

ERZURUM'DA KENTSEL ATIK SULARI İLE SULANAN TARIM TOPRAKLARINDA KİMYASAL KİRLENME: I. AZOT, FOSFOR VE POTASYUM DURUMU

Sücaattin KIRIMHAN (1)
M: Turgut SAĞLAM
Saim KARAKAPLAN

ÖZET

Atık suların arazi üzerine verilmesi yüz yıllardır dünyada sürdürülen bir uygulamadır. Atık suların sulama amacıyla kullanılmasında sağlanan önemli yararlar; suyun yeniden kullanılması ve korunması, bitki besin maddelerinin yeniden kullanımı, atık suların yönetiminin daha ucuza yapılması ve tarımda verimin artırılmasıdır. Bu yararlardan en önemli olanlarından biri, bitki beslenmesinde esas olan mikrobeyin maddelerinin olduğu kadar azot, fosfor ve potasyum gibi besin maddelerinin sağlanmasıdır.

Bu makalede, Erzurum'da kentsel atık suları ile sulanan topraklarda toprak profili boyunca azot, fosfor ve potasyum değişimi incelenmektedir.

GİRİŞ

Ülkemizin çoğu yerleşim alanlarında olduğu gibi, Erzurum'da da kentsel atık sularının büyük bir bölümü herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmaksızın tarımsal alanların sulanması amacıyla kullanılmaktadır. Bitki besin maddesi ve organik madde kapsamı oldukça yüksek olan bu atık suların, gübre sıkıntısının bir ekonomik sorun olarak görüldüğü tarımda, girdi olarak kullanılması ülke ekonomisi ve kaynak kullanımı yönünden önemlidir. Ancak, kentsel atık suları içermiş oldukları toksik ağır metaller, deterjanlar ve patojen mikroorganizmalar nedeniyle zaman zaman önemli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Atık suların bu olumsuz yanları, onların tarımsal sulamada kullanılmalarını önemli ölçüde engellemektedir. Bu nedenle, çoğu kez, atık sular doğrudan doğruya değil, belirli bir temizleme işlemine tabi tutulduktan sonra tarım topraklarına verilmektedir.

(1) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak İlimi Bölümü, Erzurum.

Kentsel atık suların temizlenerek yeniden kullanılması veya doğal su kaynaklarının kirlenmesini önlemek amacıyla arıtıldıktan sonra doğal su kaynaklarına boşaltılmaları oldukça pahalı bir işlem olduğundan, atık sular çoğunlukla doğal arıtma yöntemi olarak ifade edilen, topraklara uygulama şeklinde giderilmeğe çalışılmaktadır. Bu nedenle de, atık suların topraklarda meydana getirdiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler ile bitkisel üretime etkileri üzerindeki çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır (Chaney, 1973; Page, 1974; Pratt ve Page, 1976; Page ve Chang, 1978).

Kirli suların topraklar üzerine yayılarak giderilmesi ve sulamada kullanılması, dünya genelinde yüzyıllarca gerilere gider (Metcalf ve Eddy, 1972). Kanalizasyon sularının tarımda kullanılması on altıncı yüzyılda Almanya'da oldukça yaygın olarak uygulanmıştır. Aynı uygulamalara, İngiltere'de, 1800 yıllarının sonuna kadar devam edilmiştir (Wolman, 1977). Kentsel atık suları, A.B. Devletlerinde 1870 yıllarında tarımsal sulamada kullanılmaya başlanmıştır (Harlin, 1980). Diğer ülkelerdeki uygulamalar da, o ülkenin tarihi gelişimine bağlı olarak oldukça eskilere gidebilmektedir.

Atık suların sulamada kullanılması uygulamaları oldukça değişiktir. Bu değişik uygulamaları ortaya koyan nedenler; atık suyun kalitesi, uygulanan suyun miktarı, uygulanmadan önce herhangi bir işleme tabi tutulup tutulmadığı, depolanıp depolanmadığı, sulama yöntemi ve yetiştirilen bitkinin cinsidir (Sullivan, Cohn ve Baxter, 1973). Atık suların kullanıldığı bölgenin iklimi; uygulanan su miktarı, depolama hacmi, bitkinin cinsi ve sulama yöntemi yönünden oldukça önemlidir.

Kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılmasının en önemli iki nedeni, 1. Atık suların giderilmesi, 2. Sulama yolu ile bitkisel üretimin artırılmasıdır (Asana ve Ghirelli, 1980). Birinci neden, atık suların giderilmesinde ucuz bir yöntem olması nedeniyle önem taşır. Ancak, topraklar üzerine, toprağın doğal giderme kapasitesinin üzerinde bir uygulama yapılması halinde, toprağın kendinin yanında, yer üstü ve yeraltı sularının kirlenebileceğini dikkatten uzakta bulundurmamak gerekir. Her toprağın atık su giderme kapasitesi belirli ölçüyü geçemez. Bu nedenle, atık suların fazlalığı ölçüsünde fazla araziye ihtiyaç duyulur. Bu alanların yeterli olmaması durumunda, birim alana daha fazla atık suyun verilmesi ile toprak kirliliği sorunu ortaya çıkar. İkinci nedeni ortaya koyan faktör, tarımsal alanlarda bitkisel üretim için sulama suyuna ve bitki besin maddesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bitkisel üretimi artırmak amacıyla, kentsel atık sularının sulamada kullanılmasına ilişkin olarak pek çok araştırma mevcuttur. Bunlar, özellikle toprak verimliliğinin ve üretim miktarının artırılmasında atık suların önemli katkılarda bulunduğunu ortaya koymaktadır (Sullivan, Cohn ve Baxter 1973). Ayrıca A.B. Devletleri'nde Texaslubbock'ta yapılan bir araştırmada (Wells ve Sweazy, 1977) sulanma-

yan, kimyasal gübre ile takviyeli olarak sulanan ve herhangi bir gübre ilâvesi yapılmadan kentsel atık su ile sulanan üç tarladan alınan ürün miktarları karşılaştırılmış, tane sorgumu, buğday ve pamuk yetiştirilen bu tarlalarda en fazla ürünün kentsel atık su ile sulanan tarladan alındığı görülmüştür. Buna benzer çalışmalar Koerner ve Haws (1979), Stone ve Rowlands (1980), Hossner ve çalışma arkadaşları (1978), Lau (1978), Tietjen ve çalışma arkadaşları (1978), Sanai ve Shayegan (1978), Quinn (1978), McKim (1978), McKim ve çalışma arkadaşları (1979) tarafından da yapılmış ve benzer sonuçlar alınmıştır.

Sunulan bu makale, Erzurum'da kanalizasyon ve et kombinasi atık suları ile sulanan tarım topraklarında, kirli suların toprakların kimyasal kirlenmesi üzerindeki etkilerini inceleyen bir seri araştırmanın bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde, sulanan toprakların profilleri boyunca azot, fosfor ve potasyum yönünden ortaya çıkan değişmeler konu edilmektedir.

MATERYEL VE YÖNTEMLER

Araştırmaya konu olan topraklar, Erzurum'da çok uzun yıllardan bu yana, kanalizasyon ve et kombinasi atık suları ile sulanan ve kombina binasının kuzeyinde yer alan tarım topraklarıdır. Kentsel atık suları karışmadan önce, sulama suyu olarak kullanılan doğal dere boyu, daha sonraları kent kanalizasyonu olarak değerlendirilmiş ve bu uygulama ile temiz sulama suyu kirlenmiştir. Zaman zaman bu kirli su ile sulanan sebzelerle bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek üzere sulamanın önlenmesine çalışılmış ise de, sulama suyu hakları nedeniyle, çiftçinin suları sulama suyu olarak kullanmasının önüne geçilememiştir. Uzun yıllardır bu şekilde sulanan topraklar yörenin verimli toprakları olarak bilinmekte ve üzerinde soğan, patates, lahanaya, havuç, şeker pancarı, turp ve maydanoz gibi bitkiler yetiştirilmektedir.

Kentsel atık sularda sulanan bu topraklarda kimyasal kirlenmeyi ve kirlenmenin derecesini ortaya koyabilmek amacıyla ele alınan çalışmada; toprak örnekleri ayda bir kere, kanalizasyon ve et kombinasi atık suları karışımı ile sulanan tarlalardan ve ayrıca toprak oluşumu yönünden aynı faktörlerin etkisi altında bulunan, ancak herhangi bir su ile sulanmayan hububat-nadas sistemi ile değerlendirilen tarla topraklarından 0-10 cm, 10-30 cm ve 30-60 cm derinlikten alınmıştır. Kanalizasyon ve et kombinasi atık suları karışımı ile sulandığı bilinen tarlalarda örnek alma yerleri işaretlenmiş, toprak örnekleri Mayıs 1980 ayında başlanarak Ekim 1980 ayına kadar ayda bir kere uygun tip toprak burgusu ile alınmıştır. Naylon torbalara konularak etiketlenen toprak örnekleri laboratuvarında, havada kurutulduktan sonra dövülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazır duruma getirilmiştir.

Topraklarda ıslak yakma yöntemiyle organik madde (Smith ve Weldon, 1941), Kjeldahl yöntemiyle toplam azot (Bremner, 1965), Olsen yöntemiyle bitki-

ye yarayışlı fosfor (Knudsen 1975), alev fotometresi ile suda çözüdür potasyum (U.S. Salinity Staff, 1954) analizleri yapılmıştır.

Kanalizasyon ve et kombinası atık sularının karışımı ile sulanan dört ve sulanmayan bir tarla toprağının kimyasal özellikleri arasındaki farklılıkları yer, toprak derinliği ve örnek alma zamanı dikkate alınarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. İstatistiksel analizlerin yapılmasında bölünmüş parseller deneme deseninden yararlanılmıştır (Bliss, 1967).

SONUÇLAR VE TARIřMA

Kanalizasyon ve et kombinası atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan alınan toprak örneklerinde organik madde, toplam azot, bitkiye yarayışlı fosfor ve suda çözüdür potasyum miktarları, sırasıyla, çizelge 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir. Bu değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları da çizelge 5,6,7 ve 8'de gösterilmiştir.

Organik Madde:

Uzun bir süreden bu yana kanalizasyon ve et kombinası atık suları ile sulanan dört tarla toprağının ortalama organik madde miktarları, sulama yapılmayan tarlanın organik madde miktarına oranla daha fazla bulunmuştur. Çizelge 1

Çizelge 1. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde organik madde miktarları, %.

Tarla	Derinlik cm	Z a m a n					
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
A	0 — 10	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
	10 — 30	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	30 — 60	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
B	0 — 10	2,67	1,53	1,48	2,10	1,43	1,43
	10 — 30	2,54	1,40	1,58	1,68	1,88	0,71
	30 — 60	1,94	1,58	1,10	2,13	1,08	2,20
C	0 — 10	3,16	2,24	1,83	2,00	3,10	1,88
	10 — 30	2,47	2,17	1,00	2,60	2,61	0,27
	30 — 60	2,07	1,97	1,27	1,50	1,47	0,90
D	0 — 10	2,98	1,85	1,67	1,68	2,14	0,92
	10 — 30	2,78	1,35	1,28	1,87	1,94	0,38
	30 — 60	1,60	1,10	3,24	1,30	1,14	1,25
E	0 — 10	3,94	2,47	3,97	3,81	2,07	1,20
	10 — 30	4,11	2,28	3,01	3,04	2,61	1,14
	30 — 60	2,31	2,23	1,63	2,30	0,34	1,77

A, herhangi bir sulama uygulaması yapılmayan tarla, B,C,D ve E kentsel atık suları ile uzun süredir sulanan tarlalardır.

de görüldüğü gibi, sulama yapılmayan tarlada 0-60 cm derinlikte ortalama organik madde miktarı % 1,12 iken, atık suları ile sulanan B,C,D ve E tarlalarının topraklarında bu değerler, sırasıyla, % 1,69, % 1,92; % 1,69 ve % 2,46 dir. Atık sular bol miktarda organik madde içerdiğinden bu sonuca ulaşılması normaldir. Tarla ortalamaları olarak, üst kattaki organik madde miktarı % 2,03 iken, bu değer alt katlarda, sırasıyla % 1,72 ve % 1,58 dir. Görüldüğü gibi, üst katta daha fazla olan organik madde miktarı toprak derinleştikçe azalmaktadır. Bunun nedeni, doğal bir filtre olarak, toprağa uygulanan atık sular içerisindeki organik maddenin üst katlarda biriktirilmesidir. Bazı zamanlarda, toprak derinliğine göre bu durumun aksine bir görünüm varsa da, bunun nedeni toprağın oldukça derin olarak işlenmesidir.

Çizelge 2. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde toplam azot miktarı, ppm.

Tarla	Derinlik cm	Z a m a n					
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
A	0 — 10	1134	1134	1134	1134	1134	1134
	10 — 30	1050	1050	1050	1050	1050	1050
	30 — 60	546	546	546	546	546	546
B	0 — 10	1764	1386	966	1470	1134	1176
	10 — 30	1386	1134	966	1260	1554	1386
	30 — 60	966	882	1134	798	714	714
C	0 — 10	1974	1806	2184	1974	2397	2058
	10 — 30	1890	2310	714	1554	2058	1722
	30 — 60	1554	2310	966	1386	1218	882
D	0 — 10	1722	1470	1386	1890	1638	1890
	10 — 30	1722	1470	1470	1554	1890	1848
	30 — 60	1134	1386	2184	1134	1302	882
E	0 — 10	2730	2688	2562	2478	2184	2226
	10 — 30	2898	2604	1974	2226	1638	1554
	30 — 60	1890	2646	1260	2398	630	1134

A, herhangi bir sulama uygulaması yapılmayan tarla,

B,C,D ve E kentsel atık suları ile uzun süredir sulanan tarlalardır.

Organik madde kapsamları açısından tarlalar arasında istatistiksel olarak önemli olan farklılıklar mevcuttur. Öte yandan, tarla topraklarının zamana bağlı olarak içermiş oldukları organik madde miktarları da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek değer, % 2,39 ortalama ile Mayıs ayı örneklerinde elde edilmiştir. En düşük değer ise, örneklenme yapılan en son ay olan ekim ayı örnekle-

Çizelge 3. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde bitkiye yararlı fosfor miktarı, ppm.

Tarla	Derinlik cm	Z a m a n					
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
A	0 — 10	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	10 — 30	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	30 — 60	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
B	0 — 10	5,83	3,33	6,66	2,50	4,16	5,83
	10 — 30	4,16	5,83	2,50	4,16	5,00	8,33
	30 — 60	5,00	4,16	0,80	2,50	4,16	5,83
C	0 — 10	5,00	5,00	2,50	1,66	4,16	1,66
	10 — 30	6,66	4,16	5,83	5,00	5,83	3,33
	30 — 60	4,16	5,00	6,66	4,16	5,00	8,33
D	0 — 10	3,33	1,66	2,50	2,50	1,66	2,50
	10 — 30	0,00	3,33	2,50	8,33	4,16	4,16
	30 — 60	0,00	5,00	2,50	2,50	8,33	0,00
E	0 — 10	6,66	0,80	2,50	4,16	2,50	1,66
	10 — 30	6,66	4,16	2,50	3,33	4,16	4,16
	30 — 60	3,33	4,16	5,00	5,83	7,50	1,66

A, herhangi bir sulama uygulaması yapılmayan tarla,

B,C,D ve E kentsel atık suları ile uzun süredir sulanan tarlalardır.

Çizelge 4. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde suda çözünebilir potasyum miktarı, ppm.

Tarla	Derinlik cm	Z a m a n					
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
A	0 — 10	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
	10 — 30	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
	30 — 60	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
B	0 — 10	24,0	20,5	20,5	17,0	18,0	18,0
	10 — 30	17,5	15,5	15,0	15,0	20,5	16,5
	30 — 60	15,0	18,5	13,0	12,0	9,5	17,5
C	0 — 10	33,0	34,5	22,0	73,5	30,0	23,0
	10 — 30	21,0	27,5	24,5	55,5	20,5	22,0
	30 — 60	25,0	33,5	22,0	25,0	18,0	26,0
D	0 — 10	21,0	36,0	20,0	19,0	23,0	26,5
	10 — 30	14,5	29,5	18,5	19,0	21,0	20,5
	30 — 60	13,0	26,0	23,0	16,5	16,0	13,0
E	0 — 10	26,0	18,0	23,5	33,0	17,5	24,0
	10 — 30	26,0	20,5	50,0	30,0	15,0	21,0
	30 — 60	19,0	20,5	35,0	22,5	12,5	8,0

A, herhangi bir sulama uygulaması yapılmayan tarla,

B,C,D ve E Kentsel atık suları ile uzun süredir sulanan tarlalardır.

Çizelge 5. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde organik madde miktarlarının istatistiksel analiz sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tarlalar	4	16,86	4,215	7,096 ^{xx}
Derinlikler	2	3,11	1,555	2,618
Tarla x Derinlik (Hata)	8	4,75	0,594	3,046 ^{xx}
Zaman	5	12,16	2,432	8,107 ^{xx}
Tarla x Zaman	20	10,17	0,509	1,697
Derinlik x Zaman	10	5,26	0,526	1,753
Tarla x Der. x Zaman	40	7,80	0,195	
Toplam	89	60,11		
Düzeltilme	1	283,80		
Altparcel Hatası	60	17,97	0,300	

xx İstatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli.

Çizelge 6. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde toplam azot miktarlarının istatistiksel analiz sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tarlalar	4	15.699.477	3.924.869	53,818 ^{xx}
Derinlikler	2	5.237.141	2.618.570	35,906 ^{xx}
Tarla x Derinlik (Hata)	8	583.431	72.929	0,871
Zaman	5	1.335.741	267.148	2,258
Tarla x Zaman	20	3.747.577	187.379	1,584
Derinlik x Zaman	10	1.542.312	154.231	1,304
Tarla x Der. x Zaman	40	3.350.213	83.755	
Toplam	89	31.495.891		
Düzeltilme	1	198.972.497		
Altparcel Hatası	60	7.097.790	118.297	

xx İstatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli.

rine aittir (% 1,16). En yüksek değere Mayıs ayında ulaşılmasının nedeni, soğuk ve nemli geçen kış dönemi içerisinde organik maddenin ayrılmayarak mineralizasyonun en düşük olmasına bağlanabilir. Doğal olarak, sıcaklığın etkisi ile ayrışma daha fazla olacağından yaz dönemi boyunca sürekli olarak organik maddenin mineralizasyonu sonucu Ekim ayındaki organik madde miktarı en az bulunmuştur.

Çizelge 7. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde bitkiye yararlı fosfor miktarlarının istatistiksel analiz sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tarlalar	4	109,7	27,43	10,159 ^{xx}
Derinlikler	2	13,7	6,85	0,537
Tarla x Derinlik (Hata)	8	21,6	2,70	0,750
Zaman	5	7,7	1,54	0,429
Tarla x Zaman	20	71,7	3,59	1,000
Derinlik x Zaman	10	1,6	0,16	0,045
Tarla x Der. x Zaman	40	143,9	3,60	
Toplam	89	369,9		
Düzeltilme	1	1.140,7		
Altparsel Hatası	60	215,6	3,59	

xx İstatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli.

Çizelge 8. Kentsel atık suları ile sulanan ve sulanmayan tarlalardan farklı derinlik ve zamanlarda alınan toprak örneklerinde suda çözünebilir potasyum miktarlarının istatistiksel analiz sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tarlalar	4	1.603,4	400,85	5,935 ^x
Derinlikler	2	1.210,8	605,40	8,964 ^{xx}
Tarla x Derinlik (Hata)	8	540,3	67,54	0,063
Zaman	5	634,8	126,96	0,168
Tarla x Zaman	20	2.535,1	126,76	0,168
Derinlik x Zaman	10	388,3	38,83	0,051
Tarla x Der. x Zaman	40	42.843,7	1.071,09	
Toplam	89	49.756,4		
Düzeltilme	1	45.832,9		
Altparsel Hatası	60	45.378,8	756,31	

x İstatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli.

xx İstatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli.

Toplam Azot:

Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları tarlalar arasında % 1 hata düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Atık sular ile sulanan B,C,D ve E olarak belirtilen dört tarlanın toplam azot miktarları, 0-60 cm derinlikte

ortalama olarak, sırasıyla, 1155 ppm, 1720 ppm, 1554 ppm ve 2096 ppm iken, sulama yapılmayan toprakta aynı derinlikte 910 ppm olarak bulunmuştur. Bunun nedeni, kanalizasyon ve et kombinasyonu atık sularının hem organik madde ve hem de suda çözünebilir azot ihtiva etmesidir. Toplam azot miktarının tarla topraklarında derinlikle değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tarla ve zaman ayırımı yapılmaksızın üst 10 cm kalınlığındaki toprak katında toplam azot miktarı ortalama olarak 1732 ppm iken, 10-30 cm derinlikte 1569 ppm ve 30-60 cm derinlikte 1159 ppm dir. Toplam azot miktarının derinliğin artması ile azaldığı açık olarak görülmektedir. Toprağa üstten uygulanan atık suların organik maddelerinin üst katlarda birikmiş olması ve suda çözülmüş olan azotlu bileşiklerin toprakların üst katlarında tutulması bu sonucun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Toprakların organik madde miktarları ile toplam azot miktarları arasında önmlü derecede bir uyum vardır.

Bitkiye Yarayışlı Fosfor:

Bitkiye yarayışlı fosfor miktarları da tarlalar arasında % 1 hata düzeyinde istatistiksel olarak farklı görülmektedir. Tüm toprak örneklerinde ortalama olarak bitkiye yarayışlı fosfor miktarı 3,56 ppm iken, sulama yapılmayan tarla topraklarında 1,66 ppm ve atık sular ile sulanan B,C,D ve E tarla topraklarında, sırasıyla, 4,49 ppm, 4,67 ppm, 3,05 ppm ve 3,93 ppm dir. Fosfor miktarları toprak derinliği ile değişiklik göstermemektedir. Atık sular ile sulanan tarlalardaki fosfor miktarının fazlalığı, toprağa ilâve edilen organik maddenin mineralizasyonuna ve atık sular içerisinde bulunan suda çözünebilir fosforlu bileşiklere bağlanabilir.

Suda Çözünabilir Potasyum:

Toprak örneklerinin suda çözünebilir potasyum içerikleri oldukça değişik bir durum göstermektedir. Tarla topraklarının potasyum içerikleri istatistiksel olarak farklılık göstermesine karşın, bu farklılığın atık sulardan ileri geldiğini söylemek mümkün değildir. Tarla topraklarının suda çözünebilir potasyum miktarları, 0-60 cm derinliğinde ortalama olarak, sırasıyla, 21,8 ppm, 16,9 ppm, 29,8 ppm, 20,9 ppm ve 23,4 ppm dir. Görüldüğü gibi, atık sularla sulanmayan tarla toprağı atık sularla sulanan iki tarla toprağından daha fazla potasyum ihtiva etmektedir. Toprakların genel olarak fazla miktarda potasyum ihtiva etmeleri ve atık sularla eklenen miktarı kapatmaları bunun bir nedeni olarak ileri sürülebilir. Ancak, potasyumun derinlikle değişimi oldukça belirgindir. Üst 10 cm'lik katta ortalama 27,0 ppm olan suda çözünebilir potasyum, alt katlara doğru azalmaktadır. Potasyum miktarı ortalama olarak 10-30 cm'lik katta 22,7 ppm ve 30-60 cm'lik katta 18,0 ppm olarak bulunmuştur. Buna neden olarak, üst kattaki organik madde miktarının fazlalığı yanında, bitki köklerinin toprakta kalması ile bıraktıkları potasyum ileri sürülebilir. Diğer taraftan, atık sular içerisinde bulunan çözünebilir

potasyumun da üst katlarda biriktiği söylenebilir. Potasyum miktarının zamanla değişimi istatistiksel olarak önemli görülmemiştir.

Kanalizasyon ve et kombinasi atık sularının tarımsal alanlarda bitkisel üretim için, hem sulama suyu ve hem de gübre olarak kullanılması hiç kuşkusuz, gerek kaynak tasarrufu ve gerekse ekonomik yönden önemli ölçüde yarar sağlamaktadır. Bu şekilde sulanan toprakların organik madde, azot ve fosfor bakımından atık sularla sulanmayan topraklara oranla daha fazla olmaları, bu yararlı etkiyi oldukça açık olarak ortaya koymaktadır. Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki gelişmeye paralel olarak, bitkisel üretim miktar ve kalitesinde de önemli ölçüde artışlar izlenebilmektedir. Ancak, kanalizasyon sularının tarım topraklarının sulamasında kullanılmasını sınırlayan bazı faktörler vardır. Bunların başında, kentsel atık suları içerisinde aşırı miktarda bulunan patojen mikroorganizmalar gelmektedir. Doğrudan doğruya su ile bitkiye veya topraktan bitkiye bulaşan zararlı mikroorganizmalar özellikle pişirilmeden çiğ olarak tüketilen bitkilerle bulaşmakta ve hastalıkların yayılmasına neden olmaktadır (Lund, 1980 a; Lund 1980 b). Araştırma topraklarında mikrobiyolojik kirlenmenin saptanması amacıyla yapılan iki çalışmada, toprakların patojen mikroorganizmalarla aşırı derecede bulaşmış olduğu ortaya konulmuştur (Özçelik, 1980; Hasenekoğlu, 1981).

Diğer taraftan, kanalizasyon suları az da olsa ağır metaller ihtiva etmektedirler. Bunların zamanla toprakta birikmeleri bitkilere geçmelerine neden olacak, gıda zinciri içerisinde insan vücudunda birikerek zararlı olabileceklerdir (Asano, 1980). Bu nedenle araştırma topraklarındaki ağır metal birikiminin de araştırılması gerekeceğinden, bir sonraki makalede bu konu açıklığa kavuşturulacaktır.

Sürekli olarak kentsel atık suları ile sulanan toprakların altında yer alan yeraltı sularının da kirlenmesi sorunu vardır. Bu nedenle özellikle nitrat yikanması üzerinde durulması zorunludur. Bu amaçla, bir başka makalede, araştırma topraklarının nitrat kirlenmesi üzerine etkisi belirtilecektir.

Ağır metal birikimi ve nitrat kirlenmesi yönünden önemli bir sorun görülmediği takdirde, atık suların kimyasal madde ilavesi ile zararlı mikroorganizmalardan arındırılarak tarımsal sulamada kullanılmasına devam edilmesi önerilebilecektir.

THE CHANGING OF NITROGEN, PHOSPHOROUS, AND POTASSIUM IN THE SOILS AFFECTED BY WASTEWATER IRRIGATION AT ERZURUM

SUMMARY

The practice of applying wastewaters from human habitations to the land has been practiced throughout the world for hundreds of years. Several major

benefits of wastewater irrigation have been recognized including water re-use and conservation, plant nutrient recycling, less costly method for managing wastewater, and increased agricultural productivity. One of the most tangible benefits of wastewater irrigation is the recycling of the plant nutrients of nitrogen, phosphorous, and potassium, as well as other micronutrients which are essential for healthy plant growth.

This paper presents the changing of the nitrogen, phosphorus, and potassium in the soil profiles with the long term effects of applying municipal wastewater (on the agricultural soils at Erzurum).

KAYNAKLAR

1. Asano, T., R. P. Ghirelli. 1980. "Wastewater reuse for groundwater recharge and irrigated agriculture". In: *Seminar on Health Aspects of Treated Sewage Re-Use*, Algiers 1-5 June 1980.
2. Bliss, C. I. 1947. "*Statistics in Biology*" Vol. I, 558 pp. McGraw-Hill Book Company, New York.
3. Bremner, J. M. 1965. "Total nitrogen" In: C.A. Black (Ed.) *methods of Soil Analysis*, part 2 *Agronomy* 9: 1149-1178 Amer Soc. Agron. Madison, Wisconsin, U.S.A.
4. Chaney, R. L. 1973. "Crop and food chain effects of toxic elements in sludges and effluents". *Proc. of the Joint Conf. Recycling Municipal sludges and Effluent on land*. U.S. EPA U.S. Dept. of Agriculture and the National Association of State Universities and Land-Grant Colleges, July 9-13, 1973, Champaign, Illinois.
5. Harlin, C.C. 1980. "Re-use of municipal wastewater in agriculture". In: *Seminar on Health Aspects of Treated Sewage Re-Use*, Algiers, 1-5 June 1980.
6. Hasenekoğlu, İ. 1981. "Erzurum Et Kombinası civarındaki kirlenmiş toprakların mikrofungus populasyonu". Atatürk Üniversitesi Fen. Fakültesi, *Biyoloji Kongresi*, 12-14 Haziran 1981.
7. Hossner, L.R. et al. 1978. Sewage disposal on agricultural Soils: Chemical and Microbiological Implications". Vol. 1. *Chemical Implications*. EPA-600/2-78-131 a. Ada, Oklahoma, U.S. EPA, RSKERL, 131 pp.
8. Koerner, E. L., and D. A. Haws. 1979. "Long-term effects of land application of domestic wastewater. Roswell, New Mex co, slow rate irrigation site". EPA-600/2-79-047, Ada, Oklahoma, U.S. EPA, RSKERL, 181 pp.

9. Knudsen, R. 1975. "Recommended phosphorous soil tests" In: *Recommended Chemical Soil Test Procedure*. North Central Regional Publ. 221.
10. Lau, L. S. 1978. "Land treatment and re-use of sewage effluent by irrigation: A perspective for Hawaii". *Technical Report MCD-09*, Washington, D. C., US.EPA, 45 pp.
11. Lund, E. 1980 a. "Health problems associated with the re-use of sewage: I. Bacteria". In: *Seminar on Health Aspects of Treated Sewage Re-Use*, Algiers, 1-5 June 1980.
12. Lund, E. 1980 b. "Health problems associated with the re-use of sewage: III. Protozoa and helminths". In: *Seminar on Health Aspects of Treated Sewage Re-Use*, Algiers, 1-5 June 1980.
13. McKim, M. L. 1978. "International symposium on land treatment of wastewater proceedings". Hanover, NH, August 1978, Vol I, 429 p., Vol II, 421 p.
14. McKim, H. L., T. F. Jenkins, J. Bartel and A. J. Flalazzo. 1979. "International and national developments in land treatment on wastewater". A *technology Transfer Seminar on Effluent Irrigation Under Prairie Conditions*, Regina, Saskatchewan, January 24-25, 1979.
15. Metcalf and Eddy, Inc. 1972. *Wastewater Engineering: Collection. Treatment Disposal*". New York. McGraw-Hill Book Company, 782 pp.
16. Özçelik, S. 1980. "Erzurum'da kanalizasyon suları ile sulanan topraklarda mikrobiyal kirlenme". TÜBİTAK-VII *Bilim Kongresi Çevre Araştırma Grubu*, 3-7 Kasım, 1980, İstanbul.
17. Page, A.L. 1974. Rate and effects of trace elements in sewage sludges when applied to agricultural lands. U.S. *EPA Technology Series EPA-670/Z-74-005*.
18. Page, A. L., and A.C. Chang. 1978. "Trace elements impact on plants during cropland disposal of sewage sludges". In: *Fifth National Conference on Acceptable Sludge Disposal Techniques*, January 31-February 2, 1978, Orlando, Florida, p. 91-96.
19. Pratt, P. F., and A.L. Page. 1976. "Leachate from applications of fertilizers, manures and sewage sludges to land". In: *Disposal of Residues on land*. Information Transfer Inc, Rockville, MD, pp. 59-68.
20. Quinn, B.F. 1978. "Surface irrigation with sewage effluent in New Zealand: a Case study". In *Proceedings of International Conference on Developments in Land Methods of Treatment and Utilization*, Melbourne, Australia, 23-27 October, 1978.

21. Sanai, L. and j. Shayegan. 1978. "Water pollution control through land disposal of secondary-treated wastewater effluents". *International Symposium on Land Treatment of Wastewater Proceedings*, Hanover, NH, August 1978, Vol I, p. 231-239.
22. Smith, H.W. and M.D. Weldon, 1941. "A comparison of some methods for the determination of soil organic matter". *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 5; 177-182.
23. Stone, R., and J. Rowlands. 1980. "Long-term effects of land application of domestic wastewater. Camarillo, California," Ada, Oklahoma, U.S. EPA, RSKERL, 262 pp.
24. Sullivan, R. H., M.M. Cohn, and S.S. Baxter. 1973. "Survey of facilities using land application of wastewater". EPA-430/9-73-006, Washington, D.C., U.S. EPA, 377 pp.
25. Tietjan, C., A. Bramm, N. El-Bassam and H.O. Fleer. 1978. "Land treatment of wastewater in Branschweig and in Wolfsburg, Germany". *International Symposium on Land Treatment of Wastewater Proceedings*, Hanover, NH, August 1978, Vol I, p. 221-229.
26. U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. "Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils". USDA *Handbook* No. 60, U.S.A.
27. Wells, D.M. and R.M. Sweazy, 1977. Effluent re-use in Lubbock. In: Land as a Waste Management Alternative. Proc. of 1976 *Agricultural Waste Management Conf.* Raymond C. Lochr, ed. Ann Arbor, Michigan, Ann, Arbor Science Pup., 451.
28. Wolman, A. 1977. "Public health aspects of land utilization of wastewater effluents and sludges". *Journal WPCF.* 49, 2211.