

İNSAN SAĞLIĞI VE TOPRAK VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN KANALİZASYON SUYU

Saim Karakaplan (1)

ÖZET

Kanalizasyon sularının toprağın mahsuldarlığı üzerindeki etkisi kanalizasyon suyunun kimyasal bileşimine bağlı olarak değişir. Bitkiye toksik maddeler ihtiva etmeyen sular mahsuldarlığı artırmakla beraber, kanalizasyon suları ekseriya patojen mikroplar taşıması nedeniyle, ön muamelelerden geçirilmeden doğrudan kullanılan suyun sağlık açısından sakıncaları vardır.

Bu makalede kanalizasyon sularının kimyasal ve biyolojik bileşimi ile tarımda kullanılma imkanları tartışılmaktadır.

GİRİŞ

Mutfak, hela, banyo ve sanayi artığı sulardan oluşan kanalizasyon suyu, hastalık yapıcı mikroplar ihtiva etmesi ve rahatsız edici kokular yayması nedeniyle iskan bölgelerinden uzaklaştırılmak zorundadır. Uzaklaştırılan kirli sular boşaltıldığı yerde ve yayıldığı alanlarda da tehlike yaratabilir. Bu nedenle, kanalizasyon suyunun bir takım ön işlemlerden geçirildikten sonra atılması veya gerek temizlenen sudan gerekse kanalizasyon suyundan ayrılan katı kısımdan yararlanma imkanlarının araştırılması gerekmektedir. Böylece kaynakların korunması ve yeniden kullanılması sağlanmaktadır.

Kanalizasyon suyunun toplumca kabul edilebilir ekonomik olarak elverişli ve insan sağlığına zararsız bir şekilde elden çıkarılması belediyelerin önemli bir sorunudur. Türkiye'de kanalizasyon suyundan kurtulmada bugün için başvurulan başlıca yollar; kanalizasyon suyunun doğrudan akarsu, gölveya denizlere boşaltılması, sulamada kullanılması veya iskan bölgelerinden uzakta boş arazilere atılması şeklindedir. Bu durum, su toprak ve bitkilerin kirlenmesine bir takım hastalık ve rahatsızlıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Kirli suların pestisit ve zararlı endüstriyel maddeler ihtiva etmesiyle bu tehlike daha da büyümektedir.

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Öğretim Üyesi.

KANALİZASYON SUYUNUN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Kanalizasyon suyunun kimyasal bileşimi bölgeye, örnek alma zamanına kanalizasyon suyunun tabi tutulduğu işleme ve kanalizasyon suyuna giren kirli suların bileşimine bağlıdır. Konuttan gelen su, esas itibarıyla insan dışkısı, kağıt, çöp ve kirli sulardan oluşur. Kanalizasyon suyunun katı kısmı büyük ölçüde organik tabiatla olup kolayca parçalanabilir. Çizelge 1 de A.B. Devletlerinde 8 eyaletten alınmış 200 örnek üzerinde yapılan analizlere göre, kanalizasyon suyu katı kısmının kuru ağırlık üzerinden kimyasal bileşimi, değişim sınırları ve ortalama değerleri görülmektedir (Sommers, 1977).

Çizelge 1. Kanalizasyon suyu katı kısmının bileşimi.

| Madde | Değişim sınırları % | Ortalama % | Madde | Değişim sınırları mg/kg | Ortalama mg/kg |
|----------|---------------------|------------|-------|-------------------------|----------------|
| Org. C | 8,50-48,0 | 30,4 | Zn | 101-27800 | 1740 |
| İnorg. V | 0,30-54,3 | 1,4 | Cu | 84-10400 | 850 |
| Toplam | 0,10-17,6 | 3,3 | Ni | 2-3515 | 82 |
| Amon.-N | 0,10-6,7 | 1,0 | Cr | 10-99000 | 890 |
| Nitrat-N | 0,10-0,5 | 0,1 | Mn | 18-7100 | 260 |
| Toplam P | 0,10-14,3 | 2,3 | Cd | 3-3410 | 16 |
| İnorg. P | 0,10-2,4 | 1,6 | Pb | 13-19730 | 500 |
| Toplam S | 0,60-1,5 | 1,1 | Hg | 1-10600 | 5 |
| Ca | 0,10-25,0 | 3,9 | Co | 1-18 | 4 |
| Fe | 0,10-15,3 | 1,1 | Mo | 5-39 | 30 |
| Al | 0,10-13,5 | 0,4 | Ba | 21-8980 | 162 |
| Na | 0,01-3,1 | 0,2 | As | 6-230 | 10 |
| K | 0,02-2,6 | 0,3 | B | 4-757 | 33 |
| Mg | 0,03-2,0 | 0,4 | | | |

Katı kısmın yanında sıvı kısımda erimiş halde kimyasal maddeler bulunmaktadır. Çizelge 2 de de anlaşıldığı gibi, Almanyanın Wolfsburg şehri kanalizasyon suyunda bulunan P, S, Na, K, Ca, Mg, Cd, Co, Ni ve Pb elementlerinin % 60 dan fazlası sıvı kısımda bulunmaktadır. Yani bu elementlerin yarısından fazlası ka-

Çizelge 2. Kanalizasyon suyu kimyasal bileşimi ve çözünme % leri.

| Madde | mg/lt | % çözünme | Madde | g/lt | % çözünme |
|-------|-------|-----------|-------|---------|-----------|
| N | 55,0 | — | Cd | 1,46 | 65,0 |
| P | 16,0 | 62 | Co | 16,00 | 94,0 |
| S | 46,0 | 94 | Cr | 13,00 | 6,2 |
| Cl | 150,0 | — | Cu | 71,00 | 13,0 |
| Na | 108,0 | 99 | Ni | 108,00 | 85,0 |
| K | 23,0 | 97 | Pb | 7,20 | 75,0 |
| Ca | 51,0 | 67 | Zn | 241,00 | — |
| Mg | 9,8 | 88 | Mn | 130,00 | 24,0 |
| Fe | 3,0 | 5 | Al | 1400,00 | 21,0 |

nalizasyon suyunun sıvı kısmında çözünmüş durumdadır (Fassbender ve Steinert, 1979), Kanalizasyon suyunun bileşimi ülkeden ülkeye farklılık gösterir.

Genel olarak fert başına kanalizasyon suyu miktarı 100 ile 300 litre/gün arasında kabul edilir. Almanya'da 100 000 ve 240 000 nüfuslu Wolfsburg ve Braunschweig şehirlerinde kirli su kimyasal bileşimi üzerinde 1975 yılında yapılan araştırmalarda kanalizasyon suyu miktarı aylık değişiminin fert başına günde litre olarak Wolfsburg'da 123 ile 163 (ortalama 138 lt) ve Braunschweig'de 154 ile 214 (ortalama 182 lt) arasında değiştiği saptanmıştır (Fassbender ve Steinert, 1979). Aynı araştırmacılar kanalizasyon suyu katı kısmının Wolfsburg'da ortalama 223 mgr/lt ve Braunschweig'de ortalama 308 mg/lt olduğunu belirtmektedirler. A.B. Devletlerinde ise, kanalizasyon suyu katı kısmının maksimum 1180 mg/lt'ye kadar çıktığı ifade edilmektedir.

İNSAN SAĞLIĞI

Kanalizasyon suyunda mevcut hastalık yapıcı mikroplar dört grup altında toplanabilir (Burge ve çlş. ark., 1978): a) bağırsak kurtları, b) protozoa kistleri, c) bakteriler ve d) virüsler. Hastalık yapıcı bu mikroorganizmalarla ilgili en yaygın hastalıklar klorea, salmonellosis (tifo), dizanteri ve gastroenteritis'dir. Kirli sulardaki hastalık yapıcı organizmaların miktarı bölgenin iklim şartları ve kirli suyun tabii tutulduğu işleme göre değişir.

Toprağa uygulanan atık su içerisindeki bakteri ve virüslerin akıbetleri konusunda müteakip birkaç paragrafta verilen bilgilerin çoğu Lance'nin (1978) verdiği bilgilere dayanmaktadır. Herhangi bir ön muameleden geçirilmeden kanalizasyon suyunun doğrudan sulamada kullanılması bir takım hastalıklara neden olurken ön muameleye tabii tutulan kanalizasyon suyunun böyle bir tehlikesi kalmamaktadır. Zayıf enfeksiyonlar ve orta derecedeki bağırsak rahatsızlıklarının tespiti zor olduğundan enfeksiyonların gerçek miktarı bilinmemektedir. Bakterilerle bulaşmış meyva ve sebzelerdeki bakteriler hayatlarını birkaç günle birkaç hafta sürdürebilmektedir (Uiga ve Crisses, 1980)) Bulaşma çok değilse, patojenlere rastlanmadığı da olmaktadır. Kanalizasyon suyu ile sulanmış yoncada sulamadan sonraki ilk 24 saat zarfında coliform popülasyonunun hızla düşüş göstermesi için parlak güneş, düşük nem ve yüksek sıcaklık gerekmektedir. Hava nemli ve kapalı ise, düşüş zayıftır. Bu nedenle, yonca hayvana verilmeden önce 20 saat süreyle parlak güneşte bırakılır. Yemin daha yapraklı olması halinde bu süre artırılır. Beş-altı gün zarfında % 99 azalmaya rağmen marol ve turptaki polivirüslerin 14-36 gün canlı kalabildikleri saptanmıştır. Kirli su ile sulamanın salma veya karık sulama ile güneşli günde yapılması önerilir. Virüslerle patojen bakteriler yaşama süresi bakımından benzerlik arz ederler. Kirli su toprağa sızarken bakteriler toprak tarafından tutulur. Zamanla ölür. İnce bünyeli topraklarda yüzeyde tutulan bakteri sayısı daha çoktur. Bu nedenle, suyun geçtiği toprak kalınlığı ve toprak tekstürü ö-

nemlidir. Üç metre kalınlığındaki kumdan süzme ile coliformun % 99'unun uzaklaştırıldığı bildirilmektedir. Toprak üzerinde organik bir tabaka oluşması ile süzme iyileşir (Lance, 1978).

Toprakta virüs tutulması hemen her tekstürlü toprakta % 99'a varmaktadır. Suyun kation konsantrasyonu arttıkça virüs tutulması artmaktadır. çok değerlikli kationlar tutulmayı daha çok artırır. İki değerlikli kationlar ile, tek değerlikli kationlara nazaran tutulma 10 misli daha fazla olabilmektedir. Toprağın kation değiştirme kapasitesi, kil ve silt muhtevası ve glycerol tutma kapasitesi arttıkça virüs tutulmasının da arttığı saptanmıştır. Kil cinsi, pH ve diğer inorganik ve organik maddeler de etkili olabilir. Toprağın günlük tutma kapasitesinin üzerinde su tatbiki ile virüs tutulması azalır. Polivirüs tutulu toprağa saf su ilavesi virüsün toprakta daha derinlere inmesine ve orada yeniden tutulmasına yol açmaktadır. Kirli su derinlere inmesine ve orada yeniden tutulmasına yol açmaktadır. Kirli su uygulamasından sonraki 1-2 gün içinde şiddetli yağış olmazsa, virüs topraktan uzaklaşmaz. Toprak kurudukça virüs ve toprak parçacığı arasındaki bağ kuvvetlenir. Yağıştan sonra toprağa hemen kirli su tatbiki ile virüs ilerlemesi azalır. Kaba tekstür ve fazla yağış virüs hareketini kolaylaştırır. Çakıllı, kumlu, sıg, organik ve volanik topraklar virüsleri daha az tutarlar (Lance, 1968; Uiga ve Crites, 1980).

Kirli su içinde gelerek toprak tarafından tutulan bakteriler birkaç saatle birkaç ay toprakta yaşayabilirler. İki-üç ay sonra tamamen kaybolurlar. Virüslerin yaşama süresi hava sıcaklığıyla değişir. 4°C civarında uzun yaşarlar. Yazın daha kısa, kışın daha uzun yaşarlar. Patojenler bulaştıkları suda da bir süre ölmeden kalabilmektedirler. Laboratuvarında nehir suyu ile yapılan bir denemede, 20°C de, insan dışkı bakterisinin 5-18 gün, enterovirüsün ise 5-20 gün yaşayabildiği saptanmıştır. Temiz suda daha uzun süre yaşadığı bildirilmektedir. Ohio göl suyunda Salmonella 16, Shigella 12 v- Enterovirüs ise 84 gün kadar yaşayabilmıştır. 4°C sıcaklıkta Enterovirüs 91 gün sonunda bile canlı kalabilmıştır (Lance, 1978; Uiga ve Crites, 1980).

Kanalizasyon suları, terk edilmiş su kuyuları ve çatlak kaya formasyonlarına bulaştırılmamalıdır. Böylece, yeraltı suyu kir lenebilir. Fosseptik ve lağım kanalları içme suyu kuyusundan ve su borusu hattından en az 15 metre mesafede olmalıdır. İçme suyu temin edilen formasyonla kirli sudan etkilenen alt toprağı etkili bir biçimde ayıran yaygın, sürekli ve geçirimsiz bir kil katı, sert bir tabaka veya kaya formasyonu bulunmadığı takdirde bu mesafe 30 metreden az olmamalıdır ((Ind. setete Board of Healt, 1972).

Kirli suyun yağmurlama sulama ile sulamada kullanılması sakıncalıdır. Yağmurlama sulama zorunlu ise, aerosol oluşmayacak veya az oluşacak şekilde başlıklar yeredoğru ve toprağa yakın şekilde tesis edilir.

Yonca kirli su ile sulamadan iki güneşli gün geçtikten sonra, çayır ise 4 güneşli gün geçtikten sonra sığırlara(yedirilmelidir. Avustralya'da yapılan araştırmalarda ön muameleye tabi tutulmuş kirli su ile yapılan çayır sulamasını takiben bir hafta süreyle sığırlar çayıra sokulmadığı takdirde sığırlarda sağlık problemi görülmediği bildirilmektedir (Bell 1976; Bel ve Bole, 1976).

KOMPOSTLAMA

Kanalizasyon suyu ön işlemde geçirilerek katı ve sıvı kısım birbirinden ayrılır, Çöktürme ön işlemlerden biridir. Ayrılan katı kısım parçalanmamış veya diğer ifadeyle ham katı kısımdır. Bu maddenin aktivasyonu ikinci işlem olup, böylece aktive edilmiş madde elde edilir. Elde edilen madde genellikle havasız şartlarda parçalanmaya bırakılır. Fosseptikte bekleyen kirli suyun çöken katı kısımlarında aneorob bakteriler tarafından kısmen parçalanır.

Kanalizasyon suyunun patojen bulundurması ve araziye giderek daha çok uygulanması, bir ön işlemde geçirildikten sonra kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Kanalizasyon suyu araziye % 2-10 katı maddeler ihtiva eden bir sıvı olarak, kısmen suyu alınmış % 18-25 katı madde ihtiva eden şekilde veya ısı tatbikiyle veya açık havada kurutularak % 90-99 katı madde ihtiva eden şekilde uygulanabilir (Parr ve çl.ş ark., 1978). Bu tür uygulamadan doğacak problemlerin önlenmesi, yani patojen seviyesinin büyük ölçüde düşürülmesi ve pis kokuların giderilmesini sağlamak için kullanılan yöntemler içerisinde kompostlama en etkili olanıdır. Kompostlama için termofilik mikroorganizmaların faaliyetini teşvik edici havalaştırma ve iklim şartları bulunmalıdır. Muhtelif işlemlerin patojenleri tahrip etme ve katı kısmı stabil hale getirme etkisi farklı farklıdır (Par ve çl.ş. ark., 1978; Burg ve çl.ş. ark., 1978). Uygulanan işlemler genellikle; havalı şartlarda parçalanma, havasız şartlarda parçalanma, ağır klorlama, kireçle muamele, 70 C de pastörizasyon, radyasyon 195 C de ısı muamelesi, 60 °C de kompostlama ve parçalanmış materyelin uzun süre bekletilmesi, Pastörizasyon, radyasyon ve ısı muamelesi patojenleri tamamen elimine eder. Fakat, katı kısmı stabilize etmediği için araziye uygulanan materyel çabucak kokuşur. Havalı ve havasız parçalanma ise katı kısmı stabilize eder, fakat patojenleri tam elimine etmez. Kireçle muamele ve klorlama iyi bir patojen kontrolü sağlar, fakat stabilizasyon tam değildir. Termofilik mikroorganizmalar yardımı ile kompostlama hem patojen kontrolü hemde stabilizasyon için iyi sonuç veren tek yöntemdir.

Burada Beltsville metodu diye bilinen kompostlama metodundan (Parr ve çl.ş. ark., 1978; Burge ve çl.ş. ark., 1978), bahsedilecektir. Kompostlama ile organik maddeler parçalanır. Bitki besin elementleri serbest hale geçer. Patojenler tahrip edilir ve kötü kokular giderilir. Kompostlama, % 20-25 katı kısım ihtiva eder parçalanmış veya parçalanmamış materyelle ağaç talaşının karıştırılıp, kümeler halinde yığılmasıyla gerçekleştirilir. Kümelerdeki iç sıcaklık parçalanmış

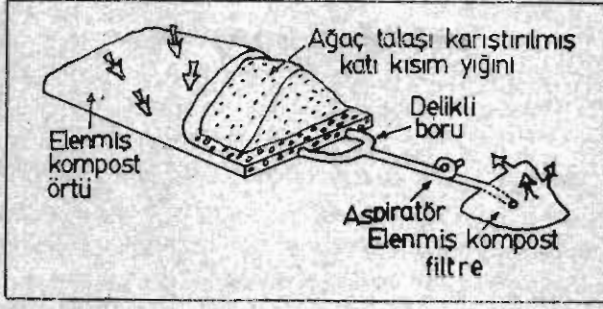
materyelin kullanılması halinde 10 ile 14 günüçresinde 40-60°C ye yükselir. Ham katı materyelin kullanılması halinde ise sıcaklık daha çabuk artarak 3 gün zarfında 50-70°C ye çıkabilir. Kümeler iki hafta süreyle, günlük veya küme sıcaklığının yavaş yükselmesi halinde daha seyrek olarak havalandırmak maksadiyle aktarılır. Sonra en az 30 gün kalacak şekilde büyük bir yığın haline getirilir. Bu süre sonunda ağaç talaşları elenerek komposttan ayrılır ve yeniden kullanılır.

Kümelerin sıcaklığı hava sıcakığından, hava yağışlı olmadıkça az etkilenir. Yağışlı havalarda patojenlerin tahribi için gereken süre artar.

Kompostlama anında ortaya çıkan kötü kokulardan kurtulmak ve havanın etkisini azaltmak için hacmen 2-3 :1 oranda (veya ağırlıkça 1:1 oranda) karıştırılan ağaç talaşı ve katı kısım (% 20-25 katı madde ihtiva eden parçalanmış veya parçalanmamış materyel, içine delikli borular döşenmiş 30 cm kalınlıktaki ağaç talaşı veya elenmiş kompost yatağın üzerine yığılır. 10 cm çaplı plastik borular bu iş için uygundur, Ağaç talaşının eklenmesiyle karışımın nemi % 60 civarında düşer. Yığının üzeri, çıkan kötü kokuları tutmak üzere elenmiş kompostla 30-45 cm kalınlıkta kaplanır. Delikli borunun yığın dışındaki kısmı üzerine yerleştirilen 1/3 Hp güçlü aspiratör ile borudan hava çekilir. Çekilen hava, bir ton kuru materyel başına saatte 14 m³ kadardır. Yığında sıcaklığın yeknesak dağılışını sağlamak için havalandırmaya ara verilir. Genişliği 5 m, yüksekliği, 2,5 m, ve uzunluğu 20 metre olan üçgen kesitli 60 tonluk bir yığın için aspiratör altı dakika çalışıp 14 dakika duracak şekilde ayarlanır. Borudan çekilen hava elenmiş olgunlaşmış komposttan oluşan küçük bir yığın içine verilir. Bu işlem 21 gün devam ettirilir. Kullanılan materyelin çok nemli olması nedeniyle parçalanma sadece aerobik olmayacaktır. Zira, ister-doğal isterse tazyikli havalandırmada olsun küme yeterince havalanmayabilir. Havalanmayı kolaylaştırmak için talaş kullanılır. Talaş yerine; yaprak, çöp, kağıt, yer fıstığı, kabuğu, sap-saman, mısır koçanı, çırçır makinası döküntüsü ve şeker kamışı posası kullanılabilir (Şekil 1).

Çoğu patojenler 55°C sıcaklığın üzerinde etkili bir şekilde yok edilir. Ancak, yinede patojenler tamamen elimine edilemezler. Kompostlamanın ilk 3-5 gününde sıcaklık 80°C ye kadar yükselir. Takriben 21 gün sonra düşmeye başlar. Sıcaklığın yavaş yükselmesinin nedeni karışımın fazla nemli olması veya havalanmanın fazlalığındandır. Üç hafta geçtikten sonra ağaç talaşları elenerek karışımdan ayrılır. Elemenin kolay olabilmesi için nemin % 40-45 civarında olması arzu edilir. Ağaç talaşları elendikten sonra geriye kalan materyel büyük bir yığın halinde 30 gün olgunlaşmaya bırakılır, Ağaç talaşları 21 günün sonunda elenerek ayrılma yerine olgunlaşma periyodunun sonunda da ayrılabilir. Ayrılan talaşlar yeniden kullanılır.

Bu tarzdaki kompostlama patojen mikroorganizmaların ortalama 10 gün zarfında tahribini sağlayabilmektedir. Bu arada yabancı ot tohumları da yok edilmiş olur. Yığının dış kısımlarında patojenlerin tahribi tam olmamaktadır. Yu-



Sekil 1. Kanalizasyon suyu katı kısmının kompostlanması.

karıda anlatılmaya çalışılan kompostlama yöntemi düşük hava sıcaklığından ve yağıştan esasen fazla etkilenmemektedir. Geniş ölçüde kullanılabilme özelliğine sahiptir. Kompostlamada münferit yığınlar yerine yığınların birleştirilmesi ile hem kompost örtüden, hem yerden, hemde yatak için harcanacak ağaç talaşından tasarruf edilir. Çıkan kokuda da % 50 oranında azalma olur.

Kompostlamanın avantajları şöyle sıralanabilir. 1) Kompostlamayla anaerobik parçalanmanın masrafından ve diğer stabilizasyon yollarından kaçınılmış olur 2) Kompostlama kötü kokular çıkaran organik kısmın mikrobiyal parçalanmasını sağlayarak kötü-kokular çıkmasını önler. Humus gibi stabil bir organik materyel oluşur, 3) kompostlama esnasındaki sıcaklık patojenleri yok eder, 4) Kompost depo edilebilir. Araziye az bir masrafla kolayca ve yeknesak olarak yayılabilir ve 5) kompost bitki besin elementi kaynağı ve toprağın fiziksel özelliklerini düzeltici bir organik madde olarak toprağa uygulanabilir.

TOPRAK VERİMLİLİĞİ

Kanalizasyon suları hem sulama suyu ihtiyacını karşılamak hem de toprağa besin maddeleri sağlamak ve toprağın ıslah etmek maksadiyle yıllardan beri kullanıla gelmektedir. Kanalizasyon suyunun katı kısmı % 40-60 organik maddeden ibarettir. Bu madde bitkiler için lüzumlu besin elementlerinden hem makro olanları (N, P ve Ca gibi), hem de mikro olanları (Zn, ve Cu Mn gibi) ihtiva eden değerli bir kaynaktır. Toprakların fiziksel özelliklerinin düzeltilmesinde de yararlıdır.

Kanalizasyon suyunun katı kısmı kültür bitkilerinin, çayırların, ağaçların ve süs bitkilerinin yetiştirilmesinde emniyetle ve başarıyla kullanılabilir. Tahrip edilmiş arazilerin ıslah ve yeniden otlandırılmasında da kullanılabilir.

Ağır metal muhtevasının düşük olması kompostlama ve gübrelemede kullanılması bakımından uygunluk arz eder. Ancak, ihtiva ettiği bazı metaller bitkisel üretimi sınırlandırabilir veya üretimde herhangi bir azalma olmasa bile bitkinin kaldırdığı ağır metal miktarı artabilir.

Kanalizasyon suyu araziye bir sıvı olarak, kısmen suyu alınmış olarak veya suyu hemen hemen tamamen uçurulmuş bir materyel olarak uygulanabilir. Uygulamada ortaya bir takım problemler çıkabilir: 1) Kötü kokular problemlerin başında gelir. Bundan kurtulmanın yolu hemen toprakla karıştırmaktır, 2) En önemlisi insan sağlığıdır. Toprağa uygulanan madde içerisinde toprakta birkaç günden birkaç aya kadar yaşayabilen patojenler bulunabilir. Bazı bağırsak kurtlarının yumurtalarının birkaç yıl yaşayabildiği belirtilmektedir. Parçalanmaya tabi tutulmuş materyelden hastalık oluşma ihtimali daha azdır, 3) Araziye yayılması ve toprakla karıştırılması özel ekipman ister. Suyunun kısmen alınması araziye yeknasak yalmasını zorlaştırır, 4) Taşındığı yol boyu ve uygulandığı alana yakın sakinler kullanılmasını ekseriya reddetmektedir, 5) Uygulamanın yapıldığı alanda gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, buradan oluşacak yüzey akış kontamine olur. Taban suyu ve yüzey suları nitrata kirlenir. Koku ve diğer çevre sorunları ortaya çıkar. 6) Bazı bölgelerde kışın uygulanması kısıtlıdır. Bu durumda depolama masrafı artar ve havasız parçalanmaya uğrar koku yayar. 7) Araziye uygulanan materyelin ağır metaller ve organik endüstriyel maddeler ihtiva etmesi fitotoksik etkisi nedeniyle problem doğurur. Toprakta bitkilere intikal eden kalsiyum insan sağlığına zararlıdır. Metallerin toprakta birikerek belli bir seviyeye ulaşması halinde toprak verimliliği geri düzeltilmeyecek şekilde bozulabilir.

Kanalizasyon suyu katı kısmının bütün bitki besin elementi ihtiyacını karşılamak üzere kullanılamayacağı açıktır. Zira, çok fazla ilave edilmesi gerekir. İnorganik gübrelerle kombinasyon halinde kullanılması bitki besin elementleri açığını kısmen kapatır. Katı kısım daki nitrojenin çoğu organik formda olup bitkiye elverişli hale gelmesi için amonyum veya nitrat formuna mineralize olması gerekir. Araştırmalar, uygulamadan sonraki ilk mahsul devresinde organik nitrojenin % 15-20 sinin elverişli hale geçtiğini göstermiştir. Bu nedenle, kompost yavaş elverişli hale geçen nitrojen gübresi gibi mütela edilir (Burge ve çlş. ark., 1978).

Bitkinin nitrojen ihtiyacı düzeyinde ve yalnız ilave edildiği zaman aynı seviyede ve yalnız olarak ilave edilen inorganik gübrelerden önemli ölçüde daha yüksek ürün hasıl eder. Bu sonuç, toprağın fiziksel özelliklerindeki düzelmeye atfedilebilir Bitkinin inorganik gübrelere maksimum seviyede cevap verebilmesinin toprağın fiziksel özelliklerinin uygun olup olmamasına bağlı olduğu çok iyi bilinmektedir.

Toprağın fiziksel özelliklerini; 1) nem muhtevasını artırarak, 2) su tutmayı artırarak, 3) agregasyonu teşvik ederek, 4) havalanmayı artırarak, 5) permeabiliteyi yükselterek, 6) infiltrasyonu artırarak ve 7) yüzey kabuklanmasını azaltarak düzeltir. Kumlu topraklara ilavesi onların su tutma özelliğini düzeltir. Ağır killi topraklara ilavesi hava ve su geçirgenliğini artırır. Sızmayı artırarak yüzey akışı azaltır. Toprağın bitkiye elverişli su kapasitesini yükseltir. Sıkışmayı azalttığı gibi kök derinliğini de artırır. Parklarda, glöf sahalarında, fidanlıklarda, çimenlik

tesisinde ve bozulmuş arazilerin ıslahında büyük ölçüde kullanılması muhtemeldir (Epstein ve çlş. ark., 1976). Siltli ve tın ve killi toprağa katı kısım uygulayarak yaptıkları araştırmalara Gaynor ve Halstead (1976); pH, toplam karbon, NaHCO₃ ile ekstrakte edilebilir P, satrasyon ekstraktının elektrik geçirgenliği, katyon değişim kapasitesi ve değişebilir Ca muhtevasının arttığını tespit etmişlerdir. DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd 2-5 misli, Pb 2-3 misli, Cu 3-7 misli ve Zn 7-31 misli artmıştır. Kanalizasyon suyu katı kısmı uygulanmış muamelelerin bazılarında verimdeki azalmanın nedeni tuz etkisine bağlanmıştır. Faydalı etkiler yanında zararlı etkilerle de karşılaşmak mümkündür. Hektara 31 ve 126 ton olacak şekilde çinko, bakır, nikel ve krom ile bulaştırılmış katı kısmın uygulanması Krom hariç, pancar ve marol veriminde büyük azalmaya yol açmıştır. Bakır ve çinko bulaştırılmış katı kısmın uygulandığı topraktan hasat edilen pancar köklerindeki çinko miktarı normal topraktakinden iki veya üç defa daha yüksek çıkmıştır. (Webber, 1972), Mısırla yapılan bir denemede (Hinesly ve çlş. ark., 1972) hektara 140 tonluk uygulama veriminde herhangi bir düşüş yaratmamakla beraber topraktan ekstrakte edilebilir çinko ve kadmiyum miktarının arttığı ve mısır taneleri ve yapraklarında önemli ölçüde yüksek seviyede çinko ve kadmiyum biriktiği tespit edilmiştir. Bir diğer araştırmada (Terman ve çlş. ark., 1973) katı kısım ile karıştırılmış toprakta çayır yumağı verimi ve kaldırdığı bakır ve çinko miktarı artmıştır. Kireç uygulaması kaldırılan çinkoyu azaltmakla beraber bakır üzerinde bariz bir etki yapmamıştır.

Katı kısmın fazla tuz ihtiva etmesi toprak solusyonunun tuz muhtevasını artırmak suretiyle verimde azalmaya neden olabilmektedir. Taze katı kısmın ilavesi amonyak ve amonyumun zararlı etkileri nedeniyle verimde azalma yapabilir. Bu etki katı kısmın parçalandıktan sonra kullanılmasıyla önlenabilir. Katı kısmın verimde azalmaya neden olabilmesinin nedeni metal toksikliği veya bitkide denge-siz bir metal birikiminden ileri gelebilir.

Sonuç olarak, kanalizasyon suyu katı kısmından yararlanılmak isteniyorsa uygulanacak miktar ve uygulama aralığı, metal ve zehirli organik madde muhtevası, kullanılacak toprağın tekstürü ve katyon değişim kapasitesi, yetiştirilecek bitki türü ve patojenlerin zararlı olabilme ihtimali dikkate alınmalıdır (Parr ve çlş. ark., 1978; White, 1979).

KAYNAKLAR

- Bell, R. G. 1976. Persistence of fecal coliform indicator bacteria on alfalfa irrigated with municipal se wage lagoon effluent. J. Environ. Qual., 5: 39-42.
- Bell, R.G. and J.B. Bole. 1976. Elimination of fecnl coliform bacteria from reed canarygraes irrigated with municipal bsewage lagoon effluent. J. Environ. Qual., 5: 417-418.

- Burge, W. D., W. N. Cramer, and E. Epstein, 1978. Destruction of pathogens in sewage sludge by composting. *Trans. ASAE.*, 21 (3): 510-514.
- Epstein, E., J.M. Taylor and R.L. Chaney. 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. *J. Environ. Qual.*, 5: 422-426.
- Fassbender, H.W. und B. Ste nert. 1979. Anfall und chemische Zusammensetzung der städtischen Abwasser von Wolfzburg und Braunschweig. *Z. Pflanzenerhaehr. Bodenkd.*, 142: 219-231.
- Gaynor, J.D. and R.L. Halstead. 1976. Chemical and plant extractability of metals and plant growth on soils amended with sludge. *Can. J. Soil Sci.*, 56 (1): 1-8.
- Hinesley, T.D., R.L. Jones and E.L. Ziegler, 1972. Effects on corn by applications of heated anaerobically digested sludge. *Compost Sci.*, 13 (4): 26-30.
- Ind. State Board of Helath. 1972. Septic tank sewage disposal systems. Bulletin No. S.E. 8.
- Lance, J.C. 1978. Fate of bacteria and viruses in sewage applied to soil. *Trans. ASAE.*, 21 (6): 1114-1118, 1122.
- Parr, J.F., E. Epstein, and G.B. Willson. 1978. Composting sewage sludge for land application. *Agriculture and Environment*, 4: 123-137.
- Sommers, L.E. 1977. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizers. *J. Environ. Qual.*, 6: 225-232.
- Terman, G.L., J.M. Solieau and S.E. Allen. 1973. Municipal waste compost Effects on crop yields and nutrient content in greenhouse pot experiments. *J. Environ. Qual.*, 2 (1): 84-89.
- Uiga, A. and R.W. Crites. 1980. Relative health risks of activated sludge treatment and slow-rate land treatment. *J. Water Poll. Control Fed.*, 52 (12): 2865-2874.
- Webber, J. 1972. Effects of toxic metals in sewage on crops. *Water Pollut. Control* 404-413.
- White, R.K. 1979. Applying sewage sludge to farmlands. *Ag. Eng.* 60 (5): 24-25.