



Araştırma Makalesi

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların İslahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve İslah Süresi

Bariş BAHÇECİ^{1*}, Ali Fuat TARI¹, İdris BAHÇECİ¹

ÖZ

Burdur Gölü çevresindeki tuzlu ve borlu toprakların ıslahı için gerekli yıkama suyu miktarı ile yıkama süresini belirlemek amacıyla bir tarla denemesi yürütülmüştür. Aralıklı göllendirme yöntemi ile, toplam 300 cm yıkama suyu uygulanan denemeler sonunda, yıkama suyu miktarları ve infiltrasyon süreleri belirlenmiştir. Her yıkama uygulamasından sonra alınan toprak örnekleri analiz edilerek, toprak tuz değerleri 4.0 dS m⁻¹'nin ve bor değerleri 2 ppm'in altına düşünce, yıkama uygulamaları sonlandırılmıştır. Verilerin değerlendirilmesiyle yıkama suyu derinliği ile yıkanan tuz ve bor oranları arasında yüksek korelasyon katsayılarına sahip ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca uygulanan yıkama sularının infiltre olma süreleri belirlenmiştir. Bu ilişkilerin yardımıyla arpa ve şeker pancarı gibi tuza ve şeker pancarı gibi bora dayanıklı bitkilerin yetişebileceği düzeyde ıslah sağlamak için gerekli yıkama suyu miktarları ve ıslah süreleri hesaplanmıştır. Buna göre, tuz yıkanması için toprak derinliğinin 2 katı, bor yıkanması için toprak derinliğinin 2.2 katı yıkama suyu gerektiği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Borlu toprak, tuzluluk, çorak toprak, toprak ıslahı

The required amount of Leaching water and reclamation period for the rehabilitation of salty and boron soils around Lake Burdur

ABSTRACT

A field trial was conducted to determine the amount of leaching water and the leaching time required for the improvement of the salty and boron soils around Burdur Lake. At the end of the trials, in which a total of 300 cm of leaching water was applied in 30 cm portions with the intermittent ponding method, the amount of leaching water and infiltration times were determined. Soil samples taken after each leaching application were analyzed, and when soil salt values fell below 4.0 dS m⁻¹ and boron values below 2 ppm, leaching applications were terminated. By evaluating the data, relationships with high correlation coefficients were found between the leaching water depth and the leached salt and boron ratios. In addition, the infiltration times of the applied leaching waters were determined. With the help of these relations, the necessary amount of leaching water and reclamation times were calculated to ensure that plants tolerant to salinity such as barley and sugar beet, and boron tolerant plants such as sugar beet can be grown. Accordingly, it has been calculated that 2 times the soil depth for salt leaching and 2.2 times the soil depth for boron leaching are required.

Keywords: Boron soil, salinity, barren soil, soil reclamation

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-9693-0653, 0000-0001-9157-1682, 0000-0001-9849-3939

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 12.06.2021

Kabul Tarihi: 22.12.2021

¹Harran Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa

*E-posta: baris_bahceci@hotmail.com

Giriş

Toprak tuzluluğu, toprak verimliliğini ve bitkilerde su alımını azaltan toksik etkisi nedeniyle tüm dünyada giderek artan bir tehdittir. Dünyada birçok tarım ülkesi, yeterli gıda, yem ve lif üretimini engelleyen yoğun toprak tuzluluğu tehdidi altındadır (Sharma ve ark., 2016).

Tuzlu topraklar dünya çapında yaklaşık 954.8 milyon ha araziye kaplar ve hemen hemen her kıtaya yayılmıştır (Pessarakli ve Szabolcs, 1999; FAO, 2021). Besin döngüsü, biyolojik çeşitlilik, tarım ve biyokütle üretimi gibi ekosistem hizmetlerinin kaybı (Liu ve ark., 2012), arazi bozulmuş süreci ile ilişkilidir (Utset ve Borroto, 2001).

Bilindiği gibi, toprakların tuz ve bor içeriği arttıkça, bu topraklarda yetişebilen ürün çeşitliliği giderek azalır ve birçok gıda ve lif bitkisi yerini tuza dayanıklı bitkilere bırakır. Tuzluluk arttıkça, kültür bitkilerinin yerini tuzcul bitkiler alır. Süreç durdurulamazsa, hiç ürün yetişmeyen topraklar giderek yayılır ve çölleşme başlar.

Bu süreci durdurmanın yolu tuz ve bordan etkilenen toprakların ıslah edilerek geri kazanılmasından geçer. Ancak bu süreç oldukça zaman alıcı ve zahmetlidir. Bitki kök bölgesini tuz veya bordan arındırmak için, toprak özelliklerine göre değişmekle beraber, devasa miktarlarda suya gerek duyulur. Ağır bünyeli topraklarda suyun infiltre olması uzun zaman alır. Üstelik bu sırada uygulanan suyun önemli bir bölümü buharlaşır ve yıkama randımanı düşer. Bu yüzden, yıkama işlemlerinin bitki yetiştirme döneminde yapılması su temini açısından sorunlar yaratır. Aslında küresel ısınma ile birlikte giderek kıtlaşan su, sanılandan daha büyük bir sorundur.

Islah için gerekli olan yıkama suyu miktarı ve ıslah süresinin doğru olarak belirlenmesi, tuzlu ve borlu toprakların iyileştirilmesinde karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Birçok deneysel ve kuramsal araştırmadaki temel amaç, yıkama suyu miktarının hesaplanması için toprakta su hareketine ilişkin yasalara uygun olarak,

fonksiyonel bir formülün belirlenmesidir. Dünyada tuzlu toprakların ıslahı konusunda çalışan bilim adamları çalışmalarının önemli bölümünü bu konuya ayırmıştır. Şimdiye kadar araştırmacılar pek çok sayıda eşitlik kullanılmasını önermişlerdir (Reeve, 1955; Dielman, 1963; Nielsen ve ark., 1966; Kovda, 1967; Oster ve ark., 1972; Hoffman, 1986; Van Hoorn ve Van Alphen, 1990).

Tuzlu topraklar dahil olmak üzere toprak kalitesinin korunması ve bozulmuş alanların yönetimi ve restorasyonu ile ilgili çok sayıda öneri bulunmaktadır (Chaturvedi ve ark., 1987; Mishra ve ark., 2002; Dagar ve ark., 2006; Abhilash ve ark., 2012; Dubey ve ark., 2019; Tripathi ve ark., 2019; Edrisi ve ark., 2020;).

Ancak toprak, su ve yerel koşullardaki değişkenlik nedeniyle önerilen eşitliklerin uygulanmasında genellikle bazı eksiklikler ortaya çıkmıştır. Bu yüzden yerinde yapılan tarla denemelerinden elde edilen verilerin kullanılması en doğru seçenek olarak görülmektedir. Bu bağlamda Türkiye’de de birçok tarla denemesi yürütülmüştür (Beyce, 1977; Bahçeci, 1983. Bahçeci, 1984.; Özden ve Ören, 1986; Saatçılar, 1991; Sönmez ve ark., 1996).

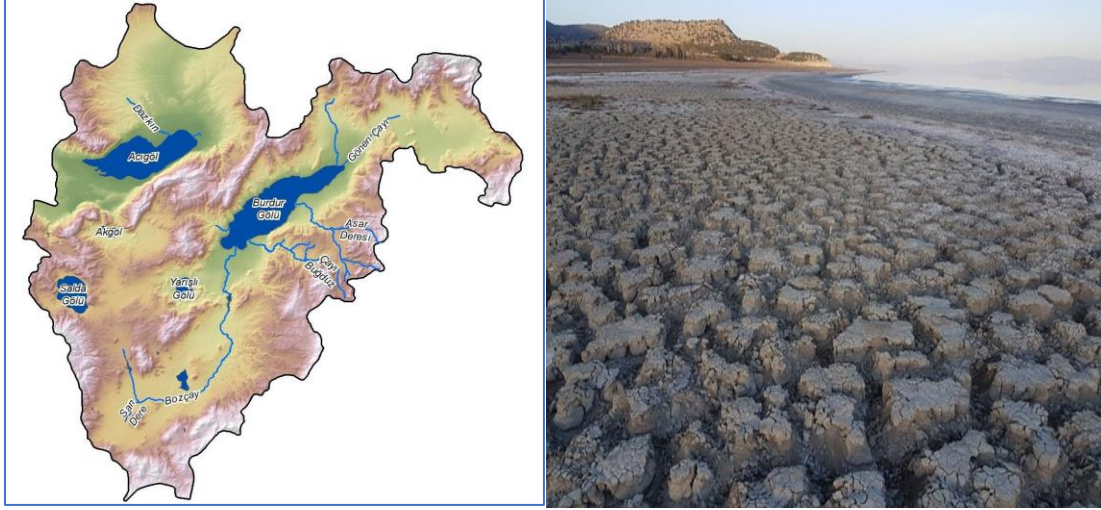
Bu çalışma ile Burdur Gölü çevresindeki tuzlu ve borlu toprakların ıslah edilerek tarımsal üretime kazandırılması için gerekli su miktarı ile ıslah süresi belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Deneme Yeri

Burdur ili ve çevresinde tamamen tarım dışı 15-16 bin hektar çorak arazi bulunmaktadır (TOPRAKSU, 1978). Bu yüzden deneme, Türkiye'nin Burdur Göller Bölgesi'nde yürütülmüştür. Deneme yeri, ortalama 845 m yükseklikte bulunan Burdur Gölü mansabında yer alan tuzlu ve borlu topraklardır. Burdur Gölü, büyüklüğü bakımından Türkiye'nin yedinci gölüdür. Koordinatları 37° 45' Kuzey, 30° 12' Doğu'dur. Ortalama göl alanı 153 km², denizden yüksekliği 842 metredir. (Şekil 1).

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi



Şekil 1. Burdur Gölü ve çevresindeki çorak topraklar

İklim özellikleri

Yaz döneminde hava sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve kar yağışlıdır. Uzun yıllık ortalama yağış 447 mm'dir. 1980'den 1995'e kadar havzada 500 mm'nin üzerinde yağış görülmezken; 1995-2010 döneminde havzada altı defa yıllık 500 mm'nin üzerinde yağış kaydedilmiştir.

Toprak özellikleri

Havzadaki çorak topraklar Burdur gölünün güneybatısında ve kuzey doğusunda parçalar halinde olup yaklaşık 15.000 ha'lık bir alanı kaplamaktadır. Güney ve kuzeyde ise alüvyonların birikmesiyle, sazlarla kaplı tuzlu bataklık görünümündeki kıyı ovaları ve delta

oluşumu görülmektedir (DSİ, 2016). Araştırma alanı toprakları 1800 ha'lık bir alanı kaplar ve intrazonal toprakların halomorfik alt ordosuna dahildir (TOPRAKSU, 1975). Topraklar çoğunlukla ince bünyeli olup, yüksek miktarda kireç içerirler. Toprak tuzluluğu çok yüksektir ve baskın tuz türü sodyum sülfat, klor ve karbonat olup, toprak pH'ı 9.60 ile 10.0 arasında değişmektedir (Çizelge 1).

Yıkama suyu olarak kullanılan suyun elektriksel iletkenliği yaklaşık 0.661 dS m^{-1} , SAR değeri 1.667 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Deneme yerindeki taban suyunun EC değeri 1.72 dS m^{-1} ve SAR değeri 8.2'dir.

Çizelge 1. Deneme parsellerinin test öncesi toprak kimyasal ve fiziksel özellikleri

Toprak derinliği, cm	Doyma %	Tekstür	Volüm ağırlığı	pH	EC _e , dS m ⁻¹	Katyonlar, me l ⁻¹			
						Ca	Mg	Na	K
0-20	92	C	1.36	9.6	13.6	1.8	1.2	159	0.5
20-40	90	C	1.42	9.9	13.5	2.9	0.2	194	0.4
40-60	92	C	1.35	9.8	13.5	0.3	2.0	188	0.3
60-80	86	C	1.41	10.0	13.3	1.8	0.7	176	0.2
80-100	107	C	1.39	9.8	10.4	1.3	0.2	141	0.2

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

Toprak derinliği cm	Anyonlar, me l ⁻¹				Katyonlar toplamı; me l ⁻¹	B mg l ⁻¹	Kireç %
	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄			
0-20	8.4	15.8	60	79.3	163	11.3	26
20-40	17.2	12.0	86	82.2	198	12.7	40
40-60	18.4	11.8	94	66.4	179	16.3	37
60-80	23.2	10.0	92	53.6	143	15.8	46

Toprak ve suyun fiziksel ve kimyasal analizleri Richards (1954)'e göre, toprak bünyesi hidrometre yöntemiyle Bouyoucos (1951)'e göre; karbonatlar kalsimetre yöntemiyle, tuzluluk toprak özütünde elektriksel iletkenlik (EC_e) ile belirlendi. Sulama suyunun tuzluluk ve

sodyumluluk oluşturma tehlikesi olmamasına rağmen, yeraltı suları tuzlu ve su tablası seviyesi yüksektir. Aynı zamanda, yüksek buharlaşma, toprakların tuzlu ve borlu olmasının esas nedenidir.

Çizelge 2. Islah için kullanılan yıkama suyunun kimyasal özellikleri

pH	EC dS m ⁻¹	Katyonlar, me l ⁻¹				Anyonlar me l ⁻¹				Top	B mg l ⁻¹
		Na	K	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄		
8.2	0.661	1.62	0.04	2.03	3.52	-	5.29	1.04	0.88	7.2	0.1

İşlemler

Test yeri

Burdur ilinde bulunan sorunlu toprakları temsil etmesi ve tuzlu yeraltı suyundan etkilenmemesi için özenle seçilmiştir. Deneme alanı, tuz yıkama denemeleri için tasarlanmıştır; bu denemelerden ayrıca infiltrasyon verileri de elde edilmiştir.

Parsel boyutları 3 m x 4 m = 12 m² olarak düzenlenmiştir.

Yıkama suları aralıklı göllendirme yöntemi ile uygulanmıştır. Deneme süresince tüm parsellere uygulanan su miktarları düzenli olarak ölçülmüştür. Yıkama öncesi ve 30, 90, 120, 150, 270 ve 300 cm yıkama suyu uygulandıktan sonra her parselden 20, 40, 60 80 ve 100 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak

profilindeki tuzluluk değerleri 4 dS m⁻¹'in altına düştüğünde yıkama suyu uygulamaları sonlandırılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesi

Toprakların infiltrasyon kapasitelerini belirlemek için her 30 cm su derinliği ve her parsel için su uygulama zamanı ve infiltre olma zamanı kaydedilmiştir. Daha sonra, her yıkama işlemi için bu değerlerin ortalaması hesaplanmıştır. Eklenik sızma (Z) miktarı ile ortalama eklenik zaman değerleri kullanılarak infiltrasyon eşitliği aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir (Kostiakov, 1932).

$$Z = KT^n \quad (1)$$

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

ve n; üstür.

Tuz ve bor yıkanması

Tüm değerlendirmelerde üç parselin aritmetik ortalamaları kullanılmıştır. Yıkama sonrası toprakta kalan tuz veya bor konsantrasyonu (C), başlangıç konsantrasyonuna (C₀) bölünerek her yıkama suyu derinliği için C/C₀ değerleri elde edilmiştir. Her yıkama suyu derinliği (D_{iw}) toprak derinliğine (D_s) bölünerek D_{iw}/D_s oranları hesaplanmıştır. Böylece, yıkama suyunun derinliği ve uzaklaştırılan tuz veya bor konsantrasyonu, toprak derinliğinden bağımsız hale getirilerek, Reeve (1955) tarafından rapor edildiği gibi tuz ve bor yıkama eğrisi elde edilmiştir.

Burada K, infiltrasyon katsayısı, T; zaman (h) .

Bulgular ve tartışma

Tuz Yıkanması

Farklı yıkama suyu seviyeleri için elde edilen veriler, toprak profilinden yıkanan tuzların, yıkama suyu ile daha derinlere doğru yıkandığını göstermektedir (Çizelge 3). İlk yıkamada, tuzluluk düşüşü şiddetliydi ve tuzlar üst topraktan alt toprak katmanlarına yıkandı. Yıkama suyu uygulamalarının başlangıcında toprak tuzluluğu hızla azalırken, 150 cm yıkama suyu uygulamasından sonra yavaşlamıştır.

Çizelge 3. Farklı toprak katmanları için, yıkama suyu derinliğine karşı toprak tuzluluğu

Toprak derinliği, cm	Yıkama suyu derinliği (D _s), cm					
	0	30	90	150	270	300
	Toprak tuzluluğu, dS m ⁻¹					
0-20	13.6	7.0	5.8	5.1	5.4	4.9
20-40	13.5	9.5	6.8	3.7	4.9	4.4
40-60	13.5	11.8	8.3	5.4	3.2	3.4
60-80	13.3	12.4	10.7	7.4	4.7	3.4
80-100	10.4	10.4	10.0	9.2	5.3	5.1
20	13.6	7.0	5.8	5.1	5.4	4.9
40	13.6	8.3	6.3	4.4	5.2	4.7
60	13.5	9.4	7.0	4.7	4.5	4.2
80	13.5	10.2	7.9	5.4	4.6	4.0
100	12.9	10.2	8.3	6.2	4.7	4.2

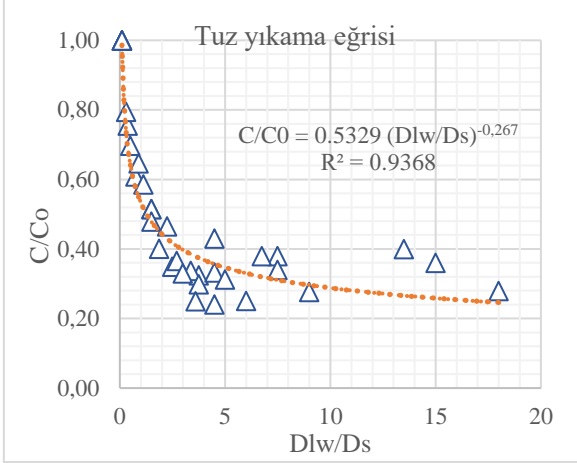
Çizelge 4. Yıkama sularına karşı toprakta kalan tuz yüzdesi

20	1.0	0.51	0.43	0.38	0.40	0.36
40	1.0	0.61	0.46	0.32	0.38	0.34
60	1.0	0.70	0.51	0.35	0.33	0.31
80	1.0	0.76	0.59	0.40	0.34	0.30
100	1.0	0.79	0.65	0.48	0.37	0.33

İlk 30 cm yıkama suyu ile 20 cm derinlikte tuzların %49'u, 100 cm'de ise %21'i yıkılırken 300 cm yıkama suyu uygulandığında üst toprakta, (40 cm derinlik)

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

%75, 100 cm derinlikte ise %60 tuz yıkaması olmuştur (Çizelge 4, Şekil 2).



Şekil 2. Yıkama suyu derinliğinin toprak derinliğine oranı (D_{lw}/D_s) ile başlangıca göre toprakta kalan tuz yüzdesi (C/C_0) arasındaki ilişki

Testlerde toplanan tüm verilerin değerlendirilmesiyle, yıkama suyu

derinliğinin (D_{lw}), toprak derinliğine (D_s) oranı, ve yıkama sonrası toprak tuzluluğu (C) ile başlangıç tuzluluğu (C_0) oranı arasındaki ilişkiyi tanımlayan regresyon analizi ile elde edilen üssel eşitlik aşağıda verilmiştir.

Anılan eşitlik istatistiksel olarak 0.01 seviyesinde önemli olup yüksek bir regresyon katsayısına sahiptir (Şekil 2).

$$C/C_0 = 0.5329 D_{lw}/D_s^{-0.267}; R^2 = 0.937^{**}$$

Bor yıkaması

Deneme sahası toprakları yüksek düzeyde bor içermektedir. Yıkama suları verilmeden önce toprak bor konsantrasyonu 100 cm profilde ortalama 11-12 mg l⁻¹ civarındadır. Yıkama suyu uygulaması ile özellikle üst toprakta olmak üzere tüm katmanlarda bor konsantrasyonları azalmıştır. Veriler toprak profilinde birikmiş borun uygulanan yıkama suyu ile alt katmanlara yıkandığını göstermektedir.

Çizelge 5. Farklı yıkama suyu miktarları ile toprak bor durumu

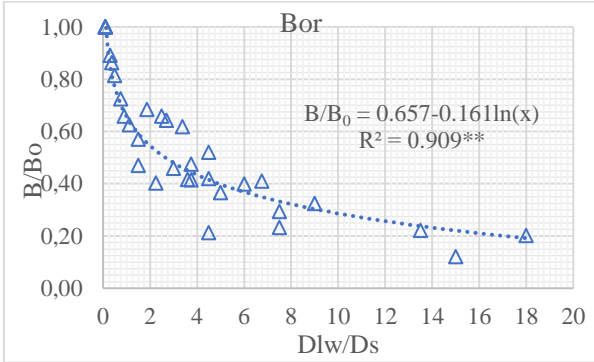
Derinlik, cm	Yıkama suyu derinliği (D_s), cm					
	0	30	90	150	270	300
Toprak bor durumu mg l ⁻¹						
0-20	11.31	5.27	2.41	3.33	2.51	1.37
20-40	12.66	10.64	7.24	8.07	7.32	4.21
40-60	10.67	10.67	10.14	11.41	8.22	7.12
60-80	16.33	11.44	12.12	12.10	13.5	8.46
80-100	15.75	11.81	12.03	11.90	11.37	9.46
20	11.3	5.3	2.4	3.3	2.5	1.4
40	12.0	8.0	4.8	5.7	4.9	2.8
60	11.5	8.9	6.6	7.6	6.0	4.2
80	12.7	9.5	8.0	8.7	7.9	5.3
100	13.3	10.0	8.8	9.4	8.6	6.1

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

Çizelge 6. Yıkama sularına karşı toprakta kalan tuz yüzdesi

20	1.0	0.47	0.21	0.29	0.22	0.12
40	1.0	0.66	0.40	0.48	0.41	0.23
60	1.0	0.77	0.57	0.66	0.52	0.37
80	1.0	0.75	0.63	0.68	0.62	0.42
100	1.0	0.75	0.66	0.70	0.64	0.46

İlk yıkamalarda bor üst topraktan alt toprak katmanlarına yıkanarak profilden uzaklaşmıştır. Üst katmanda 11.3 mg l^{-1} olan bor konsantrasyonu 300 cm yıkama suyu sonunda 1.37 mg l^{-1} 'ye düşmüştür (Çizelge 5). Yıkama suyu uygulamalarının başlangıcında bor konsantrasyonu hızla azalırken, 150 cm yıkama suyu uygulamasından sonra yıkanma hızı görece yavaşlamıştır.



Şekil 3. Yıkama suyu derinliğinin toprak derinliğine oranı (D_{1w}/D_s) ile başlangıça göre toprakta kalan tuz yüzdesi (B/B_0) arasındaki ilişki

İlk 30 cm yıkama suyu ile 20 cm derinlikte bor konsantrasyonu %53, 100 cm'de ise %25 azalırken, 300 cm yıkama suyu ile üst

toprakta, yani 20 cm derinlikte, mevcut borun %88'i, 100 cm derinlikte ise %54'ü yıkanmıştır (Çizelge 6, Şekil 3).

Test sonunda elde edilen verilerle yapılan regresyon analizi sonucunda

$$B/B_0 = 0.657 - 0.161 \ln(x); R^2 = 0.909^{**}$$

eşitliği ile ifade edilen logaritmik ilişki bulunmuştur. Bor yıkaması için gerekli olan su derinliği, bahsi geçen ilişki ve Şekil 3 kullanılarak hesaplanabilir. Örneğin Şekil 3 kullanılarak toprakta mevcut borun %50'sini uzaklaştırmak için toprak derinliğinin yaklaşık 3 katı yıkama suyu gerektiği kolayca hesaplanabilir.

Islah süresi

Yıkama sularının parsellere verilmiş ve çekiliş saatleri kaydedilerek suyun toprağa infiltre olma süreleri belirlenmiştir (Çizelge 7).

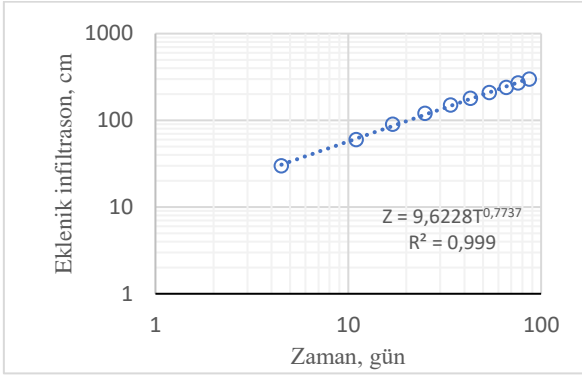
Eklenik yıkama suyu derinlikleri ile eklenik zaman arasında yapılan regresyon analizi sonucunda yüksek bir bağdaşım katsayısına sahip aşağıdaki eklenik infiltasyon eşitliği;

$$Z = 9.623 T^{0.774}; R^2 = 0.999^{**} \text{ elde edilmiştir (Şekil. 4).}$$

Çizelge 7. İnfiltrasyon olan su derinliği (Z,) ve zaman (T).

T, gün	4.5	11	17	25	34	43	54	66	76	87
Z, cm	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi



Şekil 4. Toprağın infiltrasyon kapasitesi

Tuz yıkanması için ıslah süresi

Tuz yıkama eğrisi kullanılarak 20 cm toprak derinliğinde EC_e değerini $6-7 \text{ dS m}^{-1}$ 'e düşürülmesi halinde arpa ve şeker pancarı gibi tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilebilir. Bu durumda tuz yıkama eşitliğinin farklı derinlikler için çözümü ile gerekli yıkama suyu miktarları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$C_0=13.6$; $C=6$, ve buradan;

$C/C_0 = 6/13.6 = 0.44$ bulunur. Başka bir anlatımla topraktaki tuzun %46 sının yıkanması gerekir.

Bu değer tarla denemesi ile belirlenen $C/C_0 = 0.5329 D_{lw}/D_s^{-0.267}$; tuz yıkama eşitliğinde yerine konarak çözümlerse,

$$0.44 = 0.5329 D_{lw}/D_s^{-0.267}$$

Çizelge 8. Tuzlu topraklar için yıkama suyu derinliği ve yıkama süresi

D_s , cm	C_0	C	C/C_0	D_{lw}/D_s	D_{lw} , cm	T_n , gün	T_{isl}
20	13.6	6	0.44	2.0	40	6.3	18
40	13.6	6	0.44	2.0	80	15.4	47
60	13.5	6	0.44	2.0	120	25.6	73

Bor yıkanması için ıslah süresi

Bora dayanıklı yonca ve şeker pancarı yetiştirileceği varsayılarak, bor değerinin 6 mg l^{-1} ye düşürülmesinin başlangıç için yeterli olacağı varsayılmıştır.

$D_{lw}/D_s = 2.0$ bulunur. Buradan yıkama suyu derinliği D_{lw} ; farklı toprak derinlikleri için

$D_t = 20 \text{ cm}$ için, $D_{lw} = 2 \times 20 = 40 \text{ cm}$,

$D_t = 30 \text{ cm}$ için, $D_{lw} = 2 \times 30 = 60 \text{ cm}$

$D_t = 40 \text{ cm}$ için, $D_{lw} = 2 \times 40 = 80 \text{ cm}$ yıkama suyu derinliği bulunur.

Tuz ve bor fazlalığının giderilmesi ve uygulanan yıkama sularının infiltre olması için gerekli süre, denemelerle elde edilen eklenik infiltrasyon eşitliği veya infiltrasyon grafiği kullanılarak ıslah süresi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Z = 9.6228 T^{0.774};$$

$$Z = 40 = 9.6228 T^{0.774};$$

$T^{0.774} = 40/9.6228 = 4.15$ ve buradan; $T_{net} = 6.3$ gün bulunur.

Her yıkamada 10 cm su verileceği ve yıkama uygulamaları arasında 3 gün kuruma dönemi bırakılacağı varsayılarak. $D_t = 20 \text{ cm}$ toprak derinliği için ıslah süresi, T_{isl} ;

$$T_{isl} = T_n + (D_{lw}/10) \times 3 \text{ eşitliği ile}$$

$T_{isl} = 6.3 + (40/10) \times 3 = 6.3 + 4 \times 3 = 18.3$ gün olarak bulunur. Aynı işlemler diğer toprak derinlikleri ile hesaplanarak Çizelge 8'de verilmiştir

Bu durumda üst toprağın 20 cm toprak derinliğinde bor ıslahı için 44 cm yıkama suyu ve 20 gün gerekirken, 40 cm derinlik için, 108 cm su ve 54 gün, 60 cm toprak derinliği için 144 cm yıkama suyu ve 76 gün gerekli olduğu

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

bulunur (Çizelge 9).

Tartışma

Türkiye'nin değişik birçok ovasında yürütülen tarla denemeleri benzer sonuçlar üretmiştir. Bu durumun denemelerin yürütüldüğü toprakların ağır kil bünyeli olmaları ve tuzluluğun yanında yüksek düzeyde değişebilir sodyum içeriğine sahip olmalarından kaynaklandığı söylenebilir (Beyce, 1977; Bahçeci, 1983. Bahçeci, 1984.; Özden ve Ören, 1986; Saatçılar, 1991; Sönmez ve ark., 1996).

Aralıklı göllendirme yöntemi ile yapılan bu deneme ile Burdur yöresindeki tuzlu ve borlu toprakların ıslahının oldukça zaman alıcı ve fazla miktarda suya gerek duyulduğunu göstermiştir. Toprakların ağır bünyeli ve değişebilir sodyum içeriklerinin yüksek olması nedeniyle infiltrasyon hızları çok düşüktür. Bu yüzden uygulanan yıkama

sularının önemli bir bölümü buharlaşma ve yanal sızmalarla kaybolmaktadır. Bu yüzden uygulanan suların tuz ve bor yıkanmasının etkisi azalmaktadır. Parsel alanlarının büyüklüğünün oranında yanal sızmaların oranı küçülecektir. Ayrıca ıslah uygulamalarının sıcak yaz mevsimi yerine, sonbahar ve kış döneminde yapılması buharlaşmanın olumsuz etkisini azaltacaktır.

Sonuç

Başlangıç tuz konsantrasyonunun, dolayısıyla giderilmesi gerekli tuz yüzdesinin yüksek olması nedeniyle, tuz yıkanması için daha fazla suya ve zamana ihtiyaç duyulduğu bulunmuştur. EC_e değeri 4 dS m^{-1} ve bor değeri 2 mg l^{-1} 'ye düşürülmesi hedeflenirse, bu durumda tuz yıkanması için toprak derinliğinin yaklaşık 9 katı su gerekli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 9. Borlu toprakların ıslahı için gerekli yıkama suyu derinliği ve ıslah süresi

D_t cm	B_0	B mg l^{-1}	B/B_0	D_{lw}/D_s	D_{lw} cm	T_n gün	T_{isl} gün
20	11.0	6	0.53	2.2	44	7	20
40	12.0	6	0.50	2.7	108	23	54
60	11.5	6	0.52	2.4	144	33	76

Yani 20 cm derinlik için 180 cm, 100 cm toprak derinliği için 900 cm su gerekli olduğu hesaplanmıştır.

Aynı şekilde bor yıkanması işleminde 20 cm derinlik için $B/B_0=0.15$ bulunur. Buna göre toprak derinliğinin 23 katı su gerektiği hesaplanmıştır. Bu durumda 20 cm toprak derinliği için 460 cm, 100 cm toprak derinliği için 2300 cm su gerekli olduğu hesaplanmıştır. Belirtilen miktarda su ve uzun ıslah süreleri işlemlerin başarısız olmasına neden olacaktır.

Bu yüzden toprak ıslahının başlangıcında daha az toprak derinlikleri ele alınarak, aynı zamanda tuza ve bora dayanıklı bitkilerin

yetişebileceği düzeye kadar yıkama yapılması ve sonraki aşamalarda fitomeditasyonla ıslah çalışmalarının devam edilmesi önerilir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmanın tarla denemelerinde ve laboratuvar analizlerinde emeği geçen Konya TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü çalışanlarına sonsuz şükranlarını sunarlar.

Kaynaklar

Abhilash, P.C., Powell, J.R., Singh, H. B., Singh, B. K. (2012) Plant–microbe interactions: Novel applications for exploitation in multi-purpose

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

- remediation technologies. Trends in Biotechnology, 30(8), 416–420. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.04.004>
<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.04.004>
Amacher,
- Bahçeci, İ. (1983). Aksaray Ovası Tuzlu Sodyumlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu, Islah Maddesi Miktarı ve Islah Süresi. Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No. 97 Rapor Seri No. 69 Konya.
- Bahçeci, İ. (1984). Konya Ereğli Ovası Tuzlu Sodyumlu Borlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu, Islah Maddesi Miktarı ve Islah Süresi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No.115. Rapor Seri No: 89, Konya.
- Beyce, Ö. (1977) Türkiye'nin Bazı Sulama Developman Alanlarındaki Tuzlu ve Sodyumlu Topraklarda Yıkama Suyu ve Islah Maddesi Miktarının Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No.44. Rapor Seri No.25 Ankara
- Bouyoucos, G. S. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 43: 434–448. s.
- Chaturvedi, A. N., Jain, R. K., Garg, V. K. (1987) Afforestation of usersoils—A case study. In R. S. Rana (Ed.), Afforestation of salt-affected soils. International Symposium Paper No. 3 (pp. 163–178). Karnal, India:Central Soil Salinity Research Institute.
- Dagar, J. C., Tomar, O. S., Kumar, Y., Bhagwan, H., Yadav, R. K., Tyagi, N. K. (2006) Performance of some under-explored crops under saline irrigation in a semiarid climate in Northwest India Land Degradation & Development, 17, 285–2, 99. <https://doi.org/10.1002/ldr.712> Das
- Dielman, P.J. (Ed.) (1963) Reclamation of Salt Affected Soils in Iraq. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen. Publication 11. 175 P
- DSİ. (2016). Burdur Havzası Master Plan Nihai Raporu. Ankara: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Dubey, R. K., Dubey, P. K., Abhilash, P. C. (2019) Sustainable soilamendments for improving the soil quality, yield and nutrient contentof Brassica juncea (L.) grown in different agroecological zones of east-ern Uttar Pradesh, India. Soil and Tillage Research, 195, 104418. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104418>
- Edrisi, S. A., El-Keblawy, A., Abhilash, P. C. (2020) Sustainabilityanalysis of Prosopis juliflora (Sw.) DC based restoration of degradedland in North India. Land, 9(2), 59. <https://doi.org/10.3390/land9020059>
- FAO (2021) Global map of salt-affected soils, 20p, Food and Agricultural Organization of the United Nations Rome, Italy.
- Hoffman, G. J. (1986) Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Applied agricultural Research 1 (2):65-72
- Kovda, V. A. (1967) The Use of Drainage To Prevent Salinization of Irrigated Soils. Trans. 3rd. Congress.
- Liu, D., Fang, S., Tian, Y., Dun, X. (2012) Variation in rhizosphere soilmicrobial index of tree species on seasonal flooding land: An in situ rhizobox approach. Applied Soil Ecology, 59,1–11, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.03.014>
- Mishra, A., Sharma, S. D., Khan, G. H. (2002) Rehabilitation of degraded sodic lands during a decade of Dalbergia sissoo plantation in Sultanpur District of Uttar Pradesh, India. Land Degradation & Development, 13,375–386.
- Nielsen, D.R., Biggar, J.W., And Luthin , J.N., 1966. Desalinization of Soils Under Controlled Unsaturated Conditions. Int. Commission on Irrigation And Drainage, 6 th Congress, New Delhi, India
- Oster, J.D., Willardson, L.S. and Hoffman, G.J., 1972. Sprinkling and Ponding Techniques for Reclaiming Saline Soils. Transactions ASCE, 15:1115-1117.

Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi

- Özden, D. M., Ören, E. (1986) Iğdır Ovası Tuzlu Sodyumlu ve Borlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Jips İhtiyacı, Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresinin Saptanması. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No.12. Rapor Seri No. 9 Erzurum
- Pessaraki, M., Szabolcs, I. (1999) Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. In M. Pessaraki (Ed.), Handbook of plant and crop stress (pp. 3–21). New York, NY:
- Reeve, R. C. (1955) The Relations of Salinity To Irrigation and Drainage-Requirement. Trans. 3rd Congr. on Irrigation And Drainage
- Richards, L. A. (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, United States Salinity Staff, Agricultural Handbook 60, *US Department of Agriculture*, Washington DC.
- Saatçılar, M. (1991) Denizli Sarayköy Ovasında Doğal Jips İçeren Tuzlu Sodyumlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresi. Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü. Genel Yayın No.175.Seri No.116. Denizli
- Sharma, P. C., Kaledhonkar, M. J., Immappa, K., Chaudhari, S. K. (2016) Reclamation of waterlogged saline soils through subsurface drainage technology. In ICAR-Central Soil Salinity Research Institute (ICAR-CSSRI), Karnal, Technology Folder 02 (pp. 02–04). Haryana, India: ICAR-Central Soil Salinity Research Institute. <https://doi.org/10.1002/ldr.511>
- Montanarella, S.
- Sönmez, B., A. Ağar, İ. Bahçeci, A. Mavi, A. Yarpuzlu, 1996. Türkiye Çorak Islahı Rehberi. Başbakanlık, KHGM APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No: 98 Rehber No: 12, ANKARA.
- TOPRAKSU (1975) Topraksu İstatistik Bülteni, TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayın No: 305. ANKARA
- Tripathi, V., Edrisi, S. A., Chaurasia, R., Pandey, K. K., Dinesh, D., Srivastava, R., Abhilash, P. C. (2019) Restoring HCHs polluted lands as one of the priority activities during the UN-international decade on ecosystem restoration (2021–2030): A call for global action. *Science of the Total Environment*, 689, 1304–1315. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.444>
- Van Hoorn, J.W. ve Van Alpen, J.G. (1990) “Salinity Control, Salt Balance and Leaching Requirement of Irrigated Soil- 9,” International Course of Land Drainage, Wageningen, the Netherlands.
- Utset, A., Borroto, M. (2001) A modeling-GIS approach for assessing irrigation effects on soil salinisation under global warming conditions. *Agriculture Water Management*, 50, 53–63. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00090-7](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00090-7)

**Burdur Gölü Çevresindeki Tuzlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli
Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi**