



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Tuzlu toprakların yıkanmasının matematiksel modellenmesi

Fariz Mikailsoy *

İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İğdır

Özet

Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yıllık toplam yağış miktarı, aşırı buharlaşma ve yüzeye yakın taban sularının bitki kök bölgesinde birikmesine sebep olduğu çözünabilir tuzların yıkamaya yeterli düzeyde değildir. Bu sebeple, arazi ıslah çalışmalarında topraktaki mevcut olan tuzluluk probleminin bilinmesi ve yıkama sonucundaki tuz değişiminin doğru olarak tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüze kadar söz konusu problemin çözümü ile ilgili pek çok araştırmalar yapılmış olmakla beraber, bu çalışma ile tuzlu toprakların ıslahı, yani yıkama suyunun miktarı, verilme zamanı ve tuz konsantrasyonundaki değişimin tahmini daha geniş boyutlarda incelenmiş ve gerekli yıkama suyu normu formülü bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tuzlu toprak, ıslah, matematiksel modelleme, yıkama normu.

Mathematical modeling of salt leaching of saline soils

Abstract

Salinization is mainly associated with the arid and semi-arid regions, where there is insufficient rain to leach away soluble salts caused by evaporation from the soil and up movement of groundwater. Therefore, present salt concentration in soil profile and accurately estimation of salt variation after leaching are very important for reclamation of salt affected soils. This problem can be solved by clearly understanding of water-salt regime in soils. It is very actual to estimate the salt concentration with mathematical modelling by using the mass transport theory in 'water - soil - plant' ecosystems

Keywords: Saline soil, reclamation, mathematical modeling, washing norm.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Dünyada toplam arazilerin yaklaşık 950 milyon ha'ında tuzluluk problemi mevcut olup bu da tarım yapılan arazilerin yaklaşık % 33'üne eşdeğerdir (Rowel, 1994; Lal ve Stewart, 1990). Tuzlu topraklar genellikle arazi yüzeyine yayılmış veya toprak profilindeki tuz kristalleri ile tanınırlar. Tuzlu topraklarda genellikle Na, Ca, ve Mg 'un klor veya sülfat formundaki tuzları bulunmaktadır. Tuzlu toprakların 25 °C' de saturasyon ekstraktındaki elektriksel iletkenlik (EC) değeri 4 dS/m ve pH< 8.2' dir. Söz konusu topraklarda EC>4 dS / m ve sodyum adsorpsiyon oranı, SAR <15 ise sadece tuzlu; EC>4 dS / m SAR> 15 ise tuzlu-sodyumlu topraklar olarak adlandırılır (Mikayilov ve ark. 1998).

Tuzlaşma; özellikle kurak ve yarı-kurak yani yıllık toplam yağış miktarının toprağın bitki kök bölgesinde birikmiş tuzları yıkamak için yeterli miktarda olmadığı bölgelerde yaygındır. Doğu Anadolu gibi bölgelerde de tuzlulaşmanın kaynağı, aşırı buharlaşma ve taban sularının derin olmamasıdır. Bu sebeple, yörede tuzlu toprakların ıslahı zorunluluk arz etmektedir. Günümüzde tuzlu toprakların ıslahında bilimsel esaslara uygun hesaplama ve modelleme kullanmak büyük önem taşımaktadır. "Su - Toprak" ekosisteminde kütle taşınım teorisi kullanılarak söz konusu tuzluluğun hesaplanması ve tahmin edilebilmesi için matematik modelin yapılması güncel önem taşımaktadır. Ancak, bu güne kadar tuzlu toprakların yıkama suyunun verilme

* Sorumlu yazar:

İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 76000 İğdır

Tel.: 0(505)9688288

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: farizmikayilov@gmail.com

zamanının ve miktarının hesaplanması amacıyla yapılan çalışmaların problemin çözümünde yeterli olmaması sebebiyle bu çalışma tuzlu toprakların ıslahında kullanılacak yöntem ve teorileri daha derin bir şekilde incelenmeyi amaçlamıştır.

Tuzlu toprakların yıkanması için kullanılan yöntemlerin sınıflandırılması

Yıkama suyunun miktarının ve uygulama süresinin hesaplanması, tuzlu toprakların ıslahı teorisinin önemli sorunlarından biridir. Birçok deneysel ve teorik araştırmalardaki temel amaç, yıkama suyu miktarının hesaplanması için bilinen Hidrodinamik yasalara uygun olarak fonksiyonel bir formülün tespit edilmesidir. Dünyada ıslah konusunda çalışan bilim adamları çalışmalarını bu konuya ayırmıştır. Günümüze kadar araştırmacılar pek çok sayıda formül kullanımını önermişlerdir. Tüm bu formüller, elde edilmesine göre üç temel grup altında toplanabilir. Bunlar;

A. Basit-Mantıksal Modeller. Bu gibi modeller, yıkamanın başarısını etkileyen temel faktörleri ayrıntılı bir biçimde göz önüne almadan, topraklarda sadece tuz taşınımını kabaca analiz etmişlerdir. Bu modeller genel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir (Volobuyev, 1948; Kostyakov, 1960; Kovda, 1973; Beybudov, 1977; vb):

$$N_y = (\Pi - W) + Q = N_n + N_v \quad (1)$$

Eşitlikte; $N_n = (\Pi - W)$ – yıkama yapılacak derinlikteki boş olan gözenekleri tamamen dolduracak su miktarı, (m^3 / ha); Π – toprağın su tutma kapasitesi, (m^3/ha); W – yıkamadan önce topraktaki su miktarı, (m^3 / ha); N_v – çözülmüş tuzların taşınması için gerekli su miktarı, (m^3/ha).

N_n değerinin hesaplanması oldukça kolay olmasına rağmen, N_v değerinin bulunması oldukça zordur ve çok sayıda faktörlere bağlıdır. Kostyakov (1960) N_v değerinin bulunmasında aşağıdaki eşitliğin kullanılabileceğini bildirmiştir:

$$N_v = \frac{S_0 - S_t}{k} \quad (2)$$

Eşitlikte; S_0 ve S_t – hesaplanması istenen toprak derinliğindeki yıkamadan önceki ve sonraki tuz miktarı, (ton/ha); k – toprak özelliklerine, yıkanması gereken tuzların miktar ve karakterlerine bağlı katsayıdır.

B. Olasılık Modeller. Bu grup modeller çok sayıda yıkama denemeleri sonuçlarının istatistiksel analizleri sonucundan elde edilirler (Reeve ve ark. 1955; Morozov, 1956; Volobuev, 1959, 1975; Panin, 1962; Haydarov, 1985) ve genel olarak deneysel modeller olarak adlandırılırlar. Bu modellerden ıslah çalışmalarında en çok kullanılanları sırasıyla aşağıda verilmiştir (Reeve ve ark.1955; Volobuev, 1959; Panin,1968; Aydarov, 1985:

$$N_v = \frac{R}{5} \left(\frac{S_0}{S_t} + \frac{3}{4} \right), \quad N_v = \alpha \lg \frac{S_0}{S_t}, \quad N_v = 2,3k \Pi \alpha \lg \left(\frac{S_0}{S_t} \right), \quad N_v = \alpha \left[\lg \left(\frac{S_0}{S_t} \right) + \frac{h}{\mu} \right] \quad (3)$$

Eşitlikte; h , R – yıkanacak toprak derinliği, (m); S_0 ve S_t – yıkamadan önceki ve sonraki ortalama tuz konsantrasyonu, (g/l veya %); Π – tarla kapasitesi (m^3/ha); α ve k – toprakların tuz terkiplerine ve tekstürüne bağlı olan deneysek katsayılarıdır. α – katsayısının ($R=1$ metre için) değerleri Orta Asya ve Azerbaycan'ın tuzlu topraklarında pek çok sayıda yapılan tarla ve laboratuvar denemeleri ile hesaplanmıştır (Volobuev, 1959).

Her iki grup modelde de genellikle sabit bir katsayı (k veya α gibi) vardır ki, onlar da toprağın ve tuzun özelliklerine bağlıdır. Bu sabit katsayılar toprakta su-tuz arasında oluşan çeşitli ilişkileri, tuzların toprak katmanlarında dağılımını ve toprağın (mekanik ve fiziksel-kimyasal) özelliklerini göz önüne almamaktadır. Bu sebeplerden dolayı, söz konusu modellerin yıkamada uygulanabilmesi, sadece bu eşitliklerin ıslah yapılacak toprak şartlarında kullanılması ile mümkün olacaktır.

C. Teorik Modeller. Bu grup modeller Jeokimyasal ve Hidrodinamik metot ve prensiplere dayanarak elde edilirler. Çok sayıdaki laboratuvar ve arazi araştırmaları, teorik incelemeler ve bilimsel edebiyat sonuçları göstermiştir ki, çözülmüş tuzların topraklardan yıkanmasını "Piston hareketi" olayı (A ve B grup modellerde olduğu) gibi ele almak doğru değildir. Toprakta su ve tuzların hareketi bileşik fiziki-kimyasal işlem olarak:

— tuzların topraktaki (sulama ve yeraltı suları da dahil) miktarına ve dağılımına,

- gözeneklerin karakterlerine (tabiat ve niteliğinden),
- gözeneklerdeki suyun hareket hızına,
- çözülmüş tuzların moleküler difüzyon ve konvektif dispersiyonuna,
- toprağın sıvı ve katı fazları arasında oluşan iyon alışverişine ve başka pek çok sayıda faktörlere bağlıdır.

Demek ki, tuzlu toprakların ıslahının daha detaylı olarak bilimsel yönden incelenmesi, teorik modellerin temelleştirilmesi, ancak gözenekli ortamda madde taşınım mekanizmalarının daha derin araştırılması ile belirlenebilir. Bu gün toprak biliminde ortaya çıkan ıslah problemlerini çözmek, matematiksel modelleme kullanmadan mümkün değildir.

Bu amaçla biz, tuzlu toprakların ıslahında kullanılacak yıkama suyu miktarını ve zamanını belirlemede teorik metotlar kullanarak inceleyeceğiz.

Teorik modeller

50. li yıllardan beri tuzlu toprakların ıslahı için gerekli su miktarının ve yıkama zamanının belirlenmesi için jeokimyasal-hidrokinamik yöntemlerin kullanımı ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Tuzların çözünmesini ve taşınımını ifade eden kısmi türevli diferansiyel denklemlerin çeşitli şartlardaki çözümüne dayanarak yıkama suyunu (N_v) ve yıkama zamanını (T) tayin edecek çok sayıda teorik modeller elde edilmiştir (Brenner, 1962; Averyanov, 1978; Verigin, 1979; van Genuchten, 1981; Bresler ve ark.1982; Mikayilov, 2007; van Genuchten ve Wierenga, 1990; Pachepsky, 1990; Jury ve ark. 1991). Genel olarak bu modellerin matematiksel şekli kapalı fonksiyon olarak şu şekilde yazılabilir;

$$N_v = m_0 \cdot R \cdot \tau(R) \quad (4)$$

Eşitlikte; m_0 – yıkanması gereken toprak derinliğinde ortalama etkin porozite (%); R – yıkanacak toprak derinliği(m); $\tau(R)$ – parametresinin değeri aşağıdaki konvektif difüzyon denkleminin

$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta C + \rho b_1 + b_2) = \theta D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \theta v \frac{\partial C}{\partial x} - \theta \mu C, \quad b_1 = k C, \quad \frac{\partial b_2}{\partial t} = -\gamma (C_H - C) \quad (5)$$

tuzlu toprakların yıkanması sürecini en uygun ifade eden başlangıç ve sınır koşulları için bulunmuş ortalama integral çözümünü (Mikayilov, 1985; 1986; 1989; 1997), yani:

$$S_t = S(R, t) = \Phi(R, t, \theta, D, v, \mu, k, \gamma, S_0, S_H, S_{II}) \quad (6)$$

kullanılarak; 1) toprağın daha fazla homojen veya daha fazla heterojen yapıda, 2) taban suyunun toprak yüzeyine yakın veya daha derinde, 3) topraktaki tuzların yıkanmasının: kolay, orta ve zor olmasına bağlı olarak çeşitli eşitliklerden bulunabilir. Örneğin, aşağıdaki eşitlikten (Mikayilov, 2012);

$$\frac{S_t - S_{II}}{S_0 - S_{II}} = \left[\frac{\sin(2\lambda_1) \sin(2a\lambda_1)}{2a(\lambda_1^2 + \eta^2 + \eta)} \right] \exp \left[2a\eta - (\lambda_1^2 + \eta^2) \frac{\tau}{\eta} \right] \quad (7)$$

faydalanarak; taban suyunun toprak yüzeyine yakın olduğu durumda ve topraktaki kolay çözünebilen tuzların daha fazla olduğu şartlarda uygulanacak yıkama suyunun miktarını (N_v) ve yıkanma zamanını (T) hesaplayabiliriz;

$$N_v = \left(\frac{\theta \eta L}{h_1^2 + \eta^2} \right) \left\{ \ln \left(\frac{S_0 - S_{II}}{S_t - S_{II}} \right) + \ln \left[\frac{\sin(2h_1) \sin(2ah_1) \exp(2a\eta)}{2a(h_1^2 + \eta^2 + \eta)} \right] \right\}, \quad T = \frac{N_v}{v} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{vL}{4D}, \quad \tau = \frac{vt}{\theta L}, \quad 0 < a = \frac{R}{L} < 1 \quad (9)$$

Burada S_0 ve S_t – toprağın $[0, R]$ katmanının yıkamadan önce başlangıçtaki ve yıkamadan sonra kabul edilebilir ortalama tuzluluğu (tuza tolerans seviyesi), (%); S_{II} – yıkama suyunun konsantrasyonu, (%); θ – toprağın hacimsel nemi, (%); $\eta = L/4\lambda$ – Pekle parametresi; $D = D_m + \lambda v$ – konvektif difüzyon parametresi, (m²/s); D_m – moleküler difüzyon parametresi, (m²/s); λ – hidrodinamik-dispersiyon parametresi, (m); v – gözeneklerdeki çözeltinin infiltrasyon hızı, (m/s); t – zaman, (s); L – taban suyu derinliği, (m); R – yıkanacak toprak derinliği, (m); h_1 – transendental $\eta \cdot ctgh_1 = h_1$ denkleminin köküdür.

Tablo 1. Farklı η değerleri için $\eta \cdot ctgh_1 = h_1$ denkleminin kökleri

η	h_1	η	h_1	η	h_1	η	h_1
1	2	1	2	1	2	1	2
0,025	0,1575	1,025	0,8681	2,025	1,0806	3,025	1,1947
0,050	0,2218	1,050	0,8757	2,050	1,0843	3,050	1,1969
0,075	0,2705	1,075	0,8831	2,075	1,0879	3,075	1,1990
0,100	0,3111	1,100	0,8903	2,100	1,0915	3,100	1,2011
0,125	0,3464	1,125	0,8974	2,125	1,0950	3,125	1,2033
0,150	0,3779	1,150	0,9044	2,150	1,0985	3,150	1,2053
0,175	0,4065	1,175	0,9112	2,175	1,1019	3,175	1,2074
0,200	0,4328	1,200	0,9178	2,200	1,1052	3,200	1,2094
0,225	0,4573	1,225	0,9244	2,225	1,1086	3,225	1,2115
0,250	0,4801	1,250	0,9308	2,250	1,1118	3,250	1,2135
0,275	0,5015	1,275	0,9370	2,275	1,1151	3,275	1,2154
0,300	0,5218	1,300	0,9432	2,300	1,1183	3,300	1,2174
0,325	0,5410	1,325	0,9492	2,325	1,1214	3,325	1,2193
0,350	0,5592	1,350	0,9551	2,350	1,1245	3,350	1,2212
0,375	0,5766	1,375	0,9609	2,375	1,1275	3,375	1,2231
0,400	0,5932	1,400	0,9665	2,400	1,1306	3,400	1,2250
0,425	0,6092	1,425	0,9721	2,425	1,1335	3,425	1,2268
0,450	0,6244	1,450	0,9776	2,450	1,1365	3,450	1,2287
0,475	0,6391	1,475	0,9830	2,475	1,1394	3,475	1,2305
0,500	0,6533	1,500	0,9882	2,500	1,1422	3,500	1,2323
0,525	0,6669	1,525	0,9934	2,525	1,1450	3,525	1,2340
0,550	0,6801	1,550	0,9985	2,550	1,1478	3,550	1,2358
0,575	0,6928	1,575	1,0035	2,575	1,1506	3,575	1,2375
0,600	0,7051	1,600	1,0084	2,600	1,1533	3,600	1,2393
0,625	0,7170	1,625	1,0132	2,625	1,1560	3,625	1,2410
0,650	0,7285	1,650	1,0180	2,650	1,1586	3,650	1,2427
0,675	0,7397	1,675	1,0227	2,675	1,1612	3,675	1,2443
0,700	0,7506	1,700	1,0272	2,700	1,1638	3,700	1,2460
0,725	0,7611	1,725	1,0318	2,725	1,1664	3,725	1,2476
0,750	0,7714	1,750	1,0362	2,750	1,1689	3,750	1,2492
0,775	0,7813	1,775	1,0406	2,775	1,1714	3,775	1,2508
0,800	0,7910	1,800	1,0449	2,800	1,1738	3,800	1,2524
0,825	0,8005	1,825	1,0491	2,825	1,1763	3,825	1,2540
0,850	0,8097	1,850	1,0532	2,850	1,1787	3,850	1,2556
0,875	0,8187	1,875	1,0573	2,875	1,1810	3,875	1,2571
0,900	0,8274	1,900	1,0614	2,900	1,1834	3,900	1,2586
0,925	0,8359	1,925	1,0653	2,925	1,1857	3,925	1,2601
0,950	0,8443	1,950	1,0692	2,950	1,1880	3,950	1,2616
0,975	0,8524	1,975	1,0731	2,975	1,1902	3,975	1,2631
1,000	0,8603	2,000	1,0769	3,000	1,1925	4,000	1,2646

Sonuç ve öneriler

(7) ve (8) nolu eşitlikler kullanılarak yıkama sonucunda başlangıçtaki tuzluluğun S_0 istenen tuzluluk değerine S_t ulaşması için gerekli yıkama suyu miktarı ve yıkama süresi bulunabilir. Bunun için modelde yer alan $\theta, \lambda, \nu, D, S_0, S_t, S_{II}, S_H, R$ parametrelerinin önceden laboratuvar ve tarla denemeleri ile bulunmuş olması gerekir.

Kaynaklar

- Aydarov IP, 1985. Regulation of water and salt and nutrient regime of irrigated land. Moskova. Agropromizdat, 290 p.
- Averyanov SF, 1978. Sulanan Toprakların Tuzlaşması ile Mücadele (Rusça), Moskova, 300 s.
- Beybudov AK, 1977. Kür-Araz Ovasının Tuzlu Topraklarının İslahının Tecrübe Esasları, Bakü, 180 s.
- Brenner H, 1962. The diffusion model of longitudinal mixing in beds of finite length. Numerical values. Chem. Eng. Sci. 17: 229-243.
- Bresler E, Mc Neal B, Carter DL, 1982. Saline and Sodic Soils. Principle-dynamics- modelling, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 296 s.
- Juri WA, Gardner WR, Gardner WH, 1991. Soil Physics. New York. 328 p.
- Kostyakov AN, 1960. Fundamentals of the Reclamation, Selhozizdat, Moscow, 622 p.
- Kovda VA, 1973. Principles of Pedology [in Russian], 1-2 vols, Moskova, 911 p.
- Lal R, Stewart BA, 1990. Soil degradation. Advance in Soil Science, 11: 225 - 279.
- Mikayilov FD, Acar B, Tufan İ, 1998. Tuzlu Toprakların İslahında Matematiksel Metotların Kullanılması. " Doğu Anadolu Tarım Kongresi", Cilt: II, s. 1460 - 1466 (14-18 Eylül 1998, Erzurum)
- Mikayilov FD, 2007. Determination of Salt-Transport Model Parameters for Leaching of Saturated Superficially Salted Soils. Eurasian Soil Science 40(5): 544 - 554.
- Mikayilov FD, Pachepsky YA, 2010. Average concentration of soluble salts in leached soils inferred from the convective-dispersive equation. Irrigation Science 28(5): 431-434.
- Mikayilov FD, 2012. The analysis of the solution of equations convective diffusion and sols. Eurasian Soil Science 48(4): 408 - 415.
- Pachepskii Ya A, 1990. Mathematical Models of Physicochemical Processes in Soils, Nauka, Moscow, [in Russian].
- Panin PS, 1968. Processes returns in salt leached soil strata. Novosibirsk.: Nauka, 1968. - 303.
- Reeve RC, Pillsbury AF, Wilcox LV, 1955. Reclamation of a saline and high boron soil in the Coachella Valley of California, Hilgardia, 24(4): 69 - 91
- Rowell DL, 1994. Soil Science. Methods and Applications. Longman Scientific and Technical, pp: 277-279.
- van Genuchten, MTh, 1981. Analytical solutions for chemical transport with simultaneous adsorption, zero-order production and first-order decay, J. of Hydrology, 49: 213-233.
- Verigin NN, 1979. Toprakların ve Taban Sularının Tuz Rejiminin Tahminin Metotları(Rusça), Moskova, 336 s.
- Volobuev VR, 1948. Tuzlu Toprakların Yıkanması. Bakü, 147 s. (Rusça),
- Volobuev VR, 1959. Tuzlu Toprakların İslahı. Moskova, Hidroteknika ve Meliorasiya, 12: 18 - 34, (Rusça),
- Volobuev VR, 1975. Tuzlu Toprakların Yıkanmasının Hesaplanması, Moskova, 80 s. (Rusça).
- Volobuev VR, 1983. Regularities of salt leaching from soil. Hydraulic Engineering and Land Reclamation, 7: 66-68.