

Farklı Yıkama Oranlarında Sulama Uygulamalarının Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris*) Gelişimine ve Besin Maddesi İçeriğine Etkisi

Ali Ünlükara¹ Yakup Çıkkılı² Ahmet Öztürk³

1- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 60240 Tokat

2- Ostim mah. Muradım 92 Sitesi 17. cad. 40-C/9 06370 Yenimahalle, Ankara

3- Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 06110 Ankara

Özet: Bu çalışmada her sulamayla birlikte ve farklı oranlarda yıkama yapılması durumunda toprak tuzluluğunda ve mineral madde içeriğinde oluşacak değişimler incelenmiş ve farklı yıkama oranlarının fasulye verimine ve çeşitli organlarındaki mineral madde birikimine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülen denemede, saksılarda yetiştirilen fasulyeler 4 farklı yıkama oranı (LF₁= 0, LF₂= 0.15, LF₃= 0.30 ve LF₄= 0.50) dikkate alınarak sulanmıştır. Sulamalar, 2.5 dS m⁻¹ düzeyinde CaCl₂ ve NaCl tuzlarıyla hazırlanmış olan tuzlu suyla gerçekleştirilmiştir. Toprak tuzluluğu artan yıkama oranıyla birlikte azalma gösterirken, verim de artan yıkamayla birlikte artmış ve LF= 0.30'un üzerindeki yıkamalar için azalma eğilimi göstermiştir. LF₁, LF₂, LF₃ ve LF₄ uygulamaları sonucu sırasıyla 78.0, 114.9, 141.6 ve 127.0 g saksı⁻¹ kadar verim alınmıştır. Toprak tuzluluğu sulama suyu tuzluluğuna göre LF₁, LF₂, LF₃ ve LF₄ için sırayla 3.4, 2.0, 1.7 ve 1.2 kat artış göstermiştir. Toprak saturasyon çözeltisinde Mg/Ca oranı artan yıkamayla birlikte azalmıştır. Artan yıkama oranı sürgün ve meyvede P içeriğinin artmasına, sürgünlerde Ca ve Mg içeriğinin, sürgün ve meyvede N içeriğinin düşmesine neden olmuştur.

Anahtar kelimeler: Yıkama oranı, tuzluluk, taze fasulye, bitki besleme

Effects of Different Leaching Fractions on Growth of Bean (*Phaseolus vulgaris*) and Its Mineral Composition

Abstract: In this study, effects of different leaching fractions on soil salinity and its mineral composition were investigated. Additionally, fresh bean yield and mineral matter accumulation in its leaf shoot and fruit were determined. The experiment conducted in randomized plot design with 4 leaching treatments (LF₁= 0.00, LF₂= 0.15, LF₃= 0.30 and LF₄= 0.50) and leaching exhibited with each irrigation throughout the experiment. Saline irrigation water at 2.5 dS m⁻¹ level prepared with CaCl₂ and NaCl salts were used to irrigate bean plants. Fresh bean yield increased as leaching fraction increased to 0.30 leaching ratio while soil salinity decreased with increasing leaching fraction. Fresh bean yields for LF₁, LF₂, LF₃ and LF₄ were 78.0, 114.9, 141.6 and 127.0 g pot⁻¹, respectively. Soil salinity increased 3.4, 2.0, 1.7 and 1.2 times with respect to irrigation water salinity level for LF₁, LF₂, LF₃ and LF₄, respectively. Mg/Ca ratio in saturation paste extract decreased with increasing leaching ratios. Increased leaching ratios caused increases in P content of shoot and fruit and decreases in Ca and Mg content of shoot and decreases in both shoot and fruit of N content.

Key words: Leaching fraction, salinity, fresh bean, plant nutrition

1. Giriş

Toprak tuzluluk ve sodiklik sorunları dünyadaki tüm sulanan ve sulanmayan alanlar ile doğal yaşam alanlarında da görülebildiği için yeryüzünde hiçbir alanının tuzluluktan etkilenmeyeceği söylenemez. Yeryüzünde yaşamın sürdürülebilmesi amacıyla bu sorunların kontrol edilmesi yanında aşırı tuzlu toprakların, sodik toprakların ve su kaynaklarının tarımsal amaçlı kullanımları için yeni yolların bulunması hayati ve acil bir durum göstermektedir (Pessarakli and Szabolcs, 1999).

Tuzlu toprakların mevcut verimlerinin korunması ve artırılması için yönetim ve ıslah çalışmalarının yapılması gereklidir. Kök bölgesinde çözünebilir tuz konsantrasyonunu azaltmak için kanıtlanmış olan tek yöntem

yıkamadır (Evangelou and McDonald, 1999). Tuzlu toprakların ıslahı için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Tuzlu topraklar genellikle sulama ve drenaj sistemleri vasıtasıyla tuzların yıkanarak uzaklaştırılmasıyla ıslah edilmektedir. Buna karşılık sodyumlu toprakların ıslahı için kimyasal ıslah maddeleri uygulandıktan sonra, yıkama işlemine gereksinim duyulmaktadır (Pessarakli and Szabolcs, 1999). Sürdürülebilir sulu tarımı koruyabilmek için gereksinim duyulan yıkama miktarı; sulama suyu, yeraltı suyu ve toprak tuzluluğuna, bitkilerin tuza dayanımına, iklim, toprak ve su yönetimine bağlı olarak değişim göstermektedir. Tuzluluğun kontrol edilmek istendiği düzeye bağlı olarak yıkama uygulamaları, her sulamayla birlikte sürekli

şekilde, bir kaç haftada bir veya bir kaç yılda bir olacak şekilde yapılabilmektedir (Hoffman, 1990).

Herhangi bir koşulda kök bölgesinden tuzların yıkanmasını sağlayacak sızan su hacminin, uygulanan sulama suyu miktarına oranı, yıkama oranı olarak tanımlanmaktadır. Yıkama gereksinimi ise, toprak kök bölgesi içerisinde bitki gelişmesi için gereksinilen minimum tuzluluk koşullarının sağlanması amacıyla toprağa uygulanarak kök bölgesi altına sızması gereken su hacminin, sulama suyu hacmine oranıdır. Bu değer bitki cinsi ile doğrudan ilişkisinin olması nedeniyle, tuza duyarlı ya da dayanıklı olan bitki cinslerine göre yıkama gereksinimi değerleri de farklılık gösterecektir (Yurtseven, 2000).

Fasulye tuzluluğa karşı duyarlı bir bitkidir. Fasulyede verim kaybı 1 dS m⁻¹ eşik tuzluluk değerinden sonra meydana gelmekte ve verim, birim tuzluluk artışı için %19 oranında azalmaktadır (Hoffman et al., 1992). Bu durumda 4 dS m⁻¹ toprak tuzluluk düzeyinde fasulyede %50 verim kaybı oluşmaktadır. Erözel (1993) sulama suyu kalitesinin kuru fasulye verimine etkisi üzerine iki yıl süreyle yürüttüğü tarla denemesinde T₁= 0.51, T₂= 1.5 ve T₃= 2.5 dS m⁻¹ düzeyinde tuzlu sular uygulamış ve bu konular için dekar başına sırasıyla 139 kg, 129 kg ve 118 kg tane verimi almıştır. T₁ konusuna göre T₂ ve T₃ konuları için alınan oransal verim %93 ve %84.9 olmuştur. Pessaraki (1999), tuz stresinin kuru fasulyenin gelişimi üzerine, besleme ve beslenmesine etkileri hakkında oldukça çok eser bulunduğunu fakat yeşil fasulye için bu konulara ilişkin literatür eksikliği olduğunu belirtmiştir. Yurtseven ve ark. (2002) tuzlu şartlarda farklı azot uygulamalarının fasulye üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, artan tuzlulukla birlikte verimin önemli oranda azaldığını belirlemişlerdir. Sulamalarda 0.25, 1.5 ve 3.0 dS m⁻¹ düzeylerinde tuzlu sular uygulanmış ve sırasıyla 192.9, 162.5 ve 101.5 g saksı⁻¹ verim almışlardır. Söz konusu çalışmada kontrol konusuna göre 1.5 ve 3.0 dS m⁻¹ tuzlu sulama suları için verim sırasıyla %15.6 ve %47.3 oranında azalma göstermiştir. Bu çalışmada meyvelerde P ve Na birikiminin tuzluluktan etkilenmediği, N ve K birikiminin artan tuzlulukla azalma gösterdiği, buna karşın Ca birikiminin arttığı bildirilmiştir. Aynı

denemeden alınan yaprak örneklerinde Kesmez ve ark. (2007) tarafından yapılan analizler sonucunda ise yaprak K, Mg, Na, P ve Ca birikiminin tuzluluktan etkilenmediği, N alımının artan tuzlulukla azaldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmayla farklı oranlarda ve her sulamayla birlikte yıkama yapılması durumunda, yıkamanın toprak tuzluluğuna ve topraktaki mineral madde oranlarına olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç yanında farklı yıkama oranları altında tuzluluğa duyarlı bir bitki olan fasulyenin verim değişimleri ve çeşitli organlarındaki mineral madde içeriğinde oluşan değişimler de incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Tesadüf parselleri deneme deseninde fasulyenin farklı yıkama şartları altında gelişimini ve bitki su tüketimini belirlemek amacıyla kurulan sera denemesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü ait cam serada 20 Temmuz- 24 Eylül 2002 tarihleri arasında yürütülmüştür. Denemede, LF₀= 0, LF₁= 0.15, LF₂= 0.30 ve LF₃= 0.50 olmak üzere 4 farklı yıkama konusu seçilmiştir. Tüm konular elektriksel iletkenliği (EC_i) 2.5 dS m⁻¹ olan tuzlu sulama suyu ile sulanmış ve her bir konu 3 kez tekrarlanmıştır. Deneme 12 kg toprak alan saksılarda yürütülmüş ve her saksıda bir bitki yetiştirilmiştir. Denemede tuzlu suları hazırlamak için CaCl₂ ve NaCl tuzları kullanılmıştır. Sodyum Adsorpsiyon Oranı SAR< 1 olacak şekilde dikkate alınmıştır. Hazırlanan tuzlu su ağzı kapatılabilen plastik kap içerisinde muhafaza edilmiştir.

Islak filtre kağıdı içerisinde birkaç gün bekletilerek burunlandırılan fasulye tohumları serada deneme saksılarına ekilmiş ve bitkiler 3-4 yapraklı oluncaya kadar çeşme suyu (EC_i= 0.26 dS m⁻¹) ile sulanmıştır. Temel gübreleme amacıyla deneme başlangıcında CaCl₂, MgSO₄.7H₂O, üre (NH₂CONH₂), KCl ve H₃PO₄ kullanılarak bütün saksılara sırasıyla 140 mg kg⁻¹ kalsiyum, 23.3 mg kg⁻¹ magnezyum, 90 mg kg⁻¹ azot, 230 mg kg⁻¹ potasyum ve 46,7 mg kg⁻¹ fosfor gelecek şekilde gübreleme yapılmıştır.

Kök bölgesi altına sızan su hacminin uygulanan toplam sulama suyu hacmine oranına yıkama oranı (LF) denilmektedir. Bu durumda saksılarda yıkama oranı, saksı altına sızan suyun (V_{sız}) saksıya uygulanan toplam suya

(V_{uyg}) oranlanmasıyla Eşitlik (1) kullanılarak bulunabilir.

$$LF = \frac{V_{sı}}{V_{uyg}} \quad (1)$$

Saksı toprak nemi bitkiler tarafından terlemeyle ve toprak yüzeyinden buharlaşmayla tüketilmektedir ($V_{tü}$). Saksıya uygulanan su hacmi, tüketilen su ile yıkama için uygulanan suyun toplamından oluşmaktadır.

$$V_{uyg} = V_{tü} + V_{sız} \quad (2)$$

Deneme başlangıcında saksı toprak nemi tarla kapasitesi düzeyine getirilmiş ve yapılan her bir sulamadan önce saksılar tartılarak tarla kapasitesi düzeyine göre tükettikleri su miktarları belirlenmiştir. Bu durumda tüketilen su hacmi, saksıların tarla kapasitesi ağırlığı ile sulama öncesi ağırlığı farkının suyun birim ağırlığına bölünmesiyle ($V_{tü} = (W_{tk} - W_a)/\gamma$) hesaplanmıştır. Yıkama oranlarını dikkate alarak her sulamada uygulanması gerekli su hacmini belirleyebilmek için eşitlik (2)'de sızan su çekilerek eşitlik (1)'de yerine konmuş ve uygulanan su hacmi için yeniden düzenlenerek aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$V_{uyg} = \frac{(W_{tk} - W_a)/\gamma}{1 - LF} \quad (3)$$

Eşitlikte; V_{uyg} = uygulanan su miktarını (litre), W_{tk} = saksı tarla kapasitesi ağırlığını, W_a sulama öncesi saksı ağırlığını (kg), γ = suyun birim ağırlığını (1 kg/litre) ve LF = yıkama oranını simgelemektedir. Deneme başlangıcında saksılar suyla iyice doyurulmuş, buharlaşmayla su kaybını önlemek için saksı yüzeyleri örtülmüş ve serbest drenaja bırakılmıştır. Saksı altından su sızması durduktan sonra saksıların tarla kapasitesine ulaştıkları kabul edilerek ağırlıkları belirlenmiştir. Böylece eşitlik (3) yardımıyla deneme konuları için yıkama oranları dikkate alınarak uygulanacak su miktarı, sadece sulama öncesi saksı ağırlıklarının alınmasıyla hesaplanabilmektedir.

Deneme boyunca hasat edilen fasulyeler tartılarak yaş meyve verimi belirlenmiş ve bitki boyları ölçülmüştür. Hasadı takiben toprak derinliği boyunca saksılardan alınan toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve hazırlanan saturasyon

çamurlarından 1 gün sonra alınan çözeltilerde elektriksel iletkenlik (EC_e) değerleri ölçülmüş, saturasyon ekstraktında Ca, Na, K, Mg ve P miktarları Perkin Elmer Optima 2100 ICP-OES'te belirlenmiştir.

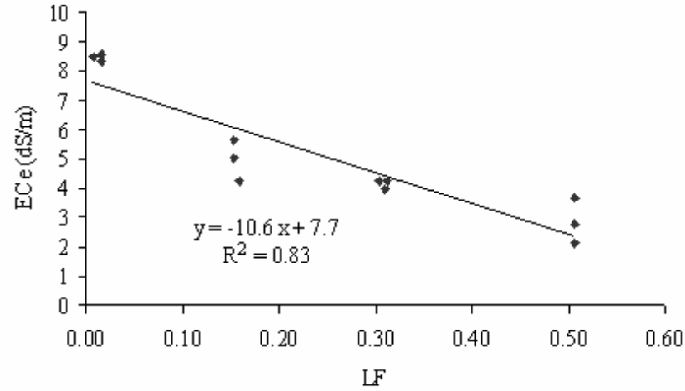
Yapraklarda biriken bitki besin maddesi miktarlarını belirlemek amacıyla hasatta zarar görmemiş yapraklardan örnekleme yapılmış ve sırasıyla çeşme suyu ile saf suda yıkandıktan sonra kurutulmuş ve öğütülmüştür. Yapraklarından ayıklanmış dallar (sürgün) ve hasat boyunca toplanan tüm meyveler fırında kurutulmuş ve öğütülerek bitki besin maddesi analizine hazır hale getirilmiştir. Bitki besin maddesi içeriğini belirlemek amacıyla yaprak, sürgün ve meyveler mikro dalga numune parçalama sisteminde yaş yakma yöntemiyle yakılarak analize hazır hale getirilmiştir. Elde edilen çözeltide Ca, Na, K, Mg ve P miktarları Perkin Elmer Optima 2100 ICP-OES'te belirlenmiştir. Yaprak, sürgün ve meyvedeki toplam N Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1965).

Deneme sonuçlarının istatistik analizleri SPSS programı yardımıyla Varyans Analizi yapılmış ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortalamalar ayrılmıştır. Regresyon Analizlerinin yapımında ise Microsoft Excel 2002 programı kullanılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Toprak Tuzluluğu

Yıkama oranlarının toprak tuzluluğu üzerine etkisi önemli ($p < 0.01$) bulunmuş (Çizelge 1) ve farklı yıkama oranları ve toprak tuzluluğu arasında doğrusal bir ilişki ($R = -0.91$) olduğu saptanmıştır (Şekil 1). Yıkama oranının artmasıyla toprak tuzluluğu azalmıştır. Yıkama oranı $LF_0 = 0.0$ için toprak tuzluluğu $EC_e = 8.47 \text{ dS m}^{-1}$, $LF_1 = 0.15$ için $EC_e = 4.98 \text{ dS m}^{-1}$, $LF_2 = 0.30$ için $EC_e = 4.15 \text{ dS m}^{-1}$ ve $LF_3 = 0.50$ için $EC_e = 2.85 \text{ dS m}^{-1}$ çıkmıştır (Şekil 1). Artan yıkama oranıyla birlikte toprağa daha fazla su uygulandığı için daha fazla miktarda da tuz topraktan yıkanarak uzaklaşmış ve toprak tuzluluğu düşmüştür.



Şekil 1. Toprak Tuzluluğunun Uygulanan Yıkama Oranına Göre Değişimi

Sulama suyu konsantrasyonuna (2.5 dS m^{-1}) göre 0, 0.15, 0.30 ve 0.50 yıkama oranları için toprak tuzluluğu sırasıyla 3.39, 1.99, 1.66 ve 1.14 kat artış göstermiştir. Toprakta yıkama yapılmaması sonucu meydana gelen artış dikkat çekicidir. Toprak tuzluluğu sulama suyu tuzluluğunun 3.4 katı kadar artmıştır. En fazla yıkama suyu uygulanan $LF_3 = 0.50$ konusunda ise toprak tuzluluğunun (2.85 dS m^{-1}) uygulanan sulama suyu tuzluluğuna (2.5 dS m^{-1}) oldukça yakın olduğu bulunmuştur.

Toprakların saturasyon çamuru süzüklerinde belirlenen Ca, K, Mg ve Na miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’de $K/\Sigma\text{K}$ katyon oranlarına bakıldığında, söz konusu oran ortalama 0.085 ile diğer katyon oranlarına göre en düşük düzeydedir. Grattan and Grieve (1999) potasyumun P gibi toprak çözeltisinde nispeten düşük konsantrasyonlarda

bulduğunu bildirmişlerdir. Toprak çözeltisinde en yüksek orana Ca sahiptir. Diğer katyonlara göre Ca oranı oldukça yüksek (0.67) bulunmuştur. En yüksek tuzluluğun belirlendiği LF_0 konusunda toprak çözeltisinde bulunan Ca’un toplam katyonlara oranının 0.69 olduğu saptanmıştır ki, bu oran diğer katyonlara göre çok yüksektir. Puntamkar et al. (1988) sodyumlu toprakların tersine tuzlu topraklarda, tuz konsantrasyonu arttıkça Ca konsantrasyonun artmakta olduğunu belirtmişlerdir. Tuzlu sulama suyunun hazırlanmasında CaCl_2 ile NaCl tuzları kullanılmış ve $\text{SAR} < 1$ olacak şekilde karışıma katılan tuz oranları ayarlanmıştır. Bu tuzlu suyun uygulanması sonucu deneme sonu toprak çözeltisi ortalama SAR değeri 0.39 dolaylarında ve Ca oranı da diğer katyonlara göre oldukça yüksek çıkmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Toprak Saturasyon Çözeltisinde Bulunan Bazı Katyonların Yıkama Oranlarına Göre Değişimi

	Ca, mg kg^{-1}	K, mg kg^{-1}	Mg, mg kg^{-1}	Na, mg kg^{-1}	ΣKt , mg kg^{-1}	Mg/Ca	Ca/ ΣKt	K/ ΣKt	Mg/ ΣKt	Na/ ΣKt	SAR
LF_0	97.2	10.2	14.7	17.9	140.0	0.151	0.69	0.073	0.105	0.128	0.45
LF_1	56.4	6.9	8.1	12.7	84.2	0.143	0.67	0.082	0.096	0.151	0.42
LF_2	44.9	5.7	5.9	10.6	67.1	0.132	0.67	0.085	0.089	0.157	0.39
LF_3	27.5	4.1	3.3	6.6	41.6	0.121	0.66	0.100	0.080	0.159	0.32
Ort.	56.5	6.7	8.0	12.0	83.2	0.137	0.67	0.085	0.092	0.149	0.39

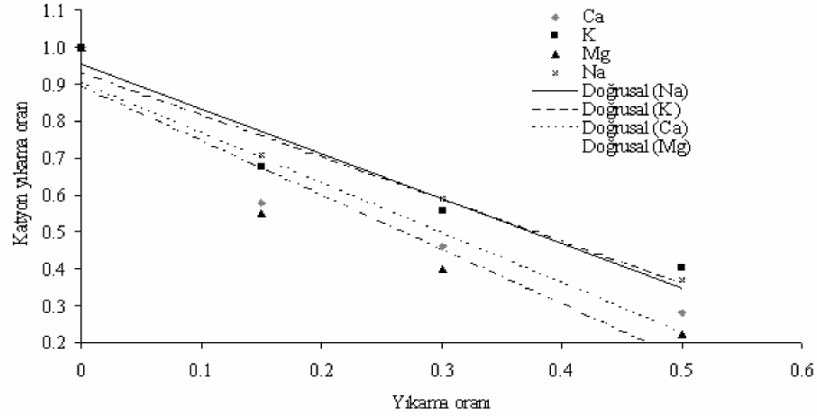
Yıkama, toprakta incelenen katyonlarda konulara göre farklı konsantrasyonlara neden olmuş ($p < 0.01$) ve artan yıkamayla birlikte bu katyonların uzaklaştığı belirlenmiştir. LF_0 konusu katyon konsantrasyonuna diğer yıkama konuları katyonları oranlanmış ve katyonların konulara göre azalma eğimleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Ca ve Mg için yıkama eğimlerinin biraz yüksek olmasıyla birlikte tüm

katyonlar için yıkama eğimlerinin hemen hemen bir birlerine paralel olduğu görülmektedir.

Ancak Şekil 2’den de görülebileceği gibi artan yıkamayla birlikte Mg biraz daha fazla oranda yıkanmıştır. Jurinak and Suarez (1990) yıkama oranı azalırken Mg/Ca oranının artacağını bildirmişlerdir. Bu çalışmada, 0.50, 0.30, 0.15, ve 0.00 yıkama oranları için saturasyon

çözeltisi Mg/Ca oranları sırasıyla 0.121, 0.132, 0.143 ve 0.151 olup yıkama oranının azalmasıyla artmıştır. Jurinak and Suarez (1990) rizosferde toprak çözeltisinin çoğu zaman dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] ve magneziyle

(MgCO_3) son derece doygun durumda bulunduğunu, çözelti konsantrasyonu arttıkça kalsitin (CaCO_3) kolay bir şekilde çökmesine karşın dolomitin çökmediğini bildirmişlerdir.



Şekil 2. Uygulanan Yıkama Karşısında Ca, K, Mg ve Na Katyonlarının Yıkama Eğimleri

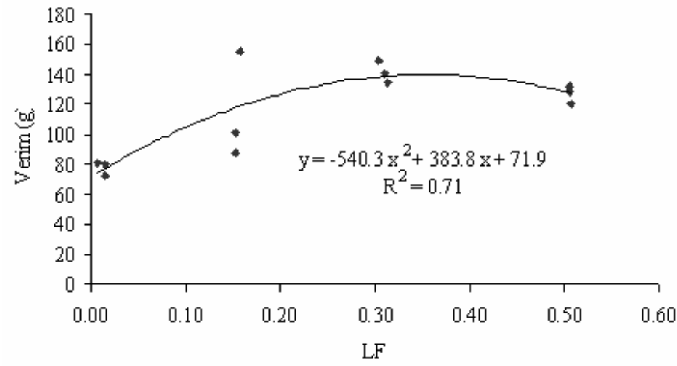
3.2. Meyve Verimi

Yıkama oranı fasulyede meyve verimini önemli düzeyde ($p < 0.05$) değiştirmiştir. Yıkama oranının artmasıyla birlikte meyve verimi artmış, ancak $\text{LF}_2 = 0.30$ yıkama düzeyinden sonra verimde azalma eğilimi olduğu görülmüştür (Şekil 2). LF_0 , LF_1 , LF_2 ve LF_3 yıkama düzeyleri için sırasıyla 78.0, 114.9, 141.6 ve 127.0 g saksı⁻¹ meyve verimi elde edilmiştir. Çizelge 2'den de görüleceği gibi, istatistiksel olarak aynı grupta yer alan LF_1 , LF_2 ve LF_3 yıkama konularında, hiç yıkama yapılmayan LF_0 (kontrol) konusuna göre önemli oranda daha yüksek meyve verimi elde edilmiştir. Yıkama yapılmayan konuda toprak tuzluluğu aşırı derecede yükselmiş (8.5 dS m⁻¹), meyve veriminde önemli azalmaya neden olmuş ve LF_2 konusuna göre LF_0 konusundan %45 oranında daha düşük verim alınmıştır. Hoffman et al. (1992), 4 dS m⁻¹ toprak tuzluluk düzeyinde fasulyede %50 verim kaybı meydana geleceğini belirtmesine rağmen bu çalışmada 8.5 dS m⁻¹ tuzluluk düzeyinde bile %50 verim kaybı meydana gelmemiştir. Hem taze fasulye verimi ile kuru fasulye veriminin tuzluluktan farklı düzeylerde etkilenmesi nedeniyle hem de araştırma koşullarının farklı olması nedeniyle bu farklılığın olduğu sanılmaktadır.

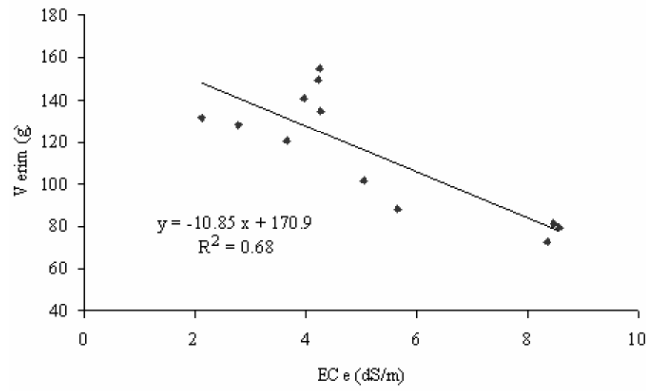
LF_1 , LF_2 ve LF_3 yıkama düzeyleri arasında meyve verimi farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmamasına karşın bu yıkama düzeyleri arasında en yüksek meyve verimi 0.30 oranında

yıkama uygulanan LF_2 konusundan elde edilmiştir. LF_0 yıkama konusuna göre LF_1 , LF_2 ve LF_3 yıkama konuları için sırasıyla 1.5, 1.8 ve 1.6 kat daha yüksek meyve verimi sağlanmıştır. Toprak tuzluluğunun kontrol edilmesi ve verim açısından alınan bu sonuçlar yıkamanın gerekliliğini çarpıcı şekilde göstermektedir. Fasulyede $\text{LF}_2 = 0.30$ yıkama oranının üzerinde yıkama yapılmasının verim kaybına neden olacağı Şekil 3'den görülmektedir. Bu durum bitki besin maddelerinin de yıkandığının bir göstergesidir. Bu yıkama düzeyinden sonra daha fazla su uygulanması toprak tuzluluğunu düşürmesine karşın verimde artış yerine azalmaya neden olmuştur. Buna ilaveten daha fazla su uygulanması daha fazla su israfına ve dolayısıyla üretim maliyeti artışına da neden olacaktır. Drenaj problemi olan yerlerde aşırı su drenaj problemlerini daha şiddetlendirecektir.

Uygulanan yıkama suyu arttıkça toprak tuzluluğu düşmüş ve buna bağlı olarak da fasulyenin meyve veriminde artış olmuştur (Şekil 4). Birim toprak tuzluluğu artışı için meyve veriminde yaklaşık %11 oranında azalma gözlenmiştir. Hoffman et al. (1992), eşik düzeyden sonra birim toprak tuzluluğu artışı için fasulye veriminin %19 oranında azalacağını belirtmişlerdir. Verim düşüş eğimindeki bu farklılığın nedeninin de yine kuru ve taze fasulye verimlerinin tuzluluktan farklı şekilde etkilenmelerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



Şekil 3. Fasulye Veriminin Yıkama Oranına Göre Değişimi



Şekil 4. Toprak Tuzluluğuna Göre Fasulye Veriminin Değişimi

LF₀, LF₁, LF₂ ve LF₃ yıkama düzeyleri için sırasıyla 19, 22, 23 ve 24 adet meyve hasat edilmiş ancak meyve sayıları bakımından deneme konuları arasındaki farklılıklar istatistikî olarak önemli bulunmamıştır. Ortalama bitki boyu LF₀, LF₁, LF₂ ve LF₃ yıkama düzeyleri için sırasıyla 59.3, 57.0, 58.0 ve 64.7 cm olup yıkama oranlarına göre değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

3.3. Yıkama Oranının Fasulyede Bitki Besin Maddesi Kapsamına Etkisi

Tuz stresi altındaki bitkilerde beslenme dengesizlikleri farklı şekillerde gelişebilmektedir. Besin maddelerinin yarıyışlılığına, alınmasına, iletimine veya bitki içerisinde paylaşımına tuzluluğun etkisinden dolayı bitkide beslenme dengesizliği oluşabilir. Tuzluluk nedeniyle verilen bir temel besin elementi için, bitki iç gereksiniminde artışla sonuçlanan fizyolojik aktifsizleştirme, beslenme dengesizliğine neden olabilir. Tuzluluk nedeniyle bu süreçlerden biri veya bir kaçının aynı anda görülmesi muhtemeldir. Bitkideki bu

dengezsizlik bazı çevresel faktörlerin etkisiyle tuzluluğun şiddetine bağlı olarak bitki verimi veya kalitesinde kayıplarla sonuçlanmaktadır (Grattan and Grieve, 1999).

Bu çalışmada, farklı yıkama oranlarına bağlı olarak meydana gelen toprak tuzluluğu altında yeşil fasulye yaprak, meyve ve sürgünlerindeki bazı besin maddeleri birikiminde oluşan değişimler ve nedenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Toprak saturasyon ekstraktında ve fasulyenin yaprak, sürgün ve meyvelerinde Ca, K, Mg, Na, P ve N kapsamı belirlenmiş ve sonuçlar aşağıdaki özetlenmiştir.

3.3.1. Fosfor (P)

Bitkilerde fosfor (P) birikimine tuzluluğun değişken etkisi deney koşullarına ve bitkiye göre farklı olmaktadır (Champagnol, 1979). Birçok durumda tuzluluk, bitki dokularındaki P konsantrasyonunu düşürmekte iken, bazı durumlarda P konsantrasyonunu artırmakta veya hiç etkili olmamaktadır (Sharpley et al., 1992).

Fasulye yaprak, sürgün ve meyvesinde ortalama olarak sırasıyla 2.00, 1.60 ve 4.60 g sakı⁻¹ düzeyinde P olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Yıkama düzeylerine göre fasulye yaprak P içeriğindeki değişimler önemli bulunmazken, sürgün ve meyvelerdeki

değişimler önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Sürgün ve meyvede en düşük P içeriği LF₀ yıkama düzeyinde belirlenmiştir. LF₀ düzeyine göre artan yıkama düzeylerinde (LF₁, LF₂ ve LF₃) yaprağın P içeriğini önemli miktarda artırdığı saptanmıştır.

Çizelge 2. Farklı Yıkama Düzeylerinde Sulama Uygulamasının Fasulyenin Bazı Gelişim Özelliklerine Etkisi

Özellikler	Yıkama Oranı (LF)				Ortalama	P>F	
	LF ₀ : 0	LF ₁ : 0.15	LF ₂ : 0.30	LF ₃ : 0.50			
ECe, dS m ⁻¹	8.47 a [#]	4.98 b	4.15 b	2.85 c	5.11	**	
Meyve Verimi, g sakı ⁻¹	78.0 b	114.9 a	141.6 a	127.0 a	115.4	*	
Meyve Sayısı, adet	19.0	22.0	23.3	23.7	22.0	NS	
Bitki boyu, cm	59.3	57.0	58.0	64.7	59.8	NS	
ET, L sakı ⁻¹	14.1	18.0	18.1	16.6	16.7	NS	
P, g kg ⁻¹	Yaprak	1.61	2.00	1.96	2.45	2.00	NS
	Sürgün	1.18 b	1.62 a	1.66 a	1.90 a	1.60	*
	Meyve	4.11 b	4.64 a	4.68 a	4.99 a	4.60	*
Ca, g kg ⁻¹	Yaprak	62.85	58.02	60.42	51.78	58.27	NS
	Sürgün	35.53 a	25.01 b	21.73 bc	17.16 c	24.86	**
	Meyve	13.12	14.33	11.39	11.09	12.48	NS
K, g kg ⁻¹	Yaprak	17.45	19.50	12.81	22.31	18.02	NS
	Sürgün	28.79	26.95	33.41	34.77	30.98	NS
	Meyve	36.42	36.80	37.82	37.84	37.22	NS
Mg, g kg ⁻¹	Yaprak	7.31	7.11	7.86	6.27	7.14	NS
	Sürgün	4.07 a	3.19 b	3.05 b	2.31 c	3.16	**
	Meyve	2.91	3.42	3.50	3.64	3.39	NS
Na, mg kg ⁻¹	Yaprak	37.0	18.0	21.9	35.6	28.1	NS
	Sürgün	183.6	50.2	80.7	36.8	87.8	NS
	Meyve	24.1	21.0	26.1	48.8	30.0	NS
N, g kg ⁻¹	Yaprak	-	-	-	-	-	
	Sürgün	15.67 a	12.49 b	10.71 b	11.22 b	12.52	**
	Meyve	37.72 a	34.86 ab	32.74 bc	31.24 c	34.14	*

[#] : Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları harflerle gösterilmiştir. İstatistiksel olarak farklı ortalama sınıfları ($p<0.05$) farklı harflerle temsil edilmiştir.

*, ** : Sırasıyla 0.05 ve 0.01 düzeyinde önemliliği göstermektedir.

NS : Önemli değil

Yaprak, sürgün ve meyve P içeriği ile tuzluluk arasında, toprak çözeltisindeki Ca, Mg, K ve Na ile bitki P içeriği arasında sıkı ters bir ilişki, yıkama oranları ile ise sıkı doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Awad et al. (1990) tuzluluk nedeniyle bitki P konsantrasyonundaki düşüşün yüksek iyon gerilim ortamına sahip olan toprak çözeltisinde P aktivitesinin azalmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Tuzluluğun artmasıyla toprak çözeltisinde artış gösteren Na, K, Ca ve Mg kationlarının tamamıyla P alımı arasında ters bir ilişki olması, azalan P aktivitesine işaret etmektedir. Grattan and Grieve (1999) tuzlu topraklarda azalan fosfor yarayışlılığının yalnızca P aktivitesini düşüren

iyonik gerilimler nedeniyle olmadığını fakat aynı zamanda toprak çözeltisindeki P absorpsiyonu ve düşük Ca-P çözünürlüğü tarafından sıkı şekilde kontrol edilmesinin de neden olacağını ileri sürmüşlerdir.

3.3.2. Kalsiyum (Ca)

Bitki metabolizmasında Ca, son derece önemli şekilde besleyici ve fizyolojik rol almaktadır. Bitki hücre zarlarının yapısını ve işlevsel bütünlüğünü koruyan, hücre duvar yapısını kararlı hale getiren, iyon iletimini düzenleyen ve hücre duvarı enzim faaliyetleri kadar iyon-değişim davranışını kontrol eden süreçlerde Ca önemli bir madde olmaktadır (Hanson, 1984; Demarty et al., 1984).

Fasulyenin yaprak, sürgün ve meyvelerinde Ca içeriğinin ortalaması sırasıyla 58.27, 24.86 ve 12.48 g kg⁻¹ olduğu belirlenmiş ancak yıkama konularına göre yalnızca sürgün Ca içeriğindeki farklılık önemli bulunmuştur (p<0.01). Yıkama oranı arttıkça sürgünlerde Ca içeriği azalmıştır (Çizelge 2). Yapraklarda ve sürgünlerde Ca içeriği ile toprak tuzluluğu (EC_e) ve toprak çözeltisindeki Ca, K, Mg ve Na kapsamı arasında önemli doğrusal bir ilişki olduğu, bununla birlikte yıkama oranları ile önemli ters bir ilişki olduğu bulunmuştur (Çizelge 3). Meyvenin Ca içeriği ile yalnızca toprağın Na kapsamı arasında önemli doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 3). Artan yıkama düzeyleriyle toprak çözeltisindeki Ca kapsamında da önemli azalmalar oluşmuş (Çizelge 1) ve dolayısıyla Ca alımı da azalmış ancak bitki içerisindeki iletim ve paylaşımındaki farklılıklardan dolayı yalnızca sürgünlerde Ca birikimi farklı bulunmuştur. Bitkiler için kritik Ca gereksinimi, toprak çözeltisindeki mutlak Ca konsantrasyonlarından ziyade çözünebilir kalsiyumun toplam katyonlara oranıyla tahmin edilmektedir. Ca eksikliğiyle ilişkili fizyolojik bozukluklar Ca/toplam katyon oranı bir kritik düzeyin altına indiğinde meydana gelmektedir (Geraldson, 1957; Geraldson, 1970). Çizelge 1'de görüleceği gibi toprak çözeltisinde bulunan kalsiyumun toplam katyonlara oranı ortalama 0.67 gibi oldukça yüksek bir düzeydedir. Artan tuzlulukla birlikte Ca alımında önemli düşüşlerin olmaması kalsiyumun toprak çözeltisinde diğer katyonlara göre yüksek oranda bulunmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

3.3.3. Potasyum (K)

Potasyum en önemli inorganik bitki besin maddesidir. Potasyum, iletim işleminin itici gücü olan turgor basıncının oluşturulmasını kolaylaştıran kök hücrelerindeki osmotik potansiyelin düşürülmesine ve tüm bitki su dengesinin korunmasına önemli derecede katkı sağlamaktadır. Buna göre tuzlu alanlarda yeterli düzeylerde potasyumun korunması bitki yaşamı için esas olmaktadır (Grattan and Grieve, 1999). Araştırma sonuçlarına göre, artan düzeyde yapılan yıkamayla fasulyenin yaprak, sürgün ve meyvelerinde K içeriği ortalama olarak sırasıyla 18.02, 30.98 ve 37.22 g kg⁻¹ şeklinde belirlenmiş olup, her bir organda konulara göre K içeriğindeki değişimler önemli bulunmamıştır

(Çizelge 2). Bunun yanında, fasulyenin yaprak, sürgün ve meyve K içeriğinin toprak tuzluluğu, yıkama oranı, toprak çözeltisi P, Ca, Mg, K ve Na kapsamlarından önemli ölçüde etkilenmediği de saptanmıştır (Çizelge 3).

Bitkiler potasyuma ihtiyaç duydukları için, kortikal kök hücrelerinin plazma zarı sodyuma göre potasyum için daha yüksek seçiciliğe sahip olup, seçiciliğin derecesi çeşitler arasında önemli oranda değişmektedir (Gorham, 1990). Bu durum, özellikle toprak çözeltisinde Na⁺ konsantrasyonunun K konsantrasyonuna göre daha yüksek olduğu tuzlu-sodyumlu ve sodyumlu topraklarda önemlidir. Bitkide yüksek K/Na seçiciliği köklerde kalsiyumun yeterli olması ve köklere yeterli O₂ sağlanmasıyla korunmaktadır (Carter, 1983; Drew et al., 1988).

Bu çalışmada tuzlu suların hazırlanmasında NaCl ve CaCl₂ tuzları kullanılmış ancak SAR<1 olacak şekilde her iki tuz oranı ayarlandığı için toprağa her seferinde Na'a göre Ca daha yüksek miktarlarda uygulanmıştır. Çizelge 1'de her bir yıkama konusunun ortalama SAR değerinin 0.39 olduğu gözlenmektedir. Potasyum (K) alımına etki eden sodik koşulların oluşmaması, toprakta yüksek oranda Ca bulunması ve deneme başlangıcında gübreleme ile K uygulanması nedenleriyle uygulama konuları arasında fasulyenin K içeriğinde önemli farklılıkların oluşmadığı sonucuna varılmıştır.

3.3.4. Magnezyum (Mg)

Fasulyenin yaprak, sürgün ve meyvelerinde Mg içeriğinin ortalama olarak sırasıyla 7.14, 3.16 ve 3.39 g kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Yalnızca sürgün Mg içeriği yıkama oranlarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Artan yıkama oranlarıyla sürgün Mg içeriği azalmıştır. Toprak tuzluluğu, toprak çözeltisi Ca, K, Mg ve Na oranları ile yaprak Mg içeriği arasındaki ilişki önemli bulunmazken (Çizelge 3), aynı faktörlerle sürgün Mg içeriği arasında çok kuvvetli doğrusal bir ilişki (Çizelge 4) ve meyve Mg içeriği arasında kuvvetli ters bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Çizelge 3).

3.3.5. Sodyum (Na)

Fasulyenin yaprak, sürgün ve meyve sodyum (Na) içeriğinin yıkama konuları için ortalamasının sırasıyla 28.1, 87.8 ve 30.0 mg

kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Bahsi geçen bitki organlarının Na içeriği, artan yıkama düzeylerinden önemli ölçüde etkilenmemiştir (Çizelge 2). Sürgün Na içeriğinin toprak tuzluluğu ile ve toprak çözeltisi Ca, K, Mg ve Na kapsamı ile arasında kuvvetli doğrusal bir ilişki olduğu ve yıkama oranıyla ise kuvvetli ters bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Yaprak ve meyve Na içeriği ile toprak tuzluluğu, yaprak ve meyve Na içeriği ile toprak çözeltisi P, Ca, K, Mg ve Na kapsamı ve yaprak ve meyve Na içeriği ile yıkama oranları arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3).

3.3.6. Azot (N)

Fasulye sürgün ve meyvelerinde ortalama olarak 12.52 ve 34.14 g kg⁻¹ oranında N

bulunduğu belirlenmiş olup, her iki organda da N içeriği yıkama oranlarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Artan yıkama oranlarıyla birlikte bitkinin N içeriği azalmıştır. Sürgünler ve meyvelerde en yüksek N içeriği LF₀ konusunda belirlenmiştir. Artan yıkamayla birlikte meyvelerde N içeriği giderek azalma göstermiş, ancak sürgünlerde LF₁, LF₂ ve LF₃ konuları için yaklaşık aynı düzeyde N birikimi gerçekleşmiştir. Sürgün ve meyvelerde azot birikimi ile toprak tuzluluğu arasında ve toprak çözeltisi Ca, K, Mg ve Na kapsamı arasında kuvvetli doğrusal bir ilişki, yıkama oranları ile ise kuvvetli ters bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Artan yıkama oranlarıyla topraktan azotun yıkanması nedeniyle bitkinin azot içeriğinin azaldığı düşünülmektedir.

Çizelge 3. Fasulye Yaprak, Sürgün ve Meyvesinin Besin Maddesi İçeriğinin Yıkama Oranları ve Bazı Toprak Özellikleriyle İlişkisi

Besin Maddesi İçeriği	Yıkama Oranı (LF)	Korelasyon Katsayıları (R)						
		Toprak Özellikleri						
		ECe, dS m ⁻¹	P, g kg ⁻¹	Ca, g kg ⁻¹	K, g kg ⁻¹	Mg, g kg ⁻¹	Na, mg kg ⁻¹	
Yaprak	P, g kg ⁻¹	0.630 *	-0.678 **	-0.224	-0.694 **	-0.756 **	-0.720 **	-0.752 **
	Ca, g kg ⁻¹	-0.632 *	0.620 *	0.080	0.626 *	0.628 *	0.612 *	0.707 **
	K, g kg ⁻¹	0.185	-0.161	-0.174	-0.213	-0.207	-0.196	-0.289
	Mg, g kg ⁻¹	-0.309	0.290	0.209	0.310	0.255	0.294	0.449
	Na, mg kg ⁻¹	-0.005	0.144	-0.057	0.149	0.196	0.164	0.058
Sürgün	P, g kg ⁻¹	0.788 **	-0.786 **	0.092	-0.794 **	-0.771 **	-0.776 **	-0.799 **
	Ca, g kg ⁻¹	-0.905 **	0.918 **	0.132	0.932 **	0.936 **	0.946 **	0.922 **
	K, g kg ⁻¹	0.485	-0.442	-0.034	-0.445	-0.425	-0.425	-0.491
	Mg, g kg ⁻¹	-0.929 **	0.938 **	-0.011	0.953 **	0.873 **	0.943 **	0.979 **
	Na, mg kg ⁻¹	-0.593 *	0.701 **	-0.216	0.679 **	0.700 **	0.686 **	0.655 **
	N, g kg ⁻¹	-0.754 **	0.774 **	0.039	0.799 **	0.819 **	0.802 **	0.755 **
Meyve	P, g kg ⁻¹	0.774 **	-0.822 **	0.090	-0.836 **	-0.795 **	-0.842 **	-0.835 **
	Ca, g kg ⁻¹	-0.396	0.401	0.489	0.425	0.407	0.466	0.511 *
	K, g kg ⁻¹	0.135	-0.138	-0.048	-0.132	-0.256	-0.168	-0.064
	Mg, g kg ⁻¹	0.660 **	-0.673 **	0.195	-0.685 **	-0.702 **	-0.660 **	-0.617 *
	Na, mg kg ⁻¹	0.385	-0.360	0.285	-0.374	-0.233	-0.308	-0.419
	N, g kg ⁻¹	-0.844 **	0.857 **	-0.078	0.832 **	0.855 **	0.828 **	0.826 **

** , * : İlişkinin sırasıyla p<0.01 ve p<0.05 düzeyinde önemli olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Sulamada tuzlu su kullanımının zorunlu olduğu yerlerde aşırı tuz birikimiyle toprakta tuzluluk artışı engelleyebilmek ve kök bölgesindeki tuzluluğu kontrol edebilmek için mutlaka yıkama yapılmalıdır. Drenaj sistemlerinin yeterli olduğu yerlerde yıkama oranı seçiminde bitki veriminde meydana gelecek azalma ile su maliyeti dikkate

alınmalıdır. Günümüzde karık, tava ve yağmurlama sulama yöntemlerine göre su uygulama etkinliği yüksek olan damla sulama yöntemlerinin kullanımı gittikçe yaygınlaşmakta ve özellikle de sera üretiminde yaygın şekilde bu yöntemlerle sulamalar yapılmaktadır. Uygulanan sulama yöntemine bağlı olarak meydana gelen su kayıplarının istenilen yıkama oranını karşılayıp

karşılayamama durumuna dikkat edilmeli, aksi takdirde yeterince yıkamayı sağlayacak miktarda ilave su uygulaması yapılmalıdır. Her sulamayla birlikte sürekli yıkama söz konusu olduğunda, fasulye veriminde $LF= 0.30$ yıkama oranlarına kadar artış kaydedilmiş olup söz konusu yıkama oranından sonra aşırı su uygulanması, gerek topraktan bitki besin maddelerinin yıkanmasına ve gerekse hava-su dengesinin bozulmasına neden olmasından

Kaynaklar

- Awad, A.S., Edwards, D.G., Campbell, L.C., 1990. Phosphorus Enhancement of Salt Tolerance of Tomato. *Crop Science Society of America*, 30: 123-128.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. In: C.A. Black et al (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9:1149-1178*. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Carter, M.R., 1983. Growth and mineral composition of barley and wheat across sequences of Solonchak soil. *Plant Soil*, 74: 229-235.
- Champagnol, F., 1979. Relationships between phosphate nutrition of plants and salt toxicity. *Phosphorus Agric*, 76: 35-43.
- Demarty, M., Morvan, C., Thellier M., 1984. Calcium and cell wall. *Plant Cell Environ.* 7: 441-448.
- Drew, M.C., Guenter, J., Läuchli, A., 1988. The combined effects of salinity and root anoxia on growth and net Na^+ and K^+ accumulation in *Zea mays* grown in solution culture. *Ann Bot* 61: 41-53.
- Erözel, A.Z., 1993. Sulama Suyu Kalitesinin Kuru Fasulye Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1333, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler No: 738, Ankara.
- Evangelou, V.P., McDonald, L.M., 1999. Influence of Sodium on Soils of Humid Regions. In: Pessaraki M. (ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Taylor & Francis Group, second edition, Boca Raton, p: 17-50.
- Geraldson, C.M., 1957. Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato, and pepper. *Soil Science Society Proceeding* 21: 621-625.
- Geraldson, C.M., 1970. Intensity and balance concept as an approach to optimal vegetable production. *Soil Sci Plant Anal* 1: 187-196.
- Gorham, J., 1990. Salt tolerance in Triticeae: K/Na discrimination in synthetic hexaploid wheats. *Journal Experimental Botany*, 41: 623-627.
- Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Mineral Nutrient Acquisition and Response by Plants Grown in Saline Environments. In: Pessaraki M. (ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Taylor & Francis Group, second edition, Boca Raton, p: 203-229.
- Hanson, J.B., 1984. The functions of calcium in plant nutrition. In: Tinker P.B., Läuchli (eds.), *Advances in Plant Nutrition*. Vol. 1. New York Praeger, 149-208.
- dolayı, verimde azalma eğilimini ortaya çıkarmıştır.
- Yıkama oranları fasulye bitkisi yaprak, sürgün ve meyve mineral madde içeriği üzerinde çok çeşitli şekilde etkili olmuştur. Yıkama oranları bitki K ve Na içeriği üzerine etkili olmamıştır. Sürgün ve meyve P içeriği artan yıkamayla birlikte artış göstermiştir. Artan yıkama oranları sürgün Ca ve Mg içeriğinin, sürgün ve meyve N içeriğinin azalmasına neden olmuştur.
- Hoffman, G.J., 1990. Leaching Fraction and Root Zone Salinity Control. In: Tanji K.K. (ed.), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE Publication, 345 East 47th Street New York, pp 237-261.
- Hoffman, G.J., Howell, T.A. Solomon, K.H., 1992. *Management of Farm Irrigation Systems*. ASAE Monograph Number 9 published by ASAE.
- Jurinak, J.J., Suarez, D.L., 1990. The Chemistry of Salt-Affected Soils and Waters. In: Tanji K.K. (ed.), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE Publication, 345 East 47th Street New York, pp 42-63.
- Kesmez, G.D., Ünlükara, A., Yurtseven, E., Kütük, C., 2007. Farklı Düzeyde Azot Ve Tuzlu Su Uygulamalarının Taze Fasulyede Meyve Verimi ve Mineral Madde Birikimi Üzerine Etkisi. V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-7 Eylül 2007, Erzurum.
- Pessaraki, M., 1999. Response of Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt Stress. In: Pessaraki M. (ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Taylor & Francis Group, second edition, Boca Raton, p: 827-842.
- Pessaraki, M. and Szabolcs, I., 1999. Soil Salinity and Sodicity as Particular Plant/Crop Stress Factors. In: Pessaraki M. (ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Taylor & Francis Group, second edition, Boca Raton, p: 1-15.
- Puntamkar, S.S., Kant, K., Mathur, S.K., 1988. Effect of different proportions of Ca and K to Na in saline water on yield and uptake of cations in pearl millet. *Transactions of Indian Society of Desert Technology and University Center of Desert Studies*, 13: 91-95.
- Sharpley, A.N., Meisinger, J.J., Power, J.F., Suarez, D.L., 1992. Root extraction of nutrients associated with long-term soil management. In: Stewart B. (ed.), *Advances in Soil Science*. Vol. 19, Berlin Springer-Verlag, 151-217.
- Yurtseven, E., 2000. Sulama ve Drenaj ile Tuzluluk İlişkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Basılmamış Lisans Üstü Ders Notu, Ankara.
- Yurtseven, E., Kütük C., Ünlükara A., Kesmez G.D., 2002. The Effects of Salinity and Nitrogen Fertilization on Bean Yield and Quality. 13th Int. Fertilizer Sym., 10-13 June Tokat/Turkey, 253-262.