

ERZURUM'DA KENTSEL ATIK SULAR İLE SULANAN TARIM TOPRAKLARINDA KİMYASAL KİRLENME: II. TOPRAKTA VE BİTKİDE AĞIR METAL BİRİKİMİ

Sücaattin KIRIMHAN 1
M. Turgut SAĞLAM 2
Saim KARAKAPLAN 3

ÖZET

Erzurum'da kentsel atık sular ile sulanan topraklarda ağır metal birikimini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmada, bu sularla sulanan ve sebze tarımı amacıyla kullanılan topraklardan 0-10 cm, 10-30 cm ve 30-60 cm derinliklerden örnekler alınarak Co, Cu, Fe, Mn ve Zn analizleri yapılmıştır.

Atık sular içerisinde eser miktarda bulunan kobalt'ın toprakta birikmediği, DTPA'da çözünebilir Cu, Fe, Mn ve Zn gibi metallerin kontrole oranla önemli miktarda biriktiği ortaya konulmuştur.

Kirli sularla sulanan topraklar üzerinde yetiştirilmekte olan lahana bitkisinde yapılan analizlerde, topraktaki birikimlerine bağlı olarak yaprak dokularında da ağır metal birikimi görülmüştür.

Ağır metal birikimi bugünkü durumuyla bitki gelişmesini etkileyecek düzeye ulaşmamıştır. Ağır metal birikimine bağlı olarak meydana gelebilecek sağlık sorunlarını ortaya koyabilmek amacıyla, bu konudaki çalışmalara devam edilmesi gerekmektedir.

GİRİŞ

Kentsel atık suların tarımsal topraklar üzerindeki yararlı etkilerinin yanında zararlı etkilerinin de bulunduğu uzun zamandan beri bilinmektedir. Atık sularla toprağa eklenen bitki besin maddeleri ve organik madde, bitkisel üretimi artırmakta

1 Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi (Doç. Dr.)

2 Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi (Prof. Dr.),

3 Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi (Doç. Dr.), Erzurum.

ve toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir. Ancak, bu yararlı maddelerle birlikte endüstriyel kimyasal maddeler, hastalık yapıcı virus, bakteri ve parazitler, değişik cins ve miktardaki tuzlar ve ağır metaller gibi zararlı olan maddeler de atık suların içerisinde bulunmaktadır.

Kentsel atık sular içerisinde çözülmüş olarak veya katı maddelere bağlı olarak bulunan ağır metaller, zamanla toprakta birikerek bitkilerin gelişmesi engellediklerinden ve bitkide depolanarak gıda zinciri içerisinde hayvan ve insanların sağlıklarını olumsuz yönde etkilediklerinden uzun yıllar boyunca araştırmalara konu olmuştur (Chaney, 1973; Page, 1974). Tarla ve sera koşullarında yapılan çalışmalarda, atık sular içerisinde bulunan bakır, nikel ve çinko'nun toprakta bitki gelişmesini engelleyecek miktarda biriktiği görülmüştür. Topraklardaki çinko'ya oranla, bakır'ın iki kat, nikel'in de sekiz kat dahafazla etkili olduğu ortaya konulmuştur (Patterson, 1971; Chumbley, 1971; Webber, 1972). Toprak pH'sının 6,5 olduğu durumlarda, bu üç metalin etkisi $Zn+2$ $Cu+8$ Ni olacak şekilde toplam olarak 250 µg/g olduğunda, bitkisel üretim için olumsuz yönde etkili olmaktadır. Toprak asitliği arttıkça bu olumsuz etki artış göstermektedir. Bu metallerin yanında kadmiyum'un bitkiler için daha toksik olduğu ortaya konulmuş ve bitkiler için toksiklik sırası Cd, Ni, Cu ve Zn olarak belirtilmiştir (Mitchell ve çalışma arkadaşları, 1978).

Kentsel atık suların arıtılmasında elde edilen katı maddenin toprağa uygulanması ile yapılan bir çalışmada, sonuçlar çoklu regresyon analizi ile incelenmiş ve metal kombinasyonlarının bitkisel üretim üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Dörtlü Cr-Cu-Ni-Zn interaksyonunun yanında, Cu-Zn ikili interaksyonunun da bitkisel üretimi önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. (Cunningham ve çalışma arkadaşları, 1975). Benzer şekilde yürütülen diğer bir çalışmada, pH'sı 5,2 olan bir toprakta, kireç verilmeden ve kireçleme yapılarak Cd, Cu, Ni ve Zn gibi metallerin buğdayda tane verimine etkisi araştırılmıştır. Verimi en fazla azaltan metal uygulaması asit toprakta Cd-Cu-Ni-Zn intraskiyonu uygulaması olmuştur. Kireçlenmiş toprakta, aynı metallerin etkisiyle daha fazla verim sağlanmıştır (Bingham ve çalışma arkadaşları, 1979).

Dört yıl süreli tarla ve bir yıl süreli sera çalışması ile sürdürülen bir çalışmada, kirli su arıtma tesislerinde ayrılmış olan katı madde ile gübrelenen topraklarda ağır metal birikiminin bitkisel üretim üzerindeki etkisi konu edilmiştir (Hyde ve çalışma arkadaşları, 1979). Sıvı halde, mineralize olmuş atık madde, yıllık olarak 7,5-15-30-45 ve 60 ton/ha miktarında, dört yıl süre ile topraklara verilmiştir. Bu süre içerisinde mısır bitkisinde kadmiyum, bakır, nikel ve çinko miktarında az miktarda artış olmuş, ancak bu artış mısır bitkisinde ürünü etkilememiştir. Toprakta en fazla birikim çinko'da görülmüştür.

Toprakta biriken metaller zamanla bitkilerin dokularında depolanmakta ve gıda zinciri içerisinde hayvan ve insan sağlığını etkilemektedir. Bunun en önemli

örneğini kadmiyum oluşturmaktadır. Bu nedenle kadmiyum'un topraklardaki birikimi üzerinde önemle durulmaktadır (Page ve Bingham, 1973).

Ağır metallerin toprakların alt katlarına doğru su ile taşınması da araştırmalara konu olmuştur. Özellikle su kirliliği yönünden üzerinde durulan araştırmalarda, toprağa atık sularla eklenen ağır metallerin alt katlara doğru hareketi izlenmiştir (Page, 1974; Bouwer ve Chaney, 1974; Boswell, 1975; Lund ve çalışma arkadaşları, 1976).

Erzurum'da kanalizasyon ve et kombinasi atık suları ile sulanan tarım topraklarında, kirli suların toprakların kimyasal kirlenmesi üzerindeki etkisini inceleyen bir seri araştırmanın ikinci bölümünü oluşturan bu makalede, sulanan toprakların profilleri boyunca Co, Cu, Fe, Mn ve Zn yönünden ortaya çıkan değişmeler konu edilmektedir.

MATERYAL VE METOD

Erzurum'da uzun yıllardan bu yana kanalizasyon ve et kombinasi atık suları ile sulanan ve sebze yetiştiriciliğinde kullanılan topraklar, araştırmaya konu olarak seçilmiştir. Toprak oluşumu yönünden aynı faktörlerin etkisi altında bulunan, fakat herhangi bir su ile sulanmayan ve hububat-nadas sistemi ile değerlendirilen tarım toprakları araştırmada kontrol olarak ele alınmıştır. Kirli sularla sulanan ve sulama uygulaması yapılmayan topraklardan ayda bir kez olarak 0-10 cm, 10-30 cm ve 30-60 cm derinliklerden örnekler alınmıştır (Kırımhan ve çalışma arkadaşları, 1982).

Kanalizasyon ve et kombinasi atık sularının kimyasal özelliklerini belirlemek üzere, bu sulardan da aylık örnekler toplanmıştır. Alınan örnekler analiz edilinceye kadar buzdolabında dondurularak muhafaza edilmiştir.

Kirli sularla sulanan topraklar üzerinde yetiştirilmekte olan lahana bitkisinden, olgunlaşma döneminde yaprak örnekleri alınmış, önce havada ve daha sonra etüvde kurutularak öğütülmüş ve analiz edilinceye kadar ağız kapalı renkli şişelerde, buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Kirli sularda, toprak ve bitki örneklerinde Co, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarları atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile tayin edilmiştir. Suda çözülmüş metaller doğrudan doğruya analiz edilmiş, ayrıca toprak örnekleri dietilentriaminpentasetik asit (DTPA) çözeltisinde ekstrakte edildikten sonra, süzük analize tabi tutulmuştur. Bitki örnekleri nitrik ve perklorik, asitle yaş yakmaya tabi tutularak analiz edilmiştir (Ganje ve Page, 1974; Lindsay, 1972).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Değişik zamanlarda toplanan ve analiz edilen et kombinasi kanalizasyon atık sularındaki ortalama bakır, kobalt, mangan, demir ve çinko miktarları Çizelge

1'de verilmiştir. Her iki atık su örneğinde kobalt'ın çok az miktarda bulunduğu, demir ve bakır miktarının çinkoya oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca, et kombinasi atık suları, kesilen hayvanlara ait kandan dolayı daha fazla demir ihtiva etmektedir.

Çizelge 1. Et Kombinasi ve Kanalizasyon Atık Sularında Suda Çözünbilir Ortalama Co, Cu, Mn, Fe ve Zn Miktarı, ppm.

| Metaller | Et Kombinasi Atık Suyu | Kanalizasyon Suyu |
|----------|------------------------|-------------------|
| Co | Eser | Eser |
| Cu | 0,13 | 0,14 |
| Mn | 0,03 | 0,02 |
| Fe | 0,38 | 0,08 |
| Zn | 0,03 | 0,01 |

Hububat-nadas sistemi ile değerlendirilen kontrol tarlası (A) ve kanalizasyon-et kombinasi atık suları ile sulanan dört farklı tarladan (B,C,D,E) aylık olarak alınan toprak örneklerindeki Co, Cu, Mn, Fe ve Zn'un ortalama miktarları, toprak derinliklerine göre, sırasıyla, Çizelge 2,3,4,5 ve 6'da gösterilmiştir.

Kirli sularla sulanan topraklardaki suda çözülmüş ve DTPA'da çözülmüş kobalt miktarı ile kontrol olarak alınan topraklardaki kobalt miktarı arasında farklılık görülmemiştir (Çizelge 2). Atık sularla sulanmasına rağmen bu tarla topraklarında kobalt birikmemesi kirli sulardaki kobalt miktarının eser seviyede olmasına bağlanabilir.

Çizelge 2. Kentsel Atık Sularla Sulanan ve Sulanmayan Tarhalardan Farklı Derinliklerden Alınan Toprak Örneklerindeki Ortalama Co Miktarı, ppm.

| Tarla | Derinlik, cm | Suda Çözülmüş, ppm | DTPA'da Çözülmüş, ppm |
|-------|--------------|--------------------|-----------------------|
| A | 0-10 | 0,15 | 0,40 |
| | 10-30 | 0,25 | 0,40 |
| | 30-60 | 0,28 | 0,30 |
| B | 0-10 | 0,17 | 0,33 |
| | 10-30 | 0,11 | 0,25 |
| | 30-60 | 0,14 | 0,28 |
| C | 0-10 | 0,13 | 0,37 |
| | 10-30 | 0,09 | 0,42 |
| | 30-60 | 0,07 | 0,38 |
| D | 0-10 | 0,18 | 0,38 |
| | 10-30 | 0,20 | 0,29 |
| | 30-60 | 0,13 | 0,37 |
| E | 0-10 | 0,13 | 0,36 |
| | 10-30 | 0,09 | 0,40 |
| | 30-60 | 0,14 | 0,33 |

Genel olarak, DTPA'da çözünmüş kobalt miktarı suda çözünmüş kobaltın iki katı kadardır.

Kontrol olarak alınan tarlaya ait toprak örneklerinde, suda çözünmüş ve DTPA'da çözünmüş Cu miktarı, atık sularla sulananlara oranla daha azdır. Bu durum, atık sular aracılığı ile topraklara Cu taşınarak biriktirildiğini göstermektedir. Çizelge 3'de dikkati çeken diğer önemli bir husus, atık sularla sulanan topraklarda Cu birikiminin yüzey topraklardakine oranla derinlerde daha fazla olmasıdır. Bakır birikiminin en fazla olduğu topraklar E ve C tarlalarının topraklarıdır.

Çizelge 3. Kentsel Atık Sularla Sulanan ve Sulanmayan Tarlalardan Farklı Derinliklerden Alınan Toprak Örneklerinde Ortalama Cu Miktarı, ppm.

| Tarla | Derinlik, cm | Suda Çözünmüş, ppm | DTPA'da Çözünmüş, ppm |
|-------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| A | 0-10 | 0,00 | 0,40 |
| | 10-30 | 0,00 | 0,60 |
| | 30-60 | 0,03 | 0,40 |
| B | 0-10 | 0,05 | 2,58 |
| | 10-30 | 0,03 | 3,53 |
| | 30-60 | 0,04 | 3,92 |
| C | 0-10 | 0,09 | 3,33 |
| | 10-30 | 0,05 | 3,82 |
| | 30-60 | 0,03 | 4,38 |
| D | 0-10 | 0,04 | 2,63 |
| | 10-30 | 0,03 | 3,31 |
| | 30-60 | 0,04 | 3,90 |
| E | 0-10 | 0,10 | 2,80 |
| | 10-30 | 0,09 | 3,63 |
| | 30-60 | 0,10 | 4,53 |

Demir miktarı, kirli sularla sulanan topraklarda önemli bir artış göstermiştir.

Gerek suda çözünmüş ve gerekse DTPA'da çözünmüş demir miktarındaki artış, atık sularla demir biriktirildiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4). Özellikle et kombinası atık suları içerisindeki demir bu birikimin kaynağını oluşturmaktadır. Demir birikiminin en fazla olduğu topraklar, DTPA'da çözünmüş demir olarak, sırasıyla E (21,8 ppm) ve C (11,7 ppm) tarlalarının topraklarıdır.

Mangan birikimindeki durum demir için verilen duruma benzerdir. Kontrol topraklara oranla kirli sularla sulanan topraklarda 2-5 kat daha fazla mangan tesbit edilmiştir. Bu birikimin toprak derinliği ile değişmediği de görülmektedir (Çizelge 5). Mangan birikiminde de, DTPA'da çözünmüş mangan olarak, ortalama 9,7 ppm ile E tarlası toprakları ilk sırayı almaktadır. İkinci sırada, 5,0 ppm ile C tarlası toprakları bulunmaktadır.

Çizelge 4. Kentsel Atık Sularla Sulanan ve Sulanmayan Tarlalardan Farklı Derinliklerden Alınan Toprak Örneklerinde Ortalama Fe Miktarı, ppm.

| Tarla | Derinlik, cm | Suda Çözünmüş, ppm | DTPA'da Çözünmüş, ppm |
|-------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| A | 0-10 | 0,00 | 1,40 |
| | 10-30 | 0,05 | 2,00 |
| | 30-60 | 0,00 | 1,40 |
| B | 0-10 | 0,05 | 3,75 |
| | 10-30 | 0,13 | 4,75 |
| | 30-60 | 0,13 | 5,02 |
| C | 0-10 | 1,03 | 10,90 |
| | 10-30 | 0,68 | 14,80 |
| | 30-60 | 0,19 | 9,30 |
| D | 0-10 | 0,19 | 8,23 |
| | 10-30 | 0,29 | 9,52 |
| | 30-60 | 0,33 | 9,57 |
| E | 0-10 | 1,25 | 23,18 |
| | 10-30 | 1,37 | 29,26 |
| | 30-60 | 1,26 | 12,83 |

Çizelge 5. Kentsel Atık Sularla Sulanan ve Sulanmayan Topraklardan Farklı Derinliklerden Alınan Toprak Örneklerinde Ortalama Mn Miktarı, ppm.

| Tarla | Derinlik, cm | Suda Çözünmüş, ppm | DTPA'da Çözünmüş, ppm |
|-------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| A | 0-10 | 0,18 | 1,02 |
| | 10-30 | 0,00 | 1,68 |
| | 30-60 | 0,27 | 0,96 |
| B | 0-10 | 0,10 | 2,07 |
| | 10-30 | 0,17 | 2,28 |
| | 30-60 | 0,07 | 2,20 |
| C | 0-10 | 0,97 | 5,70 |
| | 10-30 | 0,57 | 5,33 |
| | 30-60 | 0,15 | 4,06 |
| D | 0-10 | 0,41 | 3,80 |
| | 10-30 | 0,65 | 3,68 |
| | 30-60 | 0,37 | 4,14 |
| E | 0-10 | 0,49 | 8,50 |
| | 10-30 | 0,24 | 11,66 |
| | 30-60 | 0,46 | 8,86 |

Kontrol topraklarındaki suda çözülmüş çinko ile kirli sularla sulanan topraklardaki suda çözülmüş çinko arasında önemli bir farklılığın olduğunu söylemek mümkün değildir. Ancak, DTPA'da çözülmüş çinko miktarı, kontrole oranla atık sularla sulanan topraklarda 8-10 katlık bir artış göstermiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kentsel Atık Sularla Sulanan ve Sulanmayan Topraklardan Farklı Derinliklerden Alınan Toprak Örneklerinde Ortalama Zn Miktarı, ppm.

| Tarla | Derinlik, cm | Suda Çözülmüş, ppm | DTPA'da Çözülmüş, ppm |
|-------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| A | 0-10 | 0,01 | 0,6 |
| | 10-30 | 0,03 | 0,4 |
| | 30-60 | 0,02 | 0,4 |
| B | 0-10 | 0,01 | 3,5 |
| | 10-30 | 0,02 | 3,9 |
| | 30-60 | 0,03 | 3,1 |
| C | 0-10 | 0,03 | 4,6 |
| | 10-30 | 0,03 | 5,8 |
| | 30-60 | 0,02 | 3,5 |
| D | 0-10 | 0,03 | 6,2 |
| | 10-30 | 0,02 | 8,7 |
| | 30-60 | 0,03 | 6,4 |
| E | 0-10 | 0,12 | 6,2 |
| | 10-30 | 0,05 | 7,4 |
| | 30-60 | 0,07 | 3,3 |

Kentsel atık sularla sulanan topraklar üzerinde yetiştirilmekte olan lahana bitkisinin yapraklarında bulunan Co, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarları da Çizelge 5'de verilmiştir.

Genel olarak topraklardaki ağır metal birikiminin en fazla olduğu tarlalar E ve C tarlalarıdır. Kesin kayıtlar bulunmamasına rağmen, bu tarlaların B ve D tarlalarına oranla daha uzun zamandan beri atık sularla sulanmakta olduğunu veya daha çok et kombinasyonu atık suları ile sulandığını söylemek mümkündür.

Çizelge 7. Kentsel Atık Sularla Sulanan Topraklarda Yetiştirilen Lahana Bitkisinin Yapraklarındaki Co, Cu, Fe, Mn ve Zn Miktarı, ppm.

| Tarla | Co | Cu | Fe | Mn | Zn |
|-------|------|------|-------|------|------|
| B | Eser | 1,87 | 131,3 | 16,5 | 12,8 |
| C | Eser | 3,81 | 200,0 | 31,8 | 14,5 |
| C | Eser | 3,22 | 168,8 | 30,7 | 14,5 |
| D | Eser | 3,81 | 175,0 | 17,3 | 19,0 |
| E | Eser | 3,81 | 181,3 | 17,3 | 19,0 |

Çizelge 7'de görüldüğü gibi, lahanaya bitkisinin yapraklarında bir kobalt birikimi mevcut değildir. Bu metal atık su içerisinde eser miktarda bulunduğu için toprakta birimi de görülmemiştir. Ancak, sırasıyla, yaprakta Fe, Mn, Zn ve Cu birikimi, topraktaki birikim miktarlarına benzer şekilde olmuştur.

A.B. Devletlerinde Kaliforniya eyaletinde yapılan bir çalışmada (Chang ve Page, 1980), atık suların tarımsal alanlarda sulama suyu olarak kullanılmasını sınırlayan en önemli faktörün, suların ihtiva ettiği ağır metallerin miktarı olduğu ifade edilirken, uzun süreli uygulamalarda sulama-suyunda bulunabilecek en yüksek dozlar As 0,1 ppm, B 0,75 ppm, Cd 0,01 ppm, Cr 0,1 ppm, Cu 0,2 ppm, Pb 5,0 ppm, Mo 0,01 ppm, Ni 0,20 ppm, Se 0,02 ppm ve Zn 2,0 ppm olarak verilmiştir.

Page ve Chang (1978) tarafından yapılan bir çalışmada, Eylül 1975-Haziran 1977 ayları arasında 180 ton/ha olarak toprağa verilen atık su katı maddesinin topraklardaki Cr, Cu, Pb ve Zn miktarını önemli miktarda artırdığı görülmüştür. Ağır metal birikimi toprağın üst katlarında daha fazla olmuştur.

Özellikle sebze bahçelerinde kanalizasyon suyu ile sulamanın önemli sağlık sorunlarına neden olacağı ifade edilen bir çalışmada (Zwarich ve Mills, 1982) bezelye, havuç ve marulda Cu, Zn, Pb ve Cd seviyeleri araştırılmıştır. Bu üç sebze atık sularla sulamadan dolayı bakır miktarında önemli bir artış görülmemiştir. Bunun yanında atık sularda fazlaca bulunan Zn ve Cd metallerinin bitki dokularında kontrole oranla önemli miktarda birimi olduğu tesbit edilmiştir. Özellikle kadmiyumun insan sağlığı yönünden zararlı oluşuna dikkat çekilmiştir.

El-Nennah ve çalışma arkadaşları (1982) tarafından Kahire'de yapılan çalışmada, 1911 yılından bu yana atık sularla sulanan toprakların üst katlarında biriken ağır metal miktarının alt katlarda birikenden daha fazla olduğu ortaya konulmuştur.

Erzurum'da kentsel atık sularla sulanan sebze topraklarında yapılan bu çalışmada, toprak ve bu topraklar üzerinde yetiştirilmekte olan sebzelerde ağır metal birikiminin mevcut olduğu, ancak bugünkü miktarı ile bitki gelişmesini etkilemediği görülmüştür. Mevcut atık sular içerisinde endüstriyel kirli suların karışmamış olması topraklarda ağır metal birikiminin şimdilik fazla olmamasının en önemli nedenidir. Ancak, zamanla toprakta bitkiye, bitkide de insana toksik olabilecek seviyede ve özellikle ağır metal birikebileceğini düşünerek bu alandaki çalışmaların sürdürülmesi zorunluluğu vardır.

Chemical Pollution in Agricultural Lands Affected by Wastewater Irrigation at Erzurum: II. Heavy Metal Accumulation in Soils and Crops

SUMMARY

The beneficial and detrimental effects associated with the use of wastewater in agriculture is well known. Wastewater contains, in addition of plant nutrients

and organic matter, varying amounts of salts, industrial chemicals, viruses, bacteria, parasites, and trace metals. The latter pose a major health and environmental question because they can be harmful to plants, animals, and aquatic life.

When wastewater is applied to soil, a series of complex chemical and microbial reactions take place. These reactions are time and temperature dependent, and are governed largely by the chemical properties of the soil and wastewater. Soils except for sands have a high capacity to retain heavy metals. Some of the heavy metals are harmful to plants at relatively low concentrations in the soil.

The purpose of this research was to determine the effects of wastewater application on the accumulation of trace metals in the soil and selected crop. The concentrations of Co, Cu, Fe, Mn, and Zn in the soils at various depths were determined to investigate the downward movement of these heavy metals. Concentration of DTPA soluble metals in irrigated soils with wastewater for a long time were higher than its in control soil. Concentrations of heavy metals in plant tissues increased more or less in proportion to the total amount of metals applied to the soil with wastewater irrigation.

KAYNAKLAR

1. Bingham, F.T., A.L. Page, G.A. Mitchell, and J.E. Strong. 1979. "Effects of liming an acid soil amended with sewage sludge enriched with Cd, Cu, Ni and Zn on yield and Cd content on wheat grain". *J. Environ. Qual.*, 8(2): 202-207.
2. Boswell, F.C. 1975. "Municipal sewage sludge and selected applications to soil: Effect on soil and fescue". *J. Environ. Qual.* 4: 267-272.
3. Bouwer, H., and R.L. Chaney. 1974. "Land treatment of wastewater". *Adv. Agron.* 26: 133-176.
4. Chaney, R.L. 1973. "Crop and food chain effects of toxic elements in sludges and effluents on land". *Nat. Assoc. of State Univ. and Land Grant Coll.*, Washington, D.C.
5. Chang, A.C. and A.L. Page. 1980. "Chemical requirements for re-use of sewage in irrigation and in artificial aquifer recharge". *Seminar on Health Aspects of Treated Sewage Re-Use (WHO)*, Algiers, 1-5 June 1980.
6. Chumbley, C.G. 1971. "Permissible levels of toxic metals in sewage used on agricultural land". *Agric. Dev. Adv. Serv. Pap. No. 10 Min. of Agric., England.* P.12.
7. Cunningham, J.D., J.A. Ryan, and D.R. Keeney, 1975. "Phytotoxicity in and metal uptake from soil treated with metal amended sewage sludge". *J. Environ. Qual.* 4: 455-459.

8. El-Nennah, M., T.El-Kobbia, A. Shehata, and I. El-Gamel. 1982. "Effect of irrigation loamy sand soil by sewage effluents on its content of some nutrients and heavy metals". *Plant and Soil*, 65, 289-292.
9. Ganje, T.J., and A.L. Page. 1974. "Rapid acid dissolution of plant tissue for cadmium determination by atomic absorption spectrophotometry". *Atomic Absorption Newsletter*, 13 (6): 131.
10. Hyde, H.C., A.L. Page, F.T. Bigham, R.J. Mahler. 1979. "Effect of heavy metals in sludge on agricultural crops". *Journal WPCF*, 51 (10): 2475-2486.
11. Kırımhan, S., M.T. Sağlam ve S. Karakaplan. 1982. "Erzurum'da kentsel atık suları ile sulanan tarım topraklarında kimyasal kirlenme: I. Azot, fosfor ve potasyum durumu". Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Dergisi (Baskıda), Erzurum.
12. Lindsay, W.L. 1972. "Zinc in soils and plant nutrition". *Advan. Agron.*, 24,147.
13. Lund, L. J. Page, and C.O. Nelson, 1976. "Movement of heavy metals below sewage disposal ponds". *J. Environ. Qual.*, 5(3): 330-334
14. Mitchell, G.A., F.T. Bingham, and A.L. Page. 1978. "Yield and metal composition of lettuce and wheat grown on soils with swage sludge enriched with cadmium, copper, nickel, and zinc". *J. Environ. Qual.* 7: 165-170.
15. Page, A.L. 1974. "Fate and effects of trace elements in sewage sludge when applied to agricultural lands". EPA Rep. No. 670/2-74-005, U.S. EPA, Cincinnati, Ohio.
16. Page, A.L., and F.T. Bingham. 1973. "Cadmium residues in the environment". *Residues Rev.*, 48,1.
17. Page, A. L. and A.C. Chang. 1978. "Trace elements impact on plants during cropland disposal of sewage sludges". Fifth National Conference on Acceptable Sludge Disposal Techniques, January 31-February 2, 1978, Orlando, Florida.
18. Patterson, J.BE. 1971. "Metal toxicities arising from industry". *Tech. Bull. Min. of Agric. Fish, Food, Agric. Develop. and Adv. Serv.*, Cambridge, England 21: 193-207.
19. Webber, J. 1972. "Effects of toxic metals in sewage on crops". *Journal WPCF*, 71: 404-413.
20. Zwarich, M.A., and J.G. Mills. 1982. "Heavy metal accumulation by some vegetable crops grown on sewage-sludge-amended soils". *Canadian Journal of Soil Sci.* 62: 243-247.