır. Bu deneme iki yıl sürdürülmüş ve parsellere bir dekarı 0, 5, 10, 20 ve 25 kg azot düşecek oranda gübre verilmiştir.



Şekil 6. Gübrelemenin brom otunun su tüketimine etkisi.

Birinci grafikten görüldüğü gibi verilen gübre sonucu oluşan verim artışı sulanan parsellerde evapotranspirasyonu önemli ölçüde etkilememiştir ve hemen hemen evapotranspirasyon aynı düzeyde kalmıştır. Sulanmayan parsellerde ise evapotranspirasyon düzeyi oldukça düşük kalmıştır. Bunun topraktaki nemin azalması sonucu artan nem tansiyonunun evapotranspirasyonu etkilemesinden ileri geldiği söylenebilir.

İkinci grafikte dikkati çeken özellik sulanan parsellerde su kullanma randımanının verimle birlikte doğrusal olarak arttığı fakat bu artışın susuz parselde daha büyük oranda olduğudur. Genellikle kuru tarımda su kullanma randımanı daha yüksektir.

Bu konuyla ilgili olarak İsrail'de 1968 yılında yapılmış olan bir araştırmanın sonuçları konuya daha bir açıklık getirmektedir (Çizelge 1). Sulu buğdaya 9 ayrı karışımda gübre verilmiş ve bu karışımların verimi ve su kullanma randımanı üzerine etkileri incelenmiştir. Bütün parsellere aynı miktar su verilmesine karşın verim, kullanılan gübre miktarının belli bir düzeye kadar artırılması ile çok büyük oranda artmıştır. Fakat belli bir düzeyden sonra kullanılan azot miktarının iki katına çıkarılması verimi daha artırmadığı gibi düşürmüştür de. Gübre kullanımı ile birlikte su kullanma randımanı da artmıştır.

Bazı bitkilerle yapılan saksı deneylerinde ve çöl çevresindeki parsellerde yapılan tarla denemelerinde gübrelemenin çok büyük oranda olmasa da evapotranspirasyonu artırdığı görülmüştür. Fakat bu artışın adveksiyon nedeniyle ortaya çıktığı saptanmıştır. çöl çevresindeki parsellere doğru çölden gelen sıcak hava akımları evapotranspirasyon için kullanılacak enerji miktarını artırdığından bunun sonucu olarak evapotranspirasyon da artmıştır. Aynı durum saksı deneyleri içinde geçerlidir.

Gübrelemenin diğer önemli bir etkisi yetiştirilen ürünün kalitesini etkilemesidir. Özellikle hayvan yemi olarak kullanılacak olan ürünlerdeki azot oranı yeterli azotlu gübre kullanılmadığında düşer.

## **VI. Gübrelerin Verilme Yöntemleri ve Gübrelerin Verilmesinde Dikkat Edilecek Özellikler.**

Tarımsal üretimin amacıyla kullanılan bitkilerin kök sistemleri birbirinden farklıdır. Fakat bu farklılığa karşın bu bitkilerin uygun koşullar altında bitki besin maddelerini toprağın yüzeyine yakın tabakasından aldığı da genellikle kabul edilen bir husustur. Gübre uygulamasında bu özellikler dikkate alınarak aşağıdaki ilkelere uyulmalıdır:

a) Gübreler, bitki köklerinin erişebileceği ve toprak neminin yeterli olduğu bir derinliğe,

b) Gübreler, filiz ve köklerin gelişmesini önlemeyecek şekilde olanaklar elverdiği ölçüde köklere yakın bir uzaklığa konulmalıdır.

Bu ilkelerin ışığı altında gübreler toprağa şu yöntemlerle verilir.

### **1. Serpme Yöntemi**

Bu yöntemde gübre, toprağın yüzeyinde üniform bir şekilde dağılacak şekilde verilir ve aşağıdaki koşullarda uygulanır:

Çizelge 1. Gübre karışımlarının buğdayın verimi ve su kullanma randımanı üzerine etkisi

	Gübre Karışımları (kg/ha)								
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>48</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>96</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>48</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>96</sub>	N <sub>240</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>240</sub> P <sub>48</sub>	N <sub>240</sub> P <sub>96</sub>
Tane verimi (kg/ha)	850	740	770	1490	1870	1930	1570	1700	1890
Sap verimi (kg/ha)	880	740	800	2470	3040	3450	2760	3630	4130
Toplam verim (kg/ha)	1730	1480	1570	3960	4860	5380	4430	5330	6020
Su kullanma randımanı									
Tane verimine göre									
(kg/mm/ha)	2,60	2,26	2,35	4,56	5,72	5,90	4,50	5,20	5,78
Toplam verime göre									
(kg/mm/ha)	5,29	4,53	4,89	12,11	14,86	1,645	13,55	15,30	18,41



- a) Sık ve kökleri yüzeye yakın olan bitkilere,
- b) Sık durumda olan fakat ekimi yapılmayan bütün bitkilere,
- c) Kökleri toprağın her yönünü saran bitkilere,
- d) Geniş ölçüde gübre kullanıldığı zaman,
- e) Tamamiyle eriyebilen azotlu gübreler ve suda erimeyen fosforlu gübreler kullanıldığında, gübreler bu yöntemle toprağa verilir.

## 2. Sıraya verme yöntemi

Bu yöntemde gübre karık veya çizi içerisine veya toprak içerisine kümeler şeklinde köklerden uygun bir uzaklığa yerleştirilir. Bu yöntem

- a) Az miktarda gübre verildiğinde,
- b) Bağlanma tehlikesi bulunduğu zaman fosforlu ve potasyumlu gübreler verildiğinde,
- c) Bitkiler veya bitki sıraları arasındaki uzaklık büyük olduğunda,
- d) Kök sistemi zayıf gelişen bitkiler ekildiğinde uygulanır.

## 3. Bant Yöntemi

Bu yöntemde gübre tohumla yanyana veya tohumun altına gelecek şekilde verilir. Bu yöntem sıraya ekilen yumrulu bitkilerin ve ağaçların gübrenmesinde en uygun yöntemdir.

## 4. Dairesel Gübreleme yöntemi

Bu yöntemde gübre ağaç tacının çevresi atına gelecek şekilde toprak yüzeyine veya biraz derine verilir. Özellikle ağaçların gübrenmesinde oldukça uygun bir yöntemdir.

## 5. Yaprak gübreleme yöntemi

Bu yöntemde gübre püskürtmeyle bitkinin yapraklarına verilir. Bu yöntem genellikle şu durumlarda uygulanır.

- a) Herhangi bir besin maddesinin aşırı yoksunluğunun verimde önemli ölçüde düşüğe neden olacağı tehlikesi ortaya çıktığında.
- b) Topraktan bitki tarafından alınmasında güçlük çekilen besin maddelerinin eksikliğini ortadan kaldırmak amacıyla,
- c) Tarımsal mücadele ilaçlarının belli aralıklarla verilmesi zorunlu olan bitki türlerine gübre verildiğinde (örneğin muza)

Yukardaki yöntemlerden herhangi birine göre gübre verildiğinde aşağıdaki yollardan uygun olan birisi kullanılır.

1. El ile
2. Gübre dağıtıcısı ile
3. Uçakla
4. Sulama suyuna gübreyi katarak
5. Mibzerle ekim yapılırken
6. Sıvı gübre dağıtıcısı ile
7. Mahmuzla

Gübreleme yöntemleri ve verilme şekillerine kısaca değindik. şimdi sulama yöntemi, gübreleme ve verim arasındaki ilişkilerle sulama suyuyla gübre verilmesinde dikkat edilecek hususlar ve sorunlar üzerinde duralım.

Toprakta bazı iyonların hareketli oldukları ve suyun hareketi ile birlikte hareket ettiklerini gördük. Özellikle nitrat iyonu sulama suyunun verilmesi ile birlikte hareket eder. Kullanılan sulama yöntemine göre suyun toprak içerisinde dağılımı farklı olacağından özellikle nitratın toprak içinde dağılımı da etkilenecektir. Kullanılan sulama yönteminin gübre gereksinmesini etkilemesi suyun farklı dağılımından ortaya çıkmaktadır. Örneğin şeker pancarı verimine sulama yöntemi ve gübrelemenin etkisi ile ilgili bir çalışma oldukça ilgi çekicidir (Viets, F.G. ve arkadaşları, 1967, s. 104). A.B.D. Utah eyaletinde yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu çalışmada N ve P etkisi incelenmiştir.

Çizelge II. Sulama yönteminin ve gübrelemenin şeker pancarı verimine etkisi.

Gübre (kg/dekar)		Şeker Pancarı Verimi (kg/dekar)	
N	P	Karık	Yağmurlama
0	0	3440	3980
0	44	3555	4027
80	0	4140	4005
80	44	4297	4117

Bu çizelgede görülen verimle ilgili değerler sulama yönteminin gübrelerin yararlılığını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Eski devirlerde şehirleşmeyle birlikte bu şehirlerin kanalizasyon sistemleri inşa edilmeye başlanınca bu şehirler çevresinde yaşayan çiftçiler kanalizasyon sularını sulamada kullanmaya da başlamışlardır. Böylece gübrelerin sulama suyu ile birlikte verilme uygulaması haşlanmış olmaktadır. Bilindiği gibi sulama suları birçok mineral maddeyi de içerirler, bu nedenle sulama suyu tuzluluk yönünden analiz edilirken bu suların içerdikleri K, SO<sub>4</sub>, B, Cl, Ca ve Mg miktarları da analiz edilerek bu maddeler yönünden bitki gereksinmesini karşılayıp karşılamayacakları belirlenmelidir.

Bugün birçok ülkede özellikle azotlu gübreler sulama suyuyla birlikte verilmektedir. Sulama suyuna katılan azotlu gübreler içerisinde en çok sıvı amonyak kullanılmaktadır. Sıvı amonyaktan başka,  $\text{HH}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , üre,  $\text{NaNO}_3$  ve  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  çözeltileri de sulama suyuna katılmaktadır. Sıvı  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ve potasyum çözeltileri de suyla verilebilmektedir. Bu şekilde gübre verilmesinde dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

1. Su dağılım randımanı yüksek olmalı,
2. Sulama sisteminde kullanılan malzeme kimyasal korozyona karşı dayanıklı olmalı,
3. Hareketsiz iyonlar sulamanın başlangıcında hareketli iyonlar ise sulamanın sonuna doğru suya katılmalı,
4. Sulama suyuna katılan amonyumlu gübrelerde meydana gelecek olan kayıplar dikkate alınmalı, pH'sı 7,5'un üzerinde olan sularda ve topraklarda amonyumlu gübrelerde % 20'ye varan kayıpların meydana geleceği unutulmamalıdır.

Sulama suyuyla gübre verilmesinin diğer yöntemlere göre iyi bir gübre dağılım randımanı sağlamada ortaya çıkaracağı zorlukların daha fazla olduğu gözönünde bulundurulmalıdır. Eğer sulama suyuyla gübre kayıpları önlenmek isteniyorsa yüzey sulama sistemlerinde tarla alt ucundan akan su kaybı önlenmeli ve yağmurlama yöntemiyle yapılan sulamada yağmurlama hızı infiltrasyon hızından daha düşük miktarda olmalıdır. Unutulmamalıdır ki gübre sulama suyu ile verildiğinde gübre dağılım randımanı su dağılım randımanına bağlıdır, bu nedenle sulama yapan kişinin teknik bilgi düzeyinin yüksek olması gerekir.

Sonuç olarak şunları söyleyebiliriz. Artan nüfusun su/yiyecek ve giyecek gereksinmesinin artması ve ayrıca gelişen endüstrinin daha büyük miktarlarda su tüketmesi tarımda su kullanma randımanının artırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde birim suya karşılık elde edilecek ürün miktarı yükseltilmelidir.

Yapılan birçok tarla denemesi gübre kullanımı sonucu artan verimin bitki su tüketimini önemli oranda etkilemediğini göstermiştir. Rahatlıkla söylenebilir ki verimi iki katına çıkarmak su gereksinmesini iki katına çıkarmayacaktır. Su gereksinmesi ya aynı düzeyde kalacak veya çok az oranda artacaktır. Gübrelemeyle bitkilerin besin maddesi gereksinmesinin yeterli düzeyde karşılanması, su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması ve korunmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Gübreler toprakta kök gelişmesini de etkilemektedir, böylece bitki daha yüksek su tansiyonlarında ve daha derinlerden su alabilmektedir. Bu durum kuru tarım ve sulanan alanlarla, humid bölgelerde görülebilecek kurak yıllarda büyük önem taşımaktadır.

Özellikle ülkemizde çiftçilerin aşırı sulama suyu verme alışkanlıklarının su ve toprak kaynaklarımızın kötü bir şekilde kullanılmasına yol açtığı bilinmektedir. Eğer çiftçilerimize dengeli bir sulama, gübreleme programlamasının gelirlerini en yüksek düzeye çıkartacağı iyi anlatılabilir ve benimsetilirse hem ülkemizdeki tarımsal üretimi artırmamız hem de toprak-su kaynaklarımızı daha iyi koruyabilmemiz olanak içine girer.

### KAYNAKLAR

- Bielorai, H., 1973. Prediction of Irrigation Needs, Arid Zone, Irrigation, pp. 359-368. Springer-Verlag, Berlin.
- Hexem, R. W. and E. O. Heady, 1978. Water Production Functions for Irrigated Agriculture, The Iowa State Univ. Press. Ames. Iowa.
- Kafkafi, U., 1973. Nutrient Supply to Irrigated Crops. Arid Zone Irrigation pp. 177-188. Springer-Verlag, Berlin.
- Tarım Bakanlığı Eskişehir Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 1966. Azot ve Suyun Şeker Pancarı Verimine Tesiri Denemesi Sonuç Raporu.
- Taylor, S. A. and G. L. Ashcroft, 1972. Physical Edaphology, The Physics of Irrigated and Nonirrigated Soils. W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Türkiye Ziraî Donatım Kurumu, 1969. Önemli Bitkiler ve Gübrenmeleri.
- Türkiye Ziraî Donatım Kurumu, Tarihsiz, Gübreleme Tekniği.
- Viets, F. G., 1962. Fertilizers and The Efficient Use of Water. Advances in Agronomy, Volume 14, pp. 223-261. Academic Press. New York.
- Viets, F. G. 1967. Nutrient Availability in Relation to Soil Water. Irrigation of Agricultural Lands. ASA Monograph No. 11, pp. 458-471. Madison, Wisconsin.
- Viets, F.G. R.P. Humbert and C.E. Nelson, 1967. Fertilizers in Relation to Irrigation Practice. Irrigation of Agricultural Lands. pp. 009-1023. ASA Monograph 11, Madison, Wisconsin.