

T. C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

SİMAV ÇAYI SULARIYLA SULANAN ALLUVİAL TOPRAKLARDA
BOR'UN MİKROBİYOLOJİK VE BAZI BİYOKİMYASAL
OLAYLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

(DOKTORA TEZİ)

HAZIRLAYANLAR : Araş. Gör. Nur YAŞAROĞLU
DANIŞMAN : Prof. Dr. Muzaffer ÇENGEL

Bornova — İZMİR

1990

Bor mineralinin ülkemizdeki büyük rezervleri ve geniş kullanım alanları dolayısıyla ekonomimizde önemli bir yeri vardır. Fakat üretim sırasında maden ocaklarından atılan drenaj ve yıkama suları, özellikle sulama amaçlı nehirlerin ve tarım topraklarının borla kirlenmelerine neden olmaktadır. Bir mikroelement olan borun topraklarda toksik düzeylere ulaşması, bitki ve toprak açısından istenmeyen bir durumdur. Zira tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerle kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlandıran ve toprak verimliliğini azaltan en önemli faktörlerden birisidir.

Bu tip bir çevre kirliliğinin söz konusu olduğu Susurluk Havzasında bugüne değin yapılan çalışmalar, borun toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri ve bor kirliliğini giderme yolları üzerinde olmuştur. Fakat tarım topraklarında verimlilik özelliğinin ortaya çıkmasında en önemli unsurlardan biri olan toprak mikroorganizmalarının (bakteriler, mantarlar, aktinomysetler v.b.) yüksek bor konsantrasyonlarından etkileniş biçimleri hakkında çok az bir bilgiye sahip bulunmaktadır.

Bu nedenle, Susurluk Havzası alluvial tarım topraklarında bor kirliliğinin mikrobiyolojik açıdan yarattığı sorunları ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmada; başta böyle güncel bir konunun seçilip, planlanmasında ve yürütülmesinde, elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, ayrıca çalışmanın her aşamasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm sayın hocam Prof.Dr.Muzaffer ÇENGEL'i, Toprak Bölümü Toprak Anabilim Dalında tez çalışmamı olarak sağlayan Prof.Dr.İdris KOVANCI ve Prof.Dr.Fuat SAATÇI'yı, tez projesine mali destekte bulunan E.Ü. Rektörlük Araştırma Fon Saymanlığını, özellikle arazi çalışmalarını sırasında ihtiyacımız olan her türlü teknik bilgi ve yardımlarını cömertçe gösteren DSİ 25.Bölge MÜDÜRLÜĞÜ ve 251. Teknik Şube MÜDÜRLÜĞÜ elemanlarını, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını unutamıyacağım Laborant Celal İNAL ve Zir.Yük.Müh.Bilgen ETİZLER'i, şekil ve haritaların çiziminde azami özeni gösteren teknik ressam Seniha ÜLKER'i ve tez çalışmamın yürütülmesi sırasında yardımları olan tüm Toprak Bölümü çalışanlarını burada anmak ve tek tek teşekkür etmek isterim.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ	IV
HARİTA LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
ABSTRAKT	XI
ABSTRACT	XI
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	3
2.1 Borun Toprakta Bulunuşu, Dağılımı ve Toprak Özellikleri ile Olan İlişkileri	3
2.2 Bitki Besin Maddesi Olarak Bor ve Bitkiler Üzerindeki Toksik Etkileri	5
2.3 Bor ve Topraktaki Diğer Bazı Mineral Maddelerin Mikrobiyolojik Etkileri	7
2.4 Borun Toprak Organizmaları Üzerine Toksik Etkileri .	12
3. ARAŞTIRMA YERİ VE MATERYAL	16
3.1 Araştırma Yeri Hakkında Genel Bilgiler	16
3.2 Materyal	17
4. YÖNTEMLER	23
4.1 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanma- sında Uygulanan Yöntemler	23
4.2 Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinde Uygulanan Yöntemler	23
4.3 Mikrobiyolojik Yöntemler	24
4.4 Araştırma Sonuçlarının Çizelgelerde Verilmesinde Kullanılan Kısaltmalar	25

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	26
5.1 Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	26
5.2 Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları . .	41
5.2.1 Birinci Yıl Sulama Öncesi (Mayıs-1987) Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları	41
5.2.2 Birinci Yıl Sulama Sonrası (Eylül-1987) Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları	72
5.2.3 İkinci Yıl Sulama Sonrası (Eylül-1988) Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları	101
5.3 Profil Örneklerinde Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları	129
5.4 Genel Tartışma	141
ÖZET	146
SUMMARY	149
LİTERATÜR LİSTESİ	152

SEKİL LİSTESİ

SEKİL NO	SEKİL ADI	SAYFA NO
1	Profil örneklerinde eriyebilir bor miktarlarının dağılımı	40
2	Genel bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	45
3	Aktinomyces sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	47
4	Aktinomyces sayısı ile organik madde arasındaki ilişki	48
5	Aktinomyces sayısı ile CO ₂ -oluşumu arasındaki ilişki	49
6	Mantar sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	50
7	Total bor konsantrasyonları ile mantar sayısı arasındaki ilişki	51
8	Nitrit bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	53
9	Eriyebilir bor konsantrasyonları ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki	54
10	Nitrat bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	55
11	Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	58
12	Azotobakter sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	60
13	Toprakların % kil kapsamı ile Azotobakter sayısı arasındaki ilişki	62
14	CO ₂ -oluşumu üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	64
15	Toprakların organik madde kapsamı ile CO ₂ -oluşumu arasındaki ilişki	65

ŞEKİL NO	ŞEKİL ADI	SAYFA NO
16	Toprakların total azot kapsamları ile CO ₂ - oluşumu arasındaki ilişki	57
17	Toprak reaksiyonu ile CO ₂ -oluşumu arasındaki ilişki	58
18	Toprakların katyon değişim kapasiteleri ile CO ₂ - oluşumu arasındaki ilişki	59
19	DHG-enzim aktivitesi üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Mayıs-1987)	70
20	Toprakların % kil kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki	72
21	Genel bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	77
22	Aktinomyces sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	78
23	Toprakların C/N oranı ile aktinomyces sayıları arasındaki ilişki	79
24	Mantar sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	81
25	Nitrit bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	83
26	Toprakta CO ₂ -oluşumu ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki	84
27	Toprağın kireç kapsamı ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki	85
28	Nitrat bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	86
29	Nitrit ve nitrat bakterileri arasındaki ilişki . .	88
30	Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	90
31	Azotobakter sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	93
32	Toprakların eriyebilir bor kapsamı ile Azotobakter sayıları arasındaki ilişki	94

ŞEKİL NO	ŞEKİL ADI	SAYFA NO
33	CO ₂ -oluşumu üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	96
34	Toprakların kireç kapsamı ile CO ₂ -oluşumu arasındaki ilişki	97
35	DHG-enzim aktivitesi üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1987)	99
36	Toprağın total azot kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki	100
37	Toprakların CaCO ₃ kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki	101
38	Genel bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	106
39	Aktinomyces sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	108
40	Toprakların azot içeriği ile aktinomyces sayıları arasındaki ilişki	109
41	Toprakların CaCO ₃ içeriği ile aktinomyces sayıları arasındaki ilişki	110
42	Mantar sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	111
43	Toprakların eriyebilir bor miktarları ile mantar sayıları arasındaki ilişki	112
44	Nitrit bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	114
45	Nitrat bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	115
46	Toprak reaksiyonu ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki	116
47	Toprakların % kil kapsamı ile nitrit bakteri sayıları arasındaki ilişki	117
48	Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	119
49	Azotobakter sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	122

<u>ŞEKİL NO</u>	<u>ŞEKİL ADI</u>	<u>SAYFA NO</u>
50	CO ₂ - oluşumu üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	124
51	Toprakların eriyebilir bor konsantrasyonları ile CO ₂ -oluşumu arasındaki ilişki	125
52	DHG-enzim aktivitesi üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri (Eylül-1988)	127
53	Toprakların organik madde kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki	128
54	Genel bakteri sayılarının profillerdeki dağılımı	131
55	Aktinomycet sayılarının profillerdeki dağılımı	133
56	Mantar sayılarının profillerdeki dağılımı . . .	134
57	Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayılarının profillerdeki dağılımı	136
58	CO ₂ - oluşum miktarlarının profillerdeki dağılımı	138
59	DHG-enzim aktivitesinin profillerdeki dağılımı	140

HARİTA LİSTESİ

<u>HARİTA NO</u>	<u>HARİTA ADI</u>	<u>SAYFA NO</u>
1	Araştırma Alanının Türkiye'deki Konumu ve Örneklerin Alındığı Yerler	18

ÇİZELGE LİSTESİ

ÇİZELGE NO	ÇİZELGE ADI	SAYFA NO
1	Bazı bitki türlerinin bora olan nisbi toleransları	7
2	Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Mayıs-1987) fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	27
3	Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1987) fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	28
4	Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1988) fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	29
5	Kellog (1952)'a göre düzenlenen pH sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları ...	26
6	Evliya (1964)'ya göre düzenlenen % CaCO_3 sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları	30
7	Rauterberg ve Kremkus (1971)'a göre düzenlenen % organik madde sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları	31
8	Lowe (1963)'ye göre düzenlenen % total azot sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları	32
9	DSİ 25. Bölge Müdürlüğü'nün, 1987 ve 1988 yılı sulama aylarında Simav Çayı Anakanal ve Simav Çayı Kaletepe Regülatörüne ait su örneklerinde tesbit ettikleri minimum ve maksimum bor miktarları	35
10	Profil örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	36
11	Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası Topraklarının (Mayıs-1987) mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları	42

ÇİZELGE NO	ÇİZELGE ADI	SAYFA NO
12	Çeşitli bor konsantrasyonlarında genel bakteri, aktinomycet ve mantar sayılarının toplam ve ortalama değerleri (Mayıs-1987)	45
13	Çeşitli bor konsantrasyonlarında nitrit ve nitrat bakterilerinin toplam ve ortalama değerleri (Mayıs-1987)	52
14	Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların organik madde, N_t ve pH değerlerine bağlı olarak aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları (Mayıs-1987)	56
15	Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların pH, organik madde ve kil değerlerine bağlı olarak azotobakter sayıları (Mayıs-1987)	59
16	Çeşitli bor konsantrasyonlarında CO_2 -oluşumu ve DHG-enzim aktivitesinin toplam ve ortalama değerleri (Mayıs-1987)	63
17	Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1987) mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları	73
18	Çeşitli bor konsantrasyonlarında genel bakteri, aktinomycet ve mantar sayılarının toplam ve ortalama değerleri (Eylül-1987)	76
19	Çeşitli bor konsantrasyonlarında Nitrit ve Nitrat bakterilerinin toplam ve ortalama değerleri (Eylül-1987)	81
20	Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların organik madde, N_t ve pH değerlerine bağlı olarak aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları (Eylül-1987)	88
21	Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların pH, organik madde ve kil değerlerine bağlı olarak azotobakter sayıları (Eylül-1987)	91
22	Çeşitli bor konsantrasyonlarında CO_2 -oluşumu ve DHG-enzim aktivitesinin toplam ve ortalama değerleri (Eylül-1987)	95

ÇİZELGE NO	ÇİZELGE ADI	SAYFA NO
23	Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1988) mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları	105
24	Çeşitli bor konsantrasyonlarında genel bakteri, aktinomycet ve mantar sayılarının toplam ve ortalama değerleri (Eylül-1988)	105
25	Çeşitli bor konsantrasyonlarında nitrit ve nitrat bakterilerinin toplam ve ortalama değerleri (Eylül-1988)	113
26	Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların organik madde, N_t ve pH değerlerine bağlı olarak aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları (Eylül-1988)	118
27	Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların pH, organik madde ve kil değerlerine bağlı olarak azotobakter sayıları (Eylül-1988)	120
28	Çeşitli bor konsantrasyonlarında CO_2 -oluşumu ve DHE-enzim aktivitesinin toplam ve ortalama değerleri (Eylül-1988)	123
29	Profil örneklerine ait mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları	130

ABSTRAKT

Bu çalışmada, bor madeni ocaklarının kirlettiği Simav Çayının Balıkesir, Susurluk ve Kepsut Ovalarında sulamada kullanılması sonucu tarım arazilerinde yüksek konsantrasyonlarda biriken bor elementinin, topraktaki mikroorganizma grupları ve biyokimyasal olaylar üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Araştırma materyali olarak, 3 farklı zamanda alınan toplam 104 yüzey ve profil örnekleri kullanılmış ve bu topraklarda fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizler yapılarak, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Mikroorganizma gruplarının toksik olarak etkilendikleri bor düzeyleri; genel bakteriler ve nitrit bakterileri için 3,25 ppm; nitrat bakterileri ve aerob selüloz parçalayıcı bakteriler için 3,50 ppm; aktinomycetler ve mantarlar için 3,75 ppm ve azotobakter için ise 4,80 ppm olarak saptanmıştır.

ABSTRACT

The alluvial soils of Balıkesir, Susurluk and Kepsut Plains of Southern Marmara Region are majorly irrigated by Simav River. On the other hand, this river is polluted by the discharges of the boron mines present in this region. The effects of high boron concentrations on the soil microorganism groups and biochemical activities were the objective of this study. With this purpose, totally 104 soil samples (90 surface + 14 profile samples) were taken at three different times. The physical, chemical, microbiological and biochemical analysis were made in these samples and the obtained results were discussed.

Toxic boron levels for groups of microorganisms were determined as 3,25 ppm for the general bacteria and nitrite bacteria; 3,50 ppm for nitrate bacteria and aerobic cellulose decomposing bacteria; 3,75 ppm for fungi and actinomycetes; and 4.80 ppm for azotobacter.

1. GİRİŞ

Çağımızda hızlı gelişmenin gereği olan endüstrileşme ve doğadan bazı maden cevherlerinin elde edilmesiyle ilgili faaliyetler sonucu ortaya çıkan olumsuz çevre koşulları, tarım arazilerini çeşitli şekillerde etkileyerek bu toprakların verimlilik güçlerinin azalmasına veya elden çıkmalarına neden olmaktadır. Endüstriyel atıkların atmosfer veya sular vasıtasıyla yaptıkları bu etkiler günümüzde ana çevre problemlerinden birisi olan toprak kirliliği adı altında incelenmektedir. Her ne şekilde olursa olsun toprağa gelen bu kimyasal bileşiklerin birikerek, toprakla kontakt halinde bulunan tüm yaşayan canlıları olumsuz etkilediği ve tarımsal potansiyeli düşürdüğü artık tüm ülkelerin kabul ettiği bir gerçektir.

Henüz endüstrileşme sürecinde olan ülkemizde de çeşitli şekillerde kirliliğin ortaya çıktığı problemli tarım alanları mevcuttur. Bunlardan biri olan Susurluk Havzasında yüksek konsantrasyonlarda bor içeren sulama sularının neden olduğu bir toprak kirliliği söz konusudur.

Dünya bor rezervlerinin yaklaşık % 60'ına sahip olan ülkemizde başlıca bor üretimi Kütahya ile Balıkesir il merkezleri arasında yaklaşık 200 km uzunluğunda ve 70-120 km enindeki bir kuşak boyunca yer alan Bigadiç, M.Kemal Paşa, Emet ve Kırka yörelerinde yapılmaktadır. Bu üretim bölgeleri Simav, Kirmastı ve M.Kemal Paşa su toplama havzaları içinde olup üretim sırasında akarsuya boşaltılan borlu drenaj ve yıkama suları Simav Çayını kirlletmektedir. Yüksek bor konsantrasyonlarına içeren bu atık suları aldıktan sonra Simav Çayı Balıkesir, Kepsut ve Susurluk Ovalarında tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmaktadır. Simav su toplama alanı içindeki 117.274 ha tarım alanından 94.353 hektarı bor kirlenmesinden etkilenmekte olup, yoğun kirlenme etkisindeki alan 42.200 ha dolayındadır (Önel, 1981).

Akdeniz iklim tipinin hakim olduğu Susurluk Havzasında yıllık yağışın ancak % 7'si yaz aylarında düşmektedir (Topraksu, 1971). Bu nedenle bölge çiftçisi toprağından daha bol ve kaliteli ürün alabilmek için sulamaya ihtiyaç duymaktadır. Fakat Balıkesir, Kepsut ve Susurluk ovalarında tek su kaynağı olan Simav Çayının borlu atık sularla kirlenmiş

olması, sulamayla birlikte pek çok sorunun bu tarım arazilerinde ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bor elementinin bu sorunları yaratmasında; toprakta fikse olması ve buna bağlı olarak yıkanmasının zorlaşması, profilde birikim özelliği göstermesi ve düşük konsantrasyonlarda bile bitkilere toksik etkiler yapması gibi özelliklerinin bulunması rol oynamaktadır.

Eksiklik ile toksik etki gösterdiği konsantrasyon aralığı çok dar olan borun, sadece bitkiler açısından değil aynı zamanda toprakların canlı kısmını oluşturan ve toprakların verimlilik güçlerini sürdürmede önemli görevler üstlenen toprak mikroorganizmalarının üzerinde de olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bununla beraber doğal koşullarda mikroorganizmalar üzerinde bor toksisitesini inceleyen araştırmalar az sayıdadır. Özellikle ülkemizin geniş bir tarımsal potansiyelini oluşturan Susurluk havzasında, bu problemi mikrobiyolojik açıdan ele almış bir çalışma bulunmamaktadır.

Bütün bu nedenlerden dolayı bor toksisitesini değişik yönlerden incelemek, topraklarda yaratmış olduğu ve yaratması beklenen etkileri ve toprağın özellikle biyolojik yapısında meydana getirdiği değişimleri belirlemek, ayrıca toprak mikroorganizma grupları için optimum ve toksik bor düzeylerini saptamak amacıyla bu araştırma projesi ele alınmış ve yürütülmüştür. Araştırma sonuçları, bundan sonra bor konusu ile ilgili yapılacak çalışmalara temel teşkil etmesi ve borla ilgili problemlerin çözümünde yardımcı olması açısından önem taşımaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1 Borun Toprakta Bulunuşu, Dağılımı ve Toprak Özellikleri ile Olan İlişkileri

Doğanın ender elementlerinden biri olan bor, toprakta genellikle zor çözünen mineraller şeklinde bulunur. Bu minerallerin ayrışmasıyla serbest hale dönüşen borun küçük bir kısmı ya toprak çözeltisine geçer veya sorbsiyon kompleksleri tarafından tutulur, önemli bir kısmı ise sekonder bor minerallerine dönüşür (Özbek, 1973). Toprak çözeltisinde ve sularda H_2BO_3 şeklinde mevcut olan borun doğada yaygın olarak bulunduğu mineraller ise Turmalin, Kolemanit, Boreks ve Howlit'dir (El-Kholi ve ark., 1970).

Topraklar doğal olarak çok az miktarlarda toplam bor içerirler. Farklı toprak gruplarına ait 30 yüzey toprağında toplam bor miktarlarının incelendiği bir araştırmada, bu değerlerin 2,3-33,1 ppm arasında değiştiği saptanmıştır (Musierovici ve Rut., 1948). Toprakların toplam bor içeriklerine oluştukları ana materyalin tipi ile o bölgedeki hakim iklim şekli etkili olmaktadır. Magmatik kayalar genellikle borca fakir olup sadece 1,5-3 ppm arasında bor içerirlerken, denizsel sedimentler ve deniz orjinli metamorfik kayalar ise borca zengindirler (El-Kholi ve ark., 1970). Kurak ve yarı-kurak iklim bölgelerinde yılanmanın sınırlı olması nedeniyle gerek toplam ve gerekse yarayışlı bor miktarları bu topraklarda yüksektir. Berger, yarı-kurak iklim bölgelerindeki toprakların 10-40 ppm, kurak iklim ve çöl topraklarının ise ortalama 133 ppm bor kapsadığını belirtmiştir (Çalmaşır ve ark., 1981).

Sıcak suda eriyebilir bor bitkilere yarayışlı form olup, topraktaki toplam borun sadece % 5 den daha az bir miktarını oluşturmaktadır (Gupta ve ark., 1985). Florida toprakları ile bir araştırma yapan Winsor, bu toprakların yarayışlı bor içeriğini yaklaşık 0,1 ppm olarak saptarken bu miktarın, incelenen alana ait toplam bor miktarının sadece % 0,13'ü olduğunu tesbit etmiştir (El-Kholi ve ark., 1970). Bir başka araştırmada Lee Wang ve ark. (1976); 30 toprak örneğinde sıcak suda eriyebilir bor içeriklerini 0,1-1,75 ppm arasında; 24 toprak örneğinde

ise 0,5 ppm'den daha az olarak tayin etmişlerdir.

Topraktaki borun yarayışlı forma geçmesinde bazı toprak özellikleri etkili olmaktadır. Bunlar toprağın pH'si, bünyesi ve organik madde miktarı ile kil minerallerinin ve değişebilir iyonların tipidir (Hatcher ve ark., 1959; Keren ve Gast, 1981). Peterson ve Newman, bor yarayışlılığının 4,7-6,3 pH arasında üniform olduğunu, 7,4 pH'da ise yarayışlılığın önemli miktarda azalarak borun fikse (adsorbe) olduğunu belirtmişlerdir (Gupta ve Macleod, 1981). Bor fiksasyonunda etkili 2 önemli faktörün kolloidal killer ve organik madde olduğu yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmıştır. Eaton ve Wilcox; artan pH ile montmorillonitdeki bor adsorbsiyonunun da arttığını, yüksek pH düzeylerinde ise bu olayın maksimuma ulaştığını tesbit etmişlerdir (Keren ve ark., 1981).

Bor adsorbsiyonu ile pH arasındaki ilişki şu şekilde açıklanmaktadır: pH 7'nin altında olduğu zaman dominant durumda olan $B(OH)_3$ iyonlarına killerin afinitesi az olduğu için adsorbsiyon miktarı az olmakta; pH yükseldikçe ise basat duruma geçen $B(OH)_4$ iyonlarına killerin yüksek afinitesinden dolayı adsorbe olan bor miktarı da hızla artmaktadır (Keren ve Talpaz, 1984).

Topraktaki bor fiksasyonunda kil mineralleri kadar etkili olan bir diğer faktör de organik madde miktarıdır. Organik maddece zengin olan topraklarda genellikle bor içeriği de yüksek olup, bu topraklardan bor kolaylıkla yıkanamamaktadır. Organik maddenin ayrışması sırasında ortaya çıkan laktik asit, purvik asit, glukoz, gliserol ve sellobioz gibi bileşikler toprakta yüksek miktarlarda bulunan bor ile birleşerek zor erir kompleksler oluşturmaktadırlar (Parks ve White, 1952). Schachtschabel de; bu komplekslerin oluşumunda organik maddedeki dihidroksi bileşiklerin rol oynadığını ileri sürmüştür (El-Damaty ve ark., 1970). Bor ile kompleks oluşturan polisakkaritlerin bünyelerinde fikse edilen borun yarayışlı hale geçmesi ise ancak uygun bir nem varlığında ve mikrobiyolojik aksiyon ile gerçekleşmekte, böylece devamlı bir döngü meydana gelmektedir (Parks ve White, 1952).

Toprakların bünye durumu da bor fiksasyonunda rol oynayan bir diğer toprak özelliğidir. El-Damaty ve ark., (1970); bor adsorbsiyonu ve salınımını inceledikleri bir araştırmalarında killi toprakların en yüksek bor adsorbsiyon kapasitesine sahip olduğunu, bunu sırasıyla kireçli daha sonra da kumlu toprakların izlediğini saptamışlardır. Eaton'a göre de; ince tesktüre sahip topraklar daha fazla boru adsorbe edip, toprak çözeltisinde daha az miktarda bor bırakmakta, kaba bünyeli toprakların çözeltilerinde ise fazla miktarda bor bulunmaktadır (Gupta ve Macleod, 1981).

Asit toprakların pH'sının yükseltilmesi veya başka amaçlarla toprağa aşırı miktarlarda verilen CaCO_3 'ün, topraktaki yarayışlı bor miktarının azalmasına neden olduğu bu konuda yapılan birçok araştırma sonucu ortaya çıkarılmıştır (Brioux ve Jovis, 1937; Hanna ve Purvis, 1941; Jordan ve Powers, 1947). Brioux ve Jovis; ağır kireçli topraklarda borun yarayışsızlığını, erimez bir bileşik olan Ca-borat'ın oluşumuna bağlarlarken; Purvis ve ark. ise mikrobiyolojik asimilasyon ve çok hızlı bitki gelişiminin bu kireçli topraklardaki yarayışlı bor miktarının azalmasında rol oynayabileceklerini ileri sürmüşlerdir (Hanna ve Purvis, 1941).

2.2 Bitki Besin Maddesi Olarak Bor ve Bitkiler Üzerindeki Toksik Etkileri

Bitki gelişimi için mutlak gerekli elementlerden biri olan bora bitkilerin gereksinimi çok az miktarlardadır. Wilcox'a göre, bitkiden bitkiye değişmekle birlikte 0,01-4 ppm arasındaki bor konantrasyonları genellikle bitki gelişimi için optimal aralıktır (Lowatt ve Bates, 1984). Bu optimal aralığın çok az üzerindeki yarayışlı bor düzeyleri ise kültür bitkilerinin çoğuna toksik etkiler yapmaktadır (Mengel ve Kirkby, 1979).

Kacar (1972); bitkilerin boru genellikle $\text{B}_4\text{O}_7^{=}$, H_2BO_3^- , HBO_3^- veya $\text{BO}_3^{=}$ iyonları halinde absorbe ettiklerini belirtmiştir. Nisbaten immobil bir element olan bor, bitkinin yaşlı bölgesinden meristematik (genç) bölgeye kolay hareket edememektedir. Bu nedenle noksanlığında

ilk belirti, son sürgüne ait gelişmenin durması ile başlar ve bunu hemen sonra genç yaprakların ölümü izler (Zabunoğlu ve Karaçal, 1986).

Bitki metabolizması açısından borun fonksiyonu bir makro besin maddesi olan fosfora benzemektedir. Yapılan araştırmalar sonucu, borun en önemli fonksiyonlarından birinin hücre duvarlarına ince bir strüktür kazandırması ve stabilitelerini arttırması olduğu ortaya çıkmıştır (Mengel ve Kirkby, 1979). Bir diğer önemli işlevi ise şekerlerle şekerborat kompleksi meydana getirerek bitki bünyesinde karbonhidratların hareket (mobilité) ve taşınmalarını sağlamasıdır (Özbek, 1973). Ayrıca nükleik asit sentezinde önemli rol oynadığı ve diğer elementlerin alınımı üzerinde etkili olduğu da saptanmıştır (Mengel ve Kirkby, 1979; Bökrekçi, 1986).

Optimum bitki gelişimi için topraktaki yarayırlı bor miktarını dar sınırlar içerisinde ve düşük bir konsantrasyonda muhafaza etmek şarttır. Çünkü bor yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman, özel iyon etkisi nedeniyle bitkilere toksik olan bir elementtir. ABD standartlarına göre sulama suyundaki bor konsantrasyonu 0.7 ppm'den fazla olması halinde toprakta bor birikimi başlamaktadır. Borun toksik etki gösterdiği konsantrasyon her bitkiye göre değişmekle beraber genelde 0,3 ppm sınır konsantrasyon olarak kabul edilmektedir (Yılmaz ve Berktaş, 1984).

Bazı bitkilerin zarar gördükleri bor konsantrasyonlarını saptamak amacıyla çalışmalar yapan araştırmacılar; pamuk ve sorgunda 4 ppm (Paryea ve ark., 1984); tütünde 5 ppm, fasulye ve soğanda 0,5 ppm (Gandhi ve Mehta, 1959); susam, mung fasulyesi, arpa ve buğdayda ise 0,6 ppm (Khudairi, 1961)'in üstündeki bor konsantrasyonlarının bu bitkilere toksik etkili olduğunu saptamışlardır.

Gupta ve ark. (1985); sulama suyundaki bor düzeylerini dikkate alarak bora hassasiyetlerine göre bitkileri 3 gruba ayırmışlardır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bazı bitki türlerinin bora olan nisbi toleransları
(Gupta ve ark., 1985)

Hassas (0,4-1 ppm)	Yarı Toleranslı (1-2 ppm)	Toleranslı (2-4 ppm)
Ceviz	Ayçiçeği	Ilgın
Enginar	Patates	Kuşkonmaz
Fasulye	Pamuk	Palmiye
Karaağaç	Domates	Şeker pancarı
Erik	Turp	Hayvan pancarı
Armut	Bezelye	Yemeklik pancar
Elma	Zeytin	Yonca
Asma	Arpa	Bakla
İncir	Buğday	Soğan
Hurma	Mısır	Şalgam
Kiraz	Darı	Lahana
Şeftali	Yulaf	Marul
Kayısı	Kabak	Havuç
Dut	Dolma biber	
Portakal	Tatlı patates	
Avokado	Lima fasulyesi	
Greyfurt		
Limon		

Ok istikametinde
artan tolerans

2.3 Bor ve Topraktaki Diğer Bazı Mineral Maddelerin Mikrobiyolojik Etkileri

Kayaların ve organik maddenin çeşitli ayrışma ürünlerinden meydana gelen toprak; içerisinde geniş bir canlı popülasyonunu barındırmazından dolayı yaşayan dinamik bir sistemdir. Toprakların bu dinamik özelliği kazanmasında en büyük etkiye sahip olan toprak mikroorganizmaları; kayaların ayrışmasında ve toprak oluşumunda aktif rol oynadıkları gibi en önemli toprak bileşenlerinden biri olan humusun oluşumu ve birikimi de ancak bu organizmaların aktiviteleri sonucu gerçekleşmektedir (Waksman, 1952). Ayrıca yürüttükleri birçok biyokimyasal reaksiyonlar ve mineral madde transformasyonları ile toprağı

bitkiler ve hayvanlar için uygun bir ortam haline çevirerek, toprak verimliliğinin arttırılmasında ve devamlılığında önemli rol oynarlar.

Toprak mikroorganizmalarının gelişimleri ve aktiviteleri üzerine bulundukları ortamın toprak özellikleri ile çevre koşullarının büyük etkileri vardır. Bu toprak ve çevre faktörlerinden en önemli olanları; toprak nemi, havası, sıcaklığı, reaksiyonu ile toprağın organik ve mineral madde kapsamıdır (Çengel, 1990). Toprak organizmalarının mineral madde gereksinimleri yüksek bitkilere benzer olup, makro besin elementlerinden özellikle P, S, Ca, K ve Mg; mikro besin elementlerinden ise Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo ve Co bu canlıların ihtiyacı olan önemli elementlerdir (Mulder ve ark., 1969; Çengel, 1990).

Toprak mikroorganizmalarının optimum yaşam koşullarında çok az miktarlarda gereksinim duydukları mikroelementler özellikle enzimatik reaksiyonlarda ko-faktör olarak görev yapmaktadırlar (Mulder ve ark., 1969). Fosfotaz enzim aktivitesi üzerine Zn, Mn, Mo ve B'un etkisini inceleyen Timoshenko ve ark. (1964); araştırılan tüm mikroelementlerin özellikle de çinko ve borun bu enzim aktivitesini arttırdığını saptamışlardır.

Mikroorganizmalar tarafından oluşturulan vitaminler ile mikro elementler arasındaki ilişkiyi araştıran Bershova ve Kozlova (1962), mısır ve patates bitkilerine ait rhizosfer bölgelerinden izole edilen 10 bakteri türü ve actinomycetlerin sentezledikleri biyotin miktarının Mo, B, Mn, Zn, Cu ve Co'nun varlığında yükseldiğini tesbit etmişlerdir. Bir başka araştırmacı Hamed (1979); pamuk bitkisinin rhizosfer tabakasında bulunan bütün mikroorganizma gruplarının Mo, Zn, Cu, Mn, B ve Fe mikroelementleri tarafından uyarıldığını yaptığı bir çalışmada görmüştür. Bazı toprak mikroorganizmalarının solunum aktiviteleri üzerine iz elementlerin etkisinin incelendiği bir araştırmada da; Mo, B ve Mn'in mikroorganizmaların oksijen alınımını teşvik ettiği ortaya çıkarılmıştır (Bershova, 1960).

Mikroelement- mikroorganizma ilişkisi üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, borun toprak mikrobiyolojisi açısından çok yönlü etkilere sahip olduğu; N-fiksasyonu, anaerob bakteriler, nitrifikasyon bakteriler

ile mantar ve algleri teşvik edici bir element olduğu anlaşılmıştır (Müller, 1965). Bu araştırmaların birinde Gerretsen ve Hoop (1954); mikroorganizma çoğalması, CO_2 -oluşumu, N-fiksasyonu ve pigmentasyon ile kültür ortamının bor içeriği arasında çok yakın ilişkiler saptamışlardır. Bor kapsamı 0,05-0,00004 ppm arasında olan topraklarda biomass ölçümleri yapan bir grup araştırmacı; 5-15 cm lik toprak tabakasındaki mikrobiyal canlı ağırlığının 0,05-0,48 mg/gr arasında olduğunu belirlemişlerdir. Yine aynı araştırmacının sonucuna göre; bor içeriği yüksek olan topraklardaki mikrobiyal-B miktarları, bor miktarı daha düşük diğer toprağa kıyasla ilkbaharda 77, sonbaharda ise 2,7 kat daha fazla çıkmıştır (Koval'skii ve ark., 1974).

Selülozu ayrıştıran organizmalar ile ilgili bir çalışma yapan Naplekova ve ark. (1970); orman topraklarından izole ettikleri mikroorganizmaların selüloz ayrıştırma aktiviteleri üzerine borun uyarıcı bir etki yaptığını, ayrıca bu elementin mikrobiyal fiksasyonunun $actinomycet > mantar > bakteri$ sırasına göre azaldığını tesbit etmişlerdir.

İz elementlerin, topraktaki önemli döngü olaylarından olan amonifikasyon ve nitrifikasyon üzerine de etkileri olduğu değişik çalışmalarla ortaya konmuştur. Maliszewska (1972), bu konu ile ilgili bir araştırmada amonifikasyon olayının B ve Mo; nitrifikasyonun ise B, Zn, Mo ve Mn'in varlığında hızlandığını tesbit etmiştir. Verona (1947)'de; topraklarda iz miktarlarda bulunduğu zaman borun nitrifikasyonu ilerlettiğini ve amonyum boratın kolaylıkla nitrifikasyona uğradığını ileri sürmüşlerdir.

Bazı araştırmacılar yavaş yavaş bor miktarının kireçli topraklarda azalmasını; topraktaki fazla kirecin mikroorganizmaları uyatarak borun mikrobiyolojik olarak asimile olması ile açıklamışlardır. Kireçleme ile birlikte 0, 10 ve 20 ppm dozlarında borun uygulandığı bir çalışmada; bor ilavesi ile tüm muamelelerde mikrobiyolojik aktivitenin arttığı, mantar gelişiminin özellikle kireçli topraklarda verilen bora bağlı olarak yükseldiği, bakteri gelişiminin ise mantarlara oranla daha az olduğu saptanmıştır (Hanna ve Purvis, 1941). Benzer bir araştırmada Hanna ve ark.; pH'sı 5,1 olan bir toprağa dekstroz ve

10 ppm bor ilave edildiğinde CO_2 - oluşumunun % 8.7-9.9 arasında; ki-
reçleme yapıldığında ise 10 ppm bor ilavesinin CO_2 - oluşumunu % 3.3-
20,3 oranında arttırdığını tesbit etmişlerdir (Gerretsen ve Hoop,
1954).

N-fiksasyonu üzerinde yapılan mikrobiyolojik çalışmalar sonucu,
bor ve vanadyumun N-fiksasyonunu teşvik edici, bor ve molibdenin ise
iyi bir baklagil gelişimi ve aktif nodül oluşumu için gerekli element-
ler olduğu ortaya çıkmıştır (Krylova, 1962; Beck, 1968). Waksman
(1952)'a göre yüksek konsantrasyonları zararlı olmasına rağmen bor
baklagil bakterilerinin gelişimini olumlu şekilde etkilemektedir. Kum-
lu ve alluvial topraklarda azot fiksasyonu üzerine farklı dozlara
sahip bor ve kadmiyum elementlerinin etkisinin incelendiği bir araş-
tırmada, hemen hemen tüm dozların N-fiksasyonunu uyardığı tesbit edil-
miştir. Yine aynı araştırmada en önemli etkinin kumlu bünyeli toprak-
larda meydana geldiği görülmüştür (Pfeiffer-Maliszewska, 1978).

Asembiyotik yolla azot fikse eden azotobakterler çevre koşulla-
rından en çok etkilenen, bir başka ifade ile istekleri çok olan orga-
nizmalardır (Çengel ve Gür, 1986). Bor mikroelementinin Azotobakter-
ler için gerekli bir element olup olmadığını araştıran Gerretsen ve
Hoop (1954); bu organizmanın normal gelişimi için optimum bor konsan-
trasyonunu sıvı kültürlerde 2 ppm, kum kültürlerinde ise 5 ppm olarak
saptamışlardır. Ancak yine aynı araştırmacının bulgularına göre bazı
topraklarda 8 ppm'e kadar olan borun Azotobakterlerce tolere edildiği
görülmüştür. Bertrand ve Wolf (1974) ise; litresinde birkaç mg bor
içeren besin ortamlarında Azotobacter chroococcum'un optimum bir ge-
lişme gösterdiğini tesbit etmişlerdir.

Azotobakter-mikroelement ilişkisinin incelendiği bir başka araş-
tırmada Azotobacter chroococcum'un N-fiksasyon gücü üzerine birinci
derecede Mo, ikinci derecede ise borun etkili olduğu belirtilmiştir
(Singh ve Pathak, 1962).

Milli-killi-tın bünyeli bir toprakta araştırma yapan Jordan ve
Anderson (1950); yarayışlı bor miktarının 0,3 ppm'den 0,5 ppm'e çık-
masıyla azotobakterlerin azot bağlama gücünde önemli artışlar olduğunu;

toprağın total bor içeriğinin 7 ppm'i geçtiği noktadan itibaren ise azot fiksasyonunun azaldığını tesbit etmişlerdir.

Bu ve buna benzer araştırmaların aksine, Anderson ve ark. (1961) nın yapmış olduğu bir çalışmada ise azot ve bor içermeyen besin ortamında Azotobakterlerin iyi geliştiğini ve azot-fikse ettiğini, bunun yanında 10 ppm bora kadar çıkan miktarlarda H_2BO_3 ilavesinin gerek N-fiksasyonu ve gerekse pigmentasyonu uyarmasını borun azotobakterler için elzem bir gelişme faktörü olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Sembiyotik bir yaşamla azot fiksasyonu yapan Rhizobium bakterileri üzerinde yapılan araştırmalar sonucu; bor elementinin varlığında tıpkı Azotobakterlerde olduğu gibi bu bakterilerin de daha iyi geliştikleri ortaya çıkarılmıştır. Branchley ve Thornton (1925); köklerdeki ilk nodül gelişiminin bor varlığına bağlı olmadığını fakat ana kökün vasküler sistemi ile nodüllerdeki meristematik hücreleri çevreleyen vasküler sistemin oluşumunda borun önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Lebedev (1940) bakla bitkisi ile yaptığı bir çalışmada; bu bitkinin köklerindeki nodül bakterilerinin gelişiminde borun uyarıcı bir etkisi olduğunu tesbit etmiştir. Adi yoncaadaki verim artışı ve nodül sayısı üzerine Co, Zn, I, Mo, Mn ve borun çeşitli dozlarda etkilerinin incelendiği bir başka araştırmada; en fazladan aza doğru uyarıcı etkinin $B > Mo > Co > Mn$ şeklinde olduğu ortaya çıkarılmıştır (Melkumova ve ark., 1964). Salazar (1965) ise; 3 tropik baklagil bitkisinin nodül ağırlığı ve biçimi ile Mo ve bor konsantrasyonları arasında önemli ilişkiler saptamıştır.

Borun, sembiyoz partnerleri arasındaki dengayı etkileyen bir mikroelement olduğunu ileri süren Branchley ve Thornton (1925); bor eksikliği halinde Rhizobium bakterilerinin birer parazitik organizma gibi davranarak bitkiye ait ana kökün vasküler dokusuna yayıldıklarını ve endodermis perisiklik ile floem dokularını çürüttüklerini belirtmişlerdir. Aynı konu ile ilgilenen bir başka araştırmacı Dufrenoy (1940)'ın bulguları da benzer olup; araştırma sonucuna göre mikroorganizmalar ve konukçu bitki hücreleri arasındaki ilişkinin bu şekilde değişmesinin, vasküler damarlarla nodüle gelen karbonhidratın azalması ile ilgili olduğu ve böylece bakterilerin enerji kaynağı olarak konukçu bitkiye ait hücre protoplazmasını kullandığı ortaya çıkmıştır.

2.4 Borun Toprak Organizmaları Üzerine Toksik Etkileri

Bir iz element olması nedeniyle bor yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman, bitkilerde olduğu gibi toprağın farklı mikroorganizma grupları üzerine de toksik etkiler yapmaktadır. Borun toksik hale gelmesi 3 ana koşul altında gerçekleşmektedir. Bunlar; (1) toprakların doğal olarak borca zengin olması, (2) bor içeriği yüksek gübrelerin fazla miktarlarda verilmesi ve (3) yüksek bor konsantrasyonlarına sahip sulama sularının kullanılmasıdır (Gupta ve ark., 1985). Özellikle üçüncü koşulun oluşmasında endüstriyel atıkların arıtılmadan veya hiç bir işleme tabi tutulmadan nehirlerle verilmesinin etkisi çok büyüktür.

Endüstriyel bir atık külünde yapılan bazı analizler sonucu; yüksek miktarlarda iz elementler içerdiği fakat içlerinde tehlikeli toksisiteye neden olan tek iz elementin bor olduğu saptanmıştır (Cope, 1962). Bu tür atık maddelerin arıtılmadan verildiği nehir suları ile sulanan tarım arazilerinde yoğun bir iz element birikimi meydana gelmektedir.

Biernacka (1970); 3 kasabanın şehir ve endüstriyel atıklarının boşaltıldığı Ner nehri ile sulanmakta olan kumlu toprakların iz element içeriklerini 0, 3, 10 ve 30 yıllık gözlemlerle incelemiş ve eriyebilir bor içeriğinin başlangıçta 0,4 ppm iken, 3 yıl sonra yine aynı konsantrasyonda, 10 yıl sonra 0,6-0,8 ppm arasında ve 30 yıl sonra ise 1,05-2,4 ppm arasında değiştiğini tesbit etmiştir.

Benzer bir araştırmada Neary ve ark. (1975); kızılçam plantasyonlarının 34 hafta süre ile 2,5, 50 ve 88 mm/hafta dozlarındaki şehir atık suları ile sulanması sonucu yapraklarda 75 ppm, toprağın humus tabakasında 50 ppm ve 15 cm kalınlığındaki 1 ha mineral toprakta ise 4 kg bor biriktiğini saptamışlardır.

Bir başka çalışmada Verona (1947); borun toksik etkisinin diğer iz elementlerin toplam yarayırlı miktarları ile ilişkili olduğunu, bu elementlerin konsantrasyonları dereceli bir şekilde arttığında borun mikroorganizmalara toksik etki yaptığını ileri sürmüşlerdir.

Tarım arazilerini tehdit eden bu çevre sorunu karşısında toprak mikrobiyolojisi üzerinde çalışan bilim adamları da araştırmalarını

bu yöne çevirmişlerdir. Liang ve Tabatabai (1977); topraklara 5 μ mol/gr (0.055 ppm) dozunda uyguladıkları 19 iz elementin azot mineralizasyonu üzerine etkisini inceledikleri bir araştırmalarında, bu iz elementlerin hepsinin de mineral azot oluşumunu engellediklerini belirlemişlerdir. Aynı araştırmacıların 1978 yılında gerçekleştirdikleri bir başka çalışmada ise iz elementlerin nitrifikasyon olayı üzerine yaptıkları etkiler araştırılmış ve tüm elementlerin topraklara verilen $\text{NH}_4\text{-N}$ 'unun nitrifike olmasını engelledikleri saptanmıştır. Aynı çalışmanın sonucuna göre, borun 5 μ mol/gr (0.055 ppm) konsantrasyonunda nitrifikasyonu engelleme oranı % 80 olmuştur (Liang ve Tabatabai, 1978).

El-Shinnawi (1975), çeşitli iz elementleri içeren bir solüsyonu Chernozem ve Rendzina topraklarına verdiğinde, iz elementlerin tüm dozlarda topraklardaki CO_2 -oluşumu ve bakteri sayısını azalttığını tesbit etmiştir. Bir diğer çalışmada, yonca unu ve kanalizasyon çamuru ile karıştırılmış bir milli-tın toprağa 0-400 ppm arasında değişen konsantrasyonlarda çeşitli iz elementler ilave eden Chang ve Broadbent (1982), topraklardaki CO_2 - oluşumunun % 10 engellenmesinde en etkili iz elementin Mn; % 50 engellenmesinde ise en toksik elementin Cr olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Borun her bir toprak mikroorganizma grubuna karşı yaptığı etki farklı olmaktadır. Branchley (1914), mantarların bora karşı tepkilerinin önemsiz olduğunu, bazı yeşil-alglerin de yüksek konsantrasyonlardaki bor düzeylerinden etkilenmediğini belirtmiştir. Bu konuyla ilgili yaptığı bir araştırmada Tyner (1944); borik asit ilavesinin bakteri gelişimini önemli bir şekilde engellerken, mantar sayımlarında tatmin edici bir sayıma ulaştığını görmüştür.

Bakterilerin diğer organizmalara göre bora karşı daha hassas oldukları Lipman ve ark. (1910)'nın yapmış olduğu bir çalışmada da ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar % 2 oranında bor içeren kireç ile yaptıkları denemelerde, magnezyumsuz kombinasyonların topraktaki bakterilere karşı toksik etkili olduğunu tesbit etmişlerdir.

Boseken ve ark. (1912) ise, bileşiklerin engelleyici etkilerinin besi ortamının yapısına ve mikroorganizmanın karbon kaynaklarını değerlendirme özelliklerine bağlı olarak değiştiğini belirtmişler ve

yaptıkları bir çalışmada % 0.06 lık H_2SO_3 konsantrasyonunda P. glaucum'un saf kültürlerinin açık bir şekilde engellenirken, aynı oksidin % 0,5- % 1 lik konsantrasyonlarında A. niger'in gelişimini sürdürdüğünü saptamışlardır.

Bu çalışmada araştırma yeri olarak seçilen Balıkesir ovası toprakları ile bir deneme kuran Çengel ve Üzkara (1967); borsuz ve farklı miktarlarda bor içeren sularla sulanmış topraklardaki bazı mikro-organizma gruplarının bordan etkileniş biçimlerini araştırmışlar ve 0,468-0,485 ppm arasındaki bor miktarlarının genel bakteri, mantar, streptomiset ve azotobakter sayılarının artmasına neden olduğunu ve CO_2 oluşumunu da teşvik ettiğini saptamışlardır. 0,485 ppm'in üzerindeki bor konsantrasyonları tüm mikroorganizma grupları üzerinde toksik etkiler yapmış, özellikle aerob selüloz parçalayıcı bakteriler ile nitrifikasyon bakterileri bütün bor seviyelerinden olumsuz etkilenen organizmalar olmuştur.

Yine aynı bölgenin 0,333-0,613 ppm bor içeren topraklarında farklı organik gübrelerin mineralizasyonu üzerine bor konsantrasyonlarının etkisini araştıran Başar (1988) ise; 0,5 ppm'e kadar olan bor düzeylerinin karbon ve azot mineralizasyonunu aktive ettiğini, bu değer in üstündeki konsantrasyonların ise olumsuz etkiler yaptığını belirlemiştir.

Toprakların önemli biyolojik kriterlerinden biri olan enzimatik aktiviteler ile ilgili yapılan araştırmaların sonuçlarına göre; birçok ağır metaller ve iz elementlerin bu olayları engelledikleri anlaşılmıştır. Metal iyonlarının enzim reaksiyonlarını engellemeleri; (1) substrat kompleksi oluşturmak suretiyle (2) enzimlerin protein-aktif grupları ile birleşmek yoluyla ya da (3) enzim-substrat kompleksleri ile reaksiyona girmek suretiyle olmaktadır (Al-Khafaji ve Tabatabai, 1978).

Cu ve Zn ile kirlenmiş topraklarda hidrolitik toprak enzimlerinin incelendiği bir araştırmada; artan Cu ve Zn konsantrasyonları ile Üreaz, fosfotaz aktivitesi ve solunum oranlarının azaldığı testit edilmiştir (Tyler, 1974). 20 iz element ile çalışan Tabatabai (1977), 5 μ mol/gr (0,055 ppm) toprak dozunda bor dahil tüm iz elementlerin Üreaz aktivitesini engellediğini ortaya çıkarmıştır.

Topraklardaki organik fosforun mineralizasyonundan sorumlu olan fosfotaz enziminin 2 ayrı formu (asit ve alkalın fosfotazlar) üzerine 20 iz elementin etkisinin incelendiği bir araştırmada; 25 μ mol/gr (0.275 ppm) toprak dozunda uygulanan tüm iz elementlerin her iki fosfotaz enzimini de engellediği, bunun ortalama engellemesinin asit fosfotazlarda % 18,7, alkalın fosfotazlarda ise % 13 olduğu saptanmıştır (Juma ve Tabatabai, 1977).

Grigoryan ve Galstyan (1979); endüstriyel atıklarla kirlenmiş bir nehrin suları ile sulanan topraklardaki bazı enzim aktivitelerini tesbit ederek, bu değerleri temiz bir nehrin ile sulanan topraklardaki enzim aktiviteleri ile kıyaslamışlardır. Araştırmaların sonuçlarına göre; kirli sularla sulanan toprakların pulluk tabakasındaki invertaz aktivitesi temiz sularla sulanan topraklara nazaran % 62, fosfotaz aktivitesi % 60, üreaz aktivitesi % 62, katalaz aktivitesi % 71 ve solunum oranı % 30 daha az olmuştur.

Alifatik amidlerin hidrolizini katalize eden amidaz enzimi üzerine 21 iz element, 12 herbisit, 2 fungusit ve 12 insektisitinin etkisini araştıran Frankenberger ve Tabatabai (1981); iz elementler ve pestisidlerin çoğunun topraklardaki amidaz aktivitesini engellediklerini ortaya çıkarmışlardır.

Diğer enzim aktiviteleri ile ilgili yapılan araştırmalar sonucu; gram toprağa 25 μ mol (0.275 ppm) bor verildiğinde arilsülfataz enziminin % 67 (Al-Khafaji ve Tabatabai, 1978); yine aynı miktar toprağa 50 μ mol (0.550 ppm) bor ilave edildiğinde rhodanez enziminin % 50 den fazla (Singh ve Tabatabai, 1978) ve pirofosfotaz enziminin ise gram toprağa 25 m μ mol (2.75×10^{-4} ppm) bor verildiğinde %30-50 arasında engellendiği (Stott ve ark., 1985) saptanmıştır.

3. ARAŞTIRMA YERİ VE MATERYAL

3.1 Araştırma Yeri Hakkında Genel Bilgiler

3.1.1 Coğrafi Konum

Simav Çayının bulunduğu havza olan Susurluk havzası Türkiye'nin kuzey-batı kesiminde, $39^{\circ}01'$ - $40^{\circ}23'$ kuzey enlemleri ile $27^{\circ}10'$ - $29^{\circ}50'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğuda Murat, Gümüş, Yirce ve Uludağ, güneyde Şaphane ve Simav dağı, batıda Madra ve Deliçal dağları ile çevrili olan havza kuzeyde ise Karadağ ve Mudanya tepelerinin arasından Kocasu vasıtası ile Marmara denizine ulaşmaktadır. Türkiye genel yüzölçümünün % 3,05'ini kaplayan havzanın alanı 2.382.456 ha kadardır (Munsuz ve Ünver, 1983).

3.1.2 Jeoloji

Havza jeolojik bakımdan oldukça değişiklik arz etmektedir. Havza'nın kuzeyinde ve Simav Çayı boyunca uzanan çöküntü sahalarında sedimentlerin birikmesiyle değişik genişlikte alluvial ovalar meydana gelmiştir. Havzanın esasını volkanik kütleler teşkil etmekte ve bunların yanı başında oldukça geniş yer tutan Neojen araziler de sık sık görülmektedir. Bunlar daha ziyade tepelik arazi görünümündedir.

Havzadan taşınarak meydana gelmiş olan alluvial topraklar derin ve bünyeleri oldukça incedir. Kireççe zengin Neojen arazilerinde Rendzina topraklara, Neojen arazilerinin düz ve çukur kesimlerinde Vertisollere, Andezitlerin yaygın olduğu sahalarda Kireçsiz Kahverengi ve Kireçsiz Kahverengi Orman topraklarına, Havzanın güney doğusunda yine bir kısım Neojen arazilerinde Kahverengi Orman Topraklarına rastlanmaktadır (Topraksu, 1971).

3.1.3 İklim

Marmara ve Ege denizlerinin tesiri altında bulunan Susurluk Havzasında genellikle Akdeniz iklimi hakim olmakla beraber engebelerinin çok değişiklik göstermesi nedeni ile iklim bakımından yer yer önemli farklar da bulunmaktadır. Havzada "yazları sıcak ve kurak, kışları

ılık ve yağmurlu" bir iklim tipi hüküm sürmektedir.

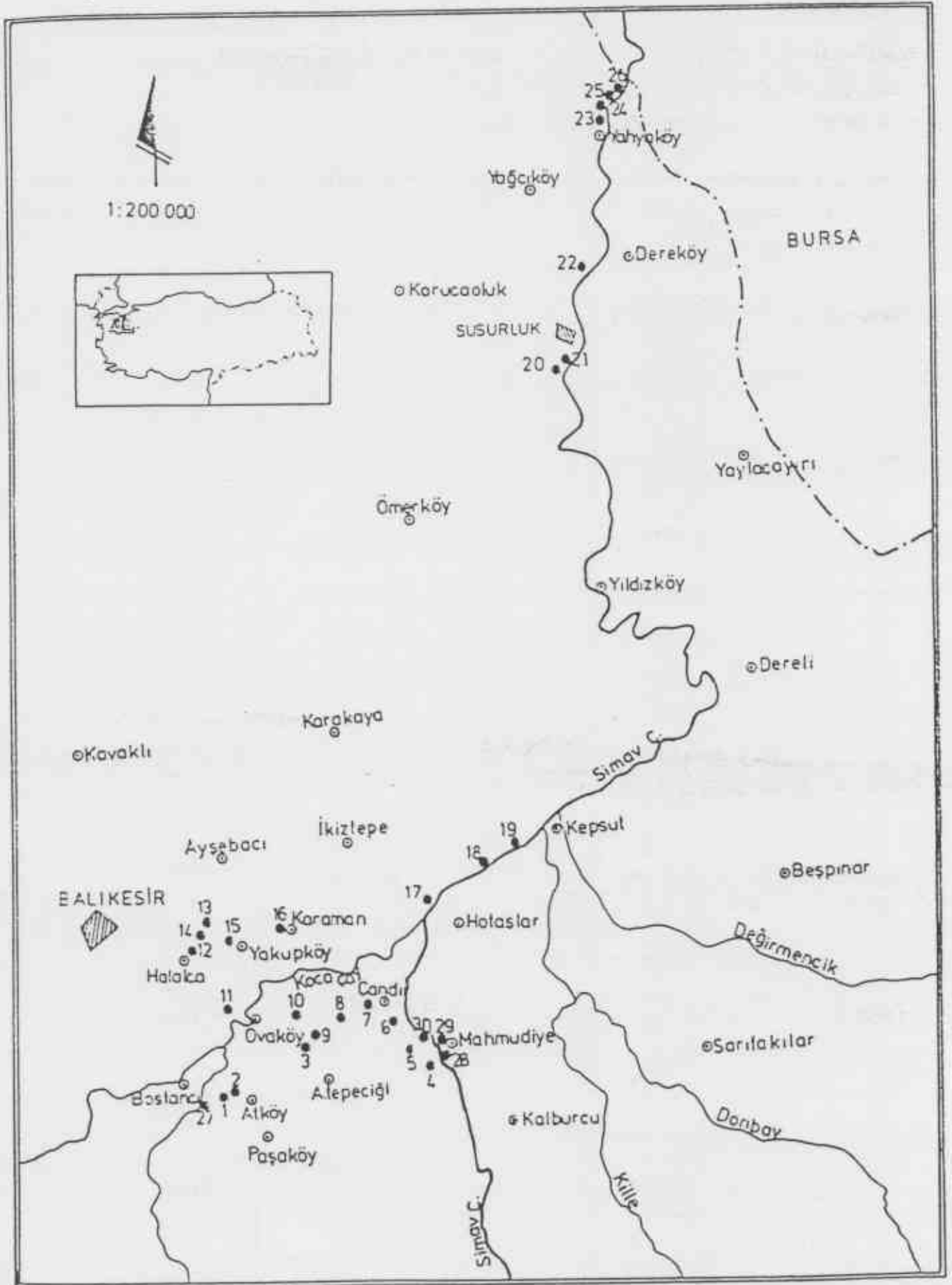
Havzadaki üç meteoroloji istasyonunun gözlemlerine göre; yıllık toplam yağış 600-800 mm arasında değişmektedir. Yıllık en fazla yağış Simav'da 832 mm, en az yağış ise Balıkesir'de 602 mm'dir. Yağışın büyük bir kısmı kış aylarında düşmektedir. Balıkesir'de yıllık yağışın % 45'i kış, % 25'i ilkbahar, % 7'si yaz ve % 23'ü de sonbahar aylarında olmaktadır. Yıl içerisindeki su noksanlığı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarına isabet etmektedir. Havzanın yıllık sıcaklık ortalaması ise 13,7°C'dir (Meteoroloji Bülteni, 1974; Topraksu, 1971; Topraksu, 1972).

3.2 Materyal

Araştırma materyali olarak, Simav çayından DSİ kanalları vasıtası ile kontrollü sulamanın yapıldığı alanlar ile istendiği zaman direkt Simav çayından (kontrol dışı) sulama yapılabilen alluvial arazilerden alınmış toprak örnekleri kullanılmıştır. Örneklerin araziden alınması önceden belirlenmiş (Yüzey toprak örnekleri için) 30 noktadan ekim öncesi ve ekim sonrası dönemlerinde 3 farklı zamanda (50 örnek) sağlanmış ve ikisi kontrol dışı tarım alanlarında açılmış 3 profilin farklı katmanlarından da 14 örnek alınarak toplam 104 örneğin araziden alınımı gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanı ve örneklerin alındığı yerler Harita-1 de gösterilmiştir.

Yüzey toprak örneklerine ait arazi kayıtları ve profil tanımlamaları ise aşağıda belirtilmiştir.

<u>Örnek No</u>	<u>Toprak Örneğinin Alındığı Yer</u>
1	Büyük Bostancı Köyü, Emirçeşme Mevkii, ana sulama kanalının yanı, düz arazi, mevcut bitki örtüsü fasulye
2	Atköy, Batak Mevkii, ana kanalın yanı, düz arazi, domates tarlası.
3	Aslıhan Köyü, Y10 kanallığının çıkış noktası, düz arazi, pancar ekili
4	Yenice Köyü, Kelemler Mevkii, Kelemler regülatöründen 2 km sonra ana kanal yanı, düz arazi, çekirdek kabağı ekili.



Harita_1: Araştırma Alanının Türkiye'deki Konumu ve Örneklerin Alındığı Yerler.

Örnek No	Toprak Örneğinin Alındığı Yer
5	Yenice Köyü, Ağıllardı Mevkii, regülatörden 5 km sonra ana kanal yanı, hafif eğimli, kavun bostanlığı.
6	Çandır Köyü, Çardakkıran Mevkii, Kaletape regülatöründen 9 km sonra ana kanal yanı, hafif eğimli, buğday tarlası.
7	Çandır Köyü, Kaletape regülatöründen 10 km sonra ana kanalın sağ, düz arazi, pancar ekili.
8	Salıklı Köyü, Aslıhanlı Mevkii, regülatörden 11 km sonra, Çandır tahliyesi üstü, düz arazi, mevcut bitki örtüsü pancar.
9	Aslıhan Köyü, Volarası Mevkii, regülatörden 13 km sonra ana kanalın sağ ilerisi, hafif eğimli, fasulye ekili arazi.
10	Ovaköy, Köyyanı Mevkii, Y14 kanaletinin sağ, düz arazi, mısır tarlası.
11	Halalca Köyü, Kümbetler Mevkii, tahliye kanalının (17) yanı, düz arazi, mevcut bitki örtüsü fasulye.
12	Halalca Köyü, Söğütlük Mevkii, Halalca Pompa İstasyonu yanı, düz arazi, pamuk ekili.
13	Yakupköy, Eski Yakupköy Mevkii, Pompa Yedek 2A Kanalet girişinin başı, düz arazi pamuk tarlası.
14	Halalca Köyü, Söğütlük Mevkii, Pompa Yedek 2 kanaletinin yanı, düz arazi, domates tarlası.
15	Yakupköy, Şehiryolu Mevkii, ana kanalın yanı, düz arazi, mevcut bitki örtüsü pamuk.
16	Karaman Köy, Pompa Yedek 9 kanaletinin yanı, düz arazi, pancar ekili.
17	Kepsut Sıraçköy, Sıtmapınar Önü Mevkii, Simav Çayının hemen yanı, düz arazi, pamuk tarlası
18	Kepsut Sıraçköy, Araptepe altı Mevkii, Simav Çayının hemen yanı, düz pamuk ekili arazi.
19	Kepsut Hotaşlar Köyü, Araptepe altı Mevkii, çayın 20-30 m ilerisi, düz arazi, pamuk tarlası.

<u>Örnek No</u>	<u>Toprak Örneğinin Alındığı Yer</u>
20	Susurluk Aziziye Köyü, köyden 2.5 km ileride çayın yanı, düz arazi, mevcut bitki örtüsü mısır.
21	Susurluk Buzağılık Köyü, Önce Vatan kavşağı altı, çayın yanı, hafif eğimli, pancar ekili arazi.
22	Susurluk Balıklıdere köyü, Kumluk Mevkii, Bandırma yol ayırımının karşısı, düz arazi, domates tarlası.
23	Susurluk Yahyaköy, Dereboyu Mevkii, çayın yanı, düz arazi, mevcut bitki örtüsü mısır.
24	Susurluk Yahyaköy, Dereboyu Mevkii, çayın yanı, düz arazi, domates tarlası.
25	Susurluk Yahyaköy, Dereboyu Mevkii, çayın yanı, düz, domates ekili arazi.
26	Susurluk Yahyaköy, Dereboyu Mevkii, çayın yanı, domates tarlası.
27	Büyük Bostancı Köyü, Manamen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Deneme ve Demonstrasyon İstasyonu, armut-ayva-elma bahçeliği.
28	Mahmudiye Köyü, Kördere Mevkii, çayın hemen yanı, düz arazi, pancar ekili.
29	Mahmudiye Köyü, Taşın yanları Mevkii, çayın hemen yanı, düz arazi, mısır-domates-karpuz tarlası.
30	Mahmudiye Köyü, Keremli Mevkii, düz, buğday ekili arazi.

Profil Tanımlamaları

Profil No : 1

Alındığı Yer : Çandır, Karapınarlar Mevkii, ana kanalın yanı

Alındığı Tarih : 26.9.1988

Büyük Toprak Grubu : Alluvial

Topoğrafya : Düz

Bitki Örtüsü : Fasulye

Horizon ve Derinlikler :

- Ap 0-15 cm : Renk kuru iken kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın; yumuşak, az yapışkan, plastik değil.
- C₁ 15-30 cm : Renk kuru iken gri (10 YR 5/1); ıslak iken çok koyu grimsi kahverengi (10 YR 3/2); killi-tın; sert, az yapışkan, plastik
- C₂ 30-50 cm : Renk kuru iken gri (10 YR 5/1); ıslak iken koyu gri (10 YR 4/1); killi-tın; sert, az yapışkan, plastik.
- C₃ 50-70 cm : Renk kuru iken gri (10 YR 5/1); ıslak iken koyu gri (10 YR 4/1); killi-tın; sert, az yapışkan, plastik.
- C₄ 70-90 cm : Renk kuru iken açık gri (2.5 Y 7/2); ıslak iken açık kahverengimsi gri (2.5 Y 6/2); milli-tın, sert, az yapışkan, plastik.

Profil No : 2

Alındığı Yer : Mahmudiye, Taşın Yanları Mavkii, çayın hemen yanı

Alındığı Tarih : 27.9.1988

Büyük Toprak Grubu : Alluvial

Topoğrafya : Düz

Bitki Örtüsü : Bostanlık

Horizon ve Derinlikler :

- Ap 0-20 cm : Renk kuru iken soluk kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₁ 20-40 cm : Renk kuru iken açık kahverengimsi gri (10 YR 6/2); ıslak iken koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₂ 40-60 cm : Renk kuru iken soluk kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2); kumlu-tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₃ 60-90 cm : Renk kuru iken soluk kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2); kumlu tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.

Profil No : 3

Alındığı Yer : Yahyaköy, Dereboyu Mevkii. çayın hemen yanı.

Alındığı Tarih : 28.9.1988

Büyük Toprak Grubu : Alluvial

Topoğrafya : Düz

Bitki Örtüsü : Mısır tarlası (II.Ürün)

Horizon ve Derinlikler :

- Ap 0-17 cm : Renk kuru iken açık kahverengimsi gri (10 YR 6/2); ıslak iken açık grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₁ 17-36 cm : Renk kuru iken soluk kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken açık grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₂ 36-58 cm : Renk kuru iken soluk kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken açık grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₃ 58-81 cm : Renk kuru iken soluk kahverengi (10 YR 6/3); ıslak iken açık grimsi kahverengi (10 YR 4/2); tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.
- C₄ 81-102 cm : Renk kuru iken açık kahverengimsi gri (10 YR 6/2); ıslak iken koyu kahverengi (10 YR 3/3); kumlu-tın, yumuşak, yapışkan değil, plastik değil.

4. YÖNTEMLER

4.1 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanmasında Uygulanan Yöntemler

Soil Survey Staff (1951) esaslarına göre 0-30 cm derinlikten alınan yüzey toprak örnekleri havalandırması için delikler açılmış naylon torbalara konularak dikkatli bir şekilde laboratuvara getirilmiştir. Açılan 3 profilde yukarıdan aşağıya doğru birbirlerine paralel olarak sıralanmış olan horizonlar Soil Survey Staff (1975)'in gösterdiği temel ilkeler ışığında adlandırılmıştır.

Araştırmada arazide görülebilen makromorfolojik özellikler saptanmış ve saptanan bu özelliklere bağlı kalınarak profil tanımlamaları Toprak Etüd El Kitabı (Soil Survey Staff, 1951) ve Toprak Tasviri Rehberi (Mermut, 1975)'nde gösterilen prensiplere göre yapılmıştır.

Yüzey örnekleri ile profillerin farklı tabakalarından alınan örnekler gölgede kurutularak 2 mm lik elekten geçirilmişlerdir. Toprak rengi analizi dışındaki bütün analizler 2 mm lik eleğin altına geçen toprak kısmında yapılmıştır (Jackson, 1958).

4.2 Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinde Uygulanan Yöntemler

Rutubet : Etüvde 105°C de kurutulan örneklerde gravimetrik olarak hesaplanmıştır (Steubing, 1965).

Toprakta Renk : Hava kurusu ve tarla rutubet kapasitesi koşullarında yapısı bozulmamış toprak örneklerinde Munsell renk skalası kullanılarak yapılmıştır (Munsell Color Company, 1954).

Bünye : Bouyoucos hidrometre metodu ile belirlenmiş olan kum, kil ve mil (Bouyoucos, 1962) miktarları bünye analiz üçgenine uygulanarak saptanmıştır (Black, 1957).

Suda Çözünebilir Toplam Tuz : Saf su ile sature edilmiş toprak macununda Conductivity Bridge cihazı ile elektriki direnç ölçülüp hesaplanmıştır (Soil Survey Staff, 1951).

Kireç (% CaCO_3) : Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Çağlar, 1949).

Kasyon Değişim Kapasitesi : pH'sı 8,2 olan 1N CH_3COONa ekstraktı ile alevli spektrofotometrede tayin edilmiştir (Jackson, 1967).

Toprak Reaksiyonu (pH) : Saf su ile doyurulmuş toprak macununda cam elektrodlu Beckman pH-metresi ile 25°C de belirlenmiştir (Jackson, 1958).

Organik Karbon : Asit ortamda $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ile yaş yakma suretiyle saptanmıştır (Rauterberg ve Kremkus, 1951).

Organik Madde : % organik karbon değerlerinin Van Bemmelen faktörü olan 1.724 ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Black, 1965).

Toplam Azot : Makrokjeldahl yöntemiyle yapılmıştır (Bremner, 1965).

Sıcak Suda Eriyebilir Bor : 1:2 toprak su oranına göre kaynatılarak elde edilen ekstraksiyonda Dianthrimid yöntemi ile kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (Riehm, 1957).

Toplam Bor : 1200°C sıcaklıkta platin kapsüller kullanılarak Na_2CO_3 ile eritilmiş toprak örneğinde Kurkumin yöntemine göre kolorimetrik olarak analizlenmiştir (Black, 1965).

4.3 Mikrobiyolojik Yöntemler

Mikroorganizma sayımları kültürel metoda göre agar veya sıvı besin ortamları kullanılarak yapılmıştır. Toprak örneklerinin seyreltilmesinde % 0,18'lik Na-pirofosfat ile steril saf sudan yararlanılmış ve her organizma grubu için belirlenmiş olan seyreltme derecelerinden 3 paralelli petri kaplarına veya deney tüplerine 1 er ml toprak süspansiyonu eşilenmiştir (Fiedler, 1973).

Üretme dolabında 27°C de; genel bakteriler ve azotobakter 7, mantarlar 5, aktinomycetler 14, nitrifikasyon bakterileri 15 ve aerob selüloz parçalayıcı bakteriler ise 21 gün inkübasyona bırakıldıktan

sonra sayımlar fırın kuru ağırlığına göre 1 gr kuru toprakta saptanmıştır.

Sıvı kültürlerdeki sayımlar ise MPN (Most Probably Number) yöntemi ile Mc Crady çizelgesinden yararlanılarak tesbit edilmiştir (Poschon ve Tardieux, 1962; Mc Crady, 1918).

Mikroorganizma sayımlarında aşağıdaki besin ortamları kullanılmıştır.

- Genel Bakteri : Dextroz-Agar (Johnson ve ark., 1959)
- Azotobakter : Mannit-Agar (Ahrens, 1966)
- Mantar : Malt Ekstrakt-Agar (Johnson ve ark., 1959)
- Aktinomysetler: Störke-Agar (Müller, 1965)
- Aerob Selüloz Parçalayıcı Bakteriler : Dubos sıvı besin ortamı (Dubos, 1928).
- NO_2 - Bakterileri : Amonyum besin ortamı (Poschon ve Tardieux, 1962).
- NO_3 - Bakterileri : Nitrit besin ortamı (Poschon ve Tardieux, 1962)

CO_2 - Oluşumu: 0,1 N KOH çözeltisi kullanılarak ve 27°C de, 7 günlük inkübasyondan sonra tayin edilmiştir (Isermeyer, 1952).

Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) : Thalmann (1967) ve Çengel (1982)'e göre saptanmıştır. Kullanılan % TTC miktarları örneklerin kil, bünye ve organik madde durumlarına göre farklı olmuştur.

4.4 Araştırma Sonuçlarının Çizelgelerde Verilmesinde Kullanılan Kısaltmalar

- GBS = Genel Bakteri Sayısı
- Akt.S = Aktinomyset Sayısı
- Mant.S = Mantar Sayısı
- Se PBS = Aerob Selüloz Parçalayıcı Bakteri Sayısı
- Az BS = Azotobakter Sayısı
- Nitrit BS = Nitrit Bakteri Sayısı
- Nitrat BS = Nitrat Bakteri Sayısı
- CO_2 -Prod. = CO_2 - Prodüksiyonu veya Oluşumu
- DHG.E.Akt.= Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
- k.t. ve g.k.t. = kuru toprak ve gram kuru toprak
- χ TPF = χ Tri fenil formazon

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

5.1 Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Araştırma yeri olarak seçilen Susurluk Havzası alluvial topraklarından 1. yıl sulama öncesi ve sonrası, 2. yıl ise sadece sulama sonrası olmak üzere 3 kez alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları sırasıyla Çizelge-2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Bu çizelgeler toprak reaksiyonu açısından incelendiğinde: 1.yıl sulama öncesi alınan toprakların saturasyon çamurunda ölçülen pH değerlerinin 6,3-7,8 (Çizelge-2); aynı yılın sulama sonrası topraklarında bu değerlerin 6,5-7,3 (Çizelge-3) ve ikinci yıl örneklerinde de benzer şekilde 6,5-7,4 arasında (Çizelge-4) olduğu görülmektedir. Kellog (1962) tarafından düzenlenen sınır değerlerine göre toprakların değerlendirilmesi için bir çizelge oluşturulmuş (Çizelge-5) ve bu çizelgeye göre de üç alımın toplamı olan 50 örnekten 69'unun nötr reaksiyonda; 17 sinin hafif alkali ve 4 tanesinin de hafif asit reaksiyonda olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 5. Kellog (1962)'a göre düzenlenen pH sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları

pH (25°C de)	Değerlendirme	Örnek Sayısı			
		1.Alım	2.Alım	3.Alım	Toplam
6,1-6,5	Hafif asit	2	1	1	4
6,6-7,3	Nötr	12	29	28	69
7,4-7,8	Hafif alkali	16	-	1	17

Bu sonuçlara göre araştırılan toprakların yaklaşık % 75'inin nötr reaksiyonda olduğu açıkça görülmektedir.

Her üç grup toprak örneklerinde yapılan bünye analizleri sonucu elde edilen kum, mil ve kil yüzdelerine göre örneklerin bünyeleri kil, killi-tın, kumlu-killi-tın, tın, kumlu-tın, tınlı-kum ve milli-tın olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin üçte ikisine yakın bir

Çizelge 2. Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Mayıs-1987) fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	pH (25°C de)	Dane Büyüklüğü Dağılımı			CaCO ₃ (%)	Total Tuz (%)	K.D.K (me/100 g.)	Organik madde (%)	N (%)	C/N	Total friye. Bor	
		Kum	Kil	Mil							(ppm)	Bor (ppm)
1	7.3	40.96	33.04	26.00	5.78	0.165	45.65	1.88	0.105	10.3	11.5	3.55
2	7.3	38.96	45.04**	16.00	1.02	0.103	45.65	1.60	0.063	14.7	12.5	4.10
3	7.3	38.96	37.04	24.00	1.81	0.130	45.65	1.93	0.112	9.9	8.0	4.10
4	7.8**	48.96	27.04	24.00	7.66	0.062	27.53	1.39	0.084	9.5	36.0	2.15
5	6.4	60.96	23.04	16.00	0.86	0.050	23.91	1.49	0.084	10.2	9.0	1.65
6	7.0	40.96	37.04	22.00	0.32	0.078	34.05	1.29	0.070	10.6	37.0	3.75
7	6.9	40.96	41.04	18.00	0.82	0.188**	41.30	1.62	0.084	11.1	8.0	4.30
8	7.2	42.96	25.04	32.00	4.15	0.160	37.78	1.60	0.091	10.1	41.5	1.50
9	7.5	42.96	29.04	28.00	12.73**	0.083	36.95	2.06	0.112	10.6	8.5	2.15
10	7.6	62.96	21.04	16.00	3.15	0.065	27.53	1.21	0.056	12.5	40.5	1.50
11	7.3	24.96*	41.04	34.00	2.21	0.180	54.34**	3.41**	0.175**	11.2	10.4	3.20
12	6.7	50.96	23.04	26.00	0.88	0.071	21.01	1.44	0.091	9.1	48.0	2.50
13	7.5	60.96	17.04	22.00	1.40	0.046	20.28	1.70	0.091	10.8	10.5	2.30
14	7.6	40.96	19.04	40.00	1.73	0.065	26.81	2.24	0.105	12.3	23.0	3.20
15	6.8	40.96	33.04	26.00	0.79	0.070	30.43	1.91	0.112	9.8	8.0	3.20
16	7.1	64.96	13.04	22.00	1.22	0.064	23.91	1.39	0.084	9.5	14.0	1.30*
17	7.4	78.96**	9.04*	12.00*	3.12	0.048	19.56	1.18	0.063	11.1	26.5	1.30*
18	7.5	62.96	11.04	26.00	2.94	0.062	21.73	1.99	0.028*	41.8**	50.0	2.65
19	7.5	67.16	11.56	21.28	2.25	0.045	18.84	1.42	0.042	19.5	9.0	1.80
20	7.7	63.16	11.56	25.28	2.36	0.032	18.11	1.44	0.042	19.8	60.0**	1.60
21	7.4	67.16	11.56	21.28	3.39	0.055	21.01	2.87	0.119	13.9	56.0	4.45
22	7.6	69.16	9.56	21.28	2.15	0.038	15.94	0.90*	0.056	9.3	6.5*	2.40
23	7.6	69.16	9.56	21.28	2.55	0.028	14.49	1.03	0.049	12.1	50.0	4.45
24	7.4	55.16	13.56	31.28	2.51	0.078	18.11	1.39	0.084	9.5	15.5	6.40
25	7.5	39.16	15.56	45.28**	3.03	0.058	23.91	1.68	0.098	9.9	29.5	2.80
26	7.4	43.16	17.56	39.28	2.51	0.077	21.73	1.52	0.084	10.4	12.5	3.45
27	7.5	51.16	27.56	20.28	1.14	0.067	28.98	1.13	0.070	9.3	16.5	4.85
28	6.3*	55.16	19.56	25.28	0.88	0.078	21.73	1.70	0.098	10.0	10.5	3.20
29	7.0	53.16	17.56	29.28	0.92	0.044	18.11	1.06	0.084	7.3*	60.0**	7.50**
30	6.8	65.16	15.56	19.28	0.28*	0.021*	13.76*	0.90*	0.056	9.3	34.5	2.30

* : En düşük değerler

** : En yüksek değerler

(İzölge 3. Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1987)
fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	pH (25°C de)	Dene Büyüklüğü Dağılımı (%)			Bünye	CaCO ₃ (%)	Total Luz (%)	Organik madde (%)	N _t (%)	C/N	Eriye- Bor (ppm)
		Kum	Kil	MSI							
1	6,8	59,08	14,56	26,36	Kumlu-tın	5,24	0,062	1,24	0,105	6,8	4,10
2	6,8	49,08	24,56**	26,36	Kumlu-killi-tın	0,57	0,140**	1,31	0,082	9,2	6,35**
3	7,0	47,08	22,56	30,36	Tın	1,61	0,120	1,60	0,113	8,2	4,95
4	6,9	59,08	10,56	30,36	Kumlu-tın	3,31	0,061	1,60	0,113	8,2	3,55
5	6,5*	63,08	16,56	20,36	Kumlu-tın	0,53*	0,060	1,16	0,067	7,7	2,55
6	6,9	49,08	18,56	32,36	Tın	0,70	0,060	4,93**	0,087	32,8	4,85
7	6,6	51,08	22,56	26,36	Kumlu-killi-tın	0,78	0,104	1,62	0,093	10,1	4,85
8	7,1	49,08	12,56	38,36	Tın	3,63	0,075	1,39	0,102	7,9	2,10
9	7,1	55,08	12,56	32,36	Kumlu-tın	15,5**	0,130	1,66	0,131	8,3	3,25
10	7,0	51,08	16,56	32,36	Tın	1,98	0,065	1,06	0,084	7,3	2,45
11	7,1	47,08	22,56	30,36	Tın	2,34	0,088	1,96	0,144**	7,8	3,45
12	6,9	53,08	18,56	28,36	Kumlu-tın	0,69	0,055	1,31	0,095	7,9	2,15
13	7,0	61,08	10,56	28,36	Kumlu-tın	2,01	0,065	1,57	0,117	7,7	4,30
14	7,2	59,08	10,56	30,36	Kumlu-tın	1,51	0,058	2,56	0,115	13,0	2,50
15	6,8	41,08	22,56	36,36	Tın	0,69	0,080	1,47	0,109	7,8	3,15
16	6,9	47,08	16,56	36,36	Tın	0,98	0,063	1,61	0,112	9,3	2,15
17	7,1	81,08**	6,56*	12,36*	Tınlı-kum	2,25	0,038	0,93	0,061	8,8	1,80*
18	7,3**	62,16	7,84	30,00	Kumlu-tın	3,28	0,042	1,06	0,064	9,6	4,85
19	7,0	54,16	9,84	36,00	Kumlu-tın	2,64	0,045	0,80	0,059	7,8	2,75
20	7,2	52,16	7,84	40,00	Kumlu-tın	3,61	0,035*	1,42	0,064	12,8	5,95
21	7,3**	66,16	7,84	24,00	Kumlu-tın	4,84	0,045	2,56	0,087	17,0	4,00
22	6,9	62,16	7,84	30,00	Kumlu-tın	1,51	0,046	0,46*	0,061	4,3*	2,00
23	7,1	66,16	7,84	26,00	Kumlu-tın	1,23	0,038	1,06	0,061	10,0	2,55
24	7,1	50,16	11,84	38,00	Tın	1,68	0,055	1,29	0,075	9,9	2,30
25	6,9	36,16	13,84	50,00	Milli-tın	2,87	0,048	1,42	0,098	8,4	3,25
26	7,1	30,16*	13,84	56,00**	Milli-tın	3,01	0,048	3,85	0,061	36,6**	4,10
27	7,1	50,16	17,84	32,00	Tın	1,06	0,080	1,08	0,067	9,3	3,65
28	6,9	56,16	15,84	28,00	Kumlu-tın	0,98	0,060	1,49	0,086	10,0	2,95
29	7,0	56,16	13,84	30,00	Kumlu-tın	0,82	0,060	1,13	0,078	8,4	3,80
30	6,9	64,16	11,84	24,00	Kumlu-tın	0,73	0,045	0,85	0,058*	8,5	2,00

* : En düşük değerler
** : En yüksek değerler

Çizelge 4. İor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1958)

fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	pH (25°C de)	Dane Büyüklüğü Dağılımı (%)			EÜnye	CaCO ₃ (%)	Total Iuz (%)	Organik madde (%)	N _t (%)	C/N	Erive. İor (ppm)
		Kum	Kil	Mil							
1	6,9	52,16	15,84	32,00	İin	9,19	0,095	2,17	0,137	9,1	3,30
2	6,9	52,16	23,84	24,00	Kumlu-killi-tın	0,51*	0,125	1,26	0,071	10,2	4,65
3	7,1	52,16	21,84	26,00	Kumlu-killi-tın	1,46	0,115	2,56**	0,147**	10,1	2,80
4	7,3	52,16	17,84	30,00	İin	6,25	0,075	1,70	0,085	11,6	0,50
5	6,8	62,16	23,84	14,00*	Kumlu-killi-tın	0,60	0,110	1,44	0,100	8,3	0,95
6	7,0	42,16	25,84	32,00	İin	0,60	0,138	1,16	0,090	7,4	3,00
7	6,7	46,16	27,84	26,00	Kumlu-killi-tın	0,60	0,200**	1,03	0,083	7,1	3,00
8	6,9	52,16	15,84	32,00	İin	12,94	0,088	1,21	0,082	8,5	0,25*
9	7,2	55,24	13,84	30,92	Kumlu-tın	15,36**	0,090	1,70	0,117	8,4	2,45
10	7,1	61,24	15,84	22,92	Kumlu-tın	2,11	0,074	1,25	0,081	8,9	0,80
11	6,9	43,24	29,84**	26,92	Killi-tın	2,20	0,095	1,55	0,133	6,7	6,50*
12	6,9	49,24	21,84	28,92	İin	0,56	0,076	1,21	0,090	7,7	1,70
13	7,1	53,24	15,84	30,92	Kumlu-tın	0,81	0,055	1,91	0,131	8,4	1,65
14	7,0	61,24	13,84	24,92	Kumlu-tın	1,25	0,046	2,12	0,112	10,9	2,75
15	7,0	41,24*	21,84	36,92	İin	0,56	0,080	1,78	0,136	7,4	2,95
16	7,2	63,24	13,84	22,92	Kumlu-tın	0,64	0,071	1,24	0,087	8,2	0,50
17	6,9	55,24	15,84	28,92	Kumlu-tın	3,49	0,100	1,70	0,124	7,9	0,95
18	7,1	71,24**	7,84*	20,92	Kumlu-tın	2,17	0,065	0,95	0,054	10,2	2,40
19	7,3	53,24	11,84	34,92	Kumlu-tın	2,58	0,049	1,03	0,073	8,1	1,00
20	7,1	57,24	9,84	32,92	Kumlu-tın	1,76	0,048	2,32	0,064	21,0**	0,50
21	7,2	63,24	13,84	22,92	Kumlu-tın	2,45	0,051	2,01	0,115	10,1	3,05
22	7,4**	65,24	7,84*	26,92	Kumlu-tın	1,70	0,038*	0,77	0,050*	8,9	3,65
23	7,0	65,24	9,84	24,92	Kumlu-tın	1,76	0,045	1,16	0,061	11,0	0,50
24	7,3	47,24	13,84	38,92	İin	2,10	0,048	1,26	0,101	7,2	4,85
25	7,3	43,24	9,84	46,92**	İin	3,24	0,053	1,55	0,095	9,4	2,55
26	7,0	41,24*	13,84	44,92	İin	3,14	0,072	1,47	0,084	10,1	2,00
27	7,1	47,24	23,84	28,92	İin	1,05	0,088	1,18	0,090	7,6	3,85
28	6,9	53,24	17,84	28,92	Kumlu-tın	0,83	0,055	1,37	0,098	8,1	5,10
29	7,2	59,24	11,84	28,92	Kumlu-tın	0,64	0,051	0,74*	0,070	6,1*	4,50
30	6,5*	57,24	15,84	26,92	Kumlu-tın	0,77	0,076	0,93	0,081	6,6	1,00

* : İn düşük değerler

** : İn yüksek değerler

kısımında kum fraksiyonunun diğer mil ve kil fraksiyonlarına nazaran daha hakim bir durumda olması, Saatçı ve Altınbaş (1973)'ün alluvial topraklar üzerinde yaptıkları bir araştırmada da elde ettikleri sonuçlar ile paralellik arz etmektedir.

Çizelge-2, 3 ve 4'deki değerler kireç kapsamı yönünden ele alındığında; en düşük ve en yüksek % CaCO_3 değerlerinin sırasıyla 1. örneklerde 0,28-12,73 (Çizelge-2); 2. örneklerde 0,53-15,50 (Çizelge-3) ve 3. örneklerde de 0,51-15,36 (Çizelge-4) arasında yer aldığı tesbit edilmiştir. Alluvial toprakların % CaCO_3 kapsamlarının, taşındıkları jeolojik materyale ve büyük toprak gruplarına bağlı olması nedeniyle araştırma topraklarının kireç içerikleri çok fakirden marn bünyeye kadar değişen bir farklılık göstermektedir.

Örneklerin kireç içeriği Evliya (1964) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde Çizelge-6'daki durum ortaya çıkmaktadır.

Çizelge-6. Evliya (1964)'ya göre düzenlenen % CaCO_3 sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları.

CaCO_3 %	Değerlendirme	Örnek Sayısı			
		1.Alım	2.Alım	3.Alım	Toplam
< 2,5	Kireççe fakir	18	20	22	60
2,5-5	Kireçli	8	8	4	20
5 - 10	Kireççe zengin	3	1	2	6
10 - 20	Marn bünye	1	1	2	4

Çizelge-6 incelendiğinde üç alımın toplamı olan 90 örnekten 60'ının kireççe fakir, 20 sinin kireçli, 6 tanesinin kireççe zengin ve 4'ünün de marn bünyeli olduğu anlaşılmaktadır. Toprak örneklerinin 2/3 sinin kireççe fakir sınıfına girmelerine rağmen, toprak reaksiyonunu nötre yaklaştıracak kadar kireç içerdikleri Çizelge-5 değerlerinden görülmektedir.

Suda eriyebilir toplam tuz konsantrasyonları gözden geçirildiğinde; bu topraklarda genelde herhangi bir tuzluluk tehlikesi olmadığı

görülmektedir. En yüksek toplam tuz yüzdeleri 1.yıl sulama öncesi topraklarında 0,188 (Çizelge-2), aynı yılın sulama sonrası topraklarında 0,140 (Çizelge-3) ve 2. yıl örneklerinde ise 0,200 (Çizelge-4) olarak saptanmıştır. Hafif tuzluluk tesiri bulunan örnek sayısı toplam olarak sadece altı olup diğer tüm örneklerdeki eriyebilir tuz miktarları sınır değeri olan % 0,150'nin altında çıkmıştır. Balçova bölgesi alluvial topraklarında yürütülen bir çalışmada da Saatçı ve ark.(1973) benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Sadece 1.yıl sulama öncesi topraklarında yapılan katyon değişim kapasitesi; kil ve organik madde kapsamlarına bağlı olarak 13,76-54,34 me/100 g. değerleri arasında (Çizelge-2) değişim göstermiştir. Munsuz ve ark. (1983)'nin Susurluk Havzasında yaptıkları bir araştırmada da alluvial topraklar için tesbit ettikleri katyon değişim kapasitesi değerleri 21,04-46,26 me/100 gr arasında olup, sonuçların bu araştırmada elde edilen değerlere yakın olduğu söylenebilir.

Çizelge 2, 3 ve 4 organik madde miktarları açısından incelendiğinde; toprakların düşükten orta düzeye doğru değişen kapsamlarda organik madde içerdiği görülmektedir. 1.yıl sulama öncesi alınan topraklarda bu değerler % 0,90-3,41; aynı yılın sulama sonrası topraklarında % 0,46-4,93 ve 2. yıl örneklerinde de % 0,74-2,56 olarak saptanmıştır. Üç alım zamanında alınan toprak örnekleri toplam olarak değerlendirildiğinde ise en düşük organik madde miktarının % 0,46, en yüksek organik madde miktarının ise % 4,93 olduğu ortaya çıkmaktadır.

Araştırma değerlerinin organik madde yönünden sınırlarını belirlemek amacı ile Rauterberg ve Kremkus (1951)'un sınıflamasından yararlanılarak Çizelge-7 oluşturulmuştur.

Çizelge-7. Rauterberg ve Kremkus (1951)'a göre düzenlenen % organik madde sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları

Organik Madde %	Değerlendirme	Örnek Sayısı			
		1.Alım	2.Alım	3.Alım	Toplam
< 2	Düşük	26	26	25	77
2-6	Orta	4	4	5	13
6-30	Yüksek	-	-	-	-
> 30	Çok yüksek	-	-	-	-

Çizelge sonuçlarına göre üç alımın toplamı olan 93 örnekten 77'sinin düşük, 13 tanesinin ise orta düzeyde organik madde içerdiği görülmektedir. Bu değerlerden yararlanarak araştırma bölgesi olan Susurluk havzası topraklarının yaklaşık % 85'inin organik maddece fakir olduğunu söyleyebiliriz. Küçük Menderes Ovası alluvial topraklarında bir araştırma yapan Saatçı ve Altınbaş (1973)da; bu toprakların organik madde miktarlarını ortalama % 1.40 gibi düşük bir değer olarak tesbit etmişlerdir.

Toplam azot miktarları açısından ise toprak örnekleri çok farklılıklar arz etmektedirler. En düşük ve en yüksek değerler 1. örneklerde % 0,028-0,175 (Çizelge-2); 2. örneklerde % 0,058-0,144 (Çizelge-3) ve 3. örneklerde de % 0,050-0,147 olarak (Çizelge-4) belirlenmişlerdir. Bu bulgulara göre araştırma toprakları arasında toplam azot bakımından çok iyi durumda olanların yanısıra çok fakir durumda olanlar da vardır. Genelde toplam azot yönünden fakir olan bu toprakların bazı örneklerinde yüksek değerlerle karşılaşılması, büyük bir ihtimalle örnekleme zamanından bir süre önce yapılan gübrelemenin bir sonucu olabilir.

Örneklerin total azot içerikleri Loue (1968) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde (Çizelge-6); toplam 93 örnekten 25'inin çok fakir, 27 sinin fakir, 17 tanesinin orta, 13'ünün iyi ve 8 tanesinin de çok iyi düzeyde total azot içerdikleri saptanmıştır.

Çizelge-6. Loue (1968)'ye göre düzenlenen % total azot sınır değerleri ve bu sınırlar içinde yer alan örnek sayıları

Total-N %	Değerlendirme	Örnek Sayısı			
		1.Alım	2.Alım	3.Alım	Toplam
< 0,070	Çok fakir	11	9	5	25
0,071-0,090	Fakir	7	8	12	27
0,091-0,110	Orta	7	6	4	17
0,111-0,130	İyi	4	5	4	13
> 0,131	Çok iyi/yüksek	1	2	5	8

Bu çizelge sonuçlarından, araştırılan toprakların yarısından fazlasının yeterince total azot içermediği anlaşılmaktadır.

Topraklarda organik madde ayrışmasında minimum faktör azotun karbon karşısındaki oranı olan C/N oranı üç grup toprak örneklerinde hesaplanıp Çizelge-2, 3 ve 4'de gösterilmiştir. 1. yıl sulama öncesi alınan örneklerde bu oranlar 7,3-41,8 (Çizelge-2), aynı yılın sulama sonrası örneklerinde 4,3-36,6 (Çizelge-3) ve 2. yıl topraklarda da 6,1-21,0 (Çizelge-4) arasında bulunmuştur. Akalan (1968); pulluk derinliğindeki tarım topraklarının C/N oranlarının 10:1-12:1 arasında değiştiğini; Çengel (1990) ise organik maddenin ayrışabilirliğinde C/N oranına ait üst sınırın 33:1 olduğunu belirtmişlerdir. Bu değerlere göre araştırma topraklarına ait C/N oranlarının bir, iki örnek haricinde normal sınırlar içerisinde olduğu ve organik madde ayrışmasının da yeterli miktarlarda gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Susurluk Havzası tarım arazilerinde maden ocaklarından atılan dreneaj sularının yarattığı kirliliğin başlıca nedeni olan bor elementinin araştırma topraklarındaki durumunu incelemek için, toplam ve sıcak suda eriyebilir bor analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge-2, 3 ve 4'de verilmişlerdir.

Her üç alım zamanında da aynı yerlerden toprak örnekleri alındığı için, sadece ilk örneklerde toplam borun yapılıp, sonuçların verildiği Çizelge-2 incelendiğinde; toplam bor miktarlarının 6,5-60 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Bor mineralleri genellikle zor çözündüklerinden dolayı, toprakların gerek toplam ve gerekse eriyebilir bor miktarları çok düşüktür. Berger'e göre yarı-kurak iklim bölgelerindeki topraklar 10-40 ppm arasında toplam bor içermektedirler (Çalmaşır ve ark., 1981). Altınbaş (1978); Çeşme, Foça ve Aliağa'dan alınan farklı büyük toprak gruplarında da toplam bor değerlerini 5,00-33,75 ppm arasında bulmuştur. Araştırma topraklarında bu değerlerin biraz üzerinde toplam bor miktarlarının saptanmasının nedeni, büyük bir ihtimalle sulama ile toprağa gelen eriyebilir bor miktarının topraktaki mevcut bora ilave olarak total bor seviyesini yükseltmesidir.

Toprak örneklerinin sıcak suda eriyebilir bor miktarları ele alındığında; 1. yıl sulama öncesi topraklarında bu değerlerin

1,30-7,50 ppm (Çizelge-2); aynı yılın sulama sonrası topraklarında 1,80-6,35 ppm (Çizelge-3) ve ikinci yılın sulama sonrası topraklarında ise 0,25-8,50 ppm arasında (Çizelge-4) yer aldığı görülmektedir. 1. yıl sulama öncesi topraklarındaki toplam ile eriyebilir bor miktarları karşılaştırıldığında, toplam borun % 3-53'ünü eriyebilir bor miktarlarının oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Oysa bor kirliliğinin görülmediği problemsiz topraklarda eriyebilir bor miktarı toplam borun % 5 den daha az bir kısmını teşkil etmektedir (Gupta ve ark., 1965). Bu sonuçlara göre araştırma topraklarındaki eriyebilir bor konsantrasyonlarının doğal sınırlar içerisinde olmadığı ve toprağa sulamalar yoluyla gelen bor miktarının çok yüksek düzeylerde olduğu ortaya çıkmaktadır.

Konu, bitki toksisitesi açısından ele alındığında ise 1. ve 2. alım örneklerindeki en düşük bor konsantrasyonlarının (1,30 ve 1,80 ppm) bile U.S. Salinity Lab Staff (1954)'ün; toprakların saturasyon ekstraktında bitkiler için belirlediği toksik bor sınırının (0,7 ppm) çok üzerinde oldukları görülmektedir. 2.yıl sulama sonrası alınan topraklardan da sadece 5 örneğin eriyebilir bor miktarı bu sınır değerinin altındadır.

Toprakta bulunan yüksek konsantrasyonlardaki eriyebilir borun kaynağı sulama suları olup, devamlı kullanım sonucu topraktaki miktarları gittikçe artarak toksisite problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. A.E.D. standartlarına göre 0,7 ppm'den daha yüksek miktarlarda bor içeren sulama suları kullanıldığında topraklarda bor birikmeye başlamaktadır (Yılmaz ve Berktaş, 1984). Araştırılan bölge topraklarında sulama suyu kaynağı olarak kullanılan Simav Çayı'nın bor konsantrasyonunun bölge madenciliğe açılmadan evvel 0-0,5 ppm arasında olduğu (Ünel, 1981), maden ocaklarından atılan atık sular nehre verilmeye başladıktan sonra nehrin bor konsantrasyonunun 4 ppm'e kadar çıktığı, hatta sulama mevsimi boyunca 7 ppm'e kadar yükseldiği (Okay ve ark., 1965) yapılan araştırmalarla ortaya çıkarılmıştır. Çalışmaya ait toprak örneklerinin alındığı yıllarda Simav çayı bor konsantrasyonları, DSİ tarafından yapılan günlük analizlerden yararlanılarak belirlenmiş ve bu değerler Çizelge-9'da sunulmuştur.

Çizelge-9. DSİ 25.Bölge Müdürlüğü'nün, 1987 ve 1988 yılı sulama aylarında Simav Çayı Anakanal ve Simav Çayı Kaletepe Regülatörüne ait su örneklerinde tesbit ettikleri minimum ve maksimum bor miktarları

	Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül	
	Bor (ppm)		Bor (ppm)		Bor (ppm)		Bor (ppm)	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
1987	0,53	31,72	0,58	9,38	0,60	34,50	0,65	27,40
1988	0,85	28,00	0,75	24,20	0,75	5,95	0,45	22,92

Çizelge değerlerine göre, 1987 yılı sulama aylarında Simav Çayı Anakanal ve Kaletepe regülatöründe tesbit edilen en düşük bor miktarı 0,53 ppm; en yüksek bor miktarı da 34,50 ppm olmuştur. 1988 yılı için aynı değerlendirmeler yapıldığında ise bu değerlerin 0,45 ppm ile 28,00 ppm olduğunu görmekteyiz. Söz konusu sulardaki bu yüksek bor konsantrasyonları maden ocaklarından nehre atık sular verildiğinde meydana gelmektedir. Her ne kadar bu işlem sırasında DSİ kanallarına su vermiyor ise de; çaydan direkt sulama yapan çiftçiler bu uygulamanın dışında kalarak arazilerini sulamaya devam etmektedirler. Bu nedenle söz konusu olan topraklar, DSİ'nin kontrolü altındaki topraklara nazaran bordan fazla zarar görmektedirler.

Topraktaki diğer tuzlar gibi bor da eriyebilir forma geçtikten sonra iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprak profili boyunca hareket ederek, bazı tabakalarda yığılıp, bazı katmanlarda ise birikmeye başlamaktadır (Gupta ve ark., 1985). Araştırma alanı topraklarında da bor elementinin profil boyunca hareketini incelemek amacıyla açılan 3 adet profile ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge-10'da verilmiştir.

Çizelge'de toprakların saturasyon çamurundaki pH değerleri incelendiğinde; profillerin hafif alkali ve alkali reaksiyonlarda olduğu anlaşılmaktadır. 1. ve 2. profilde yüzeyden derine doğru gidildikçe pH değerleri artmış, 3. profilde ise profil katmanları arasında bariz bir pH farkı ortaya çıkmamıştır.

Çizelge 10. Profil örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Profil No	Horizon ve Derinlik (cm)	pH (25°C'de)	Dane Büyüklüğü Dağılımı (%)			Bünye	CaCO ₃ (%)	Total Tuz (mo/100 g.t.) (%)	Organik madde (%)	N _t (%)	C/N	Eriyebilir Bor (ppm)	Total Bor (ppm)
1	A _p 0-15	7,50	45,88	25,76	28,36	fin	0,96	0,065	1,29	0,099	7,5	2,30	32,8
	C ₁ 15-30	7,60	39,88	33,76	26,36	Killi-tin	0,92	0,072	1,26	0,087	8,4	2,55	96,0
	C ₂ 30-50	7,70	33,88	37,76	28,36	Killi-tin	0,79	0,078	1,06	0,054	11,3	2,15	72,0
	C ₃ 50-70	8,00	38,88	35,76	25,36	Killi-tin	1,88	0,072	0,82	0,063	7,5	0,80	11,2
	C ₄ 70-90	8,00	38,88	5,76	55,36	Milli-tin	25,96	0,060	0,64	0,037	10,0	Eser	96,0
2	A _p 0-20	7,65	49,88	17,76	32,36	fin	0,64	0,040	1,11	0,081	7,9	2,95	96,0
	C ₁ 20-40	7,80	50,88	13,76	35,36	fin	0,71	0,042	0,67	0,070	5,5	2,65	88,0
	C ₂ 40-60	8,00	57,88	11,76	30,36	Kumlu-tin	1,50	0,035	0,51	0,050	5,9	0,65	18,4
	C ₃ 60-90	8,00	59,88	11,76	28,36	Kumlu-tin	4,31	<0,030	0,23	0,039	3,4	0,35	32,0
3	A _p 0-17	8,00	44,88	11,76	43,36	fin	2,84	0,048	1,11	0,082	7,8	1,15	96,0
	C ₁ 17-36	8,00	47,88	11,76	40,36	fin	2,97	0,041	0,98	0,079	7,1	0,75	88,0
	C ₂ 36-58	8,00	43,88	15,76	40,36	fin	2,05	0,041	0,93	0,070	7,7	1,50	96,0
	C ₃ 58-81	7,80	46,88	17,76	35,36	fin	1,21	0,038	0,85	0,067	7,3	1,05	62,4
	C ₄ 81-102	7,80	55,88	13,76	30,36	Kumlu-tin	0,96	<0,030	0,59	0,061	5,6	0,35	96,0

Profillere ait toprak örneklerinin % Kum, % Kil ve % Mil değerleri incelendiğinde ise; her üç profilde de genellikle % kum miktarlarının diğer 2 fraksiyona nazaran fazla olduğu ve örneklerin bünyelerinin tın, killi-tın, milli-tın ve kumlu-tın şeklinde değiştiği görülmektedir. Munsuz ve ark. (1983)'nın Bigadiç yöresi alluvial topraklarında açtıkları profillerin bünyelerinde de benzer sonuçlar bulunmuşlardır.

Çizelge-10 değerleri % CaCO_3 kapsamı açısından ele alındığında; 1. ve 2. profilde yüzeyden derine doğru inildikçe kireç kapsamının arttığı, 3. profilde ise tam tersi bir durum olduğu yani profilin alt katmanlarının üst katmanlara nazaran daha az CaCO_3 içerdiği görülmektedir. Örneklerin kireç miktarlarının toprak reaksiyonunu etkilediği; ilk iki profilde pH değerlerinin gittikçe artması, son profilde ise azalması ile açıkça ortaya çıkmaktadır. Ayrıca 1. profilin son katmanının mern, 2. profile ait aynı katmanın ise kireçli bünyede olması bu toprakların kireçli bir ana materyal üzerinde oluştuklarını göstermektedir.

Suda eriyebilir % total tuz miktarları incelendiğinde ise; her üç profilde de bir tuzluluk tehlikesi olmadığı görülmektedir. En yüksek total tuz değerleri 1. profilde % 0,078, 2. profilde % 0,042 ve 3. profilde de % 0,048 olarak tesbit edilmiştir. Bu sonuçların yüzey topraklarına ait % total tuz miktarları ile benzer olması, tuzluluk sorununun araştırma topraklarında mevcut olmadığını ortaya çıkarmaktadır.

Profil örnekleri katyon değişim kapasitesi yönünden ele alındığında, bu değerlerin 1. profilde 14,13-26,08 me/100 gr; 2. profilde 18,47-25,00 me/100 gr ve 3. profilde ise 29,34-36,95 me/100 gr arasında değiştiği görülmektedir. Her üç profilde de yüzeyden derine doğru gidildikçe K.D.K. değerlerinin azaldığı tesbit edilmiştir. K.D.K.'ni etkileyen toprak özelliklerinden biri olan organik madde miktarının da üç profilde üst katmanlardan alt katmanlara doğru azalması, K.D.K. ndeki bu düşüşün nedenini açıklamaktadır. Munsuz ve ark.(1983) nın Bigadiç yöresi alluvial topraklarına ait profillerde septadıkları KDK değerleri de bu bulgulara benzer niteliktedir.

Çizelge-10 organik madde değerleri açısından incelendiğinde ise; her üç profile ait toprak örneklerinin organik maddece fakir olduğu anlaşılmaktadır. Yukarıdaki paragrafta değinildiği gibi, en yüksek organik madde miktarlarının yüzey tabakalarında bulunduğu ve derine doğru gidildikçe bu değerlerin azaldığı saptanmıştır. Bunun nedeni gerek işlenmiş ve gerekse işlenmemiş arazilerde organik madde artıklarının toprak yüzeyinde birikerek, profilin üst tabakalarında organik madde miktarının artmasıdır (Saatçı, 1975). Birinci, ikinci ve üçüncü profillerdeki en düşük ve en yüksek organik madde değerleri sırasıyla % 0,64-1,29; % 0,23-1,11 ve % 0,59-1,11 olmuştur.

Profil örneklerinin % toplam azot değerleri de organik madde içeriklerine benzer şekilde yüzeyden alt katmanlara doğru gidildikçe düşüşler göstermiştir. 1. profilde bu düşüşün % 0,099 dan % 0,037'ye; 2. ve 3. profilde ise sırasıyla % 0,081 ve % 0,082 den % 0,039'a ve % 0,051'e doğru olduğu belirlenmiştir. En yüksek total azot değerlerinin yüzey tabakalarında ortaya çıkmasının nedenleri arasında biyolojik aktivitenin bu tabakada fazla olması ve gübre uygulamaları sayılabilir.

Profillerin farklı tabakalarından alınan toprak örneklerinin C/N oranları ise tüm profillerde 3,4-11,3 arasında olmuştur. 1. profilin C/N oranlarına ait değerlerde bir dalgalanma görülürken 2. ve 3. profilde alt katmanlara doğru inildikçe bu oranlar gittikçe daralmıştır. Saatçı (1975); toprak profilinin üst katmanlarındaki C/N oranının alt toprak katmanlarına oranla daha geniş olmasını, üst toprak kısmında tamamen ayrılmamış taze organik maddelerin mevcudiyetine bağlamıştır.

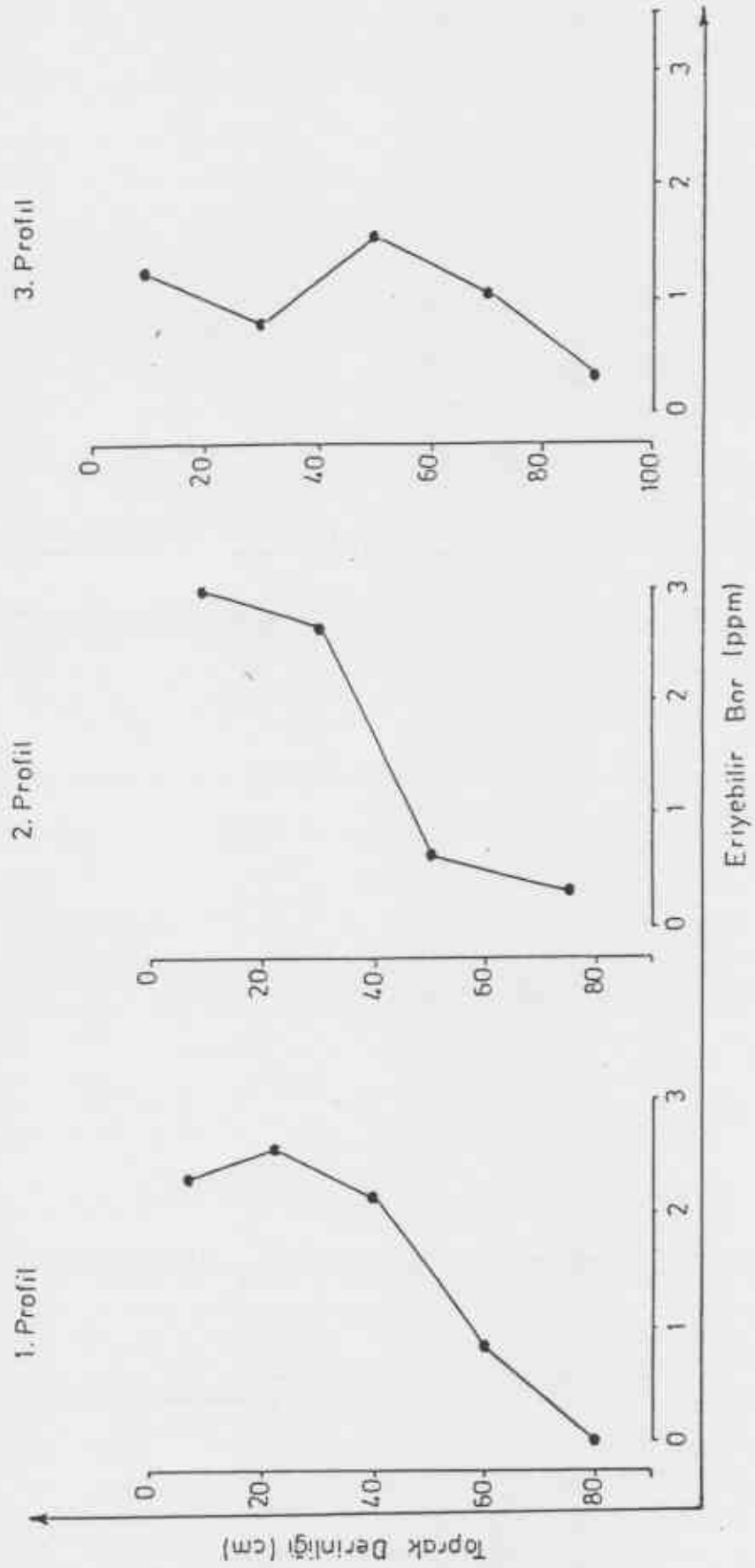
Araştırma alanında esas problemi oluşturan bor elementinin toprak profilindeki durumunu incelemek amacıyla yapılan total ve eriyebilir bor analizlerinin sonuçları da Çizelge-10'da verilmiştir. Örneklerin eriyebilir bor kapsamı 1. profilde eser-2,55 ppm; 2. profilde 0,35-2,95 ppm ve 3. profilde de 0,35-1,50 ppm arasında tesbit edilmiştir. Bor miktarları her üç profilde de üst toprak tabakasından alt tabakalara doğru azalmaktadır. Profillerde yaklaşık 60 ile 80 cm derinliğe kadar toksik sınırın üstünde eriyebilir bor konsantrasyonlarına rastlanması, sulama yolu ile gelen borun topraktan kolay kolay

yıkılmayıp, toprağın çeşitli katmanlarında biriktiğini göstermektedir. Munsuz ve ark. (1983)'nin Bigadiç yöresi toprakları ile yürütükleri kolon denemesinde de borlu sularla 3-5 kez yapılan sulamalarda bile toprak profilinin 40 cm derinliğine kadar bor birikiminin tesbit edilmesi, bu araştırmanın bulgularını desteklemektedir (Şekil-1).

Diğer bir dikkat çekici nokta da; 1. ve 2. profillerde ilk iki tabakalarda en fazla bor birikimine rastlanırken, son profilde en yüksek bor konsantrasyonunun 3. katmanda saptanmasıdır. Bunun nedeni büyük bir ihtimalle bu profilde 3. tabakaya kadar aynı olan kil miktarının bu katmanda yükselerek boru fikse etmesidir. Zira bu konuda yapılan çalışmalar sonucu, bor fiksasyonunda önemli bir faktörün koloidal killer olduğu ortaya çıkmıştır (Heren ve Gast, 1981; Gupta ve ark., 1985).

Ayrıca % CaCO_3 içerikleri ile suda eriyebilir bor konsantrasyonları arasındaki ilişki de profillerde açıkça görülmektedir. 2. profilde CaCO_3 miktarı arttıkça eriyebilir bor miktarının azalması ve 1. profilde de marn bünyeli tabakada eser miktarda bora rastlanılması, Gupta ve ark. (1981)'nin de belirttiği gibi kireçli topraklarda bor elementinin yareyaşlılığının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu tip topraklarda bor elementi kalsiyum ve magnezyum karbonatlarla reaksiyona girerek suda erimez kompleksler oluşturmaktadırlar (Hanna ve Purvis, 1941).

Örneklerin total bor içeriklerine bakıldığında ise toplam 3 profilde en düşük ve en yüksek değerlerin 11,2 ile 96,0 ppm olduğu görülmektedir. Genelde profilin derinliğine doğru total bor miktarlarında meydana gelen değişimler düzensiz olup, eriyebilir bor konsantrasyonlarında ortaya çıkan durum burada görülememiştir. Topraktaki total ve eriyebilir borun esas kökeni ana kaya veya ana materyalin ayrışma ve sentez ürünü olan toprak mineralleridir (Altınbaş, 1978). Özellikle toplam borun büyük bir bölümü Turmalin minerali halinde ve organik maddeye bağlı bir şekilde bulunmaktadır (Kacar, 1984). Bu nedenle araştırılan profillere ait toplam bor miktarları bu tabakaların içerdikleri bor mineralleri ve organik maddeye bağlı olarak farklılıklar göstermişlerdir.



Şekil 1. Profil örneklerinde eriyebilir bor miktarlarının dağılımı

5.2 Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Bor probleminin yoğun olarak bulunduğu Susurluk havzasına ait Balıkesir, Susurluk ve Kepsut ovası aluvial topraklarından alınmış örnekler, başlıca organizma grupları ile CO_2 -oluşumu ve dehidrogenaz (DHG) enzim aktivitesi yönünden incelenmişlerdir. Toprak örneklerinin 3 ayrı zamanda alınması nedeniyle, değerlendirmeler buna bağlı olarak her alım zamanında alınan örnekler için ayrı ayrı yapılmıştır.

5.2.1. Birinci Yıl Sulama Öncesi (Mayıs-1987) Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Bor problemi olan alluvial ovalardan ilk örnekler sulama öncesi alınmış olup, bu döneme ait mikrobiyolojik ve biyokimyasal bulgular Çizelge-11'de sunulmuştur. Çizelge'deki her bir analize ait değerlerin hangi sınırlar içinde kaldığını daha iyi görebilmek için organizma grupları, CO_2 -oluşumu ve DHG-enzim aktivitesine ait en düşük ve en yüksek değerler saptanarak çizelgede belirtilmiştir.

Buna göre gr kuru topraktaki genel bakteri sayısı $5,4 \times 10^6$ - $66,0 \times 10^6$ değerleri arasında değişmekte olup, bu değerler bölgemizin bir başka problemlili topraklarını oluşturan Menemen ve Salıhlı Ovaları tuzlu ve tuzlu-alkali topraklarında Çengel (1982) tarafından elde edilmiş genel bakteri sayılarından ($1,06 \times 10^6$ - $22,78 \times 10^6$) biraz yüksek; fakat Beck (1968)'in normal(asitlik, tuzluluk v.b. problemleri olmayan)tarım toprakları için bildirdiği 10^7 - 10^9 (gr k. toprakta) sınır değerlerinden ise oldukça düşüktür. Çizelge-11'de aktinomycetler ve mantarlara ait min. ve mak. değerler ise sırası ile gr kuru toprakta $1,0 \times 10^5$ - $7,2 \times 10^5$ ve $9,2 \times 10^5$ - $27,3 \times 10^5$ olarak tesbit edilmişlerdir. Genellikle topraklarda sayıca genel bakterilerden sonra ikinci sırayı teşkil eden aktinomycetlerin, bu araştırma topraklarında sayıca üçüncü sıraya düştüğü, mantarların ise ikinci sıraya yerleştiklerini belirlenmiştir. Mantarlardan daha az sayıda saptanmalarına rağmen, aktinomycet sayıları Alexander (1961)'in normal tarım toprakları için bildirdiği 10^5 - 10^8 (gr k.toprakta) değerleri arasında yer almışlardır. Mantarlara ait değerler ise gerek Beck (1968) tarafından normal tarım toprakları için gr. kuru toprakta verilen birkaç bin ile 10^5 değerlerinden

(İzmit 17. Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Mayıs-1987)

mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	gr. kuru toprakta							CO ₂ -Prod.	DHG-[.Akt.
	G.B.S. x10 ⁶	Akt.S. x10 ⁵	Ment.S. x10 ⁵	Se.PES. x10 ³	AzB.S.	Nitrit-B.S.	Nitrat B.S.	mg/ 100 g.k.t.	8 IPT/ 5 g.k.t.
1	21.4	7.2**	13.5	32.9	99	49	46	34.32	195.7**
2	15.8	4.0	24.4	22.5	136	51	28	21.87	167.1
3	21.6	3.4	13.2	2.1	386	263	100	29.64	150.0
4	8.3	3.4	13.5	15.6	344	47	4*	36.66	120.8
5	60.4	2.6	13.7	7.7	96	9	258	19.05	74.5
6	36.8	2.1	15.0	10.0	105	26	263	21.76	132.9
7	16.4	1.3	14.2	48.3	1613**	102	102	17.50	96.8
8	7.4	2.1	10.9	26.5	64	101	101	31.82	126.2
9	33.8	3.2	13.9	26.8	501	269	102	39.74	174.5
10	53.7	3.4	10.4	46.8	347	260	78	32.54	44.8
11	19.1	4.3	15.2	3.2	217	272	272**	43.04**	65.1
12	5.4*	3.6	9.2*	1.5*	410	462	154	24.82	73.6
13	24.9	3.3	9.5	2.0	47	97	97	28.65	96.8
14	7.2	3.4	10.3	30.9	274	258	9	31.97	84.5
15	34.7	1.3	27.3**	9.8	485	47	4*	12.83	94.4
16	26.0	2.5	9.6	45.9	206	258	98	15.64	36.7
17	25.1	1.2	17.6	112.2	10	255	97	20.65	38.4
18	86.0**	2.3	11.3	20.6	72	464**	98	27.89	34.4
19	73.4	3.3	18.9	25.5	136	459	4*	15.26	23.6*
20	9.4	1.6	13.2	9.6	6*	41	255	19.08	30.2
21	36.3	3.3	15.9	15.3	578	4*	46	31.20	63.8
22	65.8	1.0*	21.0	14.2	78	4*	9	18.40	52.8
23	34.6	2.6	13.4	151.5	471	15	4*	18.44	86.2
24	21.4	3.1	15.9	20.4	41	9	4*	21.10	56.1
25	74.2	1.0*	14.7	46.3	206	26	4*	25.85	61.1
26	6.1	3.3	17.7	76.9	205	7	154	25.49	55.2
27	7.6	1.0*	18.0	15.6	417	4*	47	21.77	50.0
28	7.4	1.0*	17.4	1435.8**	24	4*	21	22.33	30.9
29	16.3	2.7	12.8	15.3	58	4*	26	23.34	63.8
30	15.2	1.0*	14.8	96.4	135	11	9	11.16*	91.4

* : [n düşük değerler

** : [n yüksek değerler

ve gerekse Müftüoğlu (1989)'un Doğu Karadeniz asit reaksiyonlu topraklarında belirlediği mantar sayılarından ($0,6 \times 10^4$ - $234,7 \times 10^4$ /gr k. top.) daha fazla olarak tesbit edilmiştir.

Çizelge-11'de aerob selüloz parçalayıcı bakterilere ait min. ve mak. değerlerin $1,5 \times 10^3$ ile $1435,8 \times 10^3$ (gr kuru toprakta) oldukları görülmektedir. Alexander (1961); bu bakterilerin işlenmemiş arazilerde hiç bulunmadığını, diğer topraklarda da sayılarının 100-50.000 (gr k. toprakta) arasında değiştiğini, fakat organik gübre uygulanmış tarım arazilerinde ve bitki köklerine yakın yerlerde daha büyük değerler tesbit edilebildiğini belirtmiştir. Buna göre araştırma topraklarında da aerob selüloz parçalayıcı bakterilere ait sayısal değerlerin Alexander (1961)'ın bu organizmalar için verdiği değerlerden daha yüksek çıktığı saptanmıştır.

Birinci yıl sulama öncesi topraklarında min. ve mak. değerleri 6-1613 olarak (gr kuru toprakta) tesbit edilen azotbakterilerin normal tarım topraklarındaki sayıları Çengel ve Gür (1986)'ın bildirdiğine göre çevre koşullarına bağlı olarak nadiren 10^4 ün üzerine çıkmaktadır. Türkiye topraklarında yapılan bir çalışmada da Ahrens (1980); araştırılan 124 toprak örneğinin % 44,4'ünde azotobakter sayılarını 10^3 - 10^4 (gr k. toprakta) arasında tesbit etmiştir. Diğer yandan bir başka araştırmacı Çengel (1978); tuzluluk problemi olan tarım alanlarından aldığı 23 toprak örneğinden % 48'inde $7-5 \times 10^3$ (gr k. toprakta) arasında Azotobakter bulunduğunu saptamıştır. Bu çalışmada tesbit edilen 6-1613 arasındaki azotobakter sayıları diğer araştırmacıların belirledikleri değerlerin genelde içerisinde kalmalarına rağmen, azotobakter sayılarının problemli bir tarım arazisi için yüksek bir miktar olduğu ve hatta bunun bu organizmaları teşvik ettiği söylenebilir. Zira Müftüoğlu (1989); Doğu Karadeniz'in asit reaksiyonlu topraklarında bu bakterilere hiç rastlanmadığını belirtmiştir.

Çizelge-11'de nitrifikasyon bakterilerinin min. ve mak. değerleri gr kuru toprakta sırası ile nitrit bakterileri için 4-464; nitrat bakterileri için ise 4-272 değerleri olarak belirlenmiştir. Waksman (1952)'a göre bu bakterilerin sayıları gr k. toprakta birkaç hücre ile 24×10^3 hücre arasında değişmektedir. Araştırmada ele alınan 1. grup

topraklardaki nitrifikasyon bakterilerine ait değerler bu sınırlar içerisinde kalmakla beraber, sayılarının genellikle fazla yüksek olmadığı tesbit edilmiştir.

Yine aynı çizelgede (izelge-11) biyokimyasal olaylardan CO_2 -oluşumuna ait en düşük ve en yüksek bulgular 11,16-43,04 mg/100 gr kuru toprak olarak saptanmıştır. Bu bulgular Alexander (1961)'ın normal tarım toprakları için bildirdiği 3,5-35 mg/100 gr toprak değerlerine ve Emiroğlu ve ark. (1986)'nın da alluvial bir toprakta tesbit ettikleri 17,33-32,94 mg/100 gr k. toprak değerlerine yakın rakamlardır. Çengel (1982)'in tuzlu ve tuzlu-alkali topraklarda tesbit ettiği CO_2 -oluşum miktarlarından (8,48-22,36 mg/100 gr k.t.) ise daha yüksek değerler olduğu ortaya çıkmıştır.

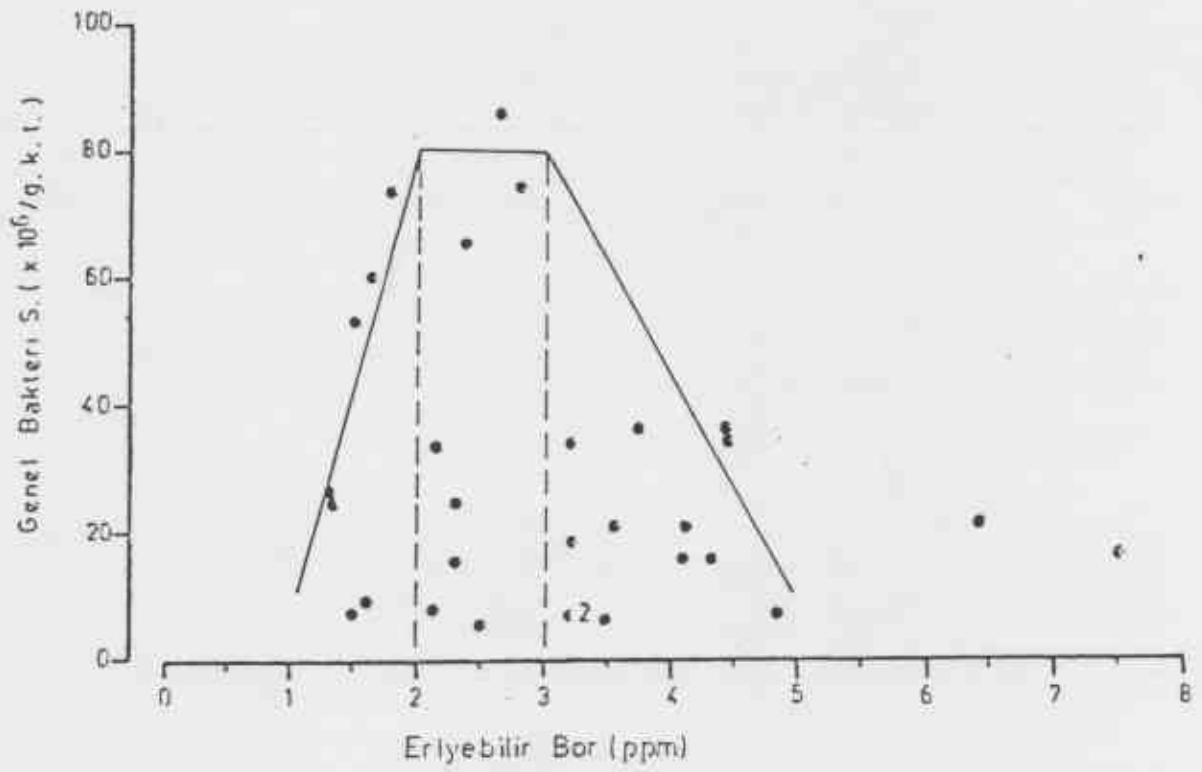
Araştırmada incelenen diğer biyokimyasal bir olay olan DHE-enzim aktivitesine ait min. ve mak. değerler; izelge-11'de grlcğ gibi 23,6-195,7 δ TPF/5 gr k.t. olarak belirlenmiştir. Bu bulguların, alluvial bir toprakta tesbit edilen 26,10-95,86 δ TPF/5 gr k.t. değerleri (Emiroğlu ve ark., 1986) ile asit reaksiyonlu Doğu Karadeniz topraklarında elde edilen 0-142,96 δ TPF/5 gr k.t. değerlerinden (Mftdoğlu, 1989) daha yüksek rakamlar olduğu tesbit edilmiştir.

Çizelge-11'e ait mikrobiyolojik ve biyokimyasal bulguları daha iyi değerlendirebilmek ve borun organizma grupları üzerine toksik etkisini belirgin olarak gösterebilmek amacıyla izelge-12 oluşturulmuştur. Bu izelgedeki değerler ele alındığında bor konsantrasyonlarına bağlı olarak genel bakteri, mantar ve aktinomycet sayılarının farklılıklar arzettiği görülmektedir. Çizelge sonuçlarına göre genel bakteriler 3 ppm, aktinomycetler ve mantarlar ise 4 ppm bor konsantrasyonlarından sonra zarar görmüş ve sayılarında azalmalar meydana gelmiştir. Bu da bize birinci yıl sulama öncesi toprak örneklerine ait bor konsantrasyonlarına genel bakterilerin diğer iki organizma grubuna nazaran daha hassas olduklarını göstermektedir. Bu bulgulara benzer sonuçlar bulan Tyner (1944)'da borik asit ilavelerinin bakteri gelişimini önemli bir şekilde engellediğini, fakat mantarlar üzerinde olumlu etkiler yaptığını tesbit etmiştir.

Çizelge 12. Çeşitli bor konsantrasyonlarında genel bakteri, aktinomycet ve mantar sayılarının toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	G. Bakteri $\times 10^6$ /g.k.t.		Aktinomycet $\times 10^5$ /g.k.t.		Mantar $\times 10^5$ /g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2,00	7	255,4	36,4	16,7	2,3	94,3	13,4
2,01 - 3,00	8	313,6	39,2	18,8	2,3	107,9	13,4
3,01 - 4,00	7	132,7	18,9	22,6	3,2	116,4	16,6
4,01 - 5,00	6	132,3	22,0	15,6	2,6	110,1	16,5
5,01 - 7,50	2	37,7	18,8	5,8	2,9	28,7	14,3

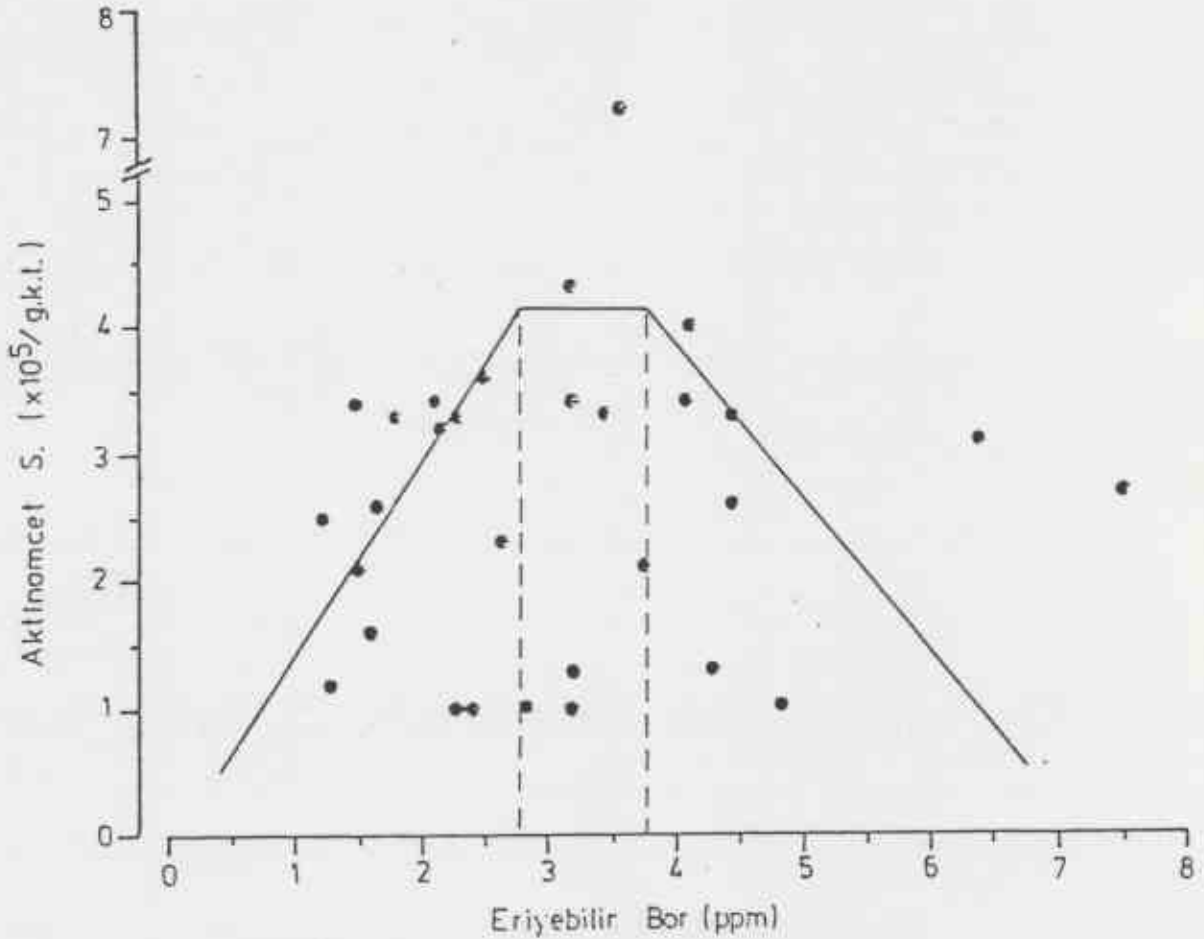
Toprakların bor konsantrasyonlarına bağlı olarak genel bakteri sayısının araştırılan 30 örnekteki dağılımını ve yüksekliğini caha çarpıcı bir şekilde ortaya koymak ve bakteriler için optimum ve toksik bor düzeyini belirlemek amacıyla Şekil-2 düzenlenmiştir. Şekilden açıkça görüldüğü gibi genel bakteriler 2-3 ppm bor konsantrasyonları arasında en yüksek sayılara ulaşırlarken, 3 ppm bor düzeyinden sonra değerlerde hızlı bir düşüş gözlenmiştir. Bu duruma göre Çizelge-12'deki genel bakterilere ait bulgular Şekil-2'de ortaya çıkan sonuçlarla tam bir benzerlik içerisinde.



Şekil-2. Genel bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Bakterilerden sonra toprakta sayıca en fazla bulunan mikroorganizma grubu olan aktinomysetlerin, araştırma topraklarındaki bor

konsantrasyonlarına bağlı olarak dağılımını bir şekil üzerinde gs-
terdiğimizde şekil-3'deki durum ortaya ıkmaştır. Buna göre 2,75 ppm
bor'a kadar gittikçe artan bir grafik gösteren aktinomycet sayıları,
maksimum değerlere 2,75-3,75 ppm bor konsantrasyonları arasında ulaş-
maştır. Bu organizma grubunda borun toksik etkileri 3,75 ppm bor kon-
santrasyonundan sonra görülmüştür.

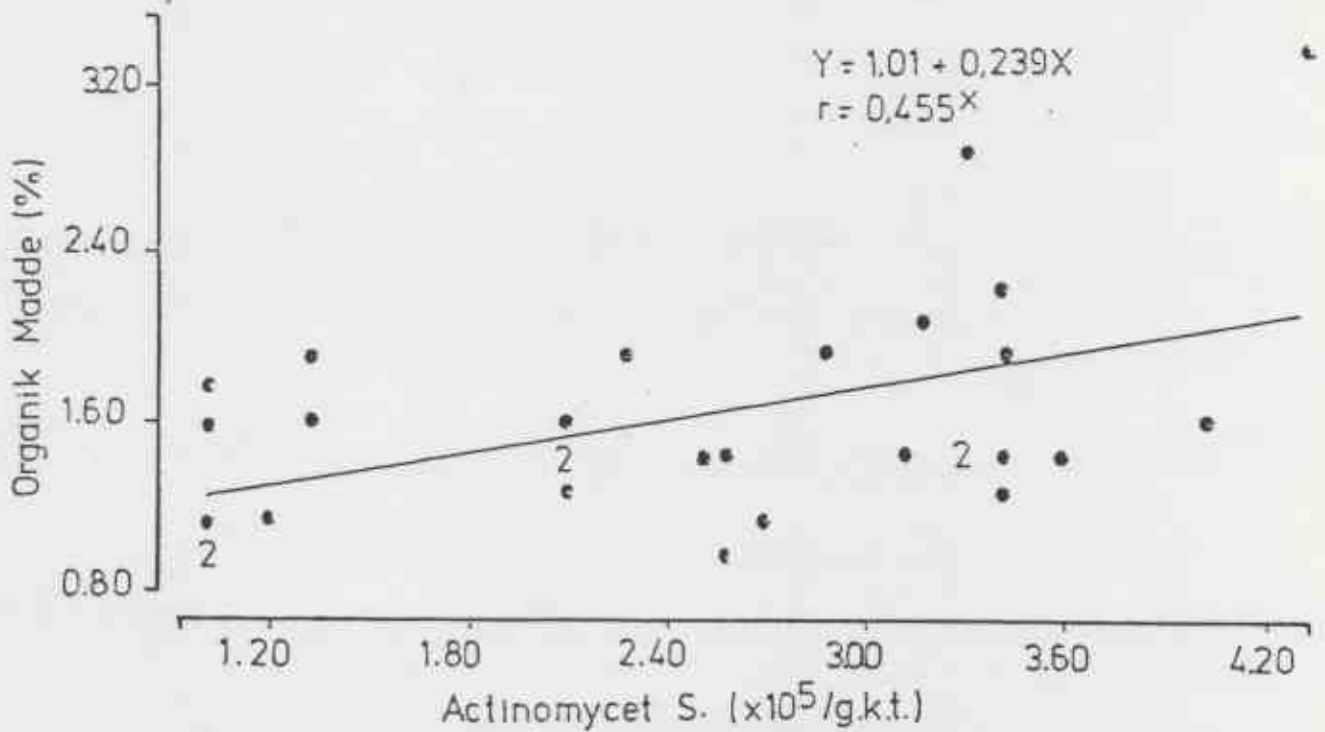


şekil-3. Aktinomycet sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Bu sonuçlar düşük bor konsantrasyonlarının aktinomycetler ze-
rinde olumlu etkiler yaptığını ortaya koymaktadır. Çengel ve zkara
(1987)'nin borla ilgili yaptıkları bir çalışmada da 0,468-0,485 ppm

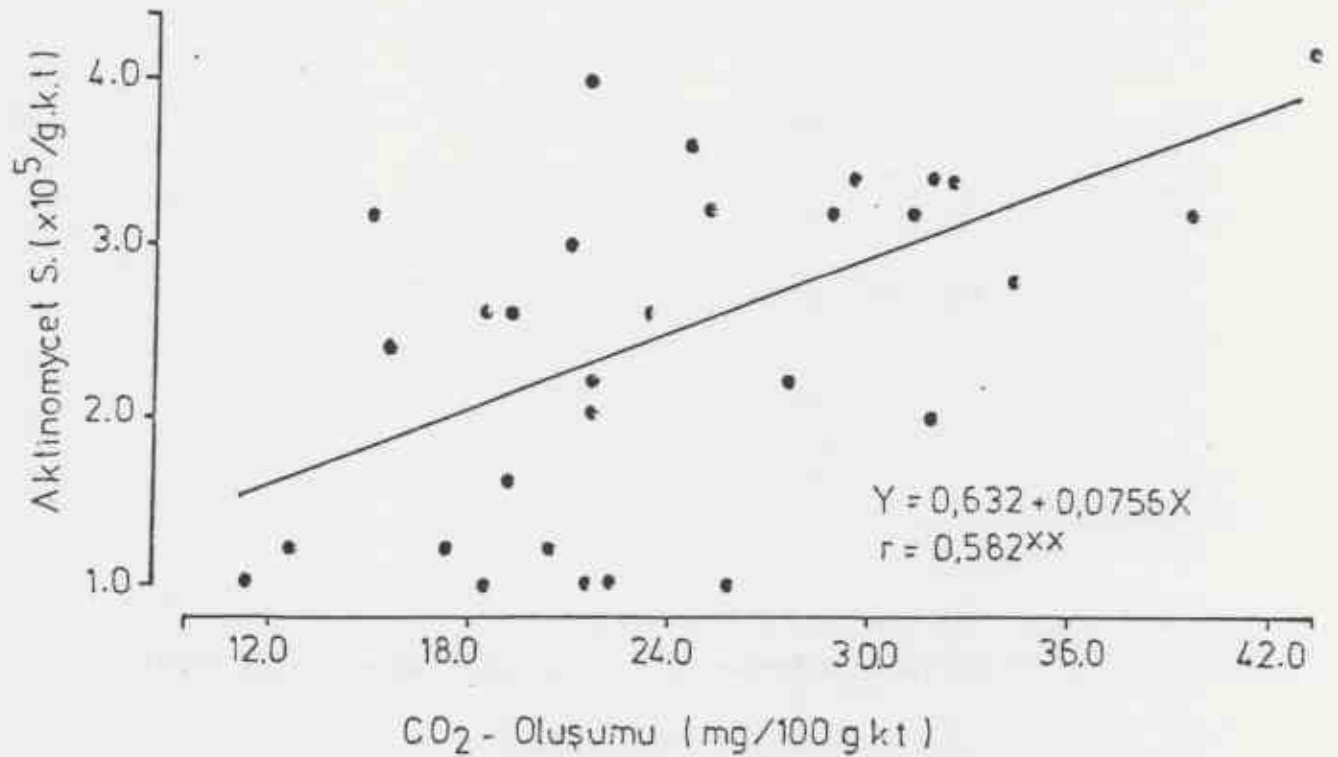
bu düzeylerinin aktinomycet gelişimini teşvik ettiğini tesbit etmeleri bu araştırma sonuçlarını doğrulamaktadır.

Aktinomycet'ler heterotrof yaşamli organizmalar olmaları nedeniyle toprağın organik maddesi ile sıkı bir ilişki içerisinde dirler. Bu organizmaların organik maddenin dekompozisyonu ile ilgili olaylardaki rolü, tam ayrışmamış bitkisel artıklarda ortaya çıkmaktadır (Beck, 1958). Yapılan istatistikî analizlerde de aktinomycetler ile toprağın organik madde kapsamı arasında bir ilişki aranmış ve sonuçta bu iki kriter arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,455^*$) elde edilmiştir. Bu ilişkiye ait regresyon denklemi ile çizilen doğru Şekil-4'de verilmiştir. Toprağın organik madde kapsamındaki artışın aktinomycet sayılarında meydana getirdiği bu olumlu etki; Çengel ve ark.(1958)'nin yapmış olduğu bir araştırmada da ortaya çıkarılmış ve toprağa verilen organik atık maddelerinden özellikle cibrenin aktinomycet gelişimini çok fazla teşvik ettiğî tesbit edilmiştir.



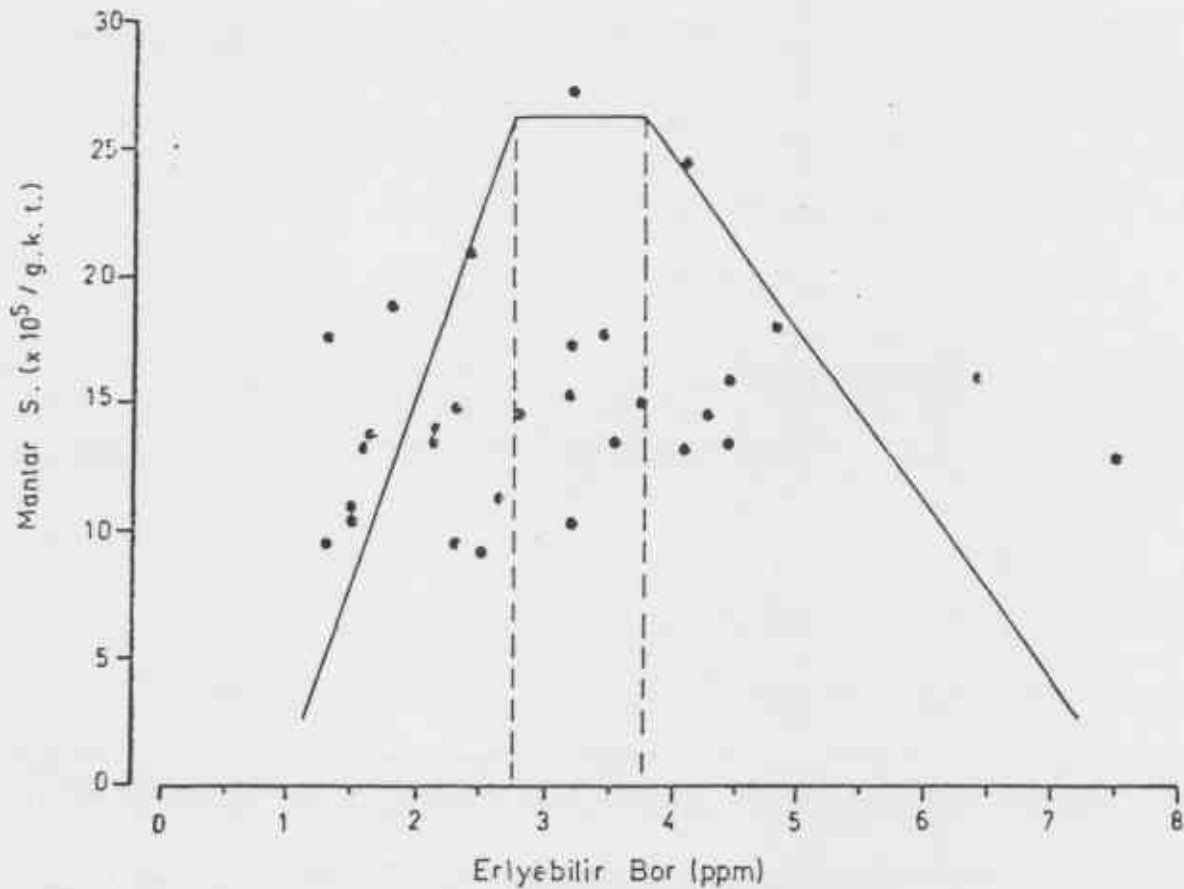
Şekil-4. Aktinomycet sayısı ile organik madde arasındaki ilişki.

Bitkisel ve hayvansal atıkların mikroorganizmalar tarafından dekompozisyonu sırasında, bu dokularda bulunan karbonun büyük bir miktarı CO_2 olarak ortaya çıkmaktadır. Ayıran materyalin yapısına, ilgili mikroorganizmalara ve dekompozisyon şartlarına bağlı olarak değişen CO_2 -oluşumunun (Waksman, 1952), aktinomycetler ile olan ilişkisini araştırmak amacıyla istatistiksel analiz yapılmış ve sonuçta bu iki faktör arasında % 1 olasılıkla önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,582^{**}$) elde edilmiştir. Aktinomycet sayısı ile CO_2 -oluşumu arasındaki istatistiksel ilişkiye ait regresyon denklemi ve buna bağlı olarak çizilen doğru Şekil-5'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi aktinomycet sayısı arttıkça CO_2 -oluşumu da yükselmektedir. Bu sonuç, organik dokuların ayrışmasında aktinomycetlerin önemli rol oynadığını açıkça göstermektedir.



Şekil 5. Aktinomycet sayısı ile CO_2 -oluşumu arasındaki ilişki.

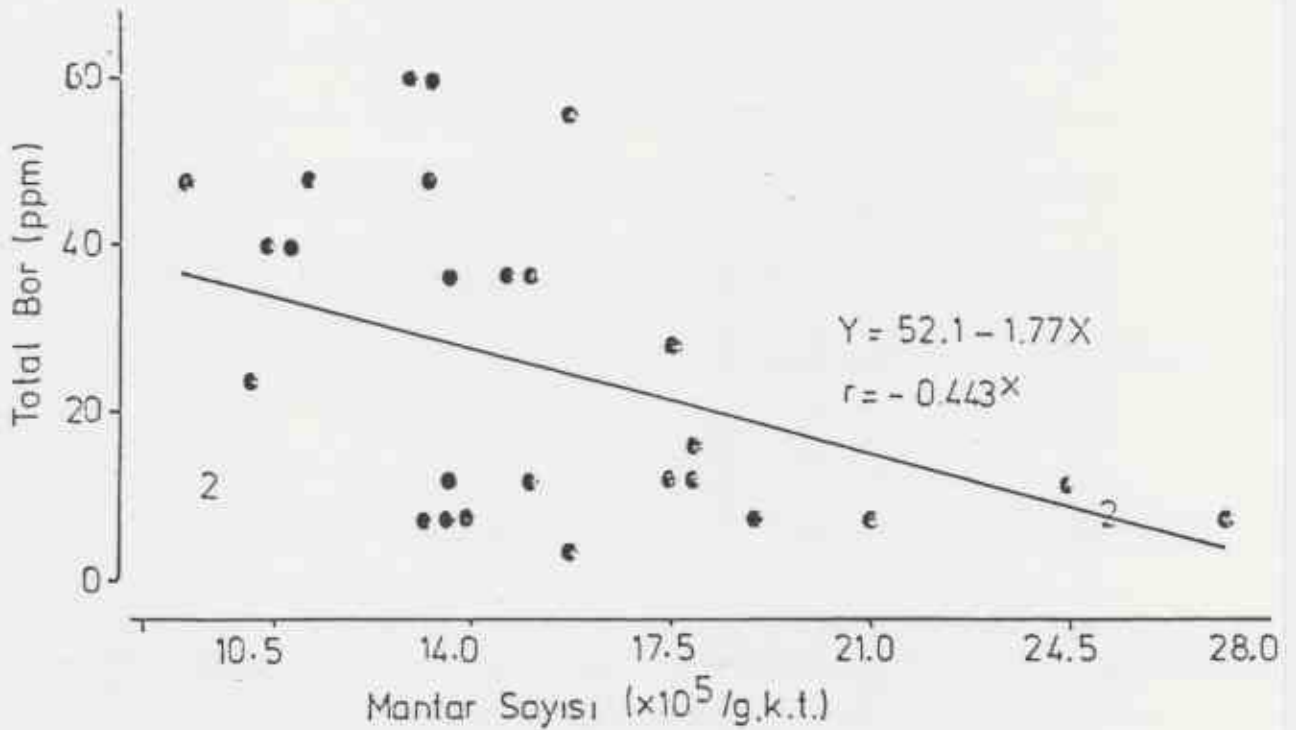
Topraklarda sayısal olarak bakteri ile aktinomycetlerden sonra gelen ve özellikle bitkisel dokuların ayrıştırılmasında etkili bir mikroorganizma grubu olan mantarların, birinci yıl sulama öncesi topraklarında bor konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri dağılım ile bu organizmalar için tesbit edilen optimum ve toksik bor düzeyleri Şekil-6'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde bu organizmaların da aktinomycetlere benzer şekilde bor konsantrasyonlarından etkilendikleri anlaşılmaktadır. Mantarların araştırılan 30 toprak örneğindeki optimum gelişimleri 2,75-3,75 ppm bor aralığında olmuş, 3,75 ppm'in üstünde bor içeren topraklarda ise bu organizmalara borun toksik etki yaptığı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre mantarların genel bakterilere oranla bor konsantrasyonlarına daha toleranslı oldukları ortaya çıkmıştır.



Şekil 6. Mantar sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Mantarların bor konsantrasyonları karşısında gösterdikleri bu toleransı, bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarında da tesbit etmişlerdir. Hanna ve Purvis (1941); kumlu-tın bir toprağa ilave edilen boraksın mantar gelişimini olumlu etkilediğini ve özellikle *Trichoderma* gelişiminin tamamen topraktaki bor mevcudiyetine bağlı olduğunu, Branchley (1914) ise mantarların ve bazı yeşil alglerin yüksek bor konsantrasyonlarına toleranslı olduklarını bildirmişlerdir.

Mantarların bakterilere oranla topraktaki eriyebilir bor miktarlarına daha az hassas olmalarına rağmen; bu organizmaların yüksek total bor düzeylerinden zarar gördükleri yapılan istatistikî analizler sonucu ortaya çıkmış ve topraktaki total bor konsantrasyonları ile mantar sayıları arasında % 5 olasılığa göre önemli negatif bir korelasyon katsayısı ($r = -0.443^*$) elde edilmiştir. Bu ilişkiye ait regresyon denklemi ve çizilen doğru Şekil-7'de verilmiştir.



Şekil-7. Total bor konsantrasyonları ile mantar sayısı arasındaki ilişki.

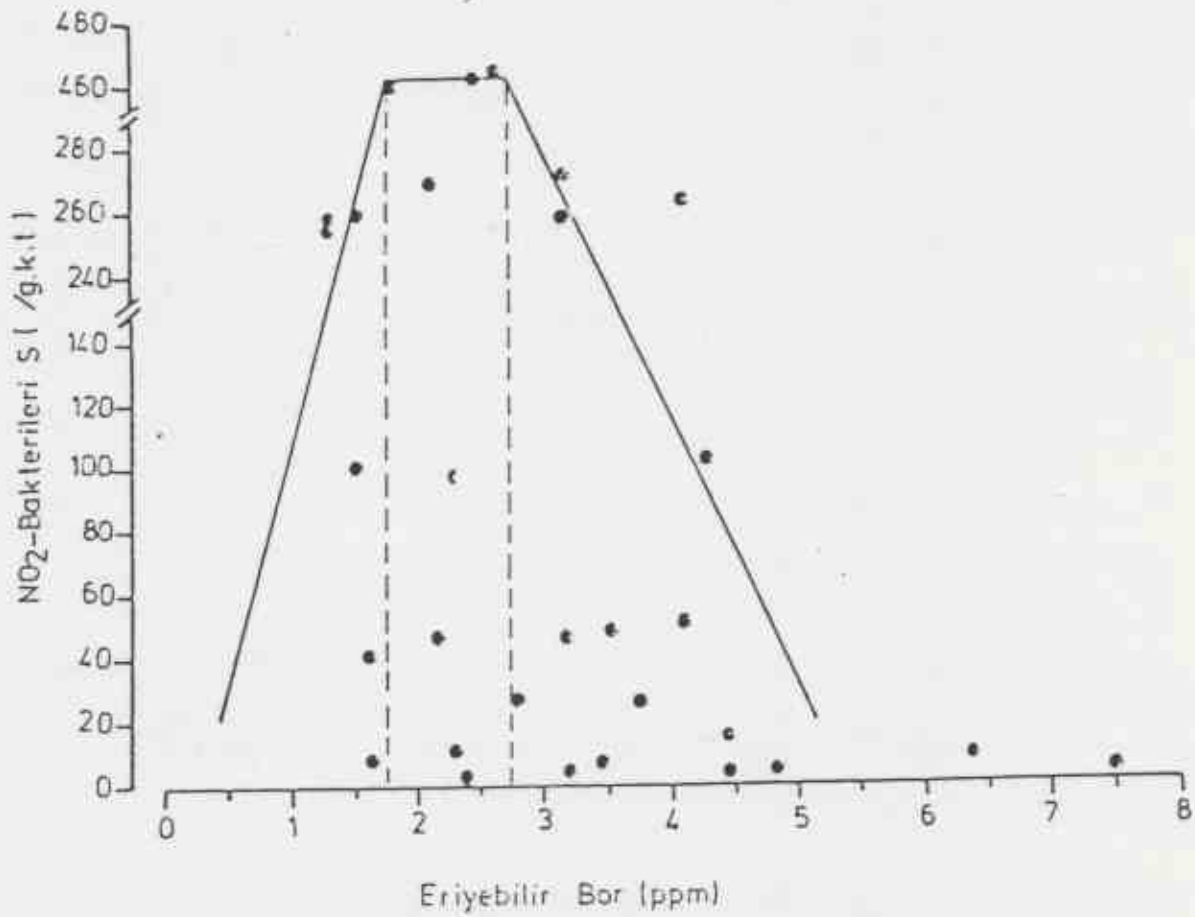
Toprakların önemli fizyolojik gruplarından olan nitrifikasyon bakterilerinin bor toksisitesine karşı tepkilerini incelemek amacıyla Çizelge-11'den yararlanılarak Çizelge-13 oluşturulmuştur.

Çizelge 13. Çeşitli bor konsantrasyonlarında nitrit ve nitrat bakterilerinin toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	NO ₂ - Bakt.		NO ₃ - Bakt.	
		/g.k.t.		/g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2,00	7	1383	157,5	891	127,2
2,01 - 3,00	8	1380	172,5	477	59,6
3,01 - 4,00	7	663	94,7	769	109,8
4,01 - 5,00	6	439	73,1	327	54,5
5,01 - 7,50	2	13	6,5	30	15,0

Bu çizelge değerlerinden açıkça görüldüğü gibi gerek nitrit ve gerekse nitrat bakterilerin yüksek sayısal değerleri 2 ppm'den düşük bor konsantrasyonlarında göstermişlerdir. Bor konsantrasyonları arttıkça NO₂-bakterileri sayılarında gittikçe bir düşüş gözlenirken, NO₃-bakterilerinde bu azalma 3,01-4,00 ppm bor aralığından sonra daha berriz bir şekilde ortaya çıkmıştır. Nitrifikasyon bakterilerinde özellikle son bor konsantrasyonu değerlerinde (5,01-7,50 ppm) sayısal düşüşler çok hızlı bir şekilde kendini göstermiştir. Bu bakterilerin yüksek bor konsantrasyonlarından olumsuz etkilenmeleri bazı araştırmalar sonucu da tesbit edilmiştir. Nitrifikasyon bakterilerinin gelişimleri ve sayıları üzerine bor miktarlarının etkisini inceleyen Verona (1947); topraklarda iz miktarlarda bulunduğu zaman borun nitrifikasyonu teşvik ettiğini, fakat yüksek miktarlardaki borun ise gerek nitrit ve gerekse nitrat bakterilerini olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Bir başka çalışmada Liang ve Tabatabai (1978); topraklara 5 /M mol/gr top.(0,055 ppm) bor uygulaması ile nitrifikasyon olayının % 80 oranında azaldığını tesbit etmişlerdir.

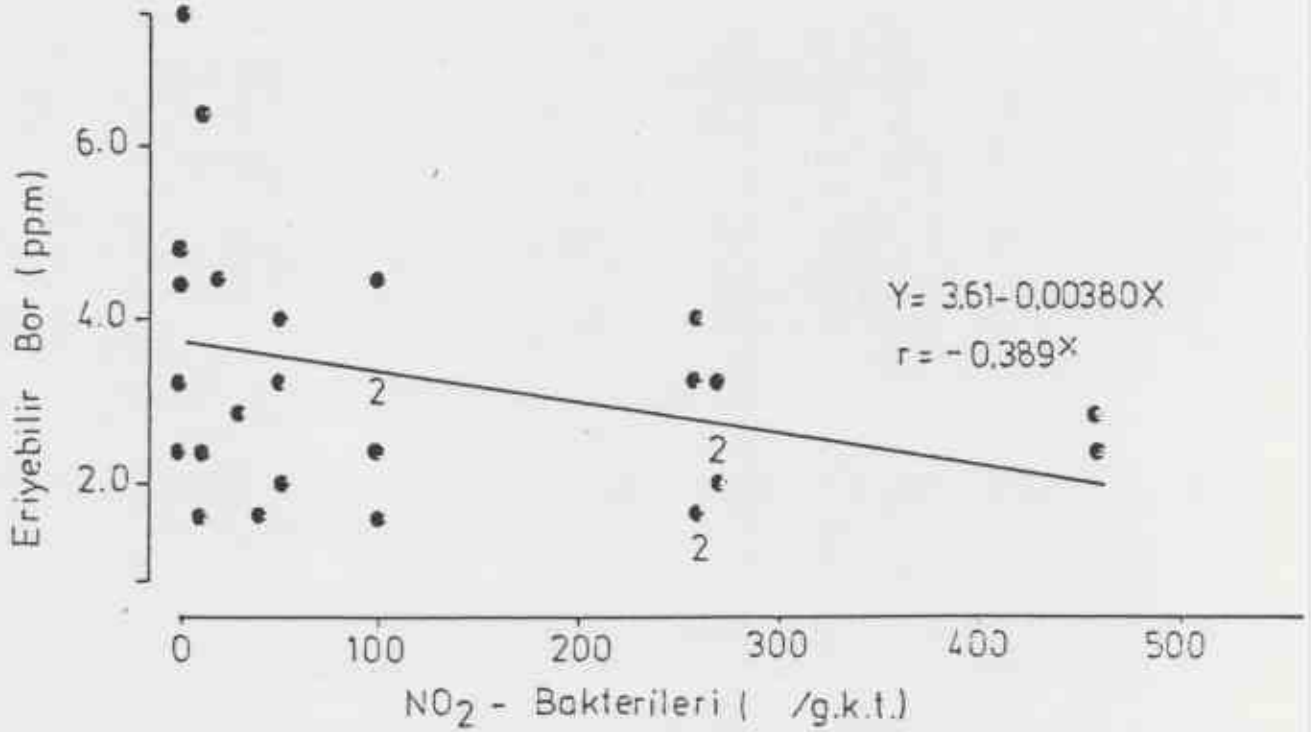
Nitrit bakterilerinin bor konsantrasyonları karşısındaki sayısal dağılımına ortaya koymak ve bu organizmalar için optimum ve toksik bor düzeylerini saptamak amacıyla hazırlanan Şekil-8 incelendiğinde; bu bakterilerin maksimum değerlere 1,75-2,75 ppm bor aralığında ulaştıkları ortaya çıkmaktadır. 2,75 ppm bor konsantrasyonundan sonra ise nitrit bakterilerinin toksik olarak zarar görmeye başladıkları saptanmıştır.



Şekil 8 . Nitrit bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

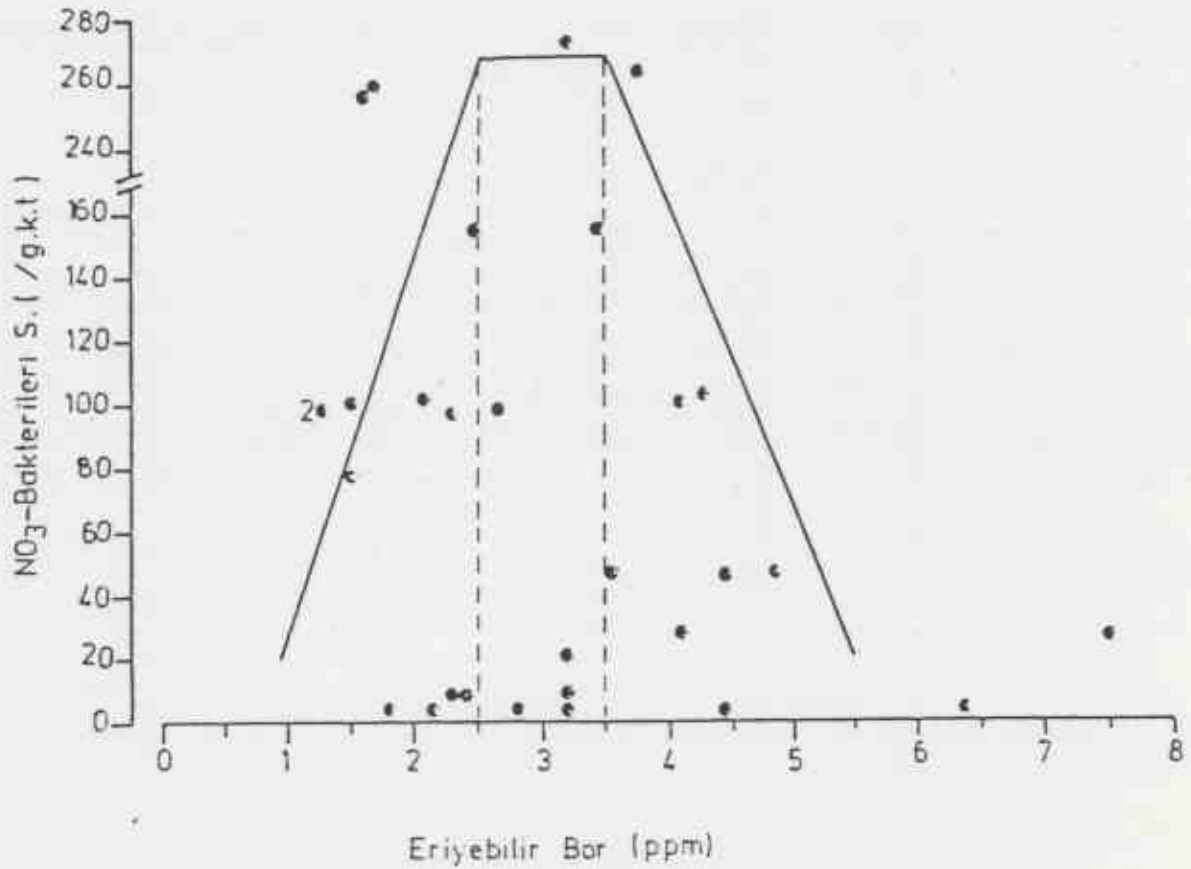
Nitrit bakterilerinin bor konsantrasyonlarına karşı gösterdiği bu olumsuz tepki istatistiksel olarak da ele alınmış ve iki değişken arasında % 5 düzeyinde önemli, negatif bir korelasyon katsayısı

($r = -0,389^*$) tesbit edilmiştir. Şekil-9'da bu ilişkiye ait regresyon denklemi ile çizilen doğru yer almaktadır. Artan eriyebilir bor konsantrasyonlarına karşın azalan nitrit bakteri sayıları, Şekil-9 ile Çizelge-13 arasındaki uyumu ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 9 . Eriyebilir bor konsantrasyonları ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki.

Nitrat bakterileri için aynı düzenlemelerin yapıldığı Şekil-10'e alındığında ise; bu bakterilerin 2,5-3,5 ppm bor konsantrasyonları arasında en iyi gelişmeyi sağladıkları görülmektedir. Her ne kadar Çizelge-13'deki durum ile Şekil-10 arasında bor toksisitesi ile ilgili sınır değerlerde bir farklılık gözükmemekte ise de; aslında bu farklılık Çizelge-13'ün düzenlenmesinde ortalama örnek değerlerinden, Şekil-10'un çizilmesinde ise örneklerin gerçek değerlerinden yararlanılıp hazırlanmalarından kaynaklanmaktadır.



Şekil-10. Nitrat bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri

Nitrit bakterileri ile nitrat bakterileri bora hassasiyetleri bakımından kıyaslandıklarında; nitrit bakterileri için saptanan toksik bor düzeyinin nitrat bakterileri için tesbit edilen değere oranla daha düşük bir konsantrasyonda olduğu ortaya çıkmıştır. Bu da bize, topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman borun, nitrifikasyonun daha ilk aşaması olan NO_2 oluşumunu engellediği, böylece nitrat bakterilerinin bu olayı tamamlayacakları 2. aşama için gerekli olan nitriti bulamayacaklarını göstermektedir. Nitrifikasyon olayını gerçekleştiren bu iki organizma grubunun kendi aralarında bora duyarlılık bakımından farklılık göstermeleri bazı bilim adamları tarafından da tesbit edilmiştir. N-mineralizasyonu üzerine iz elementlerin etkisini

inceleyen Liang ve Tabatabai (1977); araştırma topraklarının bazıları-
rında borun $5 \mu\text{mol/gr. top.}$ dozunda Nitrosomonas bakterilerinin ak-
tivitelerini engelleyerek $\text{NH}_4\text{-N}$ 'unun birikmesine neden olduğunu sap-
tırmışlardır. Aynı araştırmacıların daha sonra yaptıkları bir çalışmada
ise içinde borun da bulunduğu 12 mikroelementin aynı konsantras-
yonda bu defa Nitrobacter'i olumsuz etkileyerek topraklarda NO_2^- akü-
mülasyonuna yol açtıkları ortaya çıkarılmıştır (Liang ve Tabatabai,
1978). Görüldüğü gibi bu araştırma bulgularına benzerlik gösteren ve-
ya ters düşen bilimsel çalışmalar mevcut olup; büyük bir ihtimalle
buna neden olan faktörler; incelenen toprakların farklı özelliklere
sahip olmaları yanında nitrifikasyon bakterilerini etkileyebilecek
çevre koşullarının da değişebilmesi ilk akla gelenler arasındadır.

Topraktaki organik dokularda çok yaygın olarak bulunan fakat
orani dokudan dokuya çok farklılık gösteren selülozun ayrıştırılma-
sında rol oynayan ve önemli bir spesifik grup olan aerob selüloz par-
çalayıcı bakteriler, toprakların en aktif mikroorganizma gruplarından
birisidir. Bununla beraber aktif olarak faaliyetlerini sürdürebilme-
leri, toprakların bazı özellikleri ile yakından ilişkilidir. Bu neden-
le aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin bor konsantrasyonları kar-
şısındaki etkilenişlerini ortaya koymak için hazırlanan Çizelge-14'de
örneklerin ortalama organik madde içerikleri, total azot yüzdeleri ve
pH değerlerine de yer verilmiştir.

Çizelge 14. Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların organik madde,
 N_t ve pH değerlerine bağlı olarak aerob selüloz parçalayıcı
bakteri sayıları

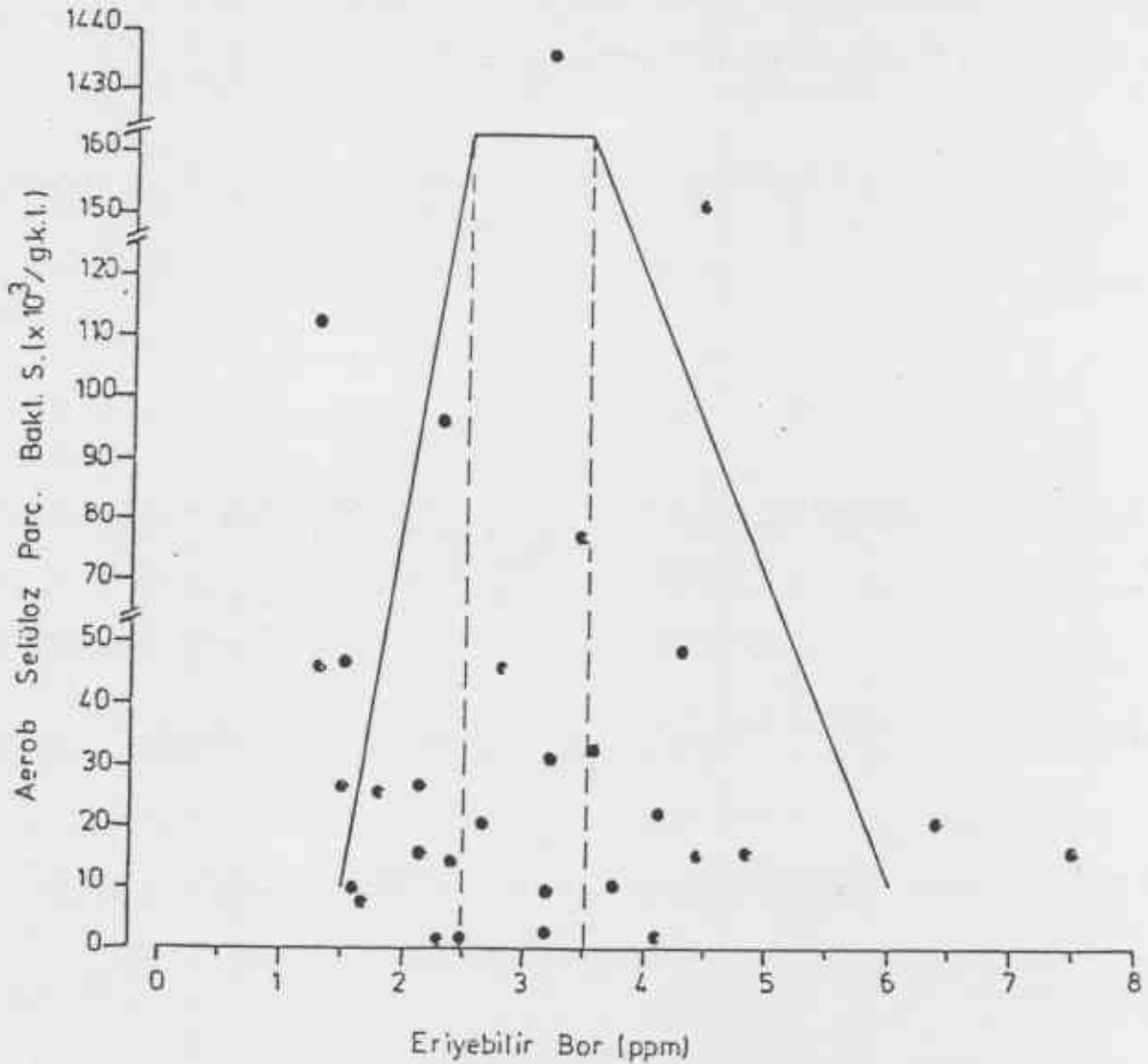
Bor Konsantrasyonları (ppm)	Aerob Sel.Parç.Bak.			Örnekle- rin Org. Mad. Ort. (%)	Örnekle- rin % N_t Ort.	Örnekle- rin pH Ort.
	Örnek Sayısı	$\times 10^3/\text{g.k.t.}$ Topl.	Ort.			
< 2,00	7	274,2	39,1	1,39	0,066	7,2
2,01 - 3,00	8	223,4	27,9	1,50	0,077	7,3
3,01 - 4,00	7	1599,5	228,5	1,99	0,107	7,1
4,01 - 5,00	6	255,3	42,5	1,69	0,062	7,3
5,01 - 7,50	2	35,7	17,8	1,22	0,084	7,2

Çizelge-14 incelendiğinde; aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayılarının 3,01-4,00 ppm bor aralığında en yüksek ortalama değere ulaştığı, daha sonra ise düşmeye başladığı anlaşılmaktadır. Bu bor aralığındaki örneklerin ortalama organik madde içeriklerinin de en yüksek değere sahip olması, organik madde ile aerob selüloz parçalayıcı bakteriler arasındaki ilişkiyi açık bir şekilde göstermektedir. Todorova (1968); topraklarda organik madde miktarı fazla bulunduğu zaman selülozu ayrıştıran bakterilerin aktive olduğunu belirtmiştir. Bu sonuçları doğrulayan bir başka araştırmada da Çengel ve Yaşaroğlu (1987); killi-tın bir toprağa ilave edilen organik maddelerden özellikle torf ve samanın aerob selüloz parçalayıcı bakterileri aktive ettiklerini tesbit etmişlerdir.

Yine aynı çizelgede örneklerin yüzde azot ve pH ortalama değerleri dikkate alındığında; aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin en yüksek sayıya ulaştığı bor konsantrasyonu aralığında örneklerin ortalama total azot içeriğinin de en yüksek seviyede (% 0,107) olduğu ortaya çıkarılmıştır. Waksman (1952); bu bakterilerin toprak organik maddesindeki selülozu ayrıştırabilmeleri için azota ihtiyaçları olduğunu ve bu azot miktarının da 25-54 kısım selüloz için 1 kısım azot olduğunu bildirmiştir. Bu durum, topraktaki azot miktarı arttıkça aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin sayılarında meydana gelen yükselmeyi açıklamaktadır. Toprak pH'sı da bu organizmaların aktivitelerinde önemli bir etkiye sahip toprak özelliğidir. Çizelge-14'de görüldüğü gibi aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin en yüksek aktiviteyi gösterdiği toprak koşullarında pH 7,1 olarak tesbit edilmiştir. Alexander (1961)'a göre de selülozu parçalayan bakterilerin toprak reaksiyonu istekleri nötral ile alkali pH koşulları arasında değişmektedir.

Aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak dağılımını daha açık bir şekilde ortaya koymak ve bu organizmalar için optimum ve toksik bor düzeylerini saptamak amacıyla çizilen Şekil-11 incelendiğinde; yaklaşık 2,5 ppm bor düzeyine kadar yetersiz olan bakteri gelişiminin 2,5-3,5 ppm bor aralığında en yüksek değerlere ulaştığını ve 3,5 ppm bordan sonra da sayılarında azalmalar meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda Çengel ve Üzkara (1987); çalışılan tüm bor seviyelerinden

(0,468-0,485 ppm) aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin olumsuz etkilenmesini tesbit ederlerken; Naplekova ve ark.(1970), kültür ortamında iz miktarlarda bulunan bor miktarlarının bu bakterilerin aktivitelerini arttırdığını belirlemiştir. Bu sonuçlar kültür ortamları ile toprak ortamları arasında bor toksisite değerlerinin az çok farklılıklar gösterdiğini ortaya çıkarmaktadır. Büyük bir olasılıkla bu fark toprak özellikleri-bor ilişkisi sonucu ortaya çıkabileceği gibi organizmaların zaman içerisinde bora olan toleranslarının artmasından da kaynaklanmaktadır. Mevcut araştırma sonuçlarının da aerob selüloz parçalayıcı bakterilerine 2,5 ppm'e kadar bor dozlarının olumlu etki yaptığını göstermesi, bor problemleri araştırma topraklarında bu organizma grubunun belli düzeyde bora tolerans gösterebilme özelliği kerandıklarını akla getirmektedir.



Şekil-11. Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

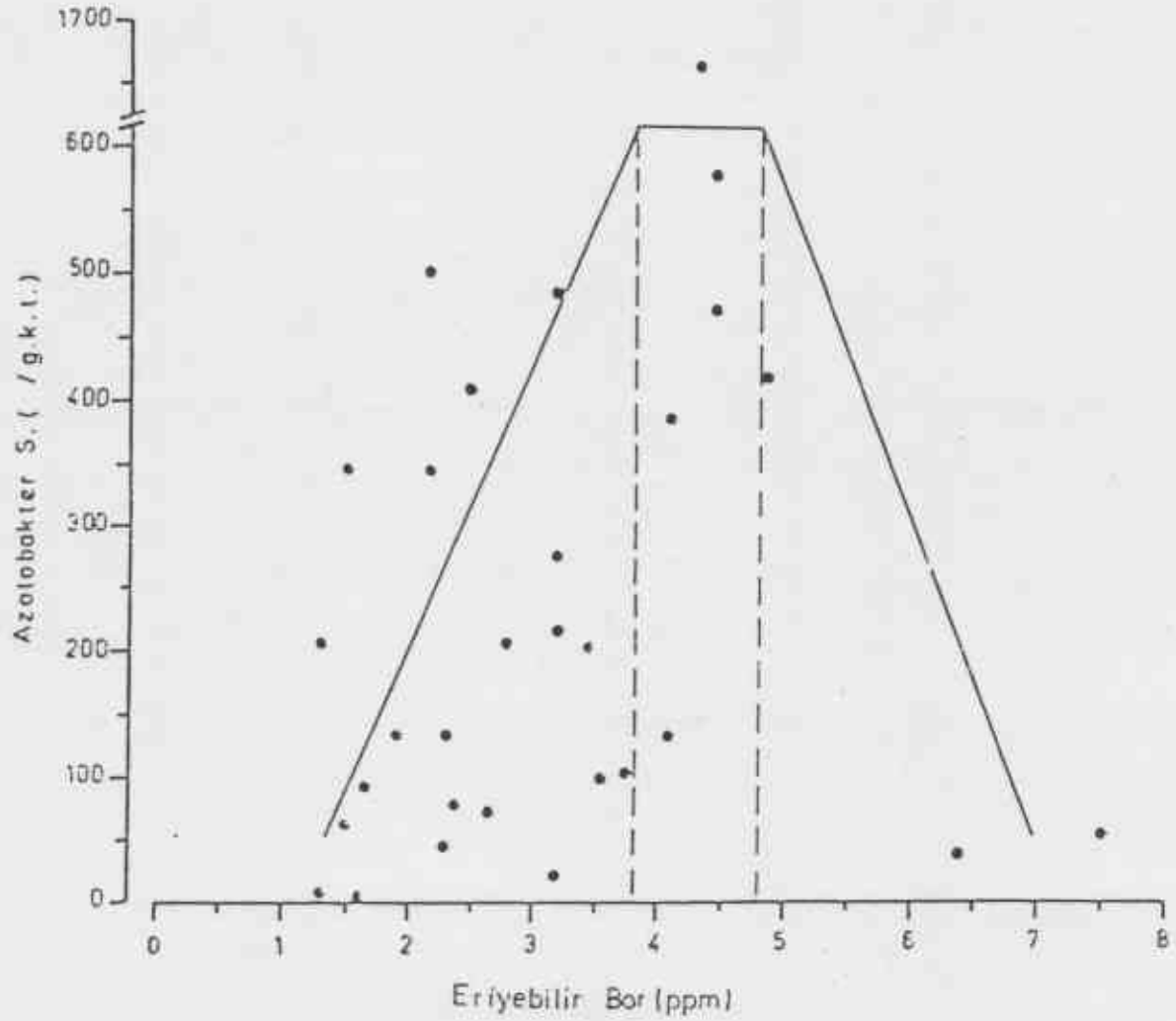
Toprakların verimliliğinde indikatör özelliği gösteren bir organizma olan azotobakterler, kötü toprak şartlarına çok hassas canlılardır. Özellikle toprağın havalelenme durumu, toprak reaksiyonu ve organik madde içeriği bu bakterilerin o topraktaki yaşamlarını etkileyen önemli bazı toprak özellikleridir. Azotobakterlerin topraklarda bulunmaları ve havadan azot fikse etme kabiliyetleri bu toprak koşullarına sıkı sıkıya bağlıdır. İşte bu nedenlerle Azotobakterlerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri değişimleri ortaya koymak için hazırlanan Çizelge-15'de, diğer bazı toprak özelliklerine ait ortalama değerlere de yer verilmiştir.

Çizelge 15. Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların pH, organik madde ve kil değerlerine bağlı olarak azotobakter sayıları

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	Azotobakter /g.k.t.		Örneklerin pH		Örneklerin Org.Mad.Or. % Kil	
		Topl.	Ort.	Ort.		(%)	Ort.
< 2,00	7	865	123,5	7,2		1,39	16,33
2,01 - 3,00	8	1793	224,1	7,3		1,50	16,48
3,01 - 4,00	7	1409	201,2	7,1		1,99	44,14
4,01 - 5,00	6	3601	600,1	7,3		1,69	28,63
5,01 - 7,50	2	99	49,5	7,2		1,22	15,56

Çizelge-15 incelendiğinde; Azotobakterlerin araştırmada incelenen diğer organizma gruplarından farklı bir şekilde bor konsantrasyonlarından etkilendiği tesbit edilmiştir. Artan bor konsantrasyonlarına paralel olarak Azotobakter sayılarında da bir yükselme olmuş ve bu olumlu etki 4.01-5.00 ppm bor aralığında maksimum dereceye gelmiştir. Ancak 5.00 ppm bordan sonra bu bakteri sayılarında bir azalma ortaya çıkmıştır.

Azotobakterlerin topraktaki bor konsantrasyonlarına karşı gösterdiği tolerans, Çizelge-11'deki değerlerden yararlanılarak oluşturulan Şekil-12'de de açıkça görülmektedir. Yaklaşık 3,80 ppm'e kadar sayılarında gittikçe yükselen bir durum gösteren bu bakterilerin en iyi gelişimleri 3,80-4,80 ppm bor düzeyleri arasında olmuştur. Bor elementinin azotobakterler üzerindeki aktive edici etkisi yapılan birçok araştırmalar sonucu da belirlenmiştir.



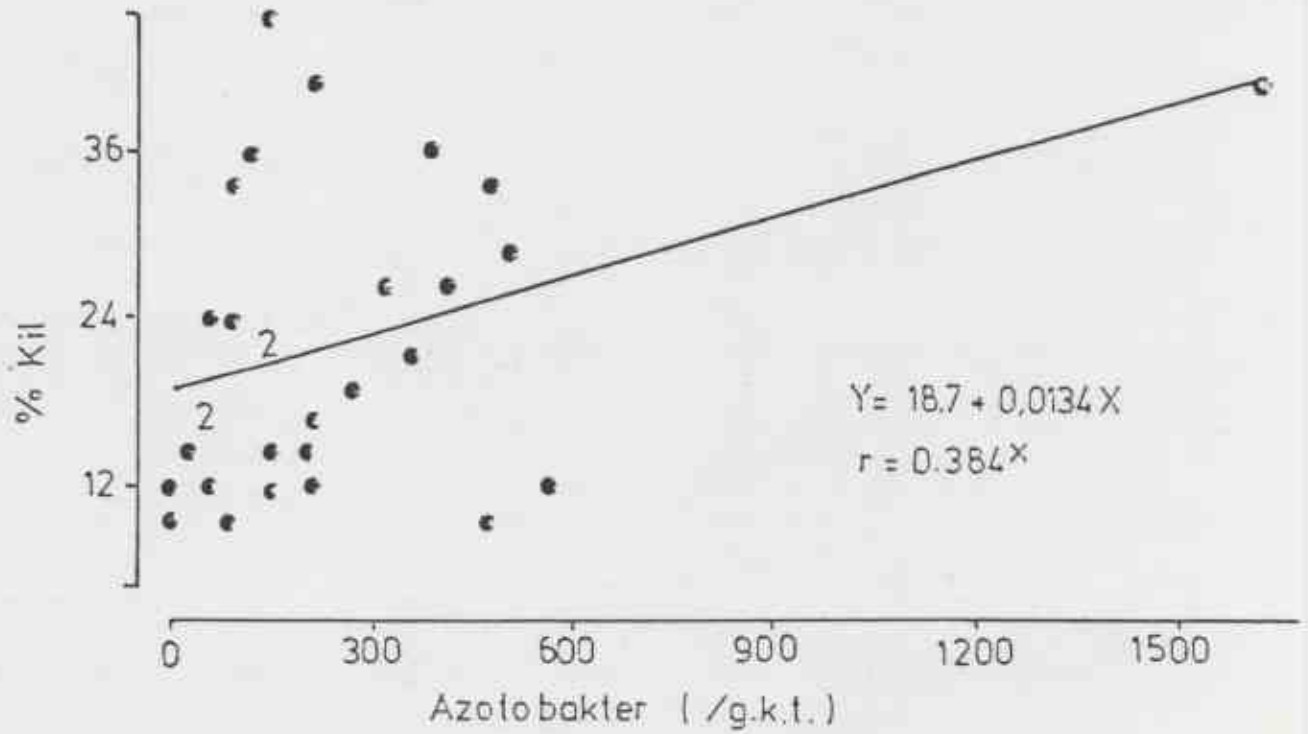
Şekil 12. Azotobakter sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Singh ve Pathak (1962); 0,1-0,2 ppm bor düzeylerinin Azotobacter chroococcum gelişimini aktive ettiğini bildirmişlerdir. Diğer yandan Gerretsen ve Hoop (1954); bu bakterilerin normal gelişimleri için optimum bor isteklerinin sıvı kültürde 2 ppm. kum kültürlerinde ise 5 ppm olduğunu tesbit etmişlerdir. Çeşitli bilim adamları tarafından elde edilen yukarıdaki sonuçlar bu araştırma bulguları ile tam bir benzerlik içerisindedirler.

Şekil-12'de azotobakterlerin toksik olarak etkilendikleri bor düzeyi ise 4,80 ppm olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara göre birinci yıl sulama öncesi topraklarında incelenen mikroorganizmalarda bor konsantrasyonlarına en fazla tolerans gösteren grup azotobakterler olmuştur.

Azotobakterlerin gelişimleri ve aktiviteleri üzerinde etkili bazı toprak özelliklerini Çizelge-15'de incelediğimizde ise; bu bakterilerin sayıca en fazla bulunduğu 4,01-5,00 ppm bor aralığındaki örneklerin ortalama pH değerlerinin 7,3; organik maddenin % 1,69 ve kil içeriğinin de % 28,63 olduğu ortaya çıkmaktadır. Çengel ve Gür (1985)'e göre azotobakterlerin optimum pH isteklerinin 6,8-8,0 arasında olması ve değerlendirilebilir karbon bileşiklerinin de ortamda yeterli düzeyde bulunması, bu organizmaları aktive etmektedir. Çizelge-15'deki ortalama organik madde değerlerinin hepsi, Türkiye topraklarının ortalama organik madde içeriği olan % 1 (Ergene, 1987)'in üstünde olan rakamlardır. Bu durum heterotrof yaşamı azotobakterlerin aktif olmalarında şüphesiz önemli bir faktördür.

Bor - organik madde - pH faktörlerinin olumlu etkilerinin yanında, araştırılan 30 toprak örneğinin yaklaşık yarısında kil miktarının % 20'den fazla tesbit edilmesi; azotobakterlerin aktivasyonunda etkili bir başka toprak faktörünü ortaya çıkarmaktadır. Nitekim Zdenek ve Çengel (1979); azotobakterlerin yaşamları ve N-fikse etme kabiliyetleri üzerine iri ve büyük çaplı partiküllere nazaran kil minerallerinin daha fazla etkili olduğunu belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak araştırma topraklarının % kil kapsamı ile azotobakter gelişimi arasında yapılan istatistikî analiz sonucu % 5 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki ($r = 0,364^*$) elde edilmiştir. Bu ilişkiye ait regresyon denklemi ve çizilen doğru Şekil-13'de verilmiştir.



Şekil 13. Toprakların % kil kapsamı ile azotobakter sayısı arasındaki ilişki

Bu istatistikî analiz sonucu, yukarıda açıklanan Azotobakter-kil içeriği arasındaki ilişkiyi doğrulamaktadır.

Birinci yıl sulama öncesi topraklarında incelenen organizma gruplarının bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınırı değerlerinin belirlenmesi için oluşturulmuş şekillerden elde edilen değerler kıyaslandığında; mikroorganizmaların bor toksisitesine toleransları aşağıdaki sıra şeklinde oluşmuştur:

Nitrit-B. > G.B. > Nitrat-B. = Se.P.B. > Mant.=Akt. > AzB.

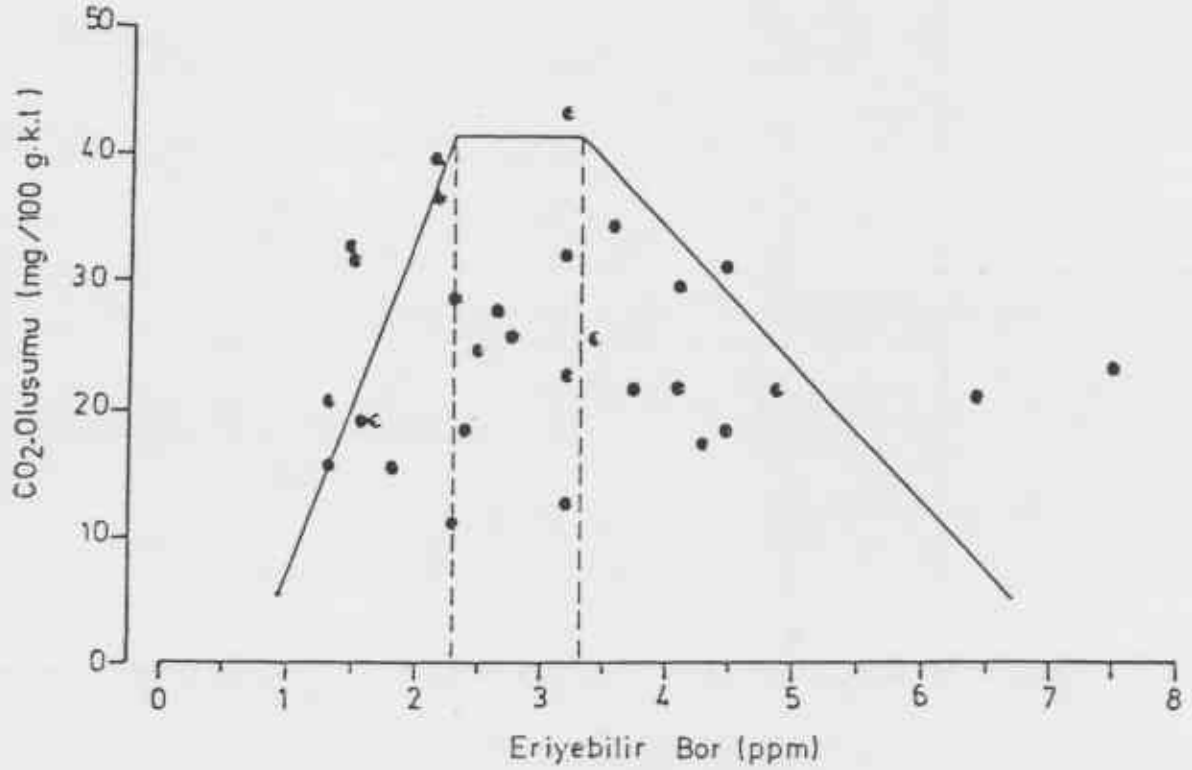
Bu sonuçlara göre bor toksisitesine karşı en hassas organizma grubunun NO_2 -bakterileri; en toleranslı organizma grubunun ise Azotobakterler olduğu saptanmıştır.

Toprakların önemli biyolojik kriterlerinden olan CO_2 -prodüksiyonu ile dehidrogenaz (DHG) enzim aktivitesinin bor konsantrasyonları karşısındaki durumunu ortaya koymak amacıyla Çizelge-16 oluşturulmuştur. Topraklardan mikroorganizmaların metabolik faaliyetlerinin hızı ölçüsünde ortaya çıkan CO_2 'in her bor konsantrasyon aralığındaki ortalama değerleri bu çizelgede incelendiğinde; en fazla CO_2 -prodüksiyonun 3,01-4,00 ppm bor düzeylerinde meydana geldiği, 4 ppm bor konsantrasyonundan sonra ise CO_2 değerlerinde gittikçe bir azalma olduğu görülmektedir.

Çizelge-16. Çeşitli bor konsantrasyonlarında CO_2 -oluşumu ve DHG-enzim aktivitesinin toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonu (ppm)	Örnek Sayısı	CO_2 - Oluşumu mg/100 g.k.t.		DHG-Enzim Aktivitesi % TPF/5 g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2,00	7	154,04	22,00	374,4	53,4
2,01 - 3,00	6	213,17	26,64	705,4	88,1
3,01 - 4,00	7	191,74	27,39	658,7	94,1
4,01 - 5,00	6	140,42	23,40	615,9	102,6
5,01 - 7,50	2	44,44	22,22	119,9	59,9

CO_2 - Oluşumunun bor konsantrasyonlarına bağlı olarak dağılımını çarpıcı bir şekilde gösterebilmek ve bu olayın hangi bor düzeyinden sonra zarar gördüğünü belirlemek amacıyla Çizelge-11'den yararlanarak Şekil-13 hazırlanmıştır.



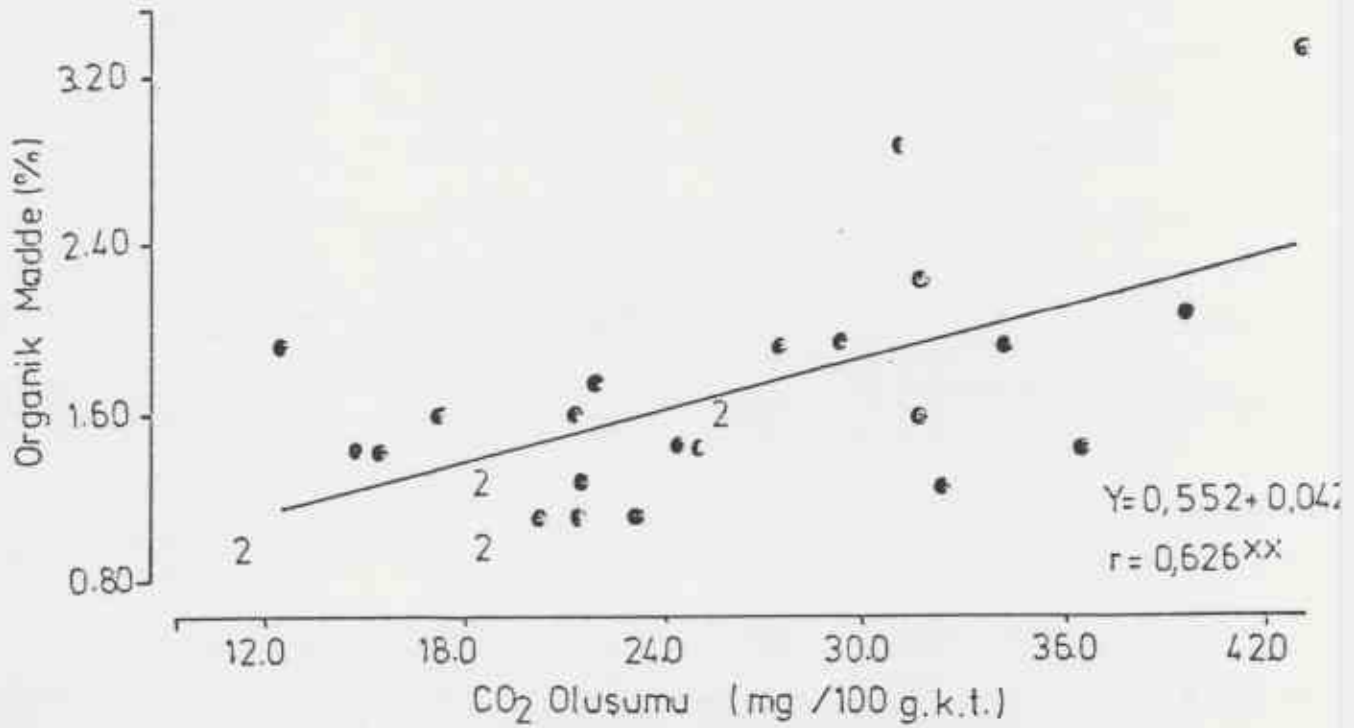
Şekil 14. CO_2 - oluşumu üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri

Bu şekle göre CO_2 - oluşumunun 2,30 ppm bor konsantrasyonuna kadar yükseldiği, 2,30-3,30 ppm bor aralığında en yüksek değerlere ulaştığı ve 3,30 ppm bor düzeyinden sonra da gittikçe azaldığı tesbit edilmiştir. Düşük bor miktarlarının CO_2 - oluşumunu arttırdığı, bu konuda yapılan birçok araştırma sonucu da belirlenmiştir. Gerretsen ve Hoop'a göre ortamlarda bor varlığı CO_2 ve hücre oluşumunu arttırmaktadır (Anderson ve Jordan, 1961). Gunter ve Meschkat (1955) tarafından yapılan bir araştırmada da % 0,0001-%0,001 arasındaki bor konsantrasyonlarının CO_2 - oluşumunu % 131-135 arasında yükselttiği, fakat % 0,1 lik bor düzeyinde ise CO_2 -çıkışının hemen hemen tamamen durduğu tesbit edilmiştir.

Belli bir konsantrasyona kadar borun CO_2 -oluşumunu teşvik ettiğine dair elde edilen bu sonuçlar, araştırma bulguları ile benzer nitelikte olmakla beraber; olumlu etkinin görüldüğü bor sınır değerleri

arasında farklılıklar olduğu göre çarpmaktadır. Gunter ve Meschkat (1955) CO_2 -oluşumunu teşvik edici bor sınır değerleri olarak % 0,0001- % 0,001 (1-10 ppm) düzeylerini tesbit ederlerken, bu araştırmada aynı etki için septanan değerler ise 2,30-3,30 ppm bor konsantrasyonları olmuştur. Bu sonuçlara göre CO_2 - oluşumu için bu araştırmada septanan optimum bor aralığının ve toksik bor düzeyinin daha düşük miktarlarda olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

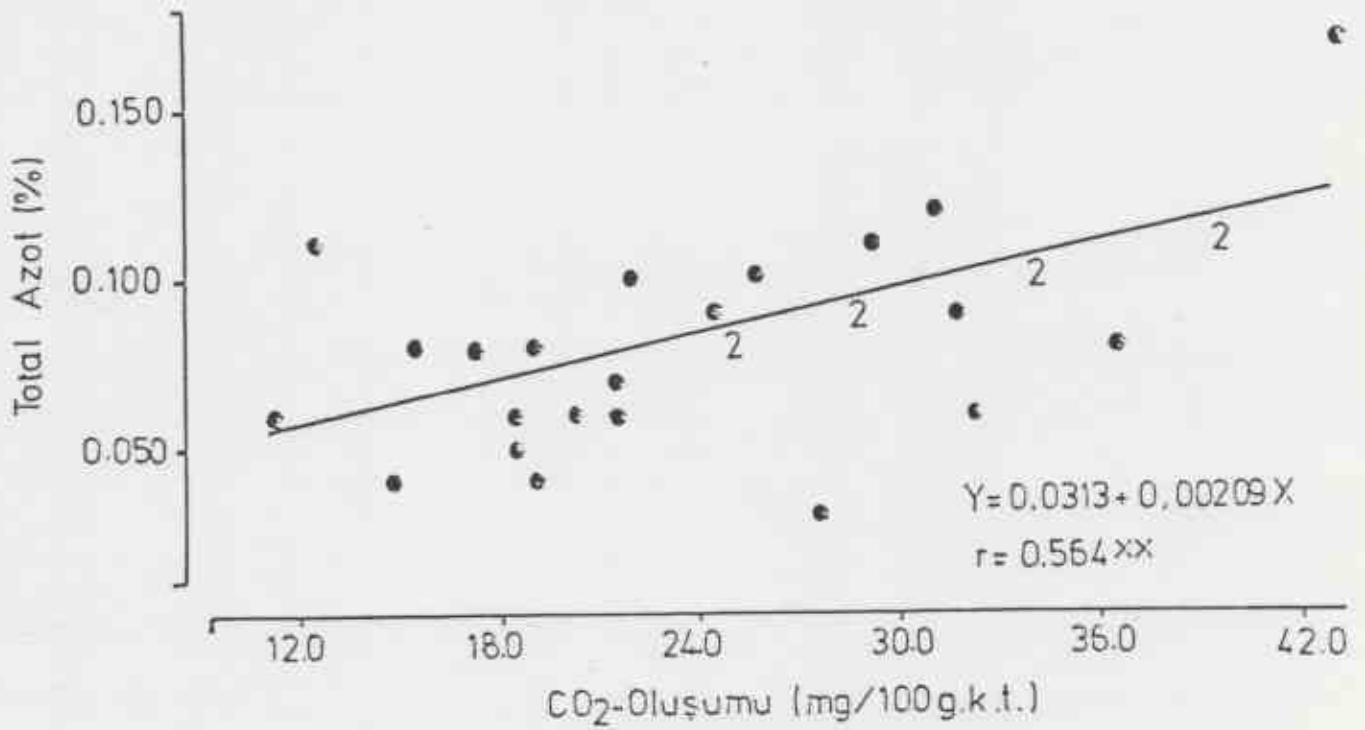
Toprağın heterotrof canlılarının, organik maddeyi ayrıştırmaları sırasında ortaya çıkan CO_2 'in toprak organik maddesiyle olan bu ilişkisini araştırmak amacıyla yapılan istatistiki analizde bu iki faktör arasında % 1 düzeyinde önemli ve pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,626^{**}$) saptanmıştır. Bu ilişkiye ait regresyon denklemi ve doğrusu Şekil-15'de verilmiştir.



Şekil 15. Toprakların organik madde kapsamları ile CO_2 - oluşumu arasındaki ilişki.

Toprağın organik maddesiyle CO_2 -oluşumu arasındaki bu yakın ilişki gerek ülkemizde gerekse dış ülkelerde yapılan birçok araştırma sonucu tesbit edilmiştir. Çengel ve Yaşaroğlu (1987); yonca, saman ve torf ilave edilmiş toprak örneklerinde CO_2 çıkışının taniğe oranla torfta 2, samanda 4 ve yoncada da 6 kat fazla olduğunu saptamışlardır. Bir başka araştırmacı da topraklara verilen çöp ve tavuk gübrelerinin CO_2 -oluşumunu yükselttiğini ortaya çıkarmıştır (Gürkan, 1987). Bu konu ile ilgili yaptıkları araştırmalarda Makarov (1965) ile Steinbrenner ve Grabert (1965) de, organik maddelerin CO_2 -oluşumunu yükselttiğine dair benzer sonuçları bulmuşlardır.

Topraktaki toplam azot miktarı ile CO_2 -oluşumu arasındaki ilişkinin istatistikî analizi sonucunda da yine % 1 düzeyinde önemli, pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,564^{**}$) elde edilmiştir (Şekil-16). Bu iki değişken arasındaki pozitif ilişki organik maddenin ayrışmasında minimum faktör olan azotun oynadığı rolden kaynaklanmaktadır. Azot mikrobiyal gelişim ve organik madde ayrışması açısından anahtar bir besin maddesidir. Alexander (1961)'a göre ayrışacak organik maddenin azotça zengin olması; CO_2 -oluşumunu arttırmakta ve böylece selüloz, hemisellüz ve diğer polisakkaritlerin ayrışması hızlanmaktadır. Organik maddede bulunan azot miktarındaki artışın biyolojik aktiviteyi yönlendirmesi Şekil-16'da gösterilen istatistikî ilişkiyi yeterince açıklamaktadır.

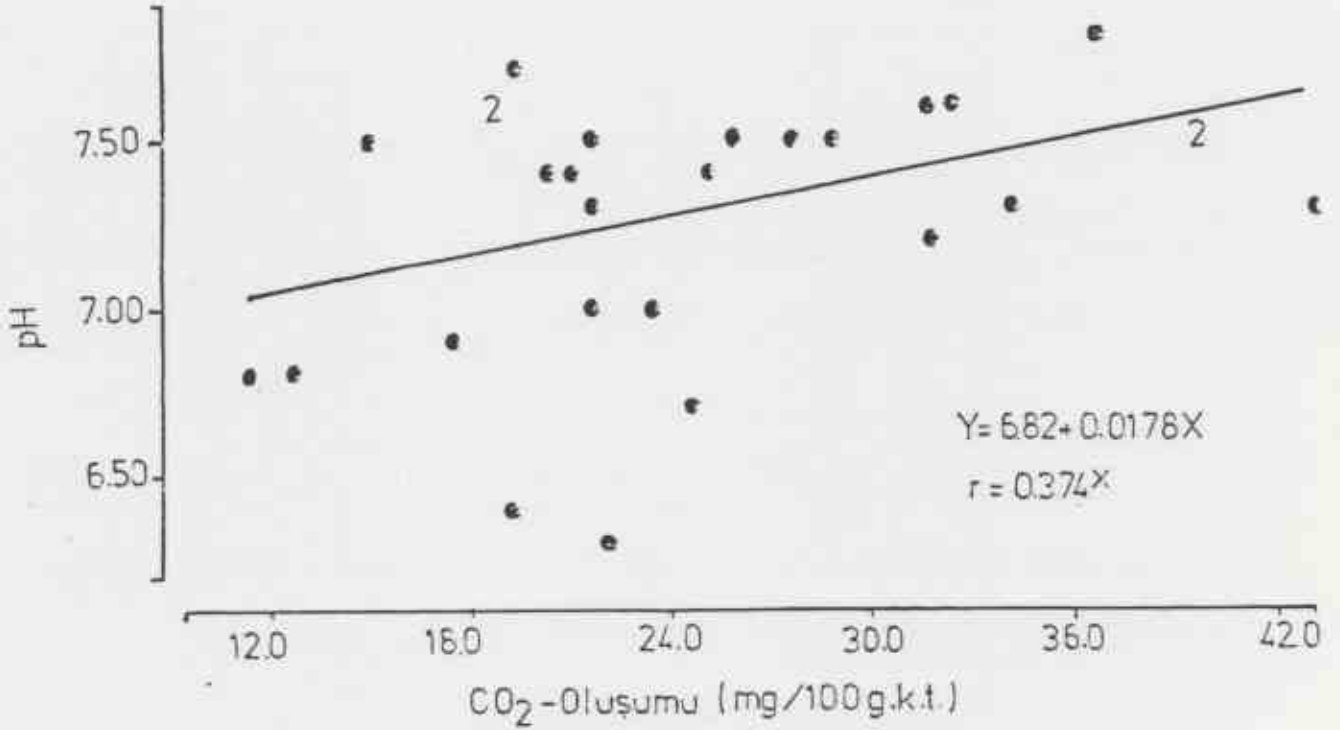


Şekil 16. Toprakların total azot kapsamaları ile CO₂-oluşumu arasındaki ilişki.

CO₂-prodüksiyonunun topraktaki diğer bazı kimyasal özellikler ile olan ilişkileri de istatistiksel olarak araştırılmış ve sonuçta CO₂-prodüksiyonu ile pH arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif ($r = 0,374^M$); CO₂-prodüksiyonu ile kation değişim kapasitesi arasında ise % 1 düzeyinde önemli pozitif ($r = 0,523^{**}$) korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkilere ait regresyon denklemleri ve doğrular sırasıyla Şekil-17 ve 18'de gösterilmiştir.

Şekil-17 incelendiğinde; artan pH değerlerine paralel olarak CO₂-prodüksiyonunda da bir yükselme olduğu görülmektedir. Birinci yıl sulama öncesi alınan toprakların pH düzeylerinin 6,8-7,8 değerleri arasında olması ve toprak mikroorganizmalarının da büyük bir çoğunluğunun nötr civarında bir toprak reaksiyonu isteklerinin bulunması,

büyük olasılıkla böyle bir sonucun ortaya çıkmasının en önemli nedenlerini oluşturmaktadır.

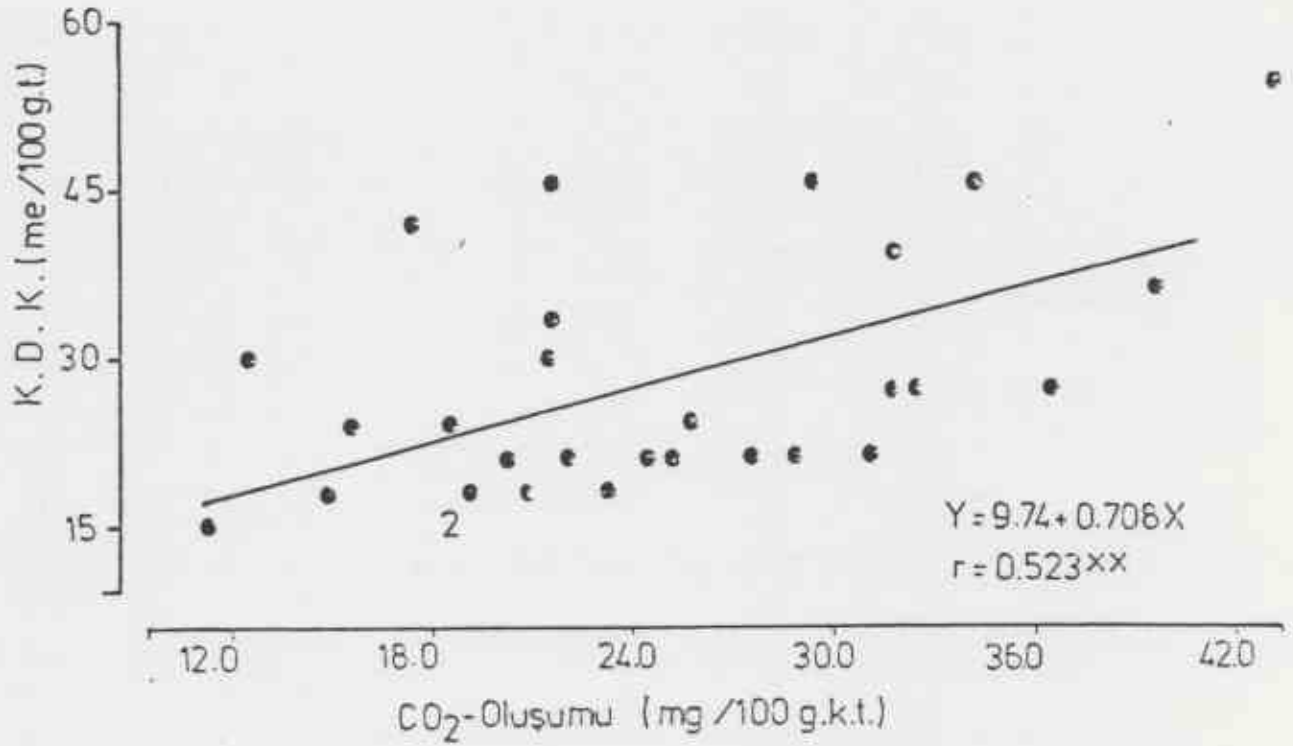


Şekil 17. Toprak reaksiyonu ile CO₂- oluşumu arasındaki ilişki.

Toprak solunumu üzerine pH'nın etkisi, toprak reaksiyonunun mikroorganizmalar üzerine olan etkileri ile ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle pH, CO₂- oluşumu üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir. Toprak reaksiyonunun kuvvetli asit veya kuvvetli baz olması koşullarında pH, CO₂- oluşumunu engelleyebilmekte, fakat bunun dışındaki küçük pH değişimlerine karşı organizmaların reaksiyonu önemli olmamaktadır (Müller, 1965).

Şekil-18'e ele alındığında ise; CO₂- oluşumu yükseldikçe toprağın katyon değişim kapasitesinin de arttığı görülmektedir. Bu artış büyük ölçüde biyolojik ayrışma ile ortaya çıkan humusun katyon değişim kapasitesi üzerinde oynadığı rolden kaynaklanmaktadır. Nitekim araştırmacılar toprakların katyon değişim kapasitelerini etkileyen 2 önemli

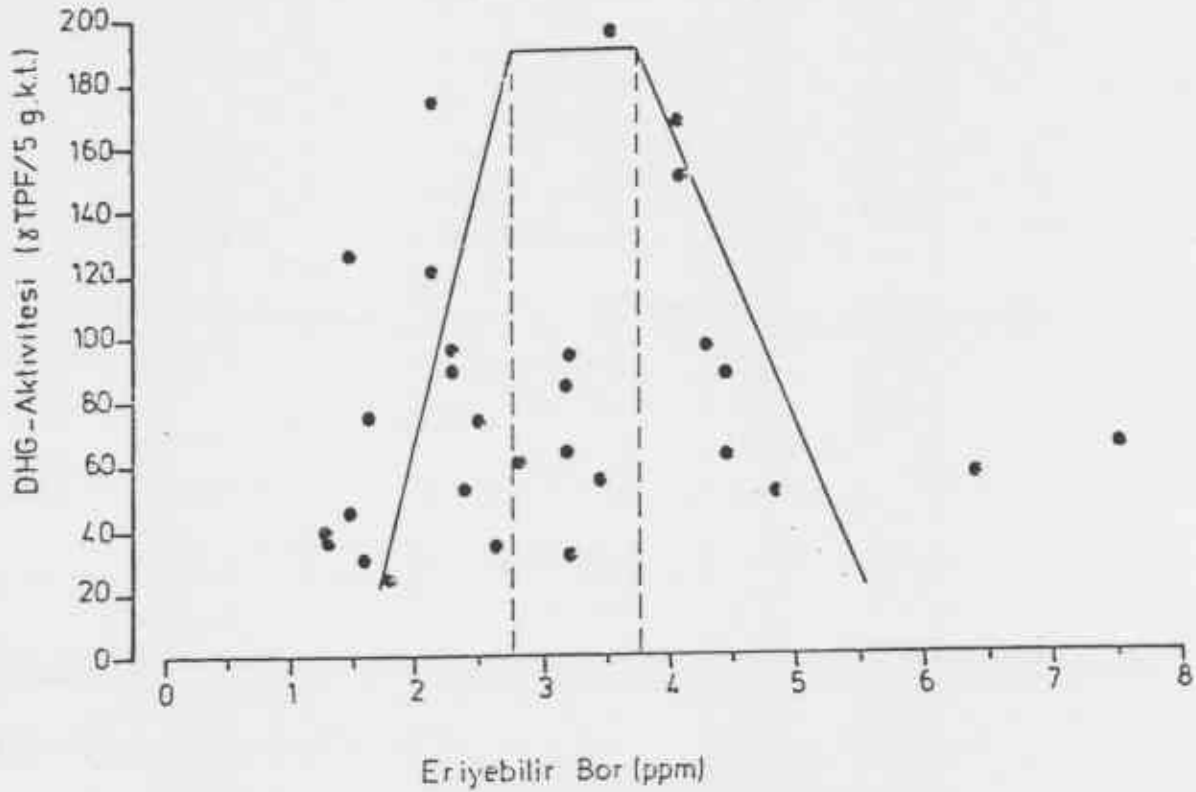
faktörün kil mineralleri ile humus miktarı olduğunu belirtmişlerdir (Kononova, 1966; Saatçı, 1975; Ergene, 1987).



Şekil 18. Toprakların katyon değişim kapasiteleri ile CO₂-oluşumu arasındaki ilişki.

Toprakların total biyokimyasal aktiviteleri, enzimler tarafından katalize edilen bir seri reaksiyonları kapsamaktadır. Bu enzimlerden dehidrogenaz, oksidoredüktazlar sınıfına giren ve organik maddeden oksijen taşınmasında rol oynayan önemli bir biyolojik aktivitedir (Lynch, 1983; Çengel, 1990). Araştırma topraklarında da incelenen bu biyolojik aktivitenin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak hesaplanan toplam ve ortalama değerleri Çizelge-16'da verilmiştir. Bu çizelge sonuçlarına göre; dehidrogenaz enziminin, toplam değerler ele alındığında 3 ppm bordan, ortalama değerler ele alındığında ise 5 ppm bordan sonra toksik olarak etkilendiği görülmektedir. Araştırma topraklarına ait DHG-enzim değerlerinin bor konsantrasyonlarına göre

gerçek değerlerini gösteren Şekil-19 incelendiğinde ise; bu enzim aktivitesinin optimum gelişmeyi 2,75-3,75 ppm bor aralığında sağladığı ve 3,75 ppm bor düzeyinden sonra toksik etki gördüğü ortaya çıkmaktadır. Bu duruma göre DHG-enzim aktivitesine ait dağılımı gösteren Şekil-19'daki sonuçlar; Çizelge-16'da toplam değerlerden tesbit edilen toksik bor düzeyini ortalama değerlere nazaran daha iyi yansıtmaktadır.



Şekil 19. DHG-enzim aktivitesi üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Gerçek dağılımı göstermesi açısından Şekil-19 değerleri dikkate alındığında; dehidrogenaz enzim aktivitesinin CO_2 -oluşumuna oranla bor toksisitesine biraz daha toleranslı olduğu anlaşılmaktadır.

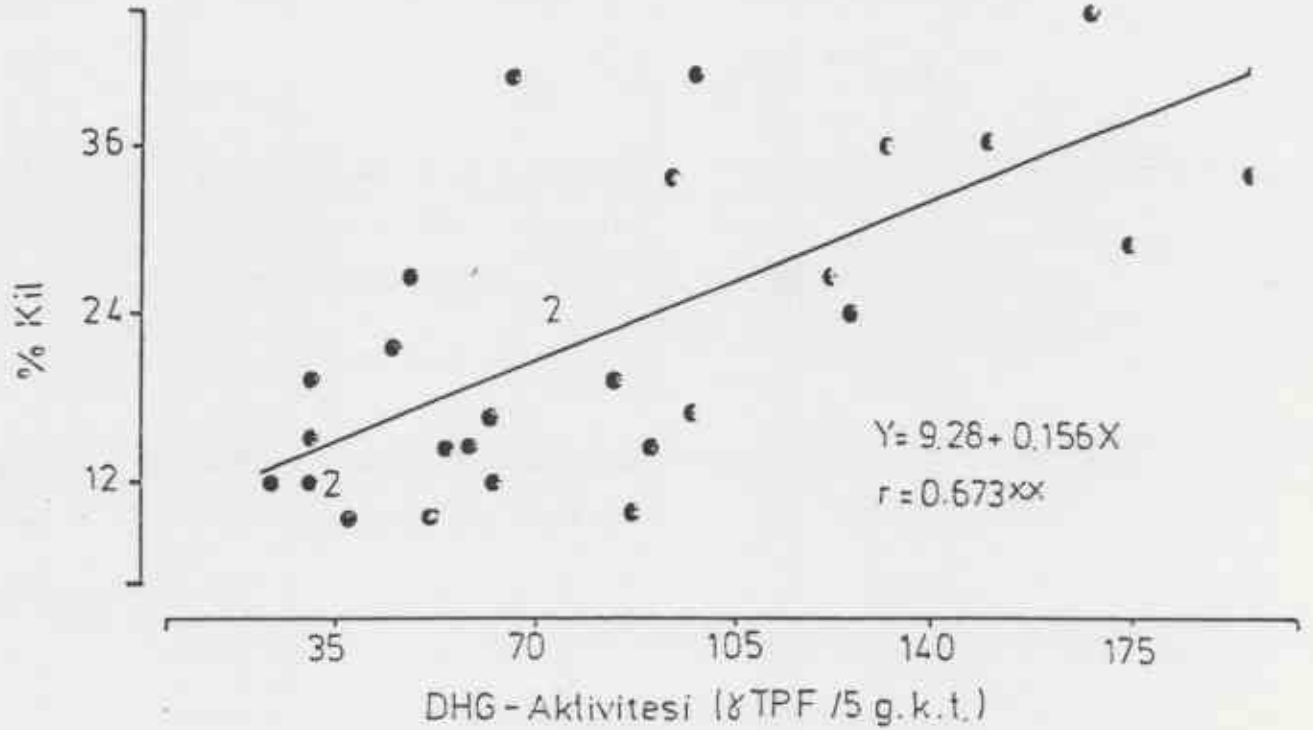
Bor konsantrasyonlarının enzim aktiviteleri üzerine yaptıkları olumsuz etkiler, mikroelementlerle ilgili çalışmalar yapan birçok

araştırmacı tarafından da tesbit edilmiştir. Özellikle son yıllarda gerçekleştirilen bazı araştırmalarda ağır metaller ve iz elementlerin topraklardaki enzimatik aktiviteyi engelledikleri ortaya çıkarılmıştır (Tabatabai, 1977; Juma ve ark., 1977; Singh ve ark., 1978; Stott ve ark., 1985). Bu metal iyonlarının enzim reaksiyonlarını engellemeleri Frankenberger ve Tabatabai (1981) ile Domsch (1985)'a göre 3 şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar 1) Substrat-kompleksi oluşturmak, 2) enzimlerin protein-aktif grupları ile birleşmek ve 3) sülfhidril grupları ile reaksiyona girmek suretiyle olup, metal iyonlarının bu şekilde enzimleri inaktif hale getirdiği kabul edilmektedir. Endüstriyel atıkları içeren sularla sulanmış topraklarda çeşitli enzim aktivitelerini inceleyen Grigoryan ve Galstyan (1979)'da bu kirli suların invertaz aktivitesini % 82, fosfotaz aktivitesini % 60, üreaz aktivitesini % 62 ve katalaz aktivitesini de % 71 azalttığını tesbit etmişlerdir. Çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen yukarıdaki bulgular, bu araştırmada incelenen bor konsantrasyonlarının DHG-enzim aktivitesi üzerinde yaptığı olumsuz etkileri doğrular niteliktedir.

Dehidrogenaz enzim aktivitesinin toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile olan ilişkileri istatistikî olarak araştırılmış ve bu enzim ile % kil kapsamı arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki saptanmıştır. Korelasyon katsayısı $r = 0,673^{**}$ olan bu ilişkiye ait regresyon denklemi ve doğrusu Şekil-20'de verilmiştir.

Bu şekil incelendiğinde; artan % kil kapsamına paralel bir şekilde DHG-enziminin de yükseldiği görülmektedir. Topraktaki yüksek kil miktarlarında enzim adsorbsiyonunun fazlalaşmasından dolayı, aktivitede bir azalma olacağı akla gelmekte ise de; DHG-enziminin tayin yönteminde toprağın kil, organik madde kapsamı ve bünye durumuna göre farklı miktarlarda TTC'nin kullanılması ile bu adsorbsiyonun etkisi ortadan kaldırılabilmektedir (Thalmann, 1967). Bunun yanında adsorbe edilen enzimlerin uzun bir süre kil mineralleri üzerinde kalıp, miktarlarının değişmeden korunabileceği, Zdenek ve Çengel (1979) tarafından bildirilmiştir. Araştırılmış 30 yüzey toprağının da yaklaşık yarısına yakın bir kısmının % 20 den fazla kil içerdiği dikkate alındığında; toprakların bu kil fraksiyonu tarafından zamanla adsorbe edilmiş olan

DHG-enzimi nedeniyle böyle bir pozitif ilişkinin çıkmış olacağı düşünülebilir.



Şekil 20. Toprakların % kil kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki.

5.2.2 Birinci Yıl Sulama Sonrası (Eylül-1987) Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Birinci yıl Mayıs ayına ait toprak örneklerinin alındığı yerlerden aynı yılın Eylül ayında tekrar bir örnekleme yapılmış ve bu topraklarda yapılan bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizlere ait bulgular Çizelge-17'de sunulmuştur. Çizelge sonuçlarına göre gr kuru topraktaki genel bakteri sayısı $4,0 \times 10^6$ - $71,3 \times 10^6$ değerleri arasında değişmekte olup, bu değerler ülkemizin asit karakterli topraklarında Müftüoğlu (1989) tarafından tesbit edilmiş genel bakteri sayılarından ($21,6 \times 10^8$ - 609×10^8 /g.k.t) ve Beck (1968)'in normal

(İzolge 17. Sor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (Eylül-1987)
mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	gr. kuru toprakta						CO ₂ -Prod. DHS-E.Ait.		
	G.B.S. x10 ⁶	Akt.S. x10 ⁵	Mant.S. x10 ⁵	Se. P&S. x10 ³	AzB.S.	Nitrit-B.S.	Nitrat-B.S.	mg/ 100 g.k.t. 5 g.k.t.	%1P/ 5 g.k.t.
1	10.8	1.7	5.4	4.9	1061	16	28	26.59	260.6
2	12.6	1.7	1.4	27.1	1196	10	27	17.45	157.1
3	12.5	1.3	8.1	16.1	1003	27	27	28.86	251.9
4	15.7	0.6	2.1	259.1	806	26	26	29.41	192.0
5	41.8	2.0	6.4	77.3	24	26	4*	20.41	105.7
6	24.4	2.4	3.5	4.7	602	27	27	17.08	163.6
7	21.5	1.0	1.7	21.5	501	48	102	17.97	189.2
8	24.4	0.3*	2.1	4.2	57	27	27	26.68	152.2
9	17.3	1.7	1.0	489.1	253	380	489**	31.95**	287.5**
10	21.0	0.6	1.0	15.7	137	474**	263	26.71	36.9
11	12.9	2.4	1.0	2.6*	105	158	263	31.49	109.6
12	20.6	1.0	2.6	4.6	14	98	155	18.59	79.5
13	8.2	1.6	2.0	15.4	206	98	21	25.85	140.2
14	65.2	1.0	1.3	2.6*	173	16	260	28.41	85.4
15	53.0	0.6	6.4	9.7	171	36	260	14.96*	94.6
16	9.2	4.4	8.2	25.7	68	21	98	30.84	130.7
17	15.9	1.6	0.3*	11.7	10*	11	97	16.16	187.3
18	7.5	1.6	1.6	463.9	3196**	46	46	24.94	50.6
19	26.2	1.3	14.4	7.7	1065	26	26	19.73	34.5
20	9.1	3.6	2.0	7.6	646	9	46	20.87	43.5
21	8.1	2.6	4.0	459.1	112	46	46	26.04	91.4
22	4.0*	3.3	1.6	255.1	238	4*	26	17.51	87.5
23	71.3**	1.6	2.3	1120.7	203	15	46	18.76	119.4
24	16.0	1.6	5.7	46.3	446	26	98	24.04	55.6
25	15.6	2.3	0.6	255.1	544	26	46	24.69	73.2
26	11.3	5.1	2.3	46.3	17	7	98	21.54	65.1
27	23.9	4.1	1.3	98.9	313	26	26	19.47	30.9*
28	38.4	6.8**	0.6	1134.0**	52	26	46	24.72	95.1
29	11.5	1.0	21.2**	163.0	442	26	97	17.95	67.2
30	10.8	2.0	5.1	7.6	160	9	26	17.00	86.4

* : En düşük değerler

** : En yüksek değerler

(asitlik, tuzluluk v.b. problemleri olmayan) tarım toprakları için bildirdiği 10^7-10^9 (gr.k.toprakta) değerlerinden 1. örneklere benzer şekilde oldukça düşüktür. Çizelge-17'de aktinomycetler ve mantarlara ait min. ve mak. değerler ise sırası ile gr. kuru toprakta $0,3 \times 10^5$ - $5,8 \times 10^5$ ve $0,3 \times 10^5 - 21,2 \times 10^5$ olarak tesbit edilmişlerdir. Birinci yıl sulama öncesi örneklerinde olduğu gibi bu araştırma topraklarında da mantar sayılarının aktinomycet sayılarına oranla biraz daha fazla oldukları ortaya çıkmıştır. Aktinomycetlere ait en düşük sayı Alexander (1961)'in normal tarım toprakları için gr. kuru toprakta bildirdiği $10^5 - 10^8$ in' ait sınır değerinden biraz daha düşük olmasına rağmen, genelde aktinomycet sayılarının bu değerler arasına girdiği söylenebilir. Mantar sayıları ise Beck (1968) tarafından bildirilen birkaç bin ile 10^5 (gr.k.toprakta) değerlerinden ve Çukurova bölgesinde Çolak (1979) tarafından tesbit edilen $13,2 \times 10^3 - 38,3 \times 10^3$ (gr.top.ta) miktarlarından daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Çizelge-17'de aerob selüloz parçalayıcı bakterilere ait min. ve mak. değerlerin gr. kuru toprakta $2,6 \times 10^3 - 1134,0 \times 10^3$ oldukları görülmektedir. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında tesbit edilen aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayılarına yakın olan bu miktarların; Alexander (1961)'in normal tarım toprakları için bildirdiği 100-50.000 (gr.k. toprakta) arasındaki değerler ile Beck (1968) tarafından çayır toprakları için belirtilen gr. topraktaki $10^4 - 10^5$ sınır değerlerinden daha yüksek oldukları tesbit edilmiştir.

Birinci yıl sulama sonrası topraklarında min. ve mak. değerleri $10-3196$ olarak (gr.kuru toprakta) tesbit edilen azotobakterlerin sayılarının aynı yılın ilk örneklerine oranla biraz daha fazla oldukları ortaya çıkmıştır. Bu değerler Ahrens (1980) tarafından yapılan ve 124 Türkiye toprağının % 44,4 ünde tesbit edilen $10^3 - 10^4$ (gr.k.toprakta) sayıları arasında ve yine ülkemizin tuzluluk sorunu olan Menemen ve Salıhlı ovalarında 23 örneğin % 48'inde elde edilen gr. kuru topraktaki $7-5 \times 10^3$ değerleri (Çengel, 1978) içerisinde kalmaktadır.

Çizelge-17'de nitrifikasyon bakterilerinin min. ve mak. değerleri gr. kuru toprakta sırası ile nitrit bakterileri için 4-474; nitrat bakterileri için ise 4-489 değerleri olarak belirlenmiştir. Birinci

yıl sulama öncesi topraklarına oranla nitrit bakterileri hemen hemen aynı, nitrat bakterileri ise yaklaşık 2 kat daha fazla tesbit edilmiştir. Yine de bu değerlerin Waksman (1952)'ın normal tarım toprakları için bildirdiği birkaç ile 24×10^3 bakteri (gr.k.toprakta) arasında kalmakla beraber sayılarının pek fazla olmadığı ortaya çıkarılmıştır.

Yine aynı çizelgede (Çizelge-17) biyokimyasal olaylardan CO_2 -oluşumuna ait en düşük ve en yüksek bulgular 14,96-31,95 mg/100 gr kuru top. olarak belirlenmiştir. Bu bulguların aynı yılın ilk örneklerinde tesbit edilen CO_2 -oluşum değerlerine oranla daha düşük oldukları ortaya çıkmıştır. Fakat Alexander (1961)'ın normal tarım toprakları için bildirdiği 3,5-35 mg/100 gr. toprak değerleri ile Emiroğlu ve ark. (1986)'nın alluvial bir toprakta tesbit ettikleri 17,33-32,94 mg/100 gr. kuru top. değerlerine çok yakın miktarlar olduğu da septenmiştir.

Araştırmada incelenen diğer bir biyokimyasal olay olan DHG-enzim aktivitesine ait min. ve mak. değerler; Çizelge-17'de görüldüğü gibi 30,9-287,5 $\times$ TPF/5 gr kuru top. olarak belirlenmiştir. Bu bulgular birinci yıl sulama öncesi topraklarında tesbit edilen DHG-enzim aktivitesi değerlerine oranla biraz daha yüksek rakamlardır. Aynı konu ile ilgili yapılan çalışmalarda ise Çengel (1982) tuzlu-alkali topraklarda bu enzim aktivitesinin 0,62-22,71 $\times$ TPF/5 gr. kuru top. sınırları arasında değiştiğini, Emiroğlu ve ark. (1986) ise alluvial topraklarda 28,10-95,66 $\times$ TPF/5 gr. kuru top. düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir. Verilen bu değerlerle kıyaslandığında araştırmada elde edilen değerlerin çok daha yüksek miktarlarda olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge-17'de sunulan mikrobiyolojik ve biyokimyasal bulguları bor konsantrasyonlarına bağlı olarak daha iyi değerlendirebilmek amacıyla yeni çizelgeler hazırlanmış ve bunlardan biri olan Çizelge-18 de de genel bakteri, aktinomyet ve mantarların çeşitli bor düzeylerinde gösterdikleri toplam ve ortalama sayısal değerler verilmiştir. Bu çizelge sonuçlarına göre genel bakterilerin 3,00 ppm, mantarların da 4,00 ppm bor konsantrasyonundan sonra toksik etkiler görmeye başladıkları tesbit edilmiştir. Aktinomyetlere ait bulgularda ise; her

bor konsantrasyon aralığına tekabül eden örnek sayısının aynı miktarda bulunmaması nedeniyle ortalama değerlerde sapmalar meydana geldiği, fakat toplam değerlerde 3,00 ppm bor düzeyinden sonra azalmalar olduğu ortaya çıkmıştır.

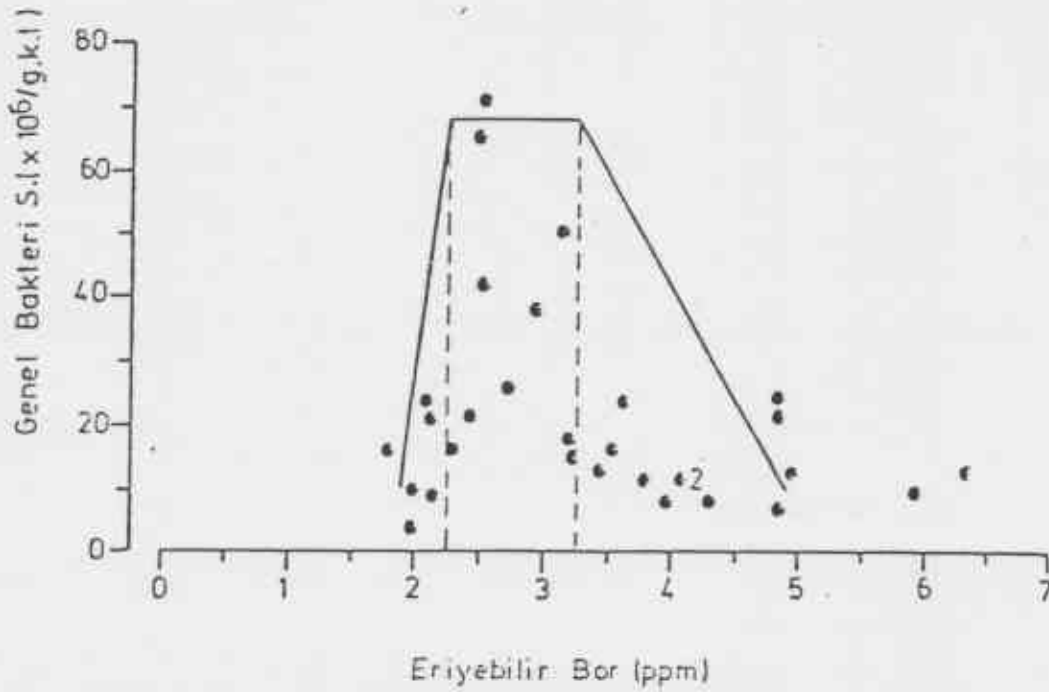
Çizelge-18. Çeşitli bor konsantrasyonlarında genel bakteri, aktinomyset ve mantar sayılarının toplam ve ortalama değerleri.

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	G.Bakteri $\times 10^6$ /g.k.t.		Aktinomyset $\times 10^5$ /g.k.t.		Mantar $\times 10^5$ /g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2,00	3	30,7	10,2	6,9	2,3	7,0	2,3
2,01 - 3,00	10	333,7	33,3	20,6	2,0	44,6	4,4
3,01 - 4,00	8	155,0	19,3	15,3	1,9	37,6	4,7
4,01 - 5,00	7	96,2	13,7	14,7	2,1	24,6	3,5
5,01 - 6,35	2	21,7	10,8	5,3	2,6	3,4	1,7

Çizelge-17'de tesbit edilen 3 organizma grubunun bor konsantrasyonlarından etkileniş biçimleri incelendiğinde; aynı yılın ilk örneklerine benzer şekilde genel bakterilerin bor konsantrasyonlarına karşı mantarlara oranla daha hassas oldukları saptanmıştır. Genel bakterilerin bor düzeylerine olan bu hassasiyetleri El-Shinnawi (1975) ve Tynar (1944) tarafından yapılan çalışmalar ile de tesbit edilmiştir. Çizelge-17'de aktinomysetlerin genel bakteriler ile aynı bor konsantrasyonundan (toplam değerlerde) sonra toksik etki gördükleri ortaya çıksa da, daha ileride aktinomysetlere ait Şekil-22'de bu organizmaların biraz daha yüksek bor düzeylerine tolerans gösterdikleri saptanmıştır.

Birinci yıl sulama sonrası toprak örneklerine ait genel bakteri sayılarının bor konsantrasyonlarına bağlı olarak dağılımını gösteren Şekil-21 ele alındığında, bu mikroorganizmaların 2,25-3,25 ppm bor konsantrasyonları arasında en yüksek sayısal değerleri verdiği ve 3,25 ppm bor düzeyinden sonra ise genel bakteri değerlerinde düşmeler

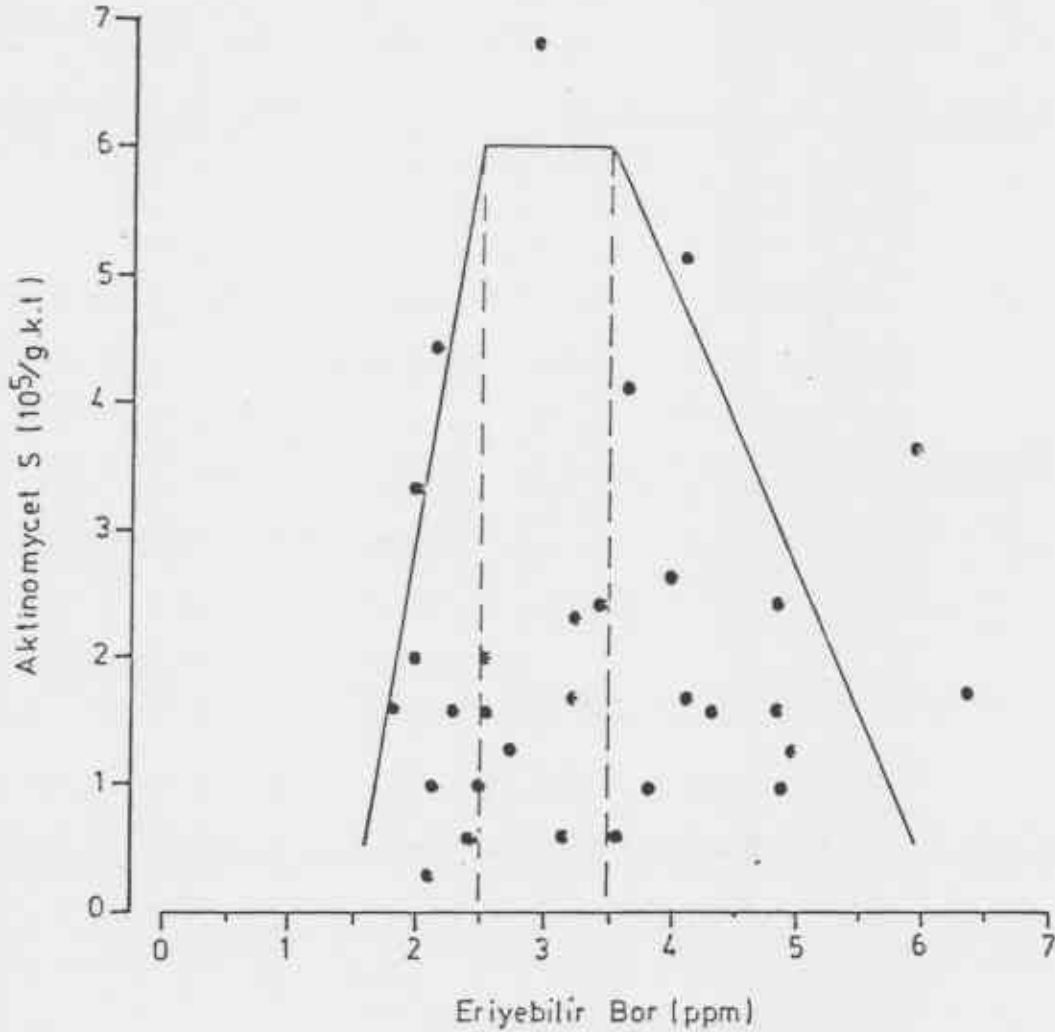
olduğu anlaşılmıştır. Birinci yıl sulama öncesi ile sonrası alınan toprak örneklerinde genel bakterilerin toksik etki gördükleri bor konsantrasyonları kıyaslandığında, bu değerlerin 3,0 ile 3,25 ppm bor oldukları görülmüştür. Bu iki değer birbirine yakın çıkması genel bakterilerin birinci yıl alınan toprak örneklerinde bor konsantrasyonlarına karşı hemen hemen aynı tepkiyi gösterdiklerini açıklamaktadır.



Şekil 21. Genel bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

İkinci organizma grubu olarak incelenen aktinomysetlerin de bor konsantrasyonları karşısında gösterdikleri sayısal değerleri çarpıcı bir şekilde ortaya çıkarmak ve Çizelge-18'de ortalama değerlerden sapınamayan optimum ve toksik bor düzeylerini tesbit etmek amacıyla Şekil-22 çizilmiştir. Bu şekle göre aktinomysetlerin optimum gelişmeyi 2,5-3,5 ppm bor aralığında gösterdiği ve 3,5 ppm bor düzeyinden sonra da değerlerinde gittikçe bir düşme meydana geldiği tesbit

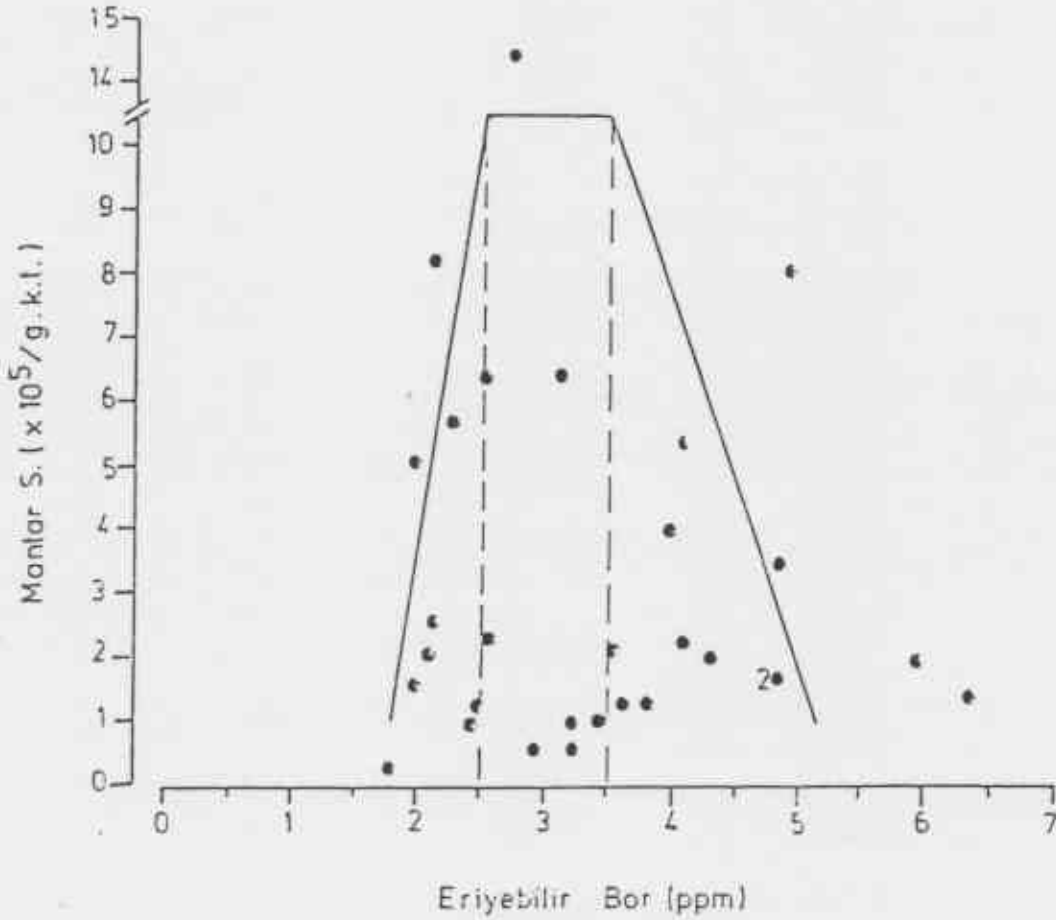
edilmiştir. Birinci yıl sulama öncesi toprak örneklerinde aktinomy-
cetlerin 3,75 ppm bor konsantrasyonundan sonra zarar görmesi, bu or-
ganizmaların bor elementine karşı genel bakterilere oranla daha tole-
ranslı olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu konu ile ilgili yapılan bir
çalışmada da Naplekova ve Anikina (1970); aktinomyetlerin bünyele-
rinde tuttıkları bor miktarlarının genel bakteri hücrelerinde fikse
edilen bor miktarlarından daha fazla olduğunu saptamışlardır. Bu du-
rum aktinomyetlerin genel bakterilere oranla bor konsantrasyonlarına
karşı daha fazla toleranslı olmalarını açıklayan önemli bir neden ola-
rak kabul edilebilir.



Sekil 22. Aktinomyet sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Araştırma topraklarında incelenen organizma gruplarından biri olan mantarların, toprağın eriyebilir bor kapsamına karşı gösterdiği reaksiyonun sayısal değerleri Şekil 24'de açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu şekil incelendiğinde; 2.5 ppm bora kadar yükselen mantar sayılarının, 2.5-3.5 ppm bor aralığında en yüksek değerlere ulaştığı ve 3.5 ppm bor konsantrasyonundan sonra da düşmeye başladığı görülmektedir. Bu mikroorganizmaların birinci yıl sulama öncesi örneklerinde toksik olarak etkilendikleri bor düzeyi ise 3.75 ppm olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara göre birinci yıl sulama öncesi ve sonrası alınan toprak örneklerinde mantarların bora karşı gösterdikleri toksisite düzeyleri arasında sadece 0.25 ppm'lik gibi çok önemli olmayan bir farkın ortaya çıktığı belirlenmiştir. Mantarların diğer 2 organizma grubuna (g. bakteri ve aktinomycet) oranla daha yüksek bor konsantrasyonlarına kadar gelişimlerini normal bir şekilde sürdürebilmeleri bazı araştırma sonuçları ile ortaya çıkarılmıştır. Koffler ve arkadaşları borun mantarlarda gelişmeyi teşvik ettiğini belirtirlerken (Müller, 1965), Hanna ve Purvis (1941) mantar gelişiminin özellikle kıraçlı topraklarda boraks verilmesi ile önemli miktarlarda arttığını, bakterilerin ise mantarlara oranla daha az geliştiğini tesbit etmişlerdir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan bu bilimsel yayınlar, çalışmada mantarlarla ilgili elde edilen sonuçlar ile benzerlik içerisindedirler.

Çizelge-17'den yararlanılarak hazırlanan Çizelge-19'da ise; toprak verimliliğinde önemli bir rol oynayan nitrifikasyon bakterilerinin, bor konsantrasyonları karşısındaki etkilenişleri toplam ve sayısal değerler olarak verilmiştir.



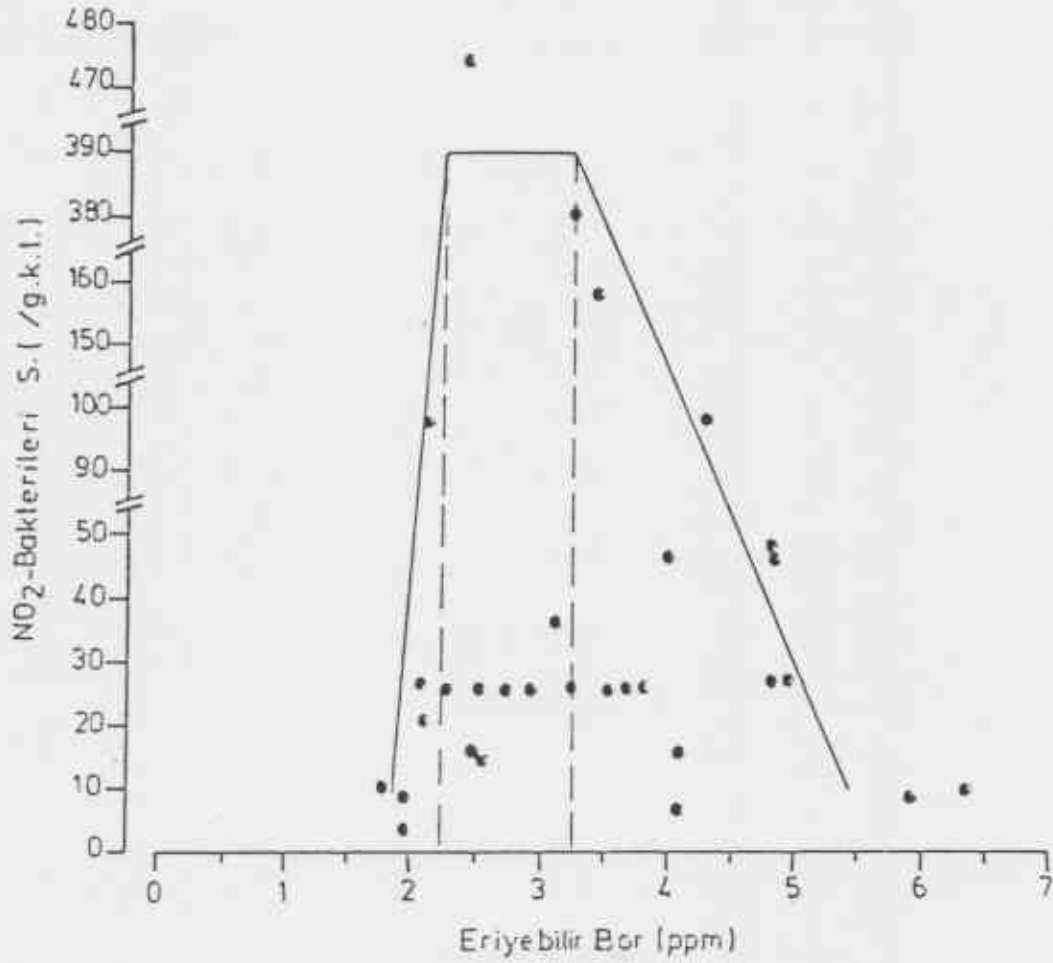
Şekil 24. Mantar sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Çizelge-19. Çeşitli bor konsantrasyonlarında nitrit ve nitrat bakterilerinin toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek sayısı	NO ₂ -Bakt. /g.k.t.		NO ₃ -Bakt. /g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2,00	3	24	8,0	149	49,6
2,01 - 3,00	10	755	75,5	1023	102,3
3,01 - 4,00	8	724	90,5	1253	156,6
4,01 - 5,00	7	269	38,4	349	49,8
5,01 - 6,35	2	19	9,5	73	36,5

Bu çizelge değerleri incelendiğinde; gerek nitrit ve gerekse nitrat bakteri sayılarının 3,01-4,00 ppm bor aralığına kadar yükseldiği; 4,00 ppm bor düzeyinden sonra ise her iki bakteri grubunda da sayısal düşüşler meydana geldiği anlaşılmıştır. Böylece birinci yıl sulama sonrası alınan toprak örneklerinde nitrifikasyon bakterilerinin bor konsantrasyonları karşısındaki reaksiyonlarının hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir. Her iki bakteri grubuna ait toplam sayısal değerler incelendiğinde ise NO_2^- bakterilerinin NO_3^- bakterilerine oranla daha düşük miktarlarda olduğu görülmüştür. Bu durum ilk örneklerle benzer şekilde ikinci grup topraklarda da nitrit bakterilerinin bora hassas organizmalar olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Nitrifikasyon bakterileri ile bor elementi arasındaki ilişkileri inceleyen bazı araştırmacılar da genelde belli bir düzeye kadar borun bu organizmaları aktive ettiğini, fakat bor konsantrasyonu yükseldikçe bu aktivasyonun toksisiteye dönüştüğünü belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar arasında biri olan Herzinger; iz miktarlardaki borun anaerob ve nitrifikasyon bakterilerinde gelişmeyi teşvik ettiğini (Müller, 1965) tesbit ederken; diğer bir araştırmacı grubu ise borun $5 \mu\text{mol/gr. toprak}$ (0,055 ppm) dozundan sonra N-mineralizasyonunu % 10,5 oranında engellediklerini sepmişlerdir (Liang ve Tabatabai, 1977).

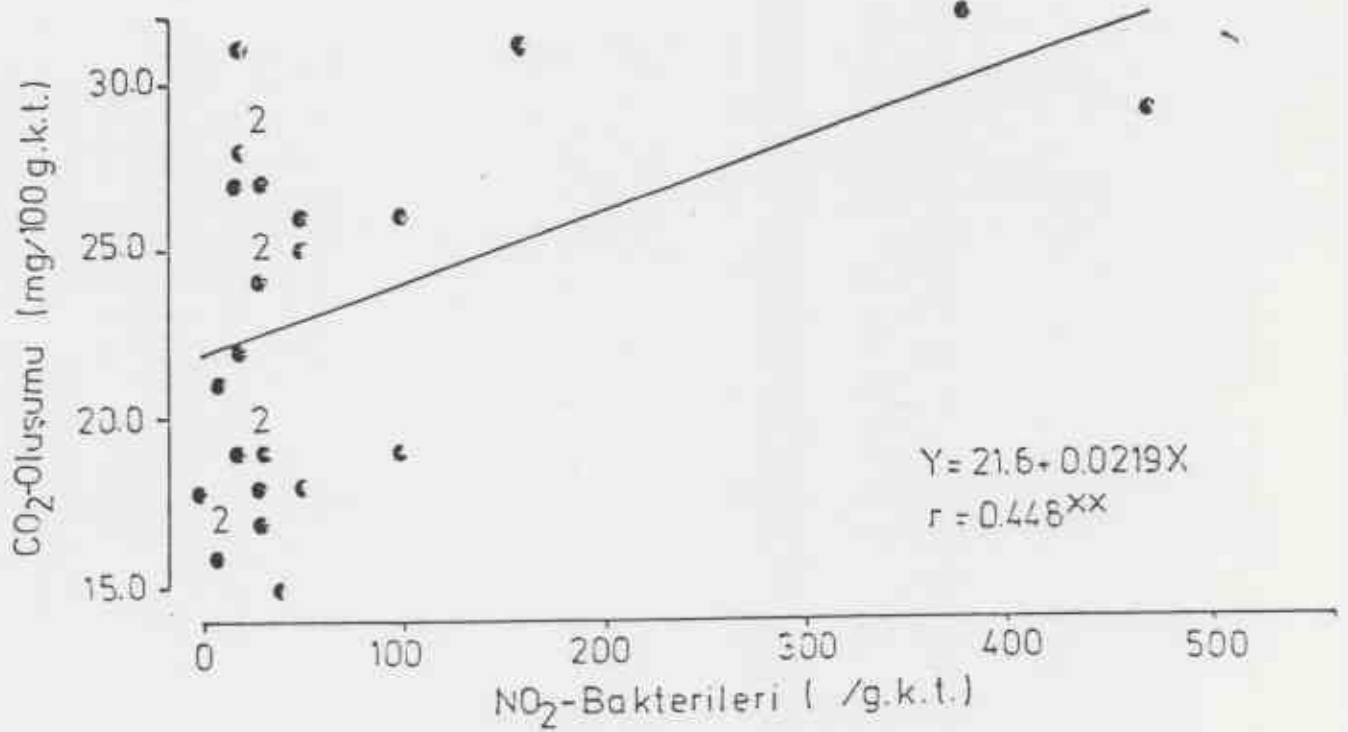
Nitrit bakterilerinin bora karşı hassasiyetleri bu bakterilerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri dağılımın varıldığı Şekil 25'de de açık bir şekilde görülmektedir. Nitrit bakterileri bora karşı az toleranslı olan genel bakteriler gibi 2,25-3,25 ppm bor aralığında en yüksek değerlere ulaştıktan sonra, 3,25 ppm bor düzeyinden itibaren sayısal olarak azalmıştır.



Şekil 25. Nitrit bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri

Nitrifikasyon bakterileri enerjileri için gerekli karbonu, havadaki CO_2 -C'undan temin ederler. Bu itibarla atmosfer veya toprak havasında bulunan CO_2 ile ototrof mikroorganizmalar arasında bir ilişki vardır. Nitekim yapılan istatistiksel analizler arasından, NO_2 - bakterileri ile topraktaki CO_2 - oluşumu arasında da % 1 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayı ($r = 0.448^{**}$) elde edilmiştir. Şekil 26'da bu ilişkiye ait regresyon denklemi ile doğrusu yer almaktadır. Artan CO_2 - miktarlarına bağlı olarak nitrit bakterilerinin, bu CO_2 'i

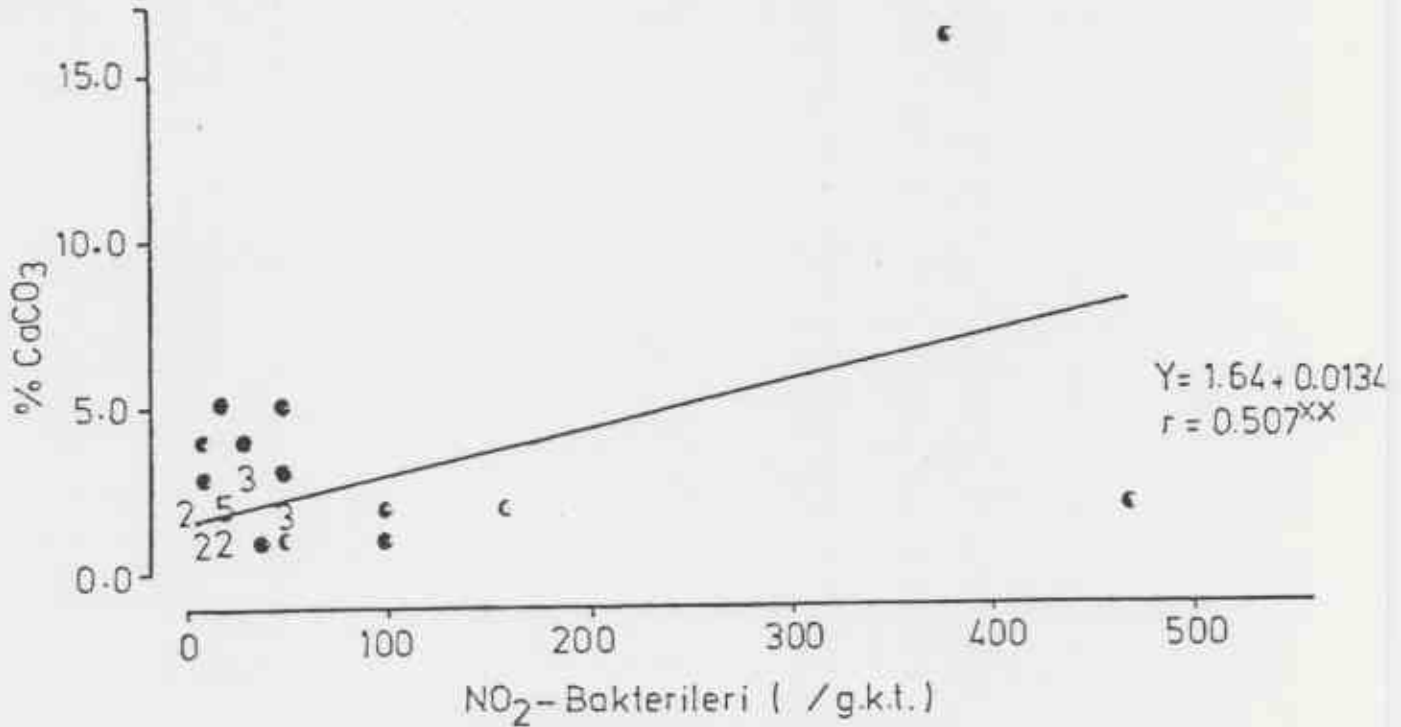
mikrobiel protoplazmalarında çeşitli karbon bileşiklerine dönüşürmeleri de hızlanmakta ve sonuçta hücre oluşumu artmaktadır (Thimann, 1955). Bu iki faktör arasında tesbit edilen pozitif ilişkinin nedeni büyük bir olasılıkla bu durumdan kaynaklanmaktadır.



Şekil 26. Toprakta CO₂- oluşumu ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki.

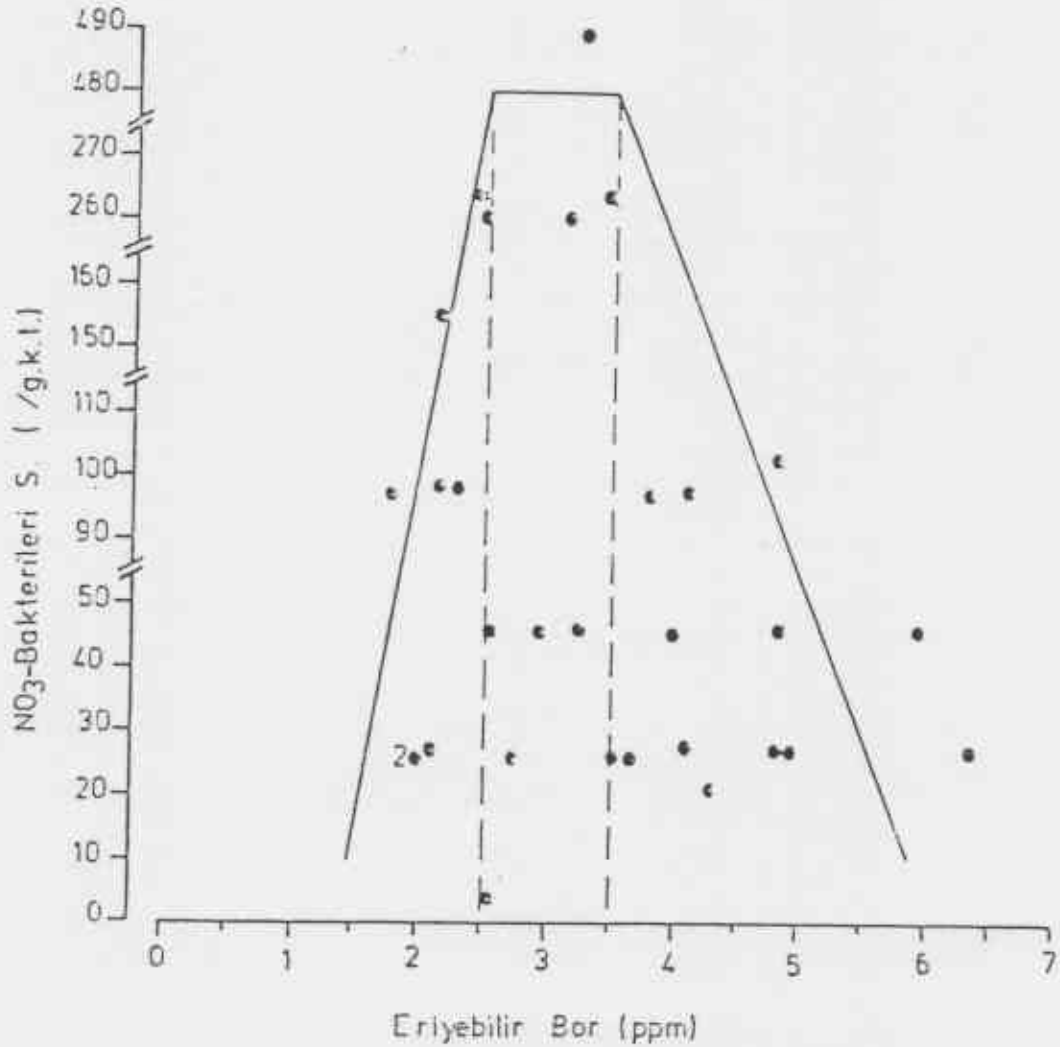
Toprağın en önemli bileşenlerinden birisini karbonat grubu mineraller teşkil ederler. Toprak mikroorganizmalarının yaşamlarını büyük ölçüde sınırlandıran toprak reaksiyonunu düzenlemesinden dolayı, bu minerallerden özellikle CaCO₃ toprak organizmaları açısından ayrı bir öneme sahiptir. Diğer yandan bor konsantrasyonları ile toprağın kireç kapsamı arasında da çok sıkı bir ilişki mevcut olup, yüksek miktarlarda kireç varlığı borun toksisitesini ezeltici yönde bir etki yapmaktadır (Jordan ve ark., 1947; Judel, 1979). Bu açıdan yapılan

İstatistikî analizler incelendiğinde; NO_2^- bakterileri ile araştırma topraklarının kireç kapsamı arasında da % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki bulunduğu tesbit edilmiştir. Şekil 27. bu iki değişken arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayısı ($r = 0.507^{**}$) ile regresyon denklemi ve doğrusunu vermektedir. Bu ilişki incelendiğinde artan kireç içeriği ile birlikte NO_2^- bakteri sayılarında da bir artış olduğu ortaya çıkmaktadır. Questel ve Scholofield'in bu konu ile ilgili yaptıkları bir araştırmalarında, topraklardaki CaCO_3 miktarlarının nitrifikasyon bakterilerini olumlu etkilediği tesbit edilmiştir (Thimann, 1955). Ayrıca Meyerhof'un Nitrosomonas bakterileri için Ca iyonunun elzem ihtiyaç olduğunu belirtmesi de (Thimann, 1955), CaCO_3 in bu organizmalar üzerinde pH kontrolü ve Ca gereksinimi açısından 2 önemli fonksiyonu olduğunu ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 27. Toprağın kireç kapsamı ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki.

NO_3^- bakterilerinin topraktaki bor konsantrasyonlarına bağı olarak gösterdikleri değişimleri ortaya koyan Şekil 28 incelendiğinde ise; bu bakterilerin sulama öncesi topraklarında olduğu gibi bu örneklerde de 2,5-3,5 ppm bor aralığında en yüksek sayısal değerlere ulaştığı görülmüştür. NO_3^- bakterileri 3,5 ppm bor konsantrasyonundan sonra toksik olarak etkilenmiş ve sayılarında bir azalma görülmüştür.



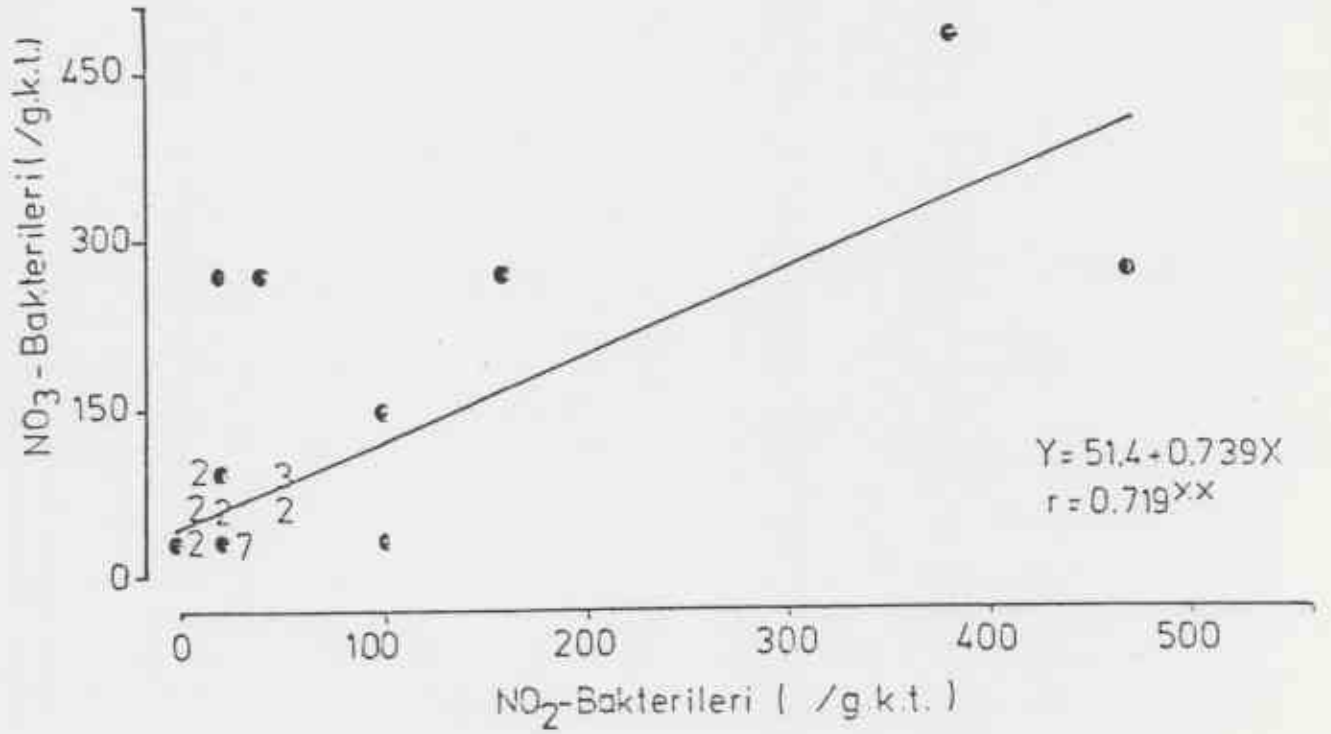
Şekil 28. Nitrat bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Nitrifikasyon olayını gerçekleştiren iki organizma grubu, birinci yıl sulama sonrası topraklarında bor toksisitesi açısından bir

Kıyaslamaya tabi tutulduğunda; nitrit bakterilerinin nitrat bakterilerine oranla yüksek bor konsantrasyonlarına biraz daha hassas oldukları ortaya çıkmıştır. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında da aynı durumun belirlenmesi; nitrifikasyon olayını yürüten mikroorganizmaların bor konsantrasyonlarından farklı şekillerde etkilendiklerini göstermektedir. Liang ve Tabatabai (1977 ve 1978)'in farklı yıllarda yaptıkları araştırmalarında da, 5.2.1 başlığı altında açıklandığı gibi; bu bakterilerin farklı bor hassasiyetleri tesbit edilmiştir.

Nitrifikasyon olayını yürüten nitrit ve nitrat bakterileri genellikle topraklarda bir arada bulunmaktadır. Nitrit bakterileri CO_2 - redüksiyonları için gerekli olan enerjilerini amonyumun oksidasyonundan; nitrat bakterileri ise nitritin oksidasyonundan sağlanmaktadır (Alexander, 1961). Bu nedenle bu iki organizma arasında çok sıkı bir ilişki mevcuttur. Yapılan istatistikî analizlerin sonucunda da bu ilişki tesbit edilmiş ve iki organizma grubunun sayıları arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayı ($r = 0,719^{**}$) elde edilmiştir (Şekil 29). Nitrit ve nitrat bakterileri arasında mevcut olan bu önemli ilişki, daha önce de belirtilmiş gibi yaşamları gereği benzer olan bu iki fizyolojik grubun inorganik azot üzerinde birbirini tamamlayıcı biyokimyasal reaksiyonları gerçekleştiren bakteriler olmalarından kaynaklanmaktadır.

Toprakların bir diğer spesifik organizma grubu olan aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin eriyebilir bor konsantrasyonları karşısındaki etkilenişlerini ortaya koyabilmek amacıyla hazırlanan Çizelge-20'de, örneklerin ortalama organik madde içerikleri, total azot yüzdeleri ve pH değerlerine de yer verilmiştir.



Şekil 29. Nitrit ve nitrat bakterileri arasındaki ilişki.

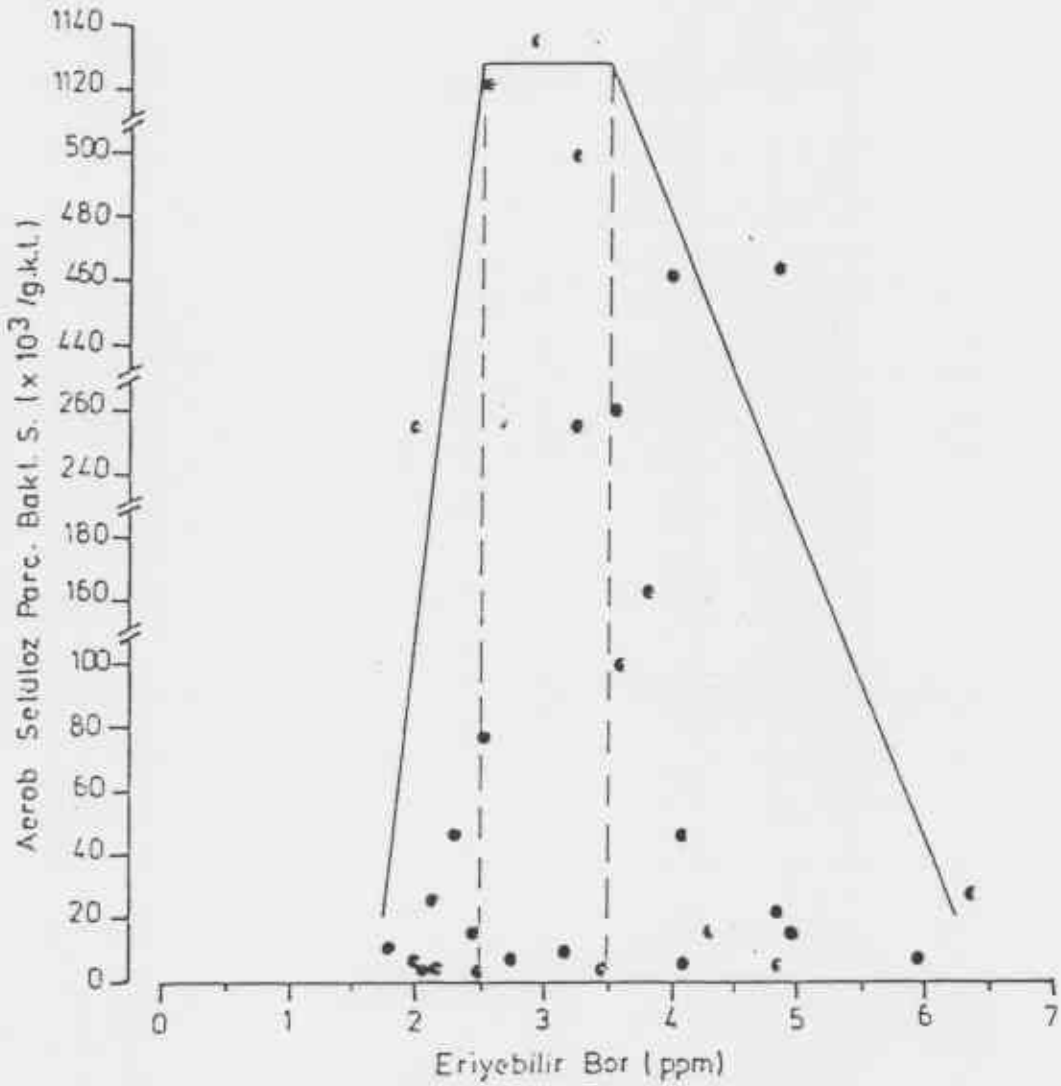
Çizelge-20. Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların organik madde, N_t ve pH değerlerine bağlı olarak aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	Aerob Sel.Par.Bak. $\times 10^3$ /g.k.t.		Örnekle- rin Org. Mad.Ort. (%)	Örnekle- rin %Nt.Ort.	Örnekle- rin pH Ort.
		Topl.	Ort.			
< 2,00	3	274,4	91,4	0,74	0,060	6,9
2,01 - 3,00	10	2438,8	243,8	1,39	0,087	7,0
3,01 - 4,00	8	1736,6	217,0	1,63	0,103	7,0
4,01 - 5,00	7	572,8	81,8	2,26	0,091	6,9
5,01 - 6,35	2	34,7	17,3	1,36	0,073	7,0

Çizelge-20 incelendiğinde aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin 2,01-3,00 ppm bor konsantrasyonları arasında en yüksek ortalama değerlere ulaştığı, daha sonra ise sayılarında bir azalma olduğu görülmektedir. Bu bor aralığındaki örneklerin ortalama organik madde içerikleri ise % 1,39 olarak saptanmıştır. Daha yüksek bor konsantrasyonlarına sahip toprak örneklerinin ortalama organik madde içerikleri ise daha yüksek olup, bu değerler; 3,01-4,00 ppm bor aralığındaki örneklerde % 1,63 ve 4,01-5,00 ppm bor aralığındaki örneklerde ise % 2,26'dır. Çizelge'den açıkça görüldüğü gibi yüksek bor konsantrasyonlarına sahip örneklerde aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin aktiviteleri, organik maddenin toprakta yeterince bulunmasına rağmen düşmüştür. Zira organik maddenin bu organizmaları teşvik ettiği ve sayılarını arttırdığı birçok araştırmacı tarafından tesbit edilmiştir (Todorova, 1968; Beck, 1968; Çengel ve Yaşaroğlu, 1987). Bu durumda organik madde miktarına rağmen aerob selüloz parçalayıcı sayılarındaki azalmanın nedeni, büyük bir ihtimalle yüksek miktarlardaki borun bu organizmalar üzerinde yaptığı toksik etkilerden kaynaklanmaktadır. Nitekim Voicu (1922)'un bir araştırmasında yüksek bor konsantrasyonlarının humusun mikroorganizmalar üzerindeki uyarıcı etkisini azalttığı saptanmıştır.

Aynı çizelgede aerob selüloz parçalayıcılar ile nötral koşullardaki toprak reaksiyonu (6,9-7,0) ve ortalama total azot değerleri arasında bir ilişki arandığında; yine en etkili faktörün bor konsantrasyonları olduğu ve total azot miktarındaki artışların, bu bakteri sayılarının yükselmesinde borun toksik etkisinden dolayı önemli bir rol oynayamadığı ortaya çıkmaktadır.

Bu bakterilerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak dağılımını açık bir şekilde ortaya koyan Şekil-30 incelendiğinde; 2,5-3,5 ppm bor aralığında en yüksek sayısal değerlere ulaştıktan sonra aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin 3,5 ppm bordan sonra toksik olarak zarar görmeye başladığı tesbit edilmiştir. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında da bu bakterilerin aynı bor konsantrasyonundan sonra zarar görmesi, aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin yüksek bor içeriklerine orta derecede hassas bir organizma grubu olduğunu göstermektedir.



Şekil 30. Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Toprakta asembiyotik yolla azot fikse eden mikroorganizma gruplarından biri olan azotobakterlerin birinci yıl sulama sonrası topraklarında bor konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri değişimler Çizelge-21'de sunulmuştur. Bu çizelgede aynı zamanda örneklerin ortalama pH değerleri, % organik madde ve % kil içeriklerine de yer verilmiştir.

Çizelge-21. Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların pH, organik madde ve kil değerlerine bağlı olarak azotobakter sayıları

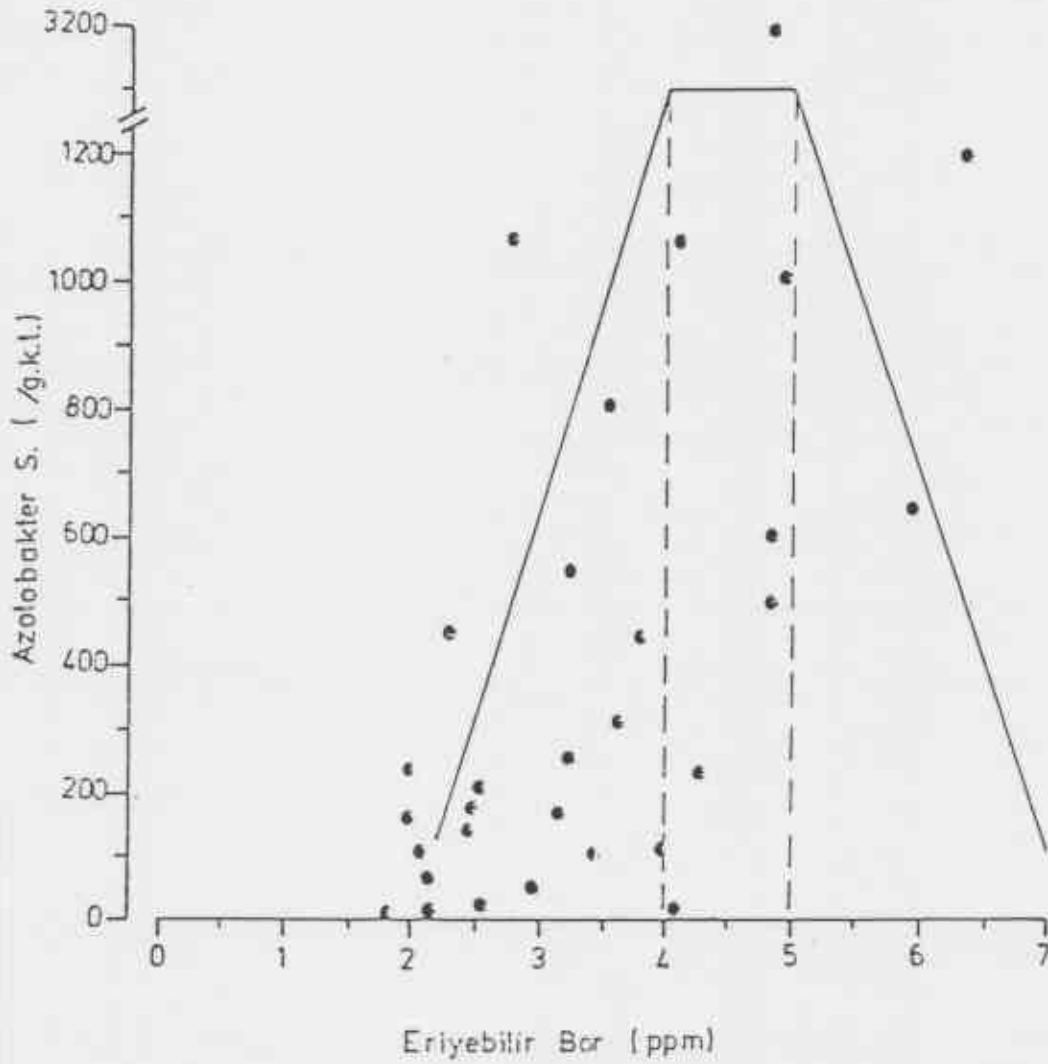
Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	Azotobakter /g.k.t.		pH Ort.	Org.Mad. Ort.(%)	% Kil Ort.
		Topl.	Ort.			
< 2.00	3	408	136.0	6.9	0.74	8.74
2.01 - 3.00	10	2239	223.9	7.0	1.39	13.67
3.01 - 4.00	8	2746	343.2	7.0	1.63	15.20
4.01 - 5.00	7	6586	940.8	6.9	2.26	15.78
5.01 - 6.35	2	1642	921.0	7.0	1.36	16.20

Çizelge-21 öncelikle azotobakterlerin çeşitli bor konsantrasyonlarında gösterdikleri ortalama sayısal değerler açısından incelendiğinde; 4.01-5.00 ppm bor aralığına kadar bu bakterilerin devamlı bir artış içinde olduğu, 5 ppm bor düzeyinden sonra ise sayılarında bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında da azotobakterlerin 5 ppm bor konsantrasyonundan sonra toksik olarak etkilenmeleri, bu bakterilerin yüksek bor konsantrasyonlarına karşı gösterdikleri toleransı bir kez daha ortaya çıkarmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmaların bir çoğunda azotobakterlerin bor tarafından uyarıldığı tesbit edilmiştir (Anderson ve Jordan, 1961; Singh ve Pathak, 1962; Postgate, 1971). Jordan ve Anderson (1950) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise A. chroococcum'un azot fiksasyonunda 3 ppm eriyebilir, 7 ppm ise total bor düzeylerine kadar artışlar meydana geldiği; Gerretsen ve Hoop (1954) da Azotobakterlerin 8 ppm'e kadar olan eriyebilir bor konsantrasyonlarına tolerans gösterebildiklerini sepmişlerdir. Bu çalışmada incelenen en yüksek bor düzeyinde (6,35 ppm) bile az sayılamıyacak bir azotobakter sayısının (1196/gr.k.top.) elde edilmesi Gerretsen ve Hoop (1954)'un araştırma bulgularına benzer şekilde bu bakterilerin yüksek bor konsantrasyonlarına toleranslı olduklarını ortaya çıkarmaktadır.

Yine aynı çizelgede (Çizelge-21) örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ele alındığında; azotobakterlerin en yüksek ortalama sayısal değerlere sahip oldukları 4,01-5,00 ppm bor düzeylerinde, örneklerin organik madde içeriklerinin de yüksek bir miktarda (% 2,26) olduğu görülmektedir. Azotobakterlerin heterotrof beslenme tipinde olmaları nedeniyle toprağın organik maddesindeki artışların bu bakterileri olumlu yönlerden etkilediği ortaya çıkmaktadır. Beck (1968); azotobakterlerin gelişim ve aktiviteleri üzerinde organik maddenin kalitesinin önemli olduğunu belirtirken; Çengel ve Gür (1985) kolay değerlendirilebilir C-kaynaklarının ortamda yeterli düzeyde bulunması gerektiğini bildirmişlerdir. Çizelge-21'deki ortalama organik maddelerin biri hariç diğerlerinin yüksek değerler olması; bu organizmaların aktivitelerindeki yüksekliği açıklamaktadır.

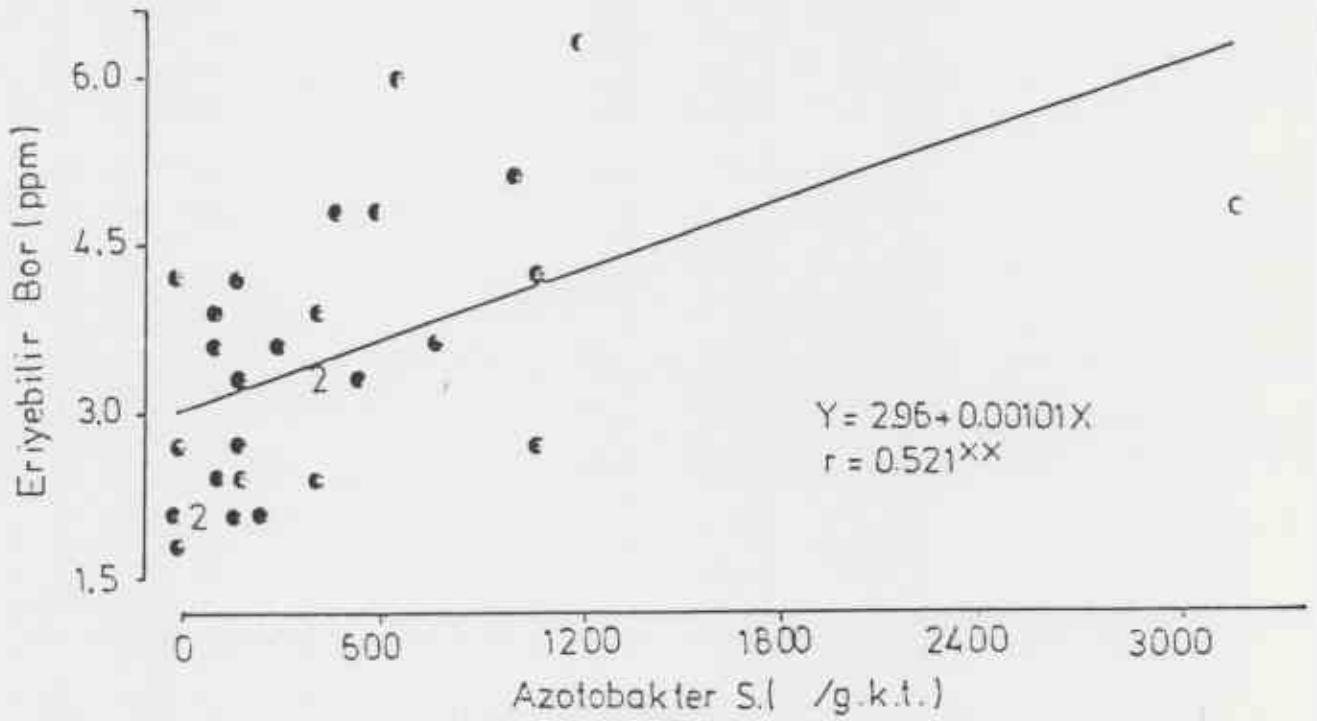
Çizelge-21'de azotobakterlerin en yüksek sayısal değerlere sahip olduğu örneklerde ortalama pH değerinin 6,9 ve ortalama % kil miktarının da 15,78 olduğu görülmektedir. Bu bakterilerin 6,8-8 pH arasında optimum gelişme gösterdiği (Çengel ve Gür, 1986) ve ortamdaki kil varlığının gerek Rhizobium ve gerekse Azotobakter gelişimini olumlu etkilediği (Zdenek ve Çengel, 1979) yapılan araştırmalar sonucu tesbit edilmiştir. Bu bulguların ışığı altında, Çizelge-21'de görülen yüksek azotobakter sayılarında bor konsantrasyonları ve organik maddenin yanında, toprak reaksiyonu ile örneklerin % kil kapsamının da etkili oldukları ortaya çıkmaktadır.

Azotobakterlerin topraktaki bor konsantrasyonlarından etkileniş biçimi, Çizelge-17'deki değerlerden yararlanılarak oluşturulan Şekil-31'de açık bir şekilde görülmektedir. Şekle göre azotobakterlerin 5,00 ppm bor düzeyine kadar iyi bir gelişme gösterdikten sonra, bu konsantrasyonun üstündeki bor düzeylerinden olumsuz etkilendiği tesbit edilmiştir. Bu konuda diğer araştırmacıların yaptıkları tesbitler Çizelge-21'in değerlendirilmesi esnasında verildiği için, burada ayrıca bir yorum getirilmemiştir.



Şekil 31. Azotobakter sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Toprağın bu önemli bakteri grubunun diğer organizma gruplarından çok farklı bir şekilde bor düzeylerinden etkilenişi istatistiksel olarak da incelenmiş ve azotobakter sayısı ile toprağın eriyebilir bor kapsamı arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı $r = 0,521^{**}$ olan bu ilişkiye ait regresyon denklemi ve doğrusu Şekil-32'de verilmiştir.



Şekil 32. Toprakların eriyebilir bor kapsamı ile azotobakter sayıları arasındaki ilişki

Birinci yıl sulama sonrası topraklarında incelenen mikroorganizma gruplarının bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınır değerlerinin belirlenmesi için oluşturulmuş şekillerden elde edilen değerler kıyaslandığında, bor toksisitesine olan hassasiyetleri bakımından mikroorganizmalar aşağıdaki şekilde bir sıra oluşturmuşlardır:

Nitrit-B. = G.B. > Nitrat-B. = Se.P.B. = Mant. = Akt. > AzB.

Bu sonuçlara göre bor toksisitesine karşı en hassas mikroorganizma grupları NO_2^- bakterileri ile genel bakteriler; en toleranslı organizma grubu ise Azotobakterler olmuştur. Bor konsantrasyonlarına karşı en hassas ve en toleranslı organizmaların bakteri grubu içerisinde yer alması, bu organizmaların mantarlar ve aktinomycetlere

nazaran daha geniş bir bor tolerans aralığına sahip olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

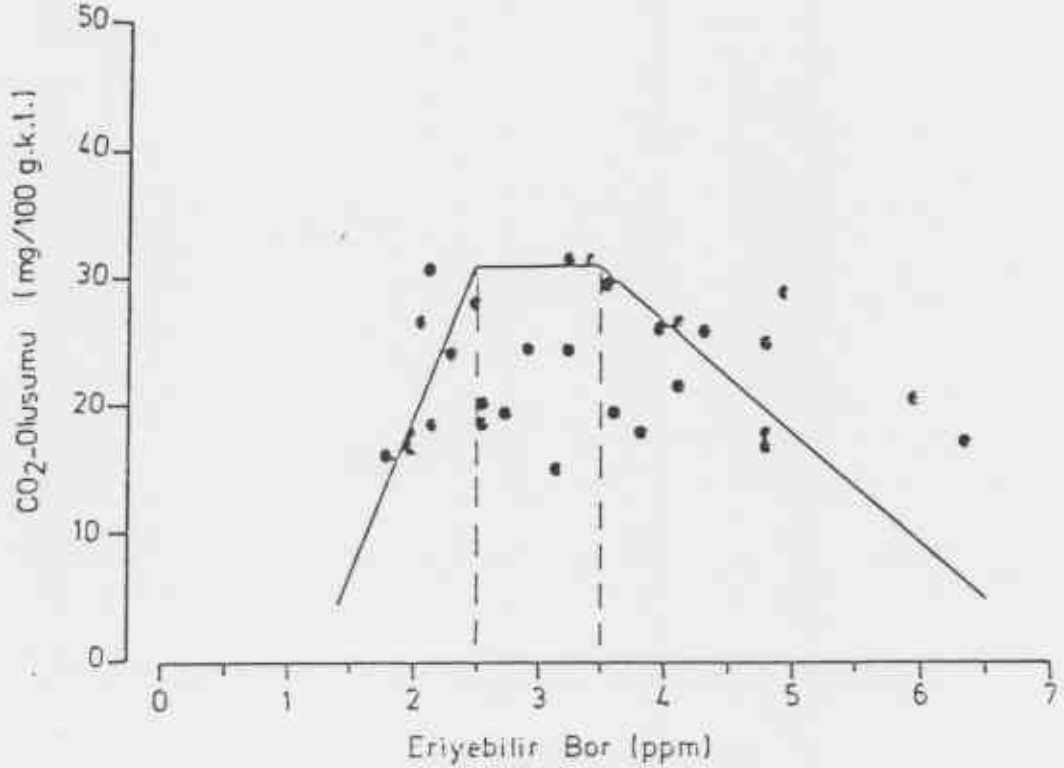
Birinci yıl sulama sonrası topraklarında incelenen mikroorganizma gruplarına ilaveten, biyokimyasal aktivite olarak da CO_2 -oluşumu ve DHG-enzim aktivitesi araştırılmıştır. Bu aktivitelerle ilgili değerlerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak incelenmesi ile oluşturulan Çizelge-22'ye alındığında; CO_2 -oluşumunun 2 ppm'den düşük bor konsantrasyonlarına sahip örneklerde en az düzeyde iken, bor düzeyinin artmasıyla bu aktivitenin yükseldiği ve 3,01-4,00 ppm arasında bor içeren örneklerde en yüksek düzeye ulaştığı ortaya çıkmaktadır. CO_2 -oluşumunun 4,00 ppm'den fazla bor içeren toprak örneklerinde ise toksik olarak etkilenecek, miktarlarında azalmalar olduğu saptanmıştır.

Çizelge-22. Çeşitli bor konsantrasyonlarında CO_2 -oluşumu ve DHG-enzim aktivitesinin toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	CO_2 -Oluşumu mg/100 g.k.t.		DHG-Enzim Akt. % TPF/5 g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2.00	3	50.73	16.91	361.2	120.4
2.01 - 3.00	10	240.89	24.08	895.0	89.5
3.01 - 4.00	8	196.23	24.52	946.4	118.3
4.01 - 5.00	7	162.63	23.26	1141.2	163.0
5.01 - 6.35	2	38.32	19.16	200.6	100.3

Bu toksik bor düzeyini daha açık bir şekilde görmek ve tesbit etmek amacıyla Çizelge-17'deki değerler kullanılarak Şekil 33 hazırlanmıştır. Bu şekle göre CO_2 -oluşumunun 2,5 ppm bor konsantrasyonuna kadar yükseldiği, 3,5 ppm bor düzeyine kadar bu yüksekliği muhafaza ettiği ve bu bor konsantrasyonundan (3,5 ppm) sonra da gittikçe azaldığı görülmektedir. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında da bu aktivite için saptanan toksik bor düzeyi 3,3 ppm olarak saptanmış olup,

bu topraklarda tesbit edilen toksik bor konsantrasyonu ile kıyaslandığında, her iki sınır değerinin de birbirine yakın rakamlar olduğu ortaya çıkmaktadır.



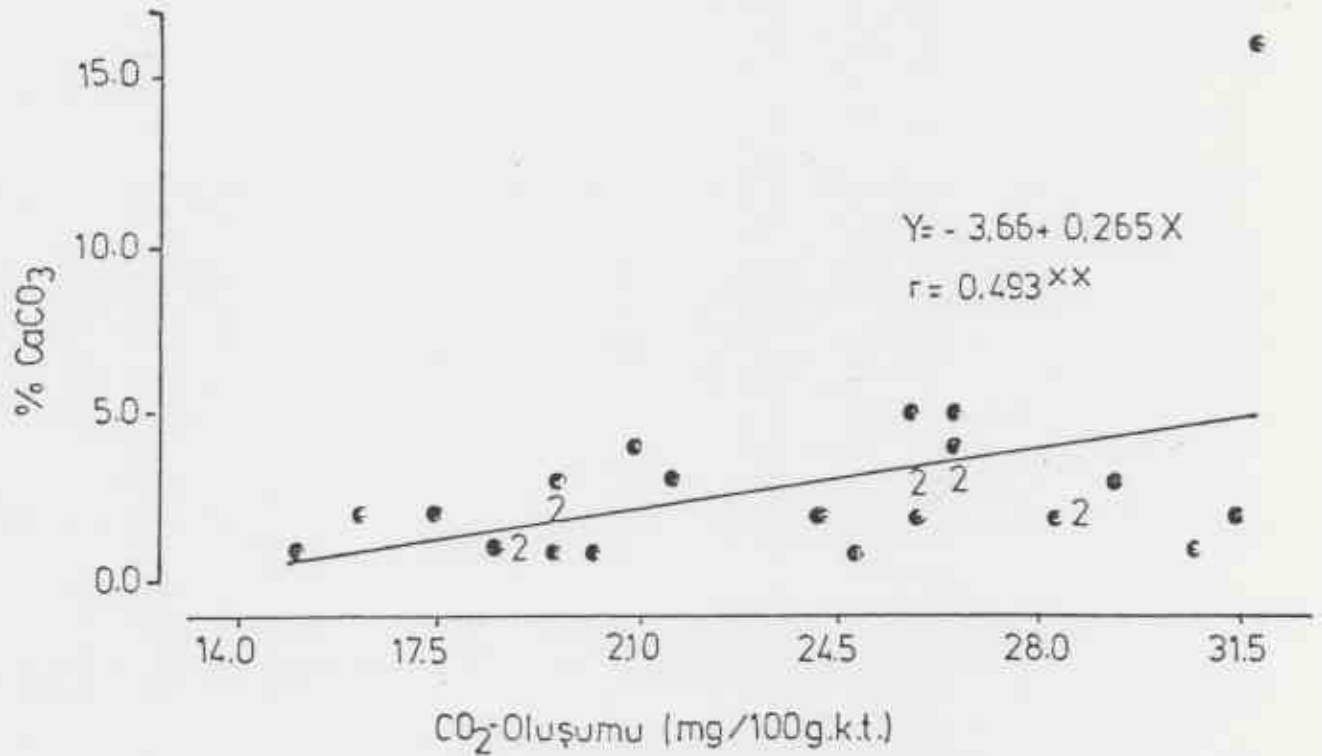
Şekil 33. CO₂-oluşumu üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Bu konuda yapılan diğer araştırmalarda ise tesbit edilen toksik bor düzeyleri daha yüksek değerler olmuştur. Bu araştırmalardan birinde Hanna ve Purvis; kireçleme ile birlikte 10 ppm'e kadar bor ilavesinin CO₂- oluşumunu % 3.3-20.3 oranında artırdığını, bu düzeyden sonra ise aktivitede azalmalar olduğunu tesbit ederlerken (Gerretsen ve Hoop, 1954); Günther ve Meschkat (1955)'de yine aynı bor düzeyinden (10 ppm) sonra CO₂-oluşumunun toksik etki görüldüğünü saptamışlardır.

Toprakların total azot kapsamaları ile CO₂-oluşumu arasında birinci yıl sulama öncesi topraklarında elde edilen benzer istatistiki ilişki, aynı yılın sulama sonrası topraklarında da saptanmış ve bu ilişkiye ait korelasyon katsayısı $r = 0.676^{**}$ olarak tesbit edilmiştir.

% 1 düzeyinde önemli ve pozitif olan bu ilişkiye ait açıklama, benzer ilişki nedeniyle Şekil 15'de verildiği için ayrıca bir değerlendirme-ye gerek duyulmamıştır.

Topraktaki kireç miktarının, toprak mikroorganizmaları üzerine yaptığı çeşitli etkilerden dolayı CO_2 -oluşumu ile de bir ilişkisi olabileceği düşünülerek, bu iki kriter arasında istatistikî bir analiz yapılmış ve sonuçta % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki saptanmıştır (Şekil 34). Korelasyon katsayısı $r = 0,493^{**}$ olan bu ilişkiye göre topraktaki $CaCO_3$ miktarı arttıkça CO_2 -oluşumu da yükselmektedir. Bunun nedeni büyük bir olasılıkla; $CaCO_3$ 'ün topraktaki mikroorganizmaların büyük bir çoğunluğunun faaliyet gösterebileceği bir toprak reaksiyonunu sağlamasından (Thimann, 1955) ve ayrıca topraktaki bor ile birleşerek zor erir borat bileşikleri oluşturacak kirecin bor toksisitesini azaltmasından kaynaklanmaktadır (Hanna ve Purvis, 1941).

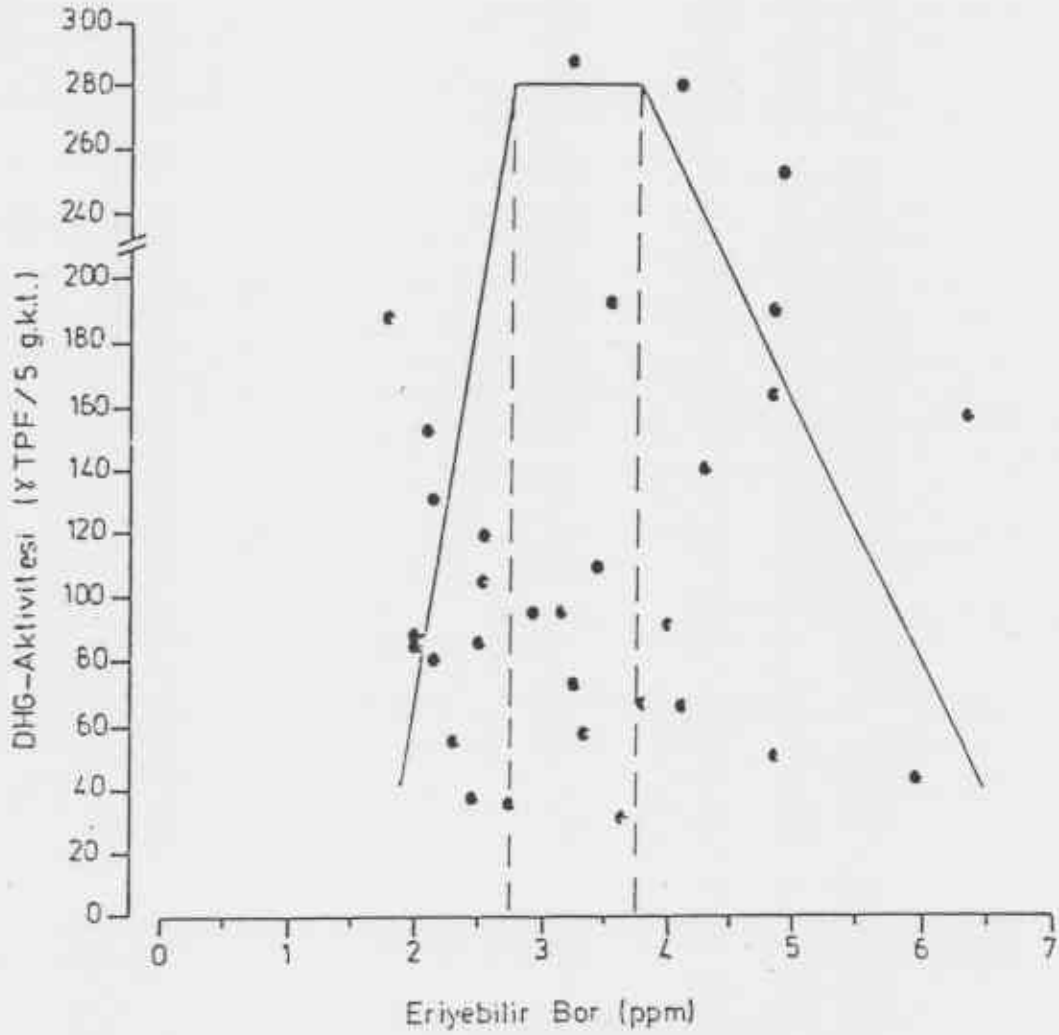


Şekil 34. Toprakların kireç kapsamı ile CO_2 -oluşumu arasındaki ilişki.

Araştırma topraklarında enzim aktivitesi olarak incelenen dehidrogenaz enziminin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak tesbit edilen toplam ve ortalama değerleri de Çizelge-22'de sunulmuştur. Bu çizelge sonuçlarına göre; dehidrogenaz enzim aktivitesinin bor konsantrasyonlarından toksik olarak etkilendiği sınır değerleri gerek toplam ve gerekse ortalama değerlerdeki dalgalanmalar nedeniyle açık bir şekilde ortaya konamamıştır. Birinci yıl sulama sonrası topraklarında dehidrogenaz enziminin hangi bor düzeyinden sonra toksik etki gördüğünü daha net bir şekilde tesbit edebilmek için Çizelge-17 değerleri kullanılarak hazırlanan Şekil 35 incelenmiş ve sonuçta bu enzim aktivitesinin 2,75-3,75 ppm bor konsantrasyonları arasında optimum seviyeye ulaştığı ve 3,75 ppm bor düzeyinden sonra da olumsuz etkilenmeye başladığı saptanmıştır. Belirlenen bu toksik bor düzeyi, birinci yıl sulama öncesi topraklarında tesbit edilen toksik bor konsantrasyonu ile kıyaslandığında; her iki alım dönemlerindeki toksik sınır değerlerinin aynı olduğu ortaya çıkmıştır.

Topraklardaki iz element ve ağır metal konsantrasyonlarından enzimlerin olumsuz etkilendiğine ilişkin yapılan araştırmalar özellikle son yıllarda yaşanan çevre kirliliğinden sonra yoğunlaşmıştır. İncelenen enzime ve mikroelementin tipi ve konsantrasyonuna göre bu etki farklılıklar göstermektedir (Vaughan ve Malcolm, 1985). Bor elementinin enzimler üzerindeki etkisi ile ilgili çalışmalar yapan Tabatabai (1977)'de; 5 μ mol/gr. toprak (0,055 ppm) dozunda borun üreaz aktivitesi üzerinde inhibitör etkisi yaptığını; Al-Khafaji ve ark. (1978) ise; 25 μ mol/gr.top.(0,275 ppm) bor düzeyinin arysülfataz enzimini % 67 oranında engellediğini tesbit etmişlerdir. Bir başka araştırmacı (Doelman ve Haanstra, 1975) ise; dehidrogenaz enziminin mikroelementlerden etkileniş biçimini araştırmış ve 375 μ gr/top. Pb dozunda bu enzim aktivitesinin azaldığını ortaya koymuştur.

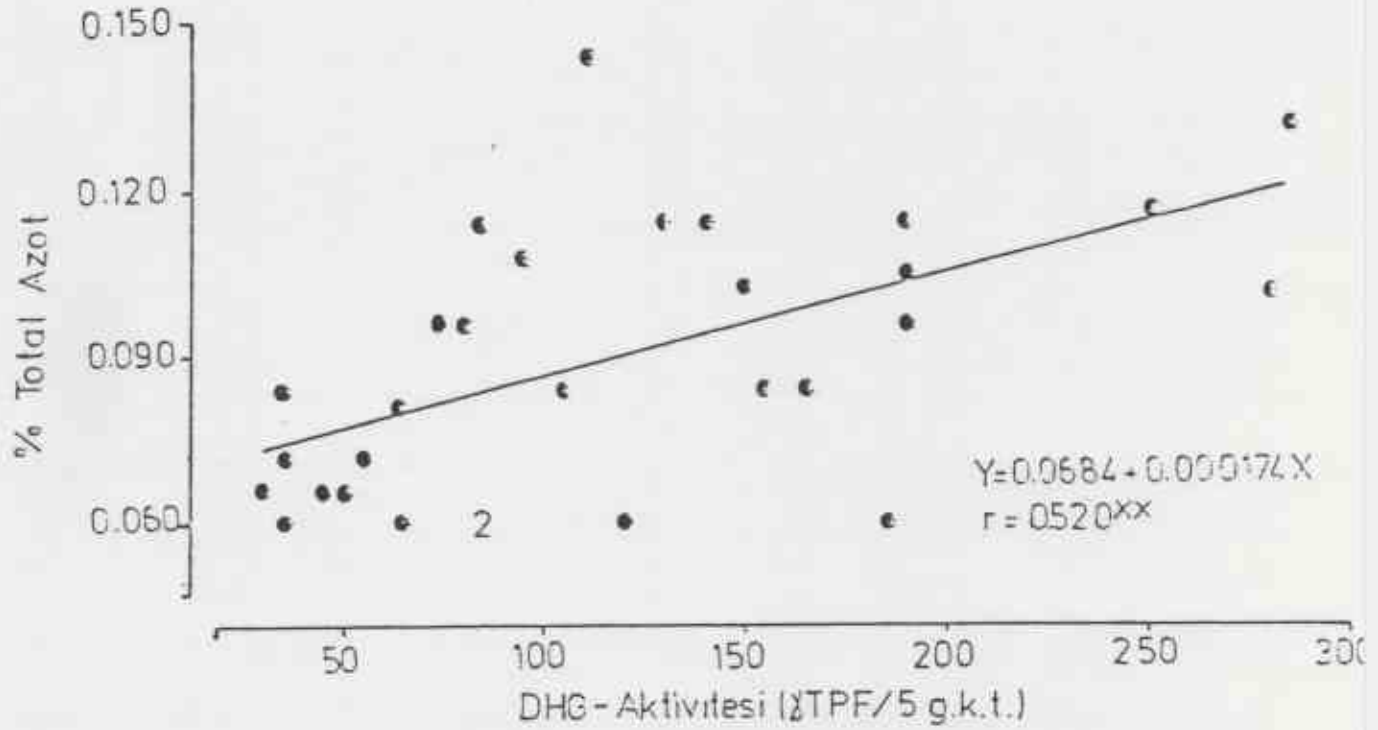
Bu sonuçlardan anlaşılabacağı üzere; her iz elementin enzim aktiviteleri üzerine farklı etkileri bulunmaktadır. Ayrıca Liang ve ark. (1977); biyokimyasal reaksiyonlar üzerine bir iz elementin etkisinin toprak özelliklerine ve özellikle de bünye, pH ve organik maddeye bağlı olarak değişebildiğini bildirmektedirler.



Şekil 35. DHG-enzim aktivitesi üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

DHG-enzim aktivitesinin topraktaki bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin etkisi altında olduğu yapılan istatistikî analizler sonucu tesbit edilmiştir. Bu analizlerin birinde DHG-enzim aktivitesi ile topraktaki % total azot kapsamı arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,520^{**}$) elde edilmiştir (Şekil 36). Böyle bir ilişkinin ortaya çıkmasında azotun mikrobiyel dokulardaki önemi rol oynamaktadır. Nitekim birçok araştırmacı organizma sayısı ile enzim aktivitesi arasında önemli ilişkiler saptamışlardır

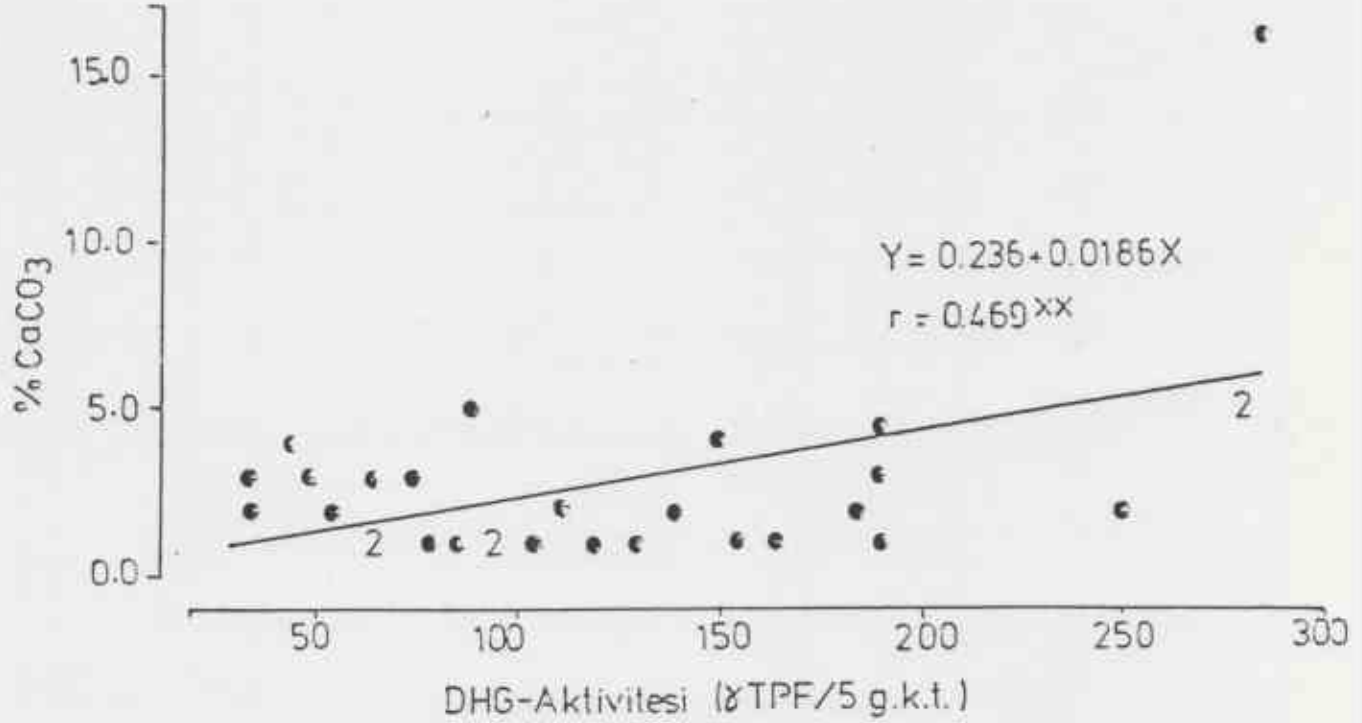
(Thalman, 1957; Mc Laren ve Peterson, 1967). Diğer yandan organizma sayısındaki artış her şeyden önce aminoasitlerin temel taşı olan azotun toprakta varlığı ile mümkün olduğundan, DHG-enzim aktivitesi ile toprağın total azot kapsamı arasındaki doğrusal ilişkinin nedeni açıkça ortaya çıkmaktadır.



Şekil 36. Toprağın total azot kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki.

DHG-enzim aktivitesinin toprakta önemli bir fiziksel özellik olan CaCO_3 içeriği ile de ilişki içerisinde olduğu yapılan istatistiki analizler sonucu ortaya çıkmıştır. Bu iki değişken arasında tesbit edilen % 1 düzeyindeki önemli pozitif ($r = 0,469^{**}$) ilişkiye ait regresyon denklemi ve doğrusu Şekil 37'de verilmiştir. CaCO_3 'ün toprak pH'sını çoğu mikroorganizmaların istediği toprak reaksiyonu olan nötr seviyelere getirmesi (Thimann, 1955) ve enzimlerin de belli pH derecelerinde aktivite gösterebilmeleri (Starka, 1968, Ahrens, 1976)

nedeniyle böyle bir ilişki tesbit edilmiş olabilir. Ayrıca artan ki-
reç miktarlarının boru adsorbe edip (Hanna ve Purvis, 1941; Gupta ve
MacLeod, 1981) topraktaki bor konsantrasyonunu dehidrogenaz enzimine
sahip mikroorganizmalara zarar vermeyecek düzeye indirmesi de bu iliş-
kinin ortaya çıkmasında rol oynamış olabilir.



Şekil 37. Toprakların CaCO₃ kapsamı ile DHG-enzim aktivitesi arasındaki ilişki.

5.2.3 İkinci Yıl Sulama Sonrası (Eylül-1985) Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Birinci yıl Mayıs ve Eylül ayına ait toprak örneklerinde elde edilen değerlerle bir kıyaslama yapabilmek amacıyla ikinci yılın Eylül ayında aynı yerlerden 3.kez bir örnekleme yapılmış ve bu topraklarda araştırılan bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizlere ait bulgular Çizelge-23'de sunulmuştur. Çizelge sonuçlarına göre gr.kuru topraktaki

(izelge 23. Bor probleminin bulunduğu Susurluk Havzası topraklarının (1981-1988)

mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	gr. kuru toprakta						CO ₂ -Prod.	DHE-I, A+1.	
	C.B.S. x10 ⁶	Akt.S. x10 ⁵	Mani.S. x10 ⁵	Se.PBS. x10 ³	AzB.S.	Nitrit-B.S.	Nitrat-B.S.	mg/ 100 g.k.t.	81PI/ 5 g.k.t.
1	23.5	6.7**	4.8	8.4	1236	33	8	28.16	271.7
2	13.1	1.0	1.8	274.7	805	103	104	11.44	192.2
3	26.9	5.9	8.5	505.6**	299	16	-***	24.86	246.7
4	44.7	1.0	6.4	268.8	1290	16	27	30.75	102.7
5	55.9	5.3	3.5	101.0	213	-***	4	23.87	79.8
6	8.6	2.4	5.3	268.8	570	48	269**	15.64	125.3
7	16.4	5.1	5.1	505.6**	116	-***	51	14.63	100.0
8	26.4	3.5	3.2	10.2	4	27	10	27.20	84.7
9	28.1	6.5	5.8	104.3	440	1033**	104	33.12	274.0**
10	17.8	2.8	3.7	100.0	133	100	47	30.33	46.0
11	4.1*	0.5	1.5	10.2	61	157	26	10.24*	91.7
12	36.1	1.0	18.0	7.8*	52	21	21	14.69	72.5
13	118.7	3.7	11.4	156.2	139	464	21	27.95	139.4
14	17.2	4.1	6.5	466.7	729	469	7	27.50	64.1
15	14.1	2.0	8.3	98.9	1562	21	21	24.97	162.7
16	5.5	4.4	11.4	15.6	1354	155	156	27.04	60.1
17	6.3	4.8	2.1	47.3	3	459	7	31.72	46.8
18	6.4	1.3	10.6	154.6	-***	771	26	22.90	35.6
19	6.2	2.0	8.3	468.7	313	773	208	22.22	24.1
20	33.8	2.6	6.1	154.6	274	31	129	25.17	68.4
21	21.8	4.1	8.3	156.2	104	776	7	26.12	70.8
22	11.8	2.0	7.7	45.9	24	153	77	22.22	65.5
23	6.7	1.6	12.2	15.3	476	203	26	21.32	59.4
24	9.6	2.0	1.3*	257.7	722	155	77	31.52	79.5
25	13.5	0.3*	12.0	46.8	521	1026	156	24.06	64.1
26	124.6**	1.0	10.4	271.7	507	764	33	27.50	44.0
27	14.8	1.6	2.1	260.4	5903**	16	208	33.52**	100.1
28	4.8	1.0	2.8	159.5	354	98	16	19.89	51.5
29	10.9	0.6	3.0	257.7	309	16	5	13.06	55.6
30	11.6	1.3	18.1**	97.9	-***	23	26	15.87	14.4*

* : [n düşük değerler

** : [n yüksek değerler

*** : Saptanamadı.

genel bakteri sayısı $4,1 \times 10^6$ - $124,6 \times 10^6$ arasında değişmekte olup bu değerlerin birinci yıl alınan toprak örneklerinin her iki grubunda da tesbit edilen genel bakteri sayılarından daha yüksek miktarlarda olduğu ortaya çıkmıştır. Genel bakterilere ait aynı değerler diğer araştırmalarda elde edilen sayısal değerlerle kıyaslandığında; Beck (1966)'ın normal (asitlik, tuzluluk v.b. problemleri olmayan) tarım toprakları için bildirdiği 10^7 - 10^9 (gr.k.toprakta) sınır değerlerinden biraz düşük, Çolak (1979)'un Çukurova bölgesi topraklarında tesbit ettiği $44,0 \times 10^5$ - $361,4 \times 10^5$ /gr toprak değerlerinden ise daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çizelge-23'de aktinomycet ve mantarlar aittir. min. ve mak. değerler ise sırası ile gr. kuru toprakta $0,3 \times 10^5$ - $6,7 \times 10^5$ ve $1,3 \times 10^5$ - $18,1 \times 10^5$ olarak tesbit edilmişlerdir. Birinci yıl sulama öncesi ve sonrası toprak örneklerinde olduğu gibi bu araştırma topraklarında da mantar sayılarının aktinomycet sayılarına oranla biraz daha fazla oldukları ortaya çıkmıştır. Aktinomycetlere ait en düşük sayı Alexander (1961)'in normal tarım toprakları için gr.kuru toprakta bildirdiği 10^5 - 10^8 in alt sınır değerinden biraz daha düşük olmasına rağmen, genelde aktinomycet sayılarının bu değerler arasına girdiği söylenebilir. Mantar sayıları ise Beck (1968) tarafından bildirilen birkaç bin ile 10^5 (gr.k.toprakta) değerlerinden daha yüksek olarak saptanmıştır.

Çizelge-23'de aerob selüloz parçalayıcı bakterilere ait min. ve mak. değerlerin gr. kuru toprakta $7,8 \times 10^3$ - $505,6 \times 10^3$ oldukları görülmektedir. Birinci yıl sulama öncesi ve sonrası toprak örneklerinde tesbit edilen sayısal değerlerden daha düşük olan bu miktarların; Alexander (1961)'in normal tarım toprakları için bildirdiği 100-50.000 (gr.k.toprakta) arasındaki değerler ile Müftüoğlu (1989) tarafından Doğu Karadeniz'in asit reaksiyonlu topraklarında saptanmış olan $2,7 \times 10^2$ - 102×10^2 (gr.k.toprakta) değerlerinden daha yüksek oldukları tesbit edilmiştir.

İkinci yıl sulama sonrası araştırılan 30 toprak örneğinden 2 tanesinde (18 ve 30 no'lu örnekler) azotobakter sayılamamış ve gr. kuru topraktaki en yüksek azotobakter sayısı ise 5903 olarak saptanmıştır. Birinci yıl alınan her iki toprak grubunda tesbit edilen

Azotobakter sayılarına oranla bu değerlerin daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer araştırmacılar tarafından elde edilen sınır değerleriyle kıyaslandığında ise azotobakter sayılarının; Ahrens (1980) tarafından yapılan ve 124 Türkiye toprağının % 44,4'ünde tesbit edilen $10^3 - 10^4$ (gr.k.toprakta) değerleri arasında kaldığı belirlenmiştir.

Çizelge-23'de nitrifikasyon bakterilerine ait sayısal değerler incelendiğinde; 2 toprak örneğinde (5 ve 7 no'lu örnekler) nitrit, 1 toprak örneğinde de (3 no'lu örnek) nitrat bakterilerinin sayılamadığı; bu bakterilere ait en yüksek değerlerin ise sırası ile gr.kuru toprakta 1033 (nitrit b.) ve 269 (nitrat b.) oldukları tesbit edilmiştir. Birinci yıl sulama öncesi ve sonrası toprak örneklerine oranla nitrit bakterileri yaklaşık 2 kat fazla çıkarken, nitrat bakterileri sulama öncesi topraklarına yakın, sulama sonrası örneklerinden ise daha düşük olarak saptanmışlardır. Waksman (1952)'a göre nitrifikasyon bakterilerinin sayıları gr.kuru toprakta birkaç bakteri ile 24×10^3 bakteri arasında değişebilmektedir. Araştırmada ele alınan 3. grup topraklardaki nitrifikasyon bakterilerine ait değerler bu sınırlar içerisinde kalmakla beraber sayılarının pek yüksek olmadığı belirlenmiştir.

Yine aynı çizelgede (Çizelge-23) biyokimyasal olaylardan CO_2 -oluşumuna ait en düşük ve en yüksek bulgular 10,24-33,52 mg/100 gr. kuru toprak olarak tesbit edilmiştir. Bu bulguların birinci yıl sulama öncesi alınan toprak örneklerinde septanan CO_2 -oluşum değerlerine oranla daha düşük, sulama sonrası örneklerinde belirlenen değerlere ise yakın miktarlar olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca diğer araştırmacılar tarafından tesbit edilen değerlerle kıyaslandığında CO_2 -oluşum miktarlarının; Alexander (1961)'ın normal tarım toprakları için bildirdiği 3,5-35 mg/100 gr. toprak değerleri ile, Emiroğlu ve ark. (1986)'nın alluvial bir toprakta saptadıkları 17,33-32,94 mg/100 gr.k.toprak değerlerine de çok yakın miktarlar olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada incelenen diğer bir biyokimyasal olay olan DHG-enzim aktivitesine ait min. ve mak. değerler; Çizelge-23'de görüldüğü gibi 14,4-274,0 $\times$ TPF/5 gr.k.toprak olarak tesbit edilmiştir. Bu bulgular birinci yıl sulama öncesi topraklarında belirlenen DHG-enzim

aktivitesi değerlerine oranla daha yüksek, aynı yılın sulama sonrası örneklerinde saptanan değerlere ise yakın miktarlardır. Aynı konu ile ilgili diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ise Müftüoğlu (1989) asit reaksiyonlu topraklarda bu enzim aktivitesinin 0-142,96 % TPF/5 gr.k.toprak sınırları arasında değiştiğini, Emiroğlu ve ark.(1986) ise alluvial topraklarda 28,10-95,86 % TPF/5 gr.k.toprak düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir. Verilen bu değerlerle kıyaslandığında araştırmada elde edilen değerlerin çok daha yüksek miktarlarda olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge-23'e ait mikrobiyolojik ve biyokimyasal bulguları daha iyi değerlendirebilmek ve borun organizma grupları üzerine toksik etkisini belirgin olarak gösterebilmek amacıyla Çizelge-24 oluşturulmuştur.

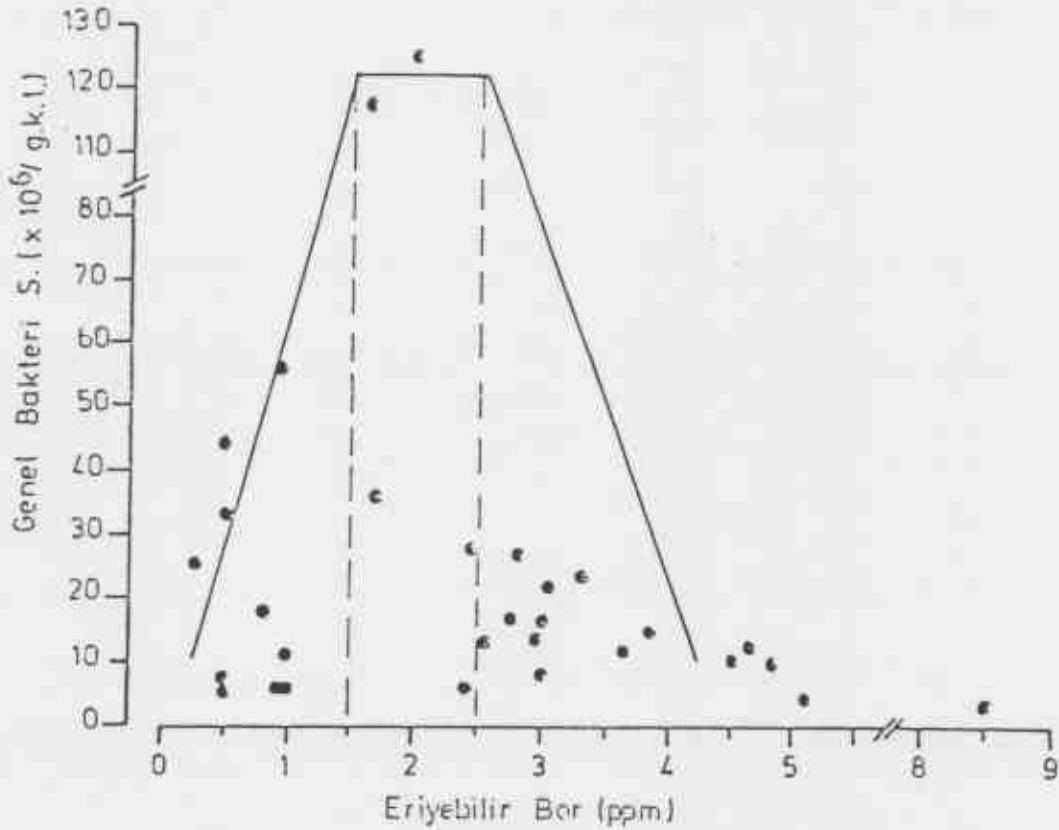
Çizelge-24..Çeşitli bor konsantrasyonlarında genel bakteri, aktinomyset ve mantar sayılarının toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	G.Bakteri $\times 10^6$ /g.k.t.		Aktinomyset $\times 10^5$ /g.k.t.		Mantar $\times 10^5$ /g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2.00	13	494.3	38.0	35.0	2.6	114.8	8.8
2.01 - 3.00	8	131.2	16.4	27.6	3.4	62.1	7.7
3.01 - 4.00	4	71.9	17.9	14.4	3.6	22.9	5.7
4.01 - 5.00	3	33.6	11.2	3.6	1.2	6.1	2.0
5.01 - 8.50	2	8.9	4.4	1.5	0.7	4.3	2.1

Bu çizelgedeki ortalama değerlere göre; genel bakteriler ve mantarların 2 ppm, aktinomysetlerin ise 4 ppm bor konsantrasyonundan sonra toksik etkiler görmeye başladıkları tesbit edilmiştir. Bor konsantrasyonu yükseldikçe gerek genel bakteri ve gerekse mantar sayılarında bir azalma saptanırken, aktinomysetlerde ise 3,01-4,00 ppm bor aralığına kadar bir artış, daha sonra ise sayılarında düşüşler ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge-24'de verilen 3 organizma grubunun bor konsantrasyonlarından etkileniş biçimleri incelendiğinde; birinci yıl toprak örneklerine ait analiz sonuçlarından farklı olarak bu toprak örneklerinde mantarların genel bakterilere benzer bir bor hassasiyeti gösterdikleri, aktinomysetlerin ise bora karşı daha toleranslı oldukları ortaya çıkmıştır. Benzer sonuçlar elde eden Naplekova ve Anikina (1970); bu durumu aktinomysetlerin, mantar ve genel bakterilere oranla daha fazla boru mikrobiel hücrelerinde fikse ettiğini ifade ederek açıklamaktadırlar.

İkinci yıl sulama sonrası toprak örneklerinde genel bakterilerin bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınır değerlerinin tesbit edilebilmesi için Çizelge-24'den yararlanılarak Şekil-38 oluşturulmuştur.

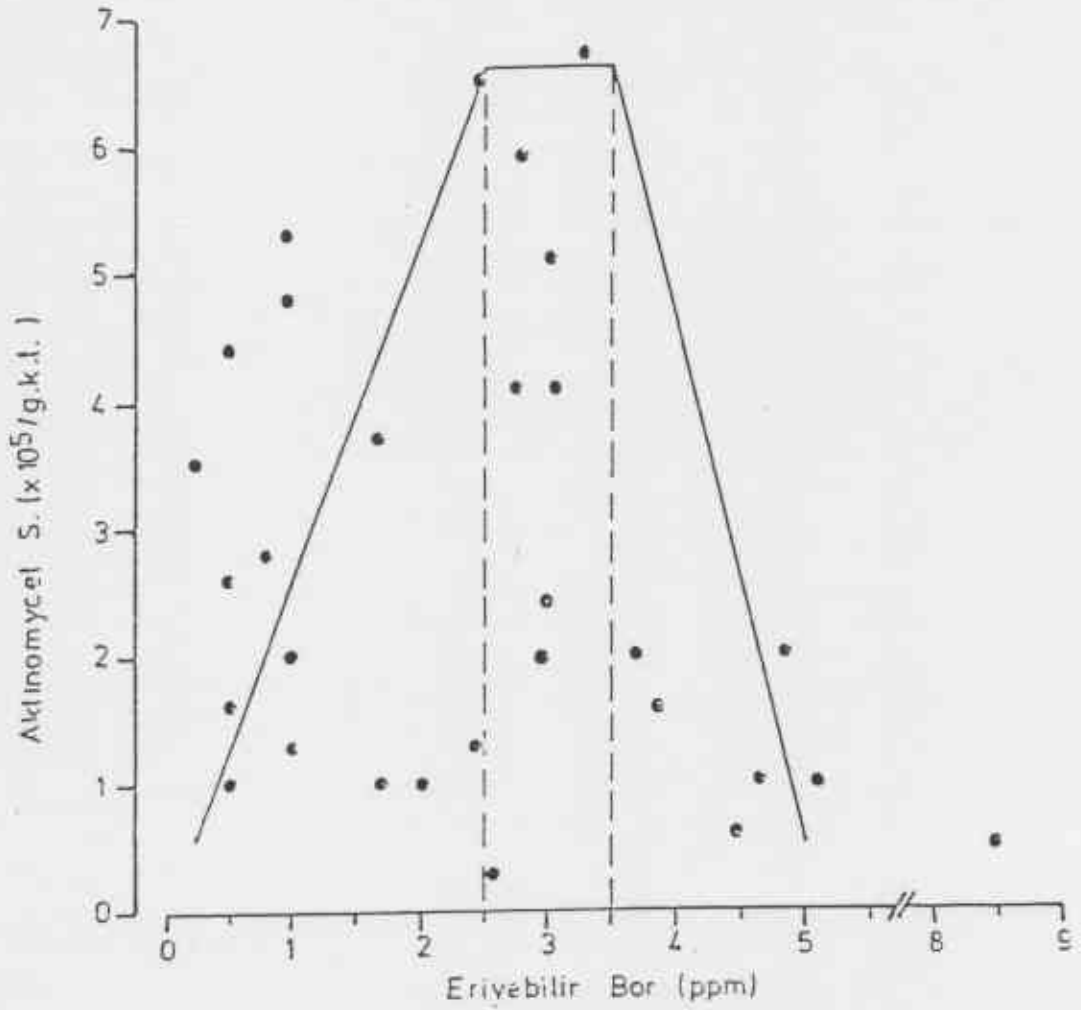


Şekil 38. Genel bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Şekil 37 incelendiğinde; genel bakterilerin 1,5-2,5 ppm bor aralığında optimum bir gelişim gösterdikleri, 2,5 ppm bor konsantrasyonundan sonra ise sayılarında azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Genel bakteriler ile bor arasındaki ilişkiyi inceleyen Lipman ve ark. (1910); % 2 oranında bor içeren kireç ile yapılan denemelerde magnez-yumsuz kombinasyonların bakteri sayılarında azalmalara neden olduğunu tesbit ederlerken, Çengel ve Özkara (1987)'da 0,468-0,485 ppm arasında bor içeren topraklarda genel bakteri sayılarının arttığını fakat 0,485 ppm bor düzeyinden sonra bu bakterilerin toksik olarak etkilendiklerini ortaya çıkarmışlardır. Bu araştırmada genel bakteriler için tesbit edilen optimum ve toksik bor düzeylerinin yukarıdaki araştırma bulgularından daha yüksek olmasının nedeni, bor probleminin süreklilik gösterdiği bu topraklarda büyük bir ihtimalle zaman içerisinde yavaş yavaş akümüle olan bora karşı genelde bütün organizmaların tolerans sınırlarının yükselmiş olabileceğidir.

Genel bakterilerle ilgili olarak 1. yıl sulama öncesi, sulama sonrası ve 2. yıl sulama sonrası örneklerinde tesbit edilen toksik bor düzeyleri sırası ile 3,00 ppm, 3,25 ppm ve 2,50 ppm olarak belirlenmiştir. Toksik bor düzeylerinin her üç alımda birbirlerinden az çok farklılıklar göstermesi; örnek alım zamanı ile toprak ve iklim koşullarına bağlanabilir. Aslında en düşük ile en yüksek bor düzeyi arasındaki farkın 0,75 ppm gibi 1 ppm'den daha düşük bir değer olması, toksik etkilenme sınırını büyük ölçüde değiştirmemektedir. Bundan dolayı genel bakterilere borun toksik sınırının 2,50-3,25 ppm arasında değiştiği belirlenmiş olmaktadır.

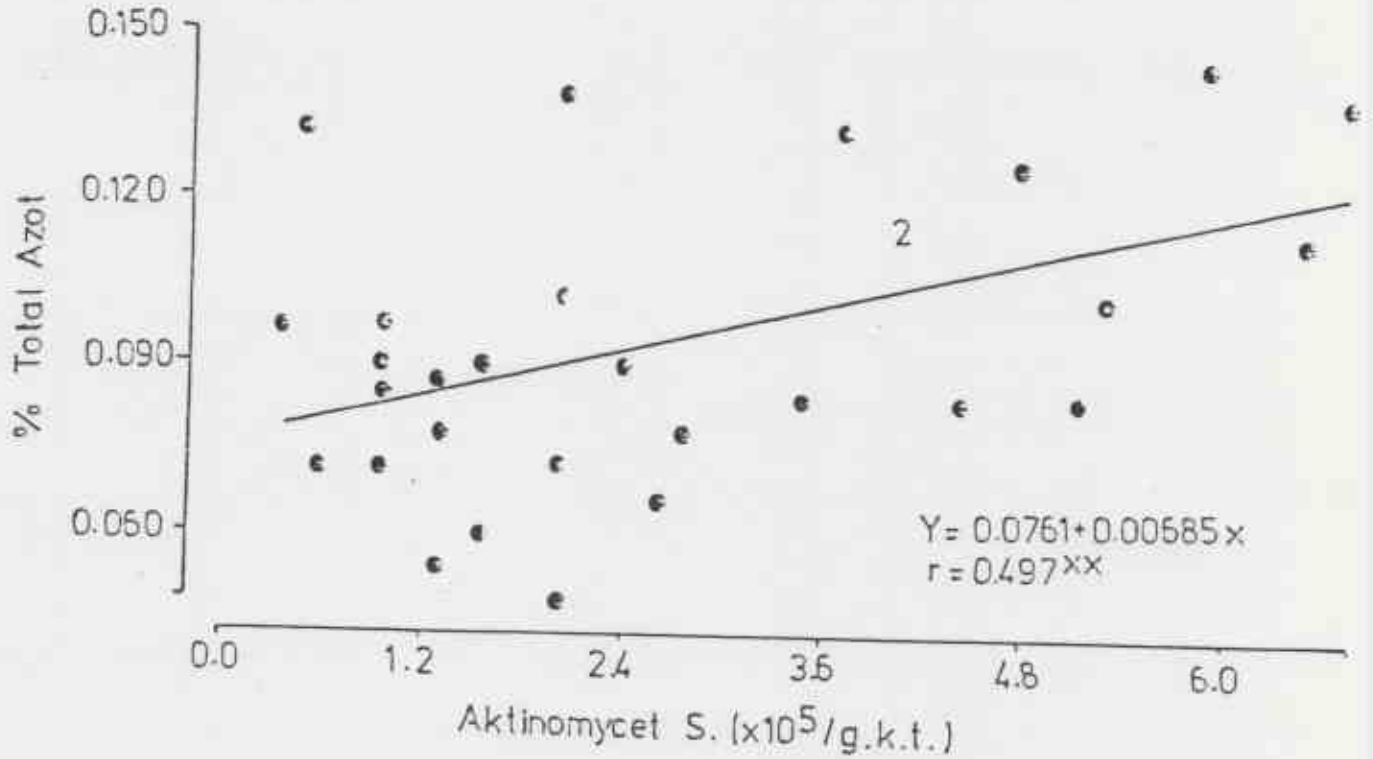
İkinci organizma grubu olarak incelenen aktinomyetlerin de bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınır değerlerinin belirlenmesi amacıyla oluşturulan Şekil-39 ele alındığında; bu organizmaların optimum gelişmeyi 2,5-3,5 ppm bor aralığında gösterdiği ve 3,5 ppm bor düzeyinden sonra da sayılarında gittikçe bir azalma meydana geldiği tesbit edilmiştir. Her üç alım zamanında da aktinomyetler için saptanan toksik bor düzeyinin 3,5 ppm olması, bu organizmaların bor toksisitesine karşı orta derecede hassas olduklarına açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 39. Aktinomycet sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

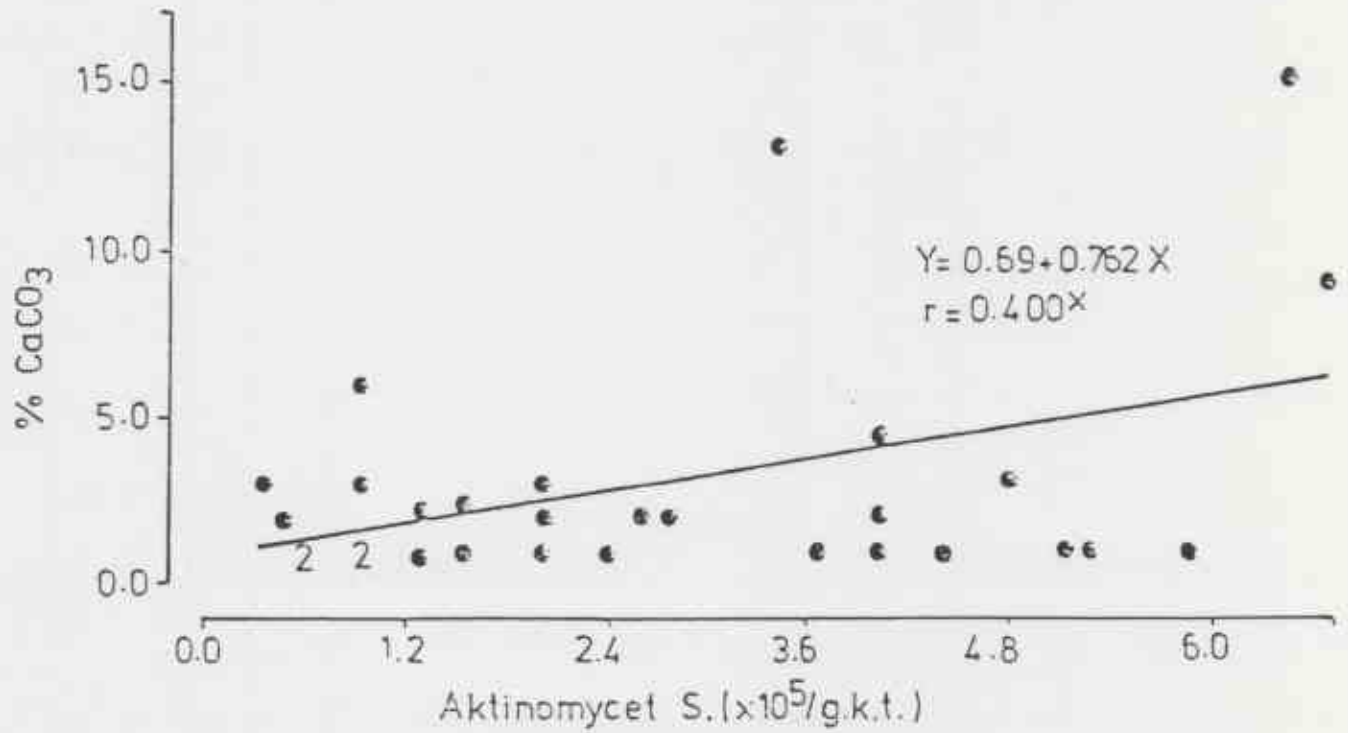
Heterotrof beslenme tipinde olmaları nedeniyle aktinomycetlerin toprak organik maddesiyle sıkı bir ilişkileri mevcuttur. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında istatistiki olarak ortaya çıkan bu ilişki, ikinci yıl sulama sonrası topraklarında da % 1 düzeyinde önemli ve pozitif bir ilişki olarak tesbit edilmiştir ($r = 0,500^{**}$). Bu istatistiki sonuca ait açıklama, benzer ilişki nedeniyle 5.2.1 başlığı altında Şekil 4'le ilgili olarak verildiği için ayrıca bir değerlendirmeye gerek duyulmamıştır.

Aktinomysetler fizyolojileri için gerekli karbonu organik maddelerden sağlarlarken, mineral azot ihtiyaçlarını da genellikle topraktaki amonyum tuzlarından ve nitratlardan karşırlar (Borges ve Raw, 1967). Bu nedenle toprağın azot içeriği, aktinomysetlerin gelişim ve oğalmalarında önemli bir faktördür. Araştırmada incelenen toprakların azot miktarları ile aktinomysetler arasında da yapılan istatistikii analizler sonucu % 1 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,479^{**}$) elde edilmesi; bu önemli ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır (şekil 40). Ayrıca toprağın C/N oranını etkilemesinden dolayı topraktaki azot miktarının bu organizmaların organik maddeyi ayrıştırma işlevlerini pozitif olarak yönlendirdikleri de çeşitli araştırıcılar tarafından bildirilmiştir (Müller, 1965; Saatçı ve ark., 1971).



şekil 40. Toprakların azot içeriği ile aktinomyset sayıları arasındaki ilişki.

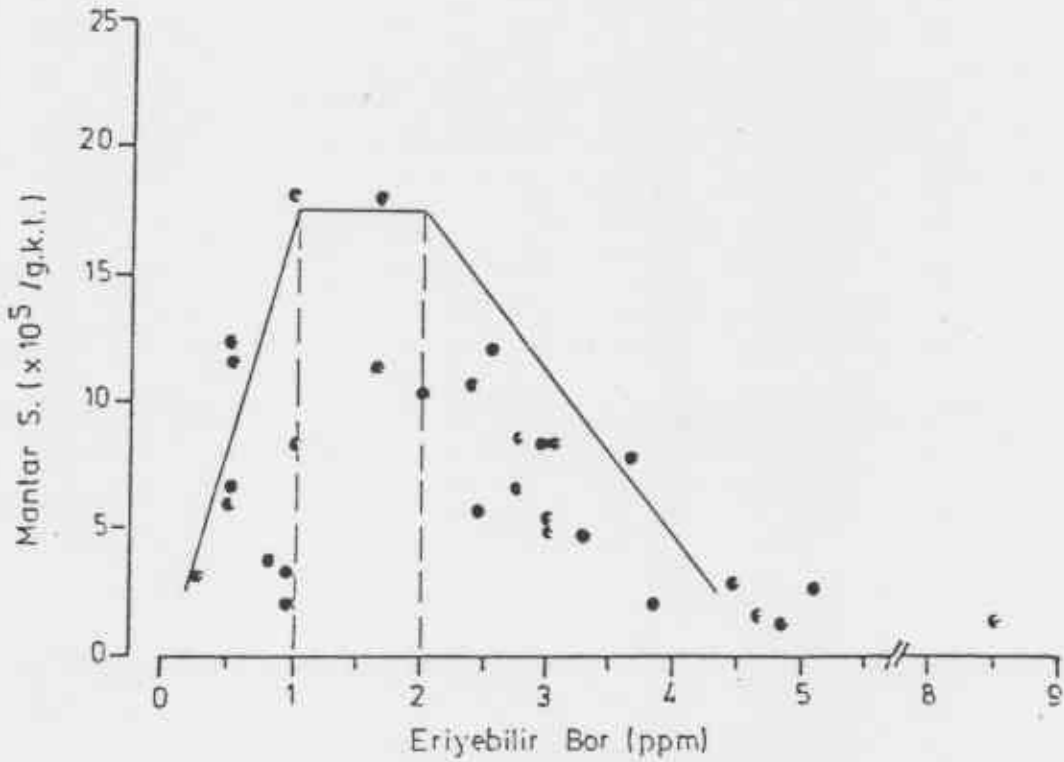
Aktinomysetlerin topraktaki fiziksel özelliklerden biri olan CaCO_3 miktarı ile de ilişkili olduğu, yapılan istatistikî analiz sonucu % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişkinin elde edilmesiyle ortaya çıkmıştır (Şekil 41). Toprakta yüksek düzeylerde bulunan boru adsorbe edebilmesi (Hanna ve Purvis, 1941; Gupta ve Macleod, 1981), ayrıca aktinomysetler için gerekli bir besin maddesi olması (Surges ve Raw, 1967) nedeniyle CaCO_3 'ın bu organizmalar üzerine olumlu etkiler yaptığı açıktır. Diğer yandan toprakta yeterli düzeyde bulunan CaCO_3 kapsamının, aktinomysetlerin yaşamları için gerekli olan optimum pH isteklerinin karşılanmasında rol oynaması (Thimann, 1955) da bu istatistikî ilişkiyi ortaya çıkaran bir diğer faktördür.



Şekil 41. Toprakların CaCO_3 içeriği ile aktinomyset sayıları arasındaki ilişki.

Araştırma topraklarında genel bakteri ve aktinomysetlerden sonra incelenen mikroorganizma grubu olan mantarların optimum ve toksik bor

düzeylerini saptamak amacıyla Çizelge-23 değerlerinden yararlanılarak oluşturulan Şekil 42 incelendiğinde; bu organizmaların 1-2 ppm bor aralığında optimum bir gelişmeye sahip oldukları ve 2 ppm bor konsantrasyonundan sonra da toksik etkiler gördüğü tesbit edilmiştir.

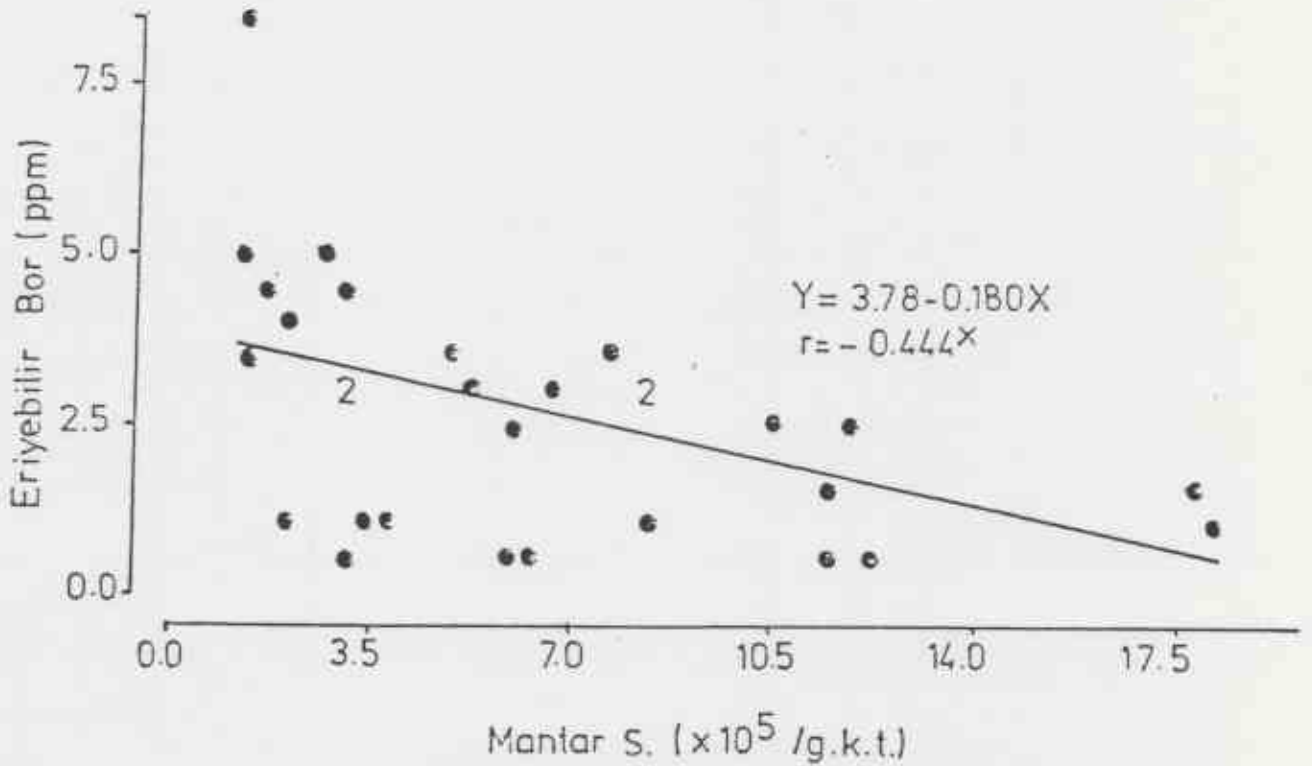


Şekil 42. Mantar sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Mantarlarda toksik etki sınırınının 1.yilde alınan örneklerle nazaran 2. yilde daha düşük ortaya çıkmasında başta mantar organizma grubunu olumsuz etkileyen çevre koşullarının rol oynamış olması mümkündür. Çünkü misel ve sporlarıyla üreyen bu mikroorganizma grubu özellikle misel halinde toprakta bulunduğu dönemlerde; çevre koşullarına karşı daha hassas olmaktadır. Oysa spor halinde bulundukları zaman ise olumsuz çevre koşullarına daha dayanıklıdır. Beck (1968); mantar sayılarının toprakta hızlı bir şekilde azalmasında etkili olan faktörleri;

organik madde ve mineral madde miktarı, toprak reaksiyonu, nem, havalandırma durumu, sıcaklık ve bitki örtüsü şeklinde sıralamıştır. Özellikle toprak rutubeti ile mantar sayıları arasında sıkı bir ilişkinin bulunması, sıcak yaz aylarında bu organizma sayılarının azalması ile açıkça ortaya çıkmaktadır (Beck, 1968). İşte bu nedenlerle 2. yıl sulama sonrası topraklarında çevre koşullarının mantarların yaşamlarını olumsuz etkilemesi, bor toksisitesinin daha düşük bir düzeyde ortaya çıkmasını sağlamış olabilir.

Mantarların 2.yıl sulama sonrası toprak örneklerinde bor konsantrasyonlarından bu olumsuz etkilenişi, yapılan istatistikî analizler sonucu da ortaya çıkmıştır. Eriyebilir bor konsantrasyonları ile mantar sayıları arasında % 5 düzeyinde önemli negatif bir ilişki ($r = -0,444^*$) tesbit edilmiş olup, bu değişkenlere ait grafik Şekil 43'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi eriyebilir bor konsantrasyonlarındaki yükselme, mantar sayılarında gittikçe bir azalışa neden olmaktadır.



Şekil 43. Toprakların eriyebilir bor miktarları ile mantar sayıları arasındaki ilişki.

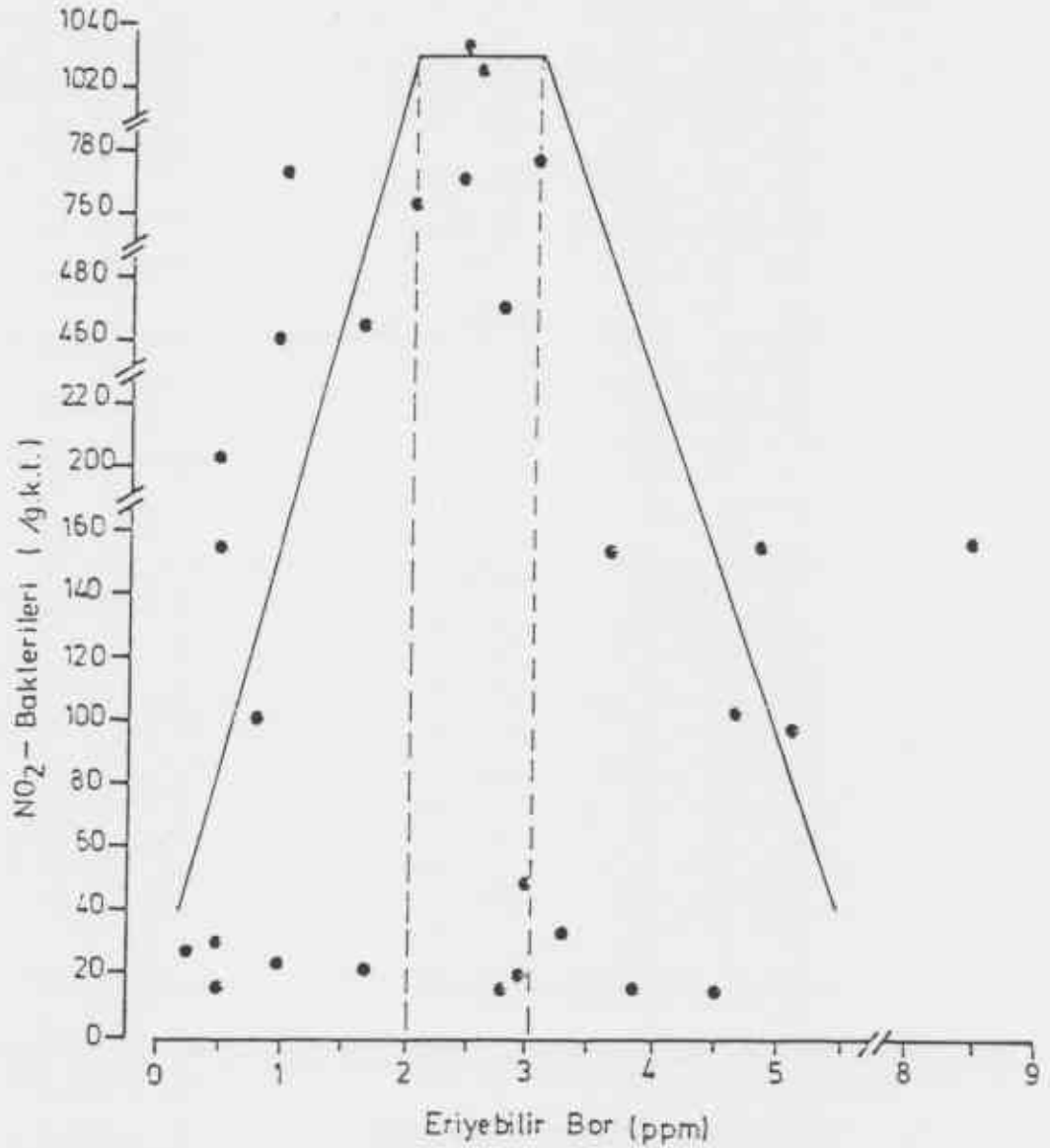
İkinci yıl örneklerinde, nitrifikasyon bakterilerinin bor konsantrasyonları karşısındaki etkilenişlerini ortaya koymak amacıyla hazırlanan Çizelge-25'de ise çeşitli bor aralığına sahip toprak örneklerinde saptanan toplam ve ortalama sayısal değerler verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde; gerek nitrit ve gerekse nitrat bakterilerinin 2.01-3.00 ppm bor konsantrasyonlarına sahip örneklerde en yüksek ortalama değerlere ulaştığı ve 3.00 ppm bor düzeyinden sonra da her iki bakteri grubunun sayılarında, bor konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak bir azalma olduğu tesbit edilmiştir. Bu konu ile ilgili ülkemizde çalışmalar yapan çeşitli araştırmacılar nitrifikasyon bakterilerinin bor karşısındaki durumunu incelemişlerdir. Çengel ve Özkara (1987) böyle bir araştırmada; nitrifikasyon bakterilerinin bütün bor seviyelerinden (0,468-0,485 ppm) olumsuz etkilendiklerini ve bora karşı önemli ölçüde hassas olduklarını tesbit ederlerken; Başar (1988) 0,5 ppm eriyebilir bor düzeyine kadar aktive olan N-mineralizasyonunun, bu düzeyden sonra azalmaya başladığını saptamıştır.

Çizelge-25. Çeşitli bor konsantrasyonlarında nitrit ve nitrat bakterilerinin toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	NO ₂ -Bakt. /g.k.t.		NO ₃ -Bakt. /g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2.00	13	3036	233.5	715	55.0
2.01 - 3.00	8	3384	423.0	634	79.2
3.01 - 4.00	4	978	244.5	300	75.0
4.01 - 5.00	3	274	91.3	186	62.0
5.01 - 8.50	2	255	127.5	42	21.0

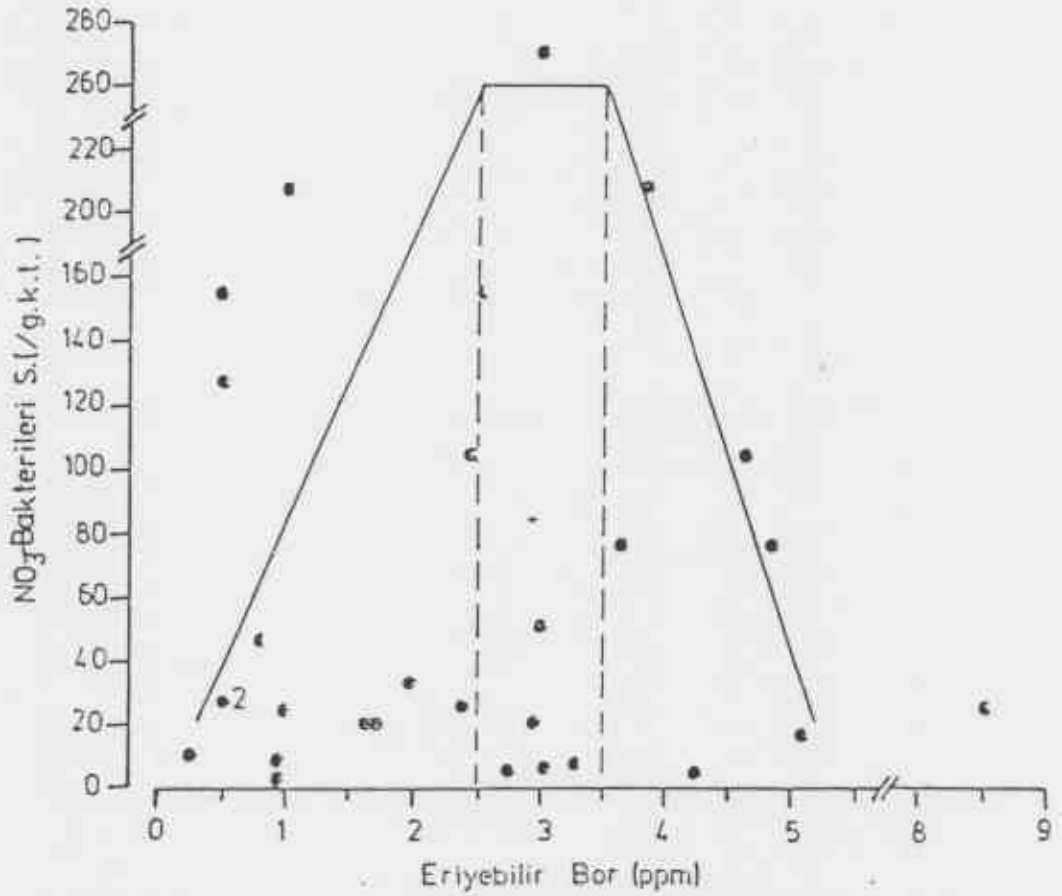
Nitrifikasyon bakterilerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri en iyi gelişim ile etkilendikleri toksik bor düzeyini daha açık bir şekilde tesbit edebilmek için; Çizelge-23 değerlerinden yararlanılarak Şekil 44 ve 45 oluşturulmuştur. Nitrit bakterilerine ait şekil incelendiğinde (Şekil 44); bu organizmaların Çizelge-25'e

benzer şekilde 2-3 ppm bor aralığında optimum gelişmeyi gösterdikleri ve 3 ppm bor düzeyinden sonra ise sayılarında azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Bu bakterilere ait toksik bor düzeyinin birinci yıl sulama öncesi topraklarında 2,75 ppm; sulama sonrası topraklarında 3,25 ve ikinci yıl örneklerinde de 3 ppm olarak saptanması; nitrit bakterilerinin ortalama olarak 3 ppm bor düzeyinden sonra toksik olarak etkilendiklerini göstermektedir.



Şekil 44. Nitrit bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

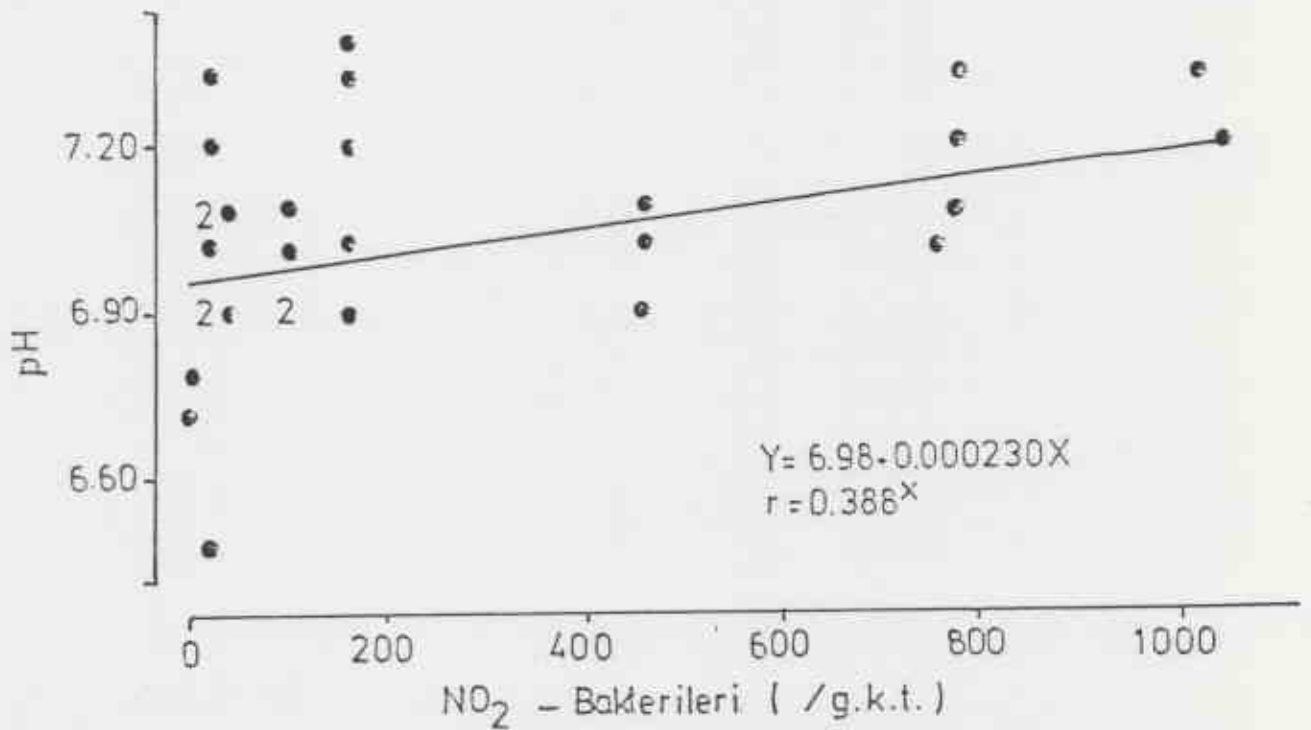
Nitrat bakterilerinin bor konsantrasyonlarına bağılı olarak gösterdikleri dağılımı veren Şekil 45 ele alındığında ise; bu bakterilerin Çizelge-25'deki durumdan biraz farklı olarak 2,5-3,5 ppm bor aralığında en iyi gelişime sahip oldukları ve toksik olarak etkilenmeye başladıkları bor düzeyinin ise 3,5 ppm bor olduğu tesbit edilmiştir. Birinci ve ikinci yıl alınan tüm örneklerde de nitrat bakterileri için toksik olan bor düzeyinin 3,5 ppm olarak saptanması, bu bakterilerin nitrit bakterilerine oranla yaklaşık 0,5 ppm'lik bir farkla yüksek bor düzeylerini biraz daha fazla tolere edebildiklerini ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 45. Nitrat bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

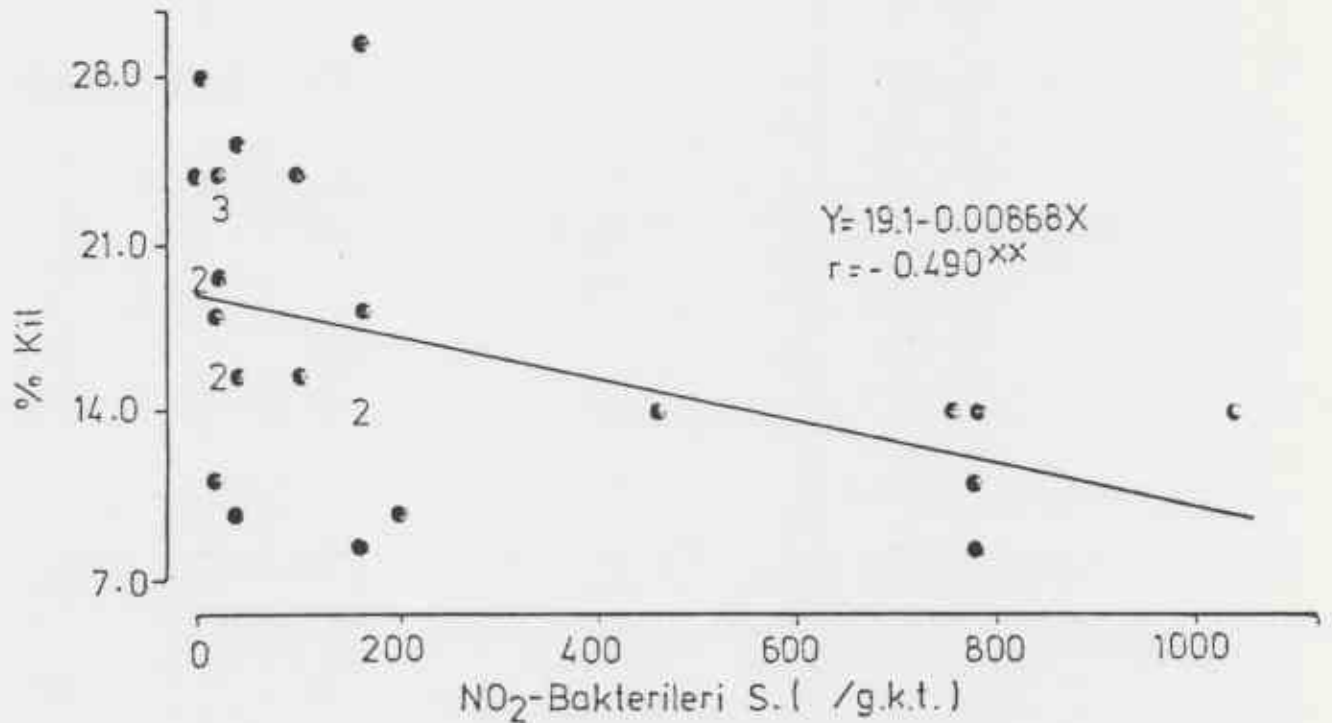
Nitrifikasyon bakterilerinin araştırma topraklarında incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerle olan istatistikî ilişkileri de incelenmiş ve sonuçta nitrit bakterileri ile toprak reaksiyonu ve % kil kapsamı arasında çeşitli ilişkiler ortaya çıkarılmıştır.

Nitrit bakterileri ile toprak reaksiyonu arasında % 5 düzeyinde önemli ve pozitif olarak tesbit edilen ilişkiye ait korelasyon katsayısı ($r = 0,388^x$), regresyon denklemi ve doğrusu Şekil 46'da gösterilmiştir. Şekildeki pH-nitrit bakterileri ilişkisi, araştırılmış topraklara ait pH düzeylerinin NO_2^- bakterilerinin pH isteklerine uygun olması ile açıklanabilir. Nitrosomonas için optimum pH düzeyinin 8,5-8,8 arasında sepienmesi de (Mulder ve ark., 1969) bu istatistiksel ilişkiyi desteklemektedir. Ayrıca pH 7'nin altına düştüğünde zaman nitrifikasyon hızının azaldığı, pH 5'de ise çok yavaşladığı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Thimann, 1955).



Şekil 46. Toprak reaksiyonu ile nitrit bakterileri arasındaki ilişki.

Nitrifikasyon bakterilerinin kötü toprak koşullarına çok hassas olmaları, nitrit bakterileri ile % kil kapsamı arasında testit edilen % 1 düzeyinde önemli, negatif bir ilişki ile istatistiksel olarak da doğrulanmıştır. Korelasyon katsayısı $r = -0,490^{**}$ olan (Şekil 47) bu ilişkiye göre; artan % kil kapsamı karşısında NO_2^- bakteri sayılarında bir düşüş meydana gelmektedir. Kil miktarı ile nitrit bakterileri arasındaki negatif ilişki, bu organizma grubunun obligat aerob olması ile net bir şekilde açıklanabilir. Bu konuyla ilgili bir araştırmada da Amer ve Bartholomew (1951); temelde bir oksidasyon olayı olan nitrifikasyonun ortamdaki oksijen miktarına bağlı olarak gerçekleştiğini; oksijen miktarı azaldıkça bu olayın intensitesinin de düştüğünü saptamışlardır. Oksijen sadece bu bakterilerin nitrifikasyon olayını yürütmesi için değil, aynı zamanda oksijene çok bağımlı olmaları nedeniyle yaşamları için de gereklidir. Topraktaki oksijen miktarı veya havalandırma üzerine tekstürün ve strüktürün direk etkisinden dolayı bu organizmalar ile % kil miktarı arasında böyle negatif bir ilişkinin çıktığını söylemek mümkündür.



Şekil 47. Toprakların % kil kapsamı ile nitrit bakteri sayıları arasındaki ilişki.

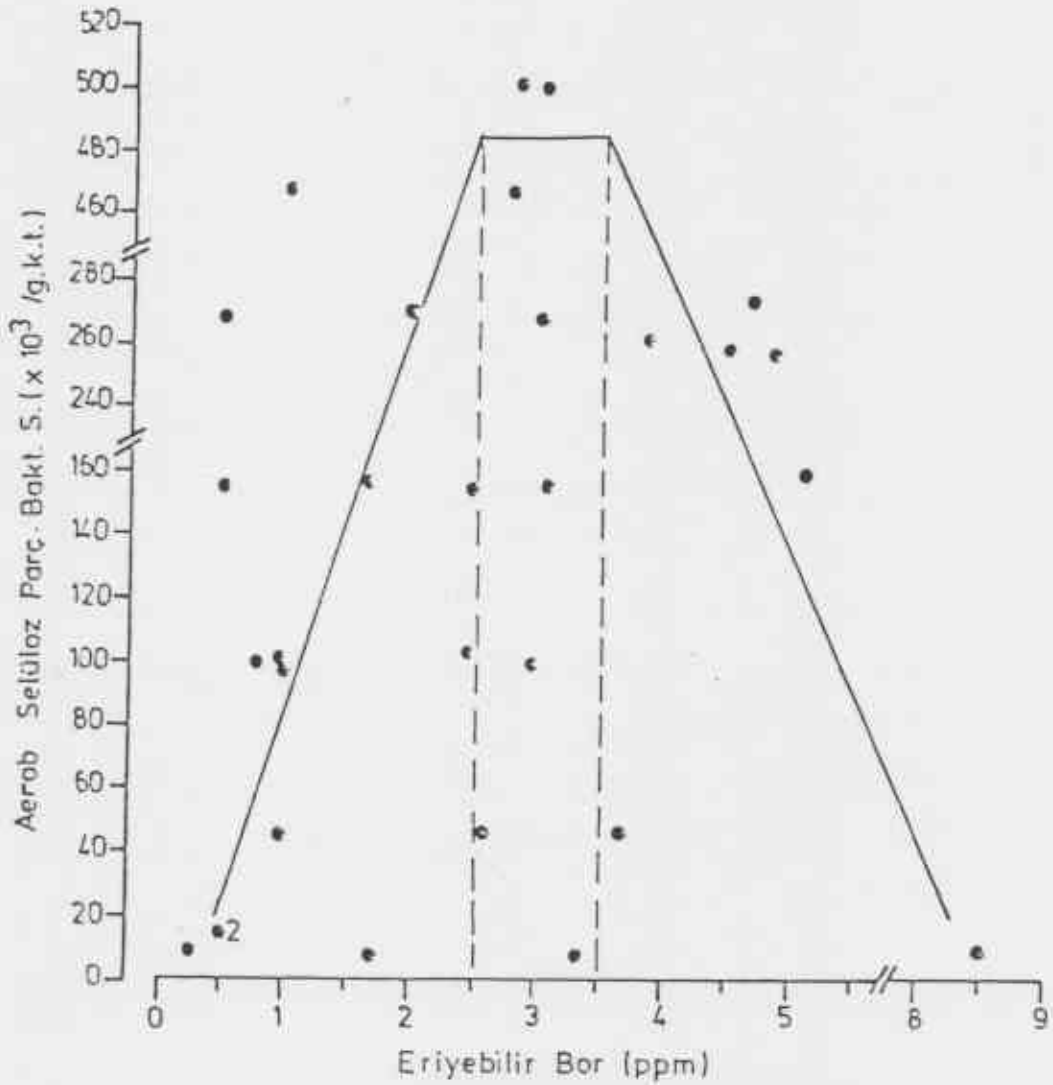
Toprakların önemli heterotrofik gruplarından biri olan aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin 2. yıl sulama sonrası topraklarında eriyebilir bor konsantrasyonları karşısındaki etkilenişlerini ortaya koyabilmek amacıyla hazırlanan Çizelge-26'da mevcut ilişkileri nedeniyle örneklerin ortalama organik madde içerikleri, total azot yüzdeleri ve pH değerlerine de yer verilmiştir.

Çizelge-26. Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların organik madde, N_t ve pH değerlerine bağlı olarak aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	Aerob Sel.Far.Bak. $\times 10^3$ /g.k.t.		Örneklerin Örneklerin		Örneklerin
		Topl.	Ort.	Org.Mad. Ort. (%)	% N_t Ort.	pH Ort.
< 2.00	13	1715.1	131.9	1.42	0.087	7.0
2.01 - 3.00	8	2153.3	269.1	1.60	0.104	7.0
3.01 - 4.00	4	470.9	117.7	1.53	0.098	7.1
4.01 - 5.00	3	790.1	263.3	1.08	0.080	7.1
5.01 - 6.50	2	165.7	84.8	1.46	0.115	6.9

Çizelge-26 incelendiğinde aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin gerek toplam ve gerekse ortalama değerlerde en fazla sayımlara 2.01-3.00 ppm bor aralığındaki örneklerde ulaştığı tesbit edilmiştir. Bor konsantrasyonları yükseldikçe bu bakterilere ait sayısal değerlerde düzensiz bir azalma ortaya çıkmıştır. Aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin en yüksek sayısal değerleri verdiği örneklerin ortalama organik madde içeriklerinin de % 1.60 gibi diğer değerlere oranla yüksek bir düzeyde olduğu tesbit edilmiştir. Heteretrof canlılar olmaları nedeniyle organik madde miktarındaki artışların bu bakterileri olumlu yönde etkilediği Çengel ve Yeşaroğlu (1987)'nin yaptıkları bir çalışma ile de tesbit edilmiş ve aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayılarının taniğa oranla torfta 2, samanda 9, yoncada ise 1,5 kat arttığı ortaya çıkarılmıştır.

Yine aynı çizelgede (Çizelge-25) aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin en yüksek sayısal değerlere sahip olduğu örneklere ait ortalama total azot miktarının % 0.104 ve ortalama pH değerinin de 7.0 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar 2. yıl sulama sonrası topraklarında aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin aktivasyonunda yüksek azot içeriğinin ve nötral pH koşullarının da etkili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 4B. Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Söz konusu bakterilerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak optimum ve toksik etki sınır değerlerini belirlemek amacıyla Çizelge-23 değerlerinden yararlanılarak hazırlanan Şekil 4B incelendiğinde;

selüloz üzerinde aktif aerob yaşamlı bu bakterilerin 2,5-3,5 ppm bor aralığında en yüksek değerlere ulaştığı ve 3,5 ppm bordan itibaren de toksik etki görmeye başladığı sepienmiştir. Araştırma topraklarını oluşturan 3 grup toprak örneklerinde de bu bakterilere ait toksik bor düzeyinin 3,5 ppm olarak belirlenmesi; aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin topraktaki bakteri grupları arasında, bora orta derecede hassas bir organizma grubu olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Araştırma topraklarında incelenen son bakteri grubu olan azotobakterlerin ikinci yıl sulama sonrası örneklerinde bor konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri değişimler Çizelge-27'de sunulmuştur. Bu çizelgede aynı zamanda azotobakterleri etkileyen toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinden ortalama pH değerleri; % organik madde ve % kil içeriklerine de yer verilmiştir.

Çizelge-27. Çeşitli bor konsantrasyonlarında toprakların pH, organik madde ve kil değerlerine bağlı olarak azotobakter sayıları

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	Azotobakter (/gr.k.t.)		Örneklerin		
		Topl.	Ort.	pH Ort.	Örneklerin Örg.Md.Ort. (%)	Örneklerin % kil Ort.
< 2.00	13	4758	366.0	7.0	1.42	15.53
2.01 - 3.00	8	4238	529.7	7.0	1.60	17.84
3.01 - 4.00	4	7267	1816.7	7.1	1.53	15.34
4.01 - 5.00	3	1836	612.0	7.1	1.08	16.50
5.01 - 8.50	2	415	207.5	6.9	1.46	23.84

Çizelge-27 ilk önce azotobakterlerin çeşitli bor konsantrasyonlarında gösterdikleri ortalama sayısal değerler açısından incelendiğinde; 3.01-4.00 ppm bor aralığına kadar bu bakteri sayılarının devamlı bir artış içinde olduğu, 4.00 ppm bor düzeyinden sonra ise sayılarında bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Topraklarda istekleri en çok olan organizma grubu olarak bilinen azotobakterlerin, bu araştırmanın 1. ve 2. yıl toprak örneklerinden elde edilmiş sonuçlarına göre bakteriler içerisinde bor konsantrasyonlarına karşı en toleranslı grup

oldukları ortaya çıkmıştır. Azotobakterler üzerinde bunun bu uyarıcı etkisi; yapılan birçok araştırma sonucu da tesbit edilmiştir. (Jordan ve Anderson, 1950; Gerretsen ve Hoop, 1954; Anderson ve Jordan, 1961; Singh ve Pathak, 1962; Postgate, 1971; Çengel ve Özkara, 1987).

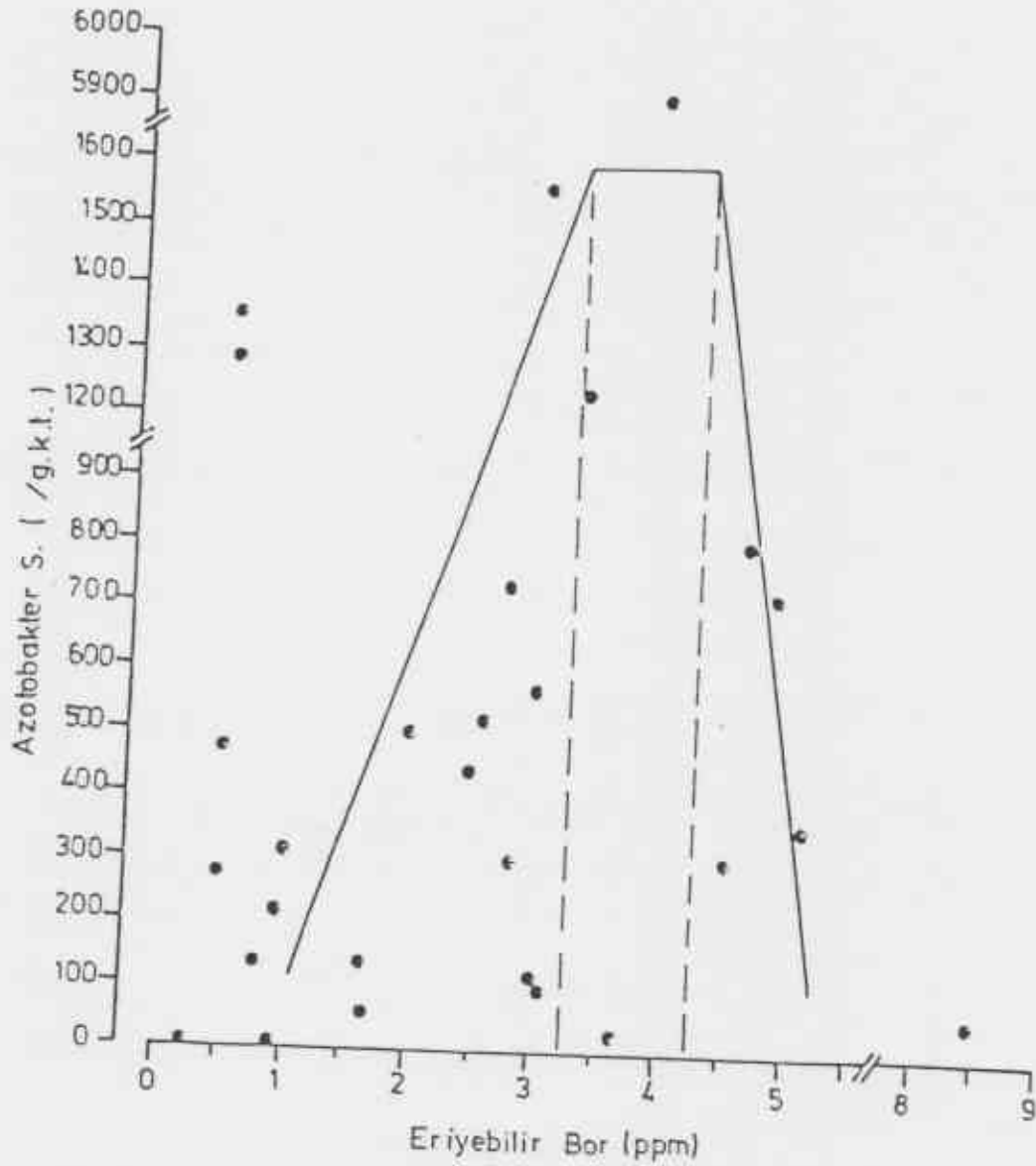
Çizelge-27 örneklerin pH ortalamaları açısından incelendiğinde; tüm pH ortalama değerlerinin Azotobakterlerin optimum gelişimleri için tesbit edilen 6,8-8 pH (Çengel ve Gür, 1986) arasında olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yine aynı çizelgede (Çizelge-27) azotobakterlerin en yüksek ortalama değerlere sahip olduğu 3.01-4.00 ppm bor düzeylerinde, örneklerin organik madde içeriklerinin diğer örneklerin ortalama değerlerine oranla daha yüksek olan iki değerden birisi (% 1.53) olduğu görülmektedir. Heterotrof organizma-organik madde ilişkisi nedeniyle bu bakterilerin aktivasyonunda önemli derecede rol oynayan faktörlerden birisinin de toprağın organik madde içeriği olduğu, bu araştırma bulgularında bir kez daha belirlenmiştir.

Çizelge-27'de örneklerin % kil ortalamaları ele alındığında ise; azotobakterlerin en fazla sayısal değerler gösterdiği örneklerin % kil içeriklerinin ortalama % 15.34 olduğu görülmektedir. Diğer örneklerin ortalamalarına oranla en düşük değer olan bu miktarın, azotobakterlerin aktivasyonunda etkili olmasına yetecek yükseklikte olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre İdenek ve Çengel (1979)'in bildirdiği azotobakterler üzerine küçük çaplı partiküllerin olumlu etkisinin bu araştırma topraklarında bir kez daha ortaya çıktığını söylemek mümkündür. Ayrıca bu durum sadece kil % si değil, organik madde ve pH gibi azotobakterleri yakından ilgilendiren çevre faktörlerinin birlikte organizma aktivasyonunu desteklemesinin bir sonucudur.

Söz konusu bakterilerin topraktaki bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınır değerlerinin daha belirgin ortaya konabilmesi açısından Çizelge-23 bulgularından yararlanılarak oluşturulan Şekil 49 ele alındığında; azotobakterlerin 3,25-4,25 ppm bor aralığında optimum gelişmeyi gösterdiği ve 4,25 ppm bor düzeyinden sonra da sayılarında gittikçe bir azalma olduğu tesbit edilmiştir.

Her üç toprak grubunda azotobakterler için saptanan toksik bor düzeyleri sırası ile 4.80 ppm, 5.00 ppm ve 4.25 ppm olarak belirlenmişlerdir. Buna göre bu bakterilerin bora karşı en toleranslı organizmalar olarak 4.25-5.00 ppm bor sınır değerlerine kadar bordan toksik olarak etkilanmedikleri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 49. Azotobakter sayıları üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

İkinci yıl sulama sonrası topraklarında incelenen mikroorganizma gruplarının bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınır değerlerinin belirlenmesi için oluşturulmuş şekillerden elde edilen değerler kıyaslandığında; bor toksisitesine olan hassasiyetleri bakımından mikroorganizmalar aşağıdaki şekilde bir sıra oluşturmuşlardır :

Ment. > G.B. > Nitrit-B. > Nitrat-B. = Se.F.B. = Akt. > AzB.

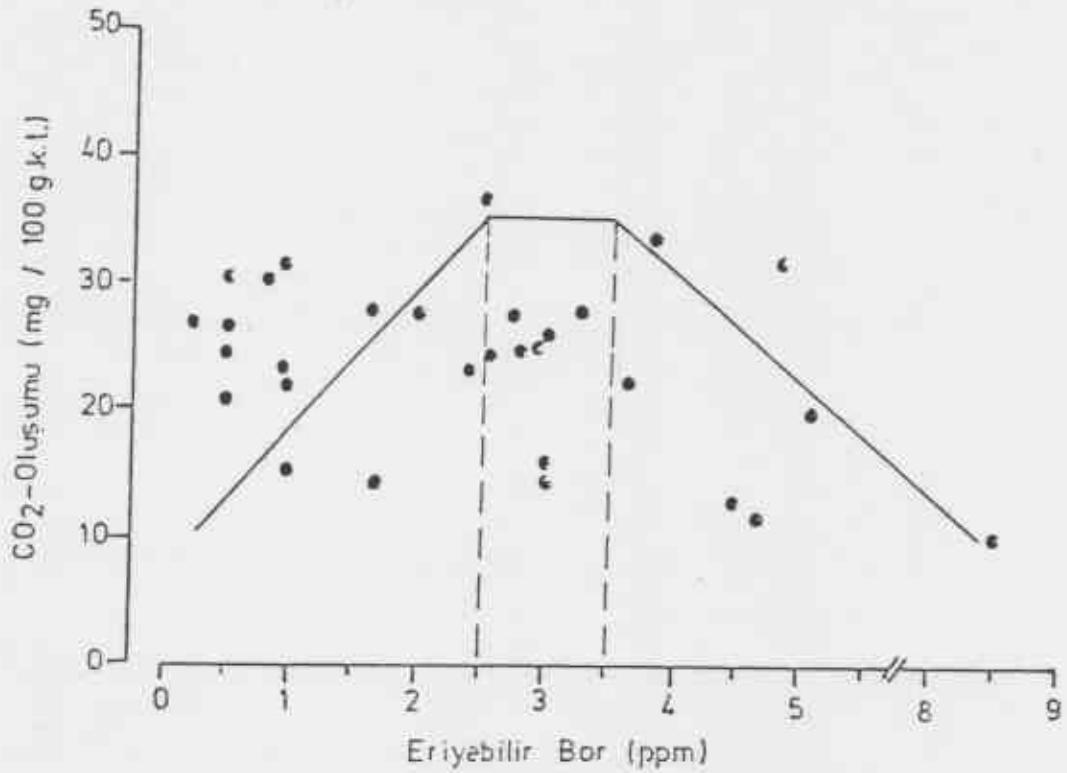
Bu sonuçlara göre mantarların daha önce tesbit edilen sıralamalardaki yerinin değişerek bu topraklarda bora en hassas organizma grubu olarak belirlendiği; azotobakterlerin de diğer sıralamalarda olduğu gibi yine bora en toleranslı organizma grubu olduğu ortaya çıkmıştır.

İkinci yıl toprak örneklerinde iki önemli biyolojik genel aktivite olan CO_2 - oluşumu ve DHG-enzim aktiviteleri ile ilgili değerlerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak incelenmesi sonucu oluşturulan Çizelge-28'e alındığında, CO_2 -oluşumunun 3,01-4,00 ppm; DHG-enzim aktivitesinin ise 2,01-3,00 ppm bor aralığında en yüksek ortalama sayısal değerleri verdiği belirlenmiştir. Her iki biyolojik aktivite de bu sınır değerlerinin üstündeki bor konsantrasyonlarında gittikçe azalan bir sayısal değişim göstermişlerdir.

Çizelge-28. Çeşitli bor konsantrasyonlarında CO_2 - oluşumu ve DHG-enzim aktivitesinin toplam ve ortalama değerleri

Bor Konsantrasyonları (ppm)	Örnek Sayısı	CO_2 - Oluşumu mg/100 g.k.t.		DHG-Enzim Akt. % TPF/5 g.k.t.	
		Topl.	Ort.	Topl.	Ort.
< 2.00	13	325.83	25.06	844.3	64.9
2.01 - 3.00	8	188.08	23.51	1094.5	136.8
3.01 - 4.00	4	110.02	27.50	508.1	127.0
4.01 - 5.00	3	56.02	18.67	327.3	109.1
5.01 - 8.50	2	30.13	15.06	143.2	71.6

CO₂- oluşumunun bor konsantrasyonlarına karşı olan optimum ve toksik etki sınır değerlerini daha açık bir şekilde görebilmek amacıyla Çizelge-23 değerleri kullanılarak Şekil 50 oluşturulmuştur. Bu şekle göre CO₂- oluşumunun 2.5 ppm bor konsantrasyonuna kadar yükseldiği, 2,5-3,5 ppm bor aralığında en yüksek sayısal değerleri gösterdiği ve 3.5 ppm bor düzeyinden sonra ise toksik etki gördüğü ortaya çıkmaktadır.

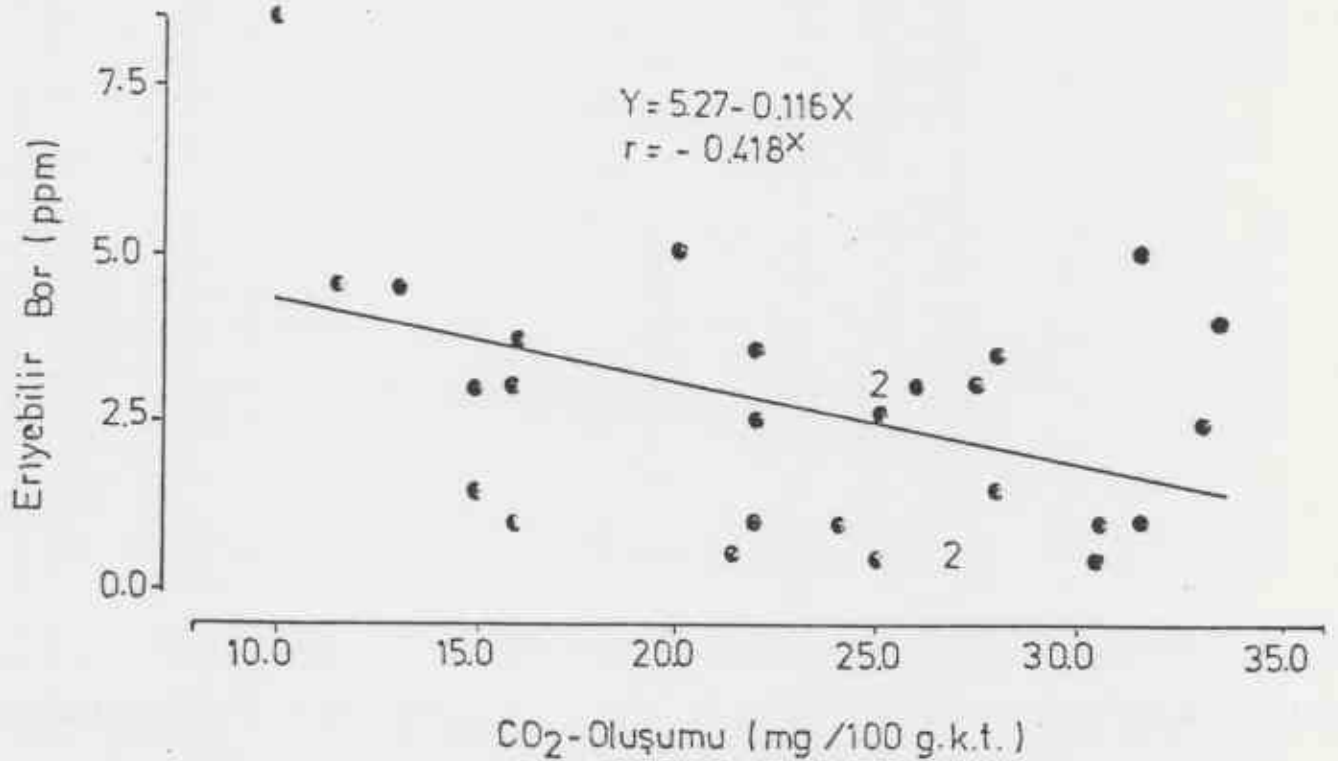


Şekil 50. CO₂- oluşumu üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Araştırma topraklarına ait her üç toprak grubunda CO₂- oluşumu için tesbit edilen toksik bor düzeylerinin sırası ile 3.30-3.50 ve yine 3.50 ppm değerlerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Buna göre heterotrof organizma gruplarının işlevleri sonucu ortaya çıkan CO₂- oluşumu üzerine borun toksik sınır değerlerinin 3.30-3.50 ppm arasında değiştiği bu araştırma sonucu belirlenmiştir. CO₂- oluşumu ile bor elementi

arasındaki ilişkiler; 1.yıla ait sonuçların değerlendirildiği 5.2.1 ve 5.2.2 başlıkları altında değişik kaynakların (Gerretsen ve Hoop 1954; Günther ve Meschkat, 1955; Anderson ve Jordan, 1961) bulguları ile kıyaslanarak tartışıldığından, burada ayrıca bir tartışmaya gerek duyulmamış, ilgili literatürler verilmekle yetinilmiştir.

CO₂- oluşumunun bor konsantrasyonlarından etkileniş durumu istatistiki olarak da incelenmiş ve analizler sonucu bu iki değişken arasında % 5 düzeyinde önemli negatif bir ilişki saptanmıştır. Korelasyon katsayısı $r = -0.418^*$ olan bu ilişkiye ait regresyon denklemi ve doğrusu Şekil 51'de verilmiştir. Şekilden açıkça görüldüğü gibi artan eriyebilir bor konsantrasyonları karşısında biyolojik olarak ortaya çıkan CO₂- miktarlarında bir azalma meydana gelmektedir.

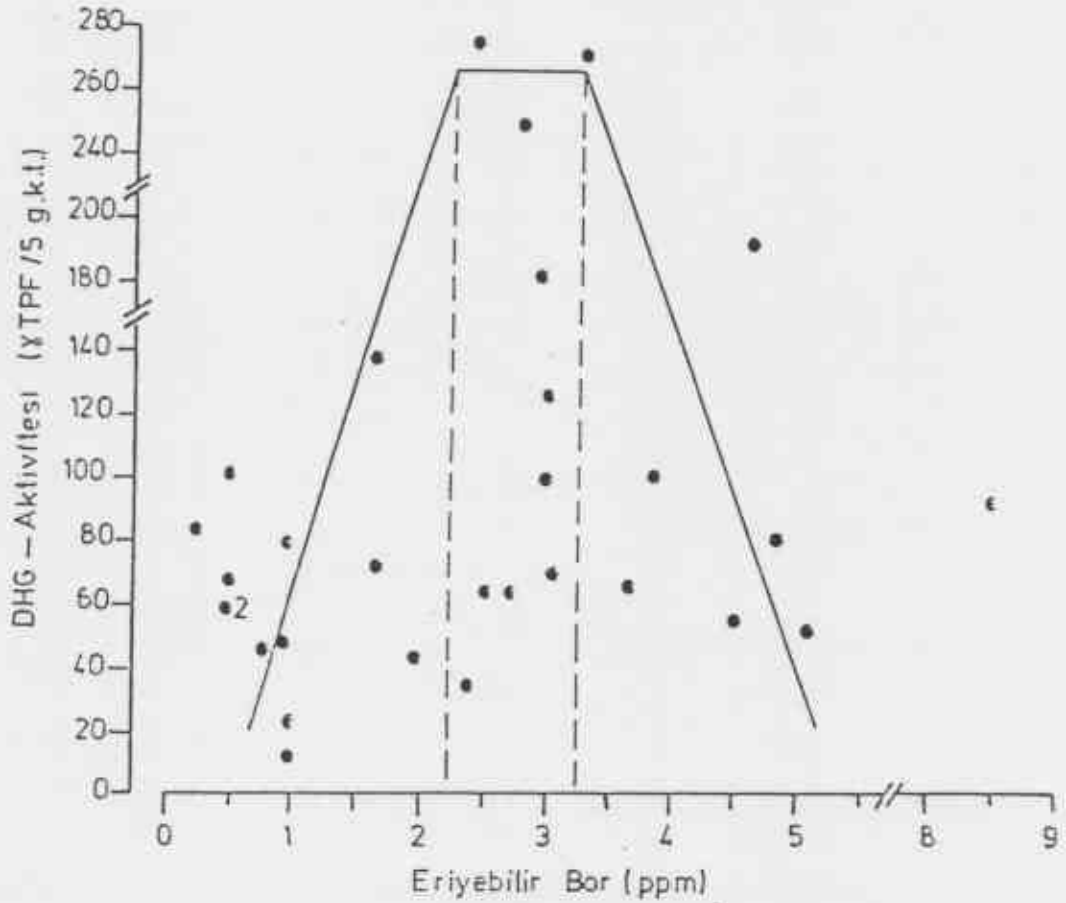


Şekil 51. Toprakların eriyebilir bor konsantrasyonları ile CO₂- oluşumu arasındaki ilişki.

Toprakta heterotrof mikroorganizmaların bir ürünü olan CO_2 'in toprağın organik maddesiyle olan bu sıkı ilişkisi araştırma topraklarında yapılan istatistiki analizler sonucu da ortaya çıkmış ve bu iki faktör arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,399^*$) elde edilmiştir. Birinci yıl sulama öncesi topraklarında da aynı ilişkinin tesbit edilmesi organik madde-heterotrof mikroorganizmalar ve CO_2 -oluşumu arasındaki biyokimyasal reaksiyonların topraklarda ne şekilde cereyan ettiğini açık bir şekilde göstermektedir. Bu ilişkiye ait açıklama, benzer ilişki nedeniyle 5.2.1 başlığı altında Şekil 15'de verildiği için burada ayrıca bir değerlendirmeye gerek duyulmamıştır.

Birinci yıl sulama öncesi örneklerinde CO_2 - oluşumu ile pH ve yine birinci yıl sulama sonrası topraklarında ise CO_2 - oluşumu ile % $CaCO_3$ kapsamı arasında saptanan önemli istatistiki ilişkiler, ikinci yıl toprak örneklerinde de tesbit edilmiştir. Her iki istatistiki analiz sonucu elde edilen ilişkiler % 5 düzeyinde önemli ve pozitif olup, korelasyon katsayıları CO_2 - oluşumu ve pH için $r = 0,411^*$, CO_2 - oluşumu ve % $CaCO_3$ için ise $r = 0,438^*$ olarak tesbit edilmiştir. Bu ilişkilerin ortaya çıkmasında etkili olan faktörleri; benzer ilişkilerin saptandığı Şekil 17 ve Şekil 34 için belirtilen nedenlerle açıklamak mümkün olduğu için, bu bölümde ayrıca bir tekrara lüzum görülmemiştir.

Araştırma topraklarında enzim aktivitesi olarak incelenen dehidrogenaz enziminin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak tesbit edilen toplam ve ortalama değerlerinin verildiği Çizelge-28'de, bu enzim aktivitesinin 2.01-3.00 ppm bor aralığında en yüksek ortalama sayısal değerleri verdiği ve 3.00 ppm bor konsantrasyonundan sonra aktivitede bir azalma olduğu tesbit edilmiştir. Dehidrogenaz enziminin bor konsantrasyonlarına karşı gösterdiği optimum ve toksik bor düzeylerini belirginleştirmek amacıyla hazırlanan Şekil 52 incelendiğinde ise; bu enzimin 2.25-3.25 ppm bor aralığında en yüksek sayıları verdiği ve 3.25 ppm bor düzeyinden sonra değerlerinde bir azalma başladığı tesbit edilmiştir.

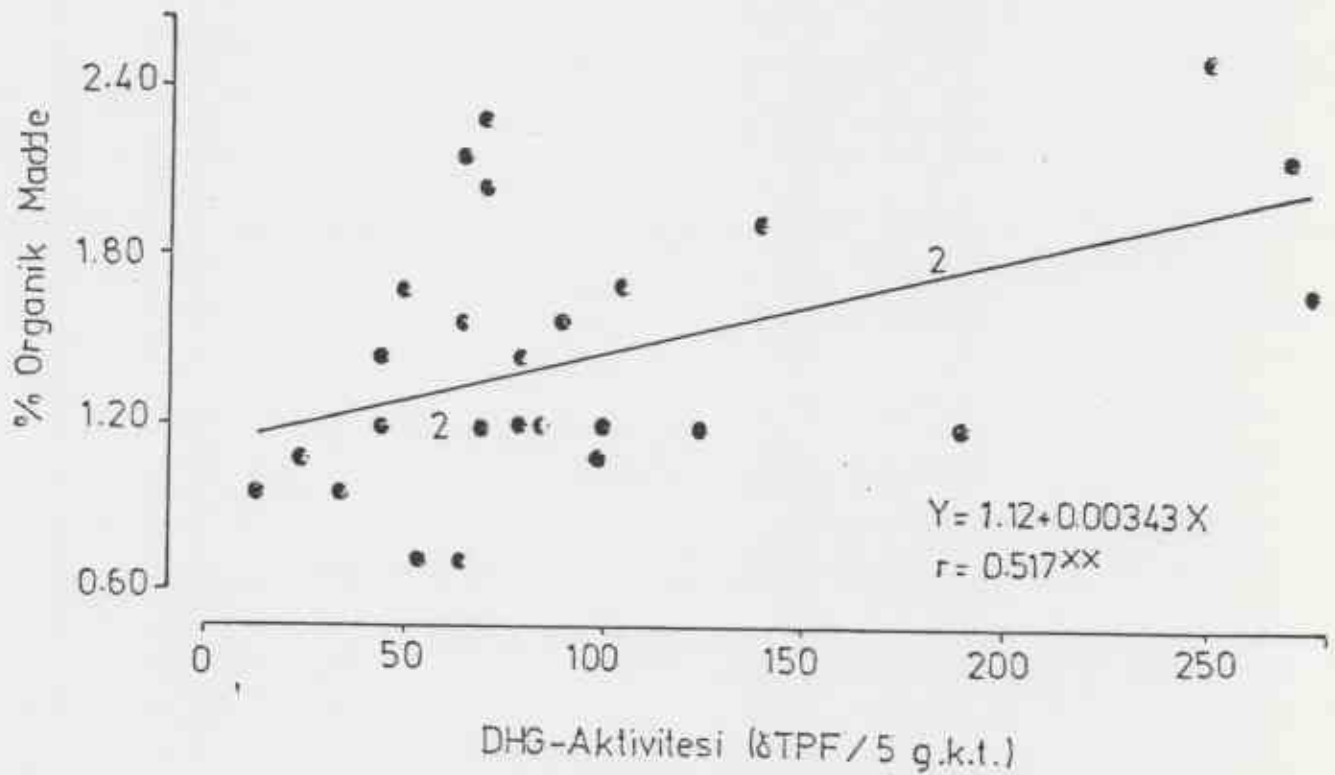


Şekil 52. DHG-enzim aktivitesi üzerine optimum ve toksik bor sınır değerleri.

Araştırma topraklarında DHG-enzim aktivitesi için tesbit edilen toksik bor düzeyleri sırası ile 1.yıl sulama öncesi ve sonrası örneklerinde 3.75 ppm, ikinci yıl sulama sonrası örneklerinde ise 3.25 ppm bor olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre DHG-enzim aktivitesinin topraktaki bor miktarlarına toksik sınır değerlerinin 3.25-3.75 ppm arasında değiştiği ortaya çıkarılmıştır. DHG-enzim aktivitesi ile bor elementi arasındaki ilişkiler; 1. yıla ait sonuçların değerlendirildiği 5.2.1 ve 5.2.2 başlıkları altında değişik kaynakların (Tabatabai, 1977; Al-Khafaji ve ark., 1978; Singh ve ark., 1978; Stott ve ark., 1985) bulguları ile kıyaslanarak tartışıldığından burada ayrıca bir tartışmaya

gerek duyulmamış, ilgili literatürler verilmekle yetinilmiştir.

Dehidrogenaz enzim aktivitesi ile toprakların organik madde içerikleri arasındaki ilişki pratikte önemli olup, bu önem dehidrogenaz enziminin, mikroorganizmaların solunum zinciri içerisinde organik bileşiklerden hidrojeni açığa çıkarma ve taşıma fonksiyonlarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Çengel, 1990). Araştırma topraklarında da DHG-enzim aktivitesi ile % organik madde kapsamı arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,517^{**}$) elde edilmiş olup, bu ilişkiye ait grafik Şekil 53'de gösterilmiştir.



azot kapsamı arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,561^{**}$); aynı enzim ile toprağın % CaCO_3 kapsamı arasında ise % 5 düzeyinde önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = 0,438^*$) elde edilmiştir. Bu ilişkilerin ortaya çıkmasında etkili olan faktörleri; benzer ilişkilerin tesbit edildiği Şekil 36 ve Şekil 37 için belirtilen nedenlerle açıklamak mümkün olduğu için burada ayrıca bir değerlendirmeye gerek duyulmamıştır.

5.3 Profil Örneklerinde Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları

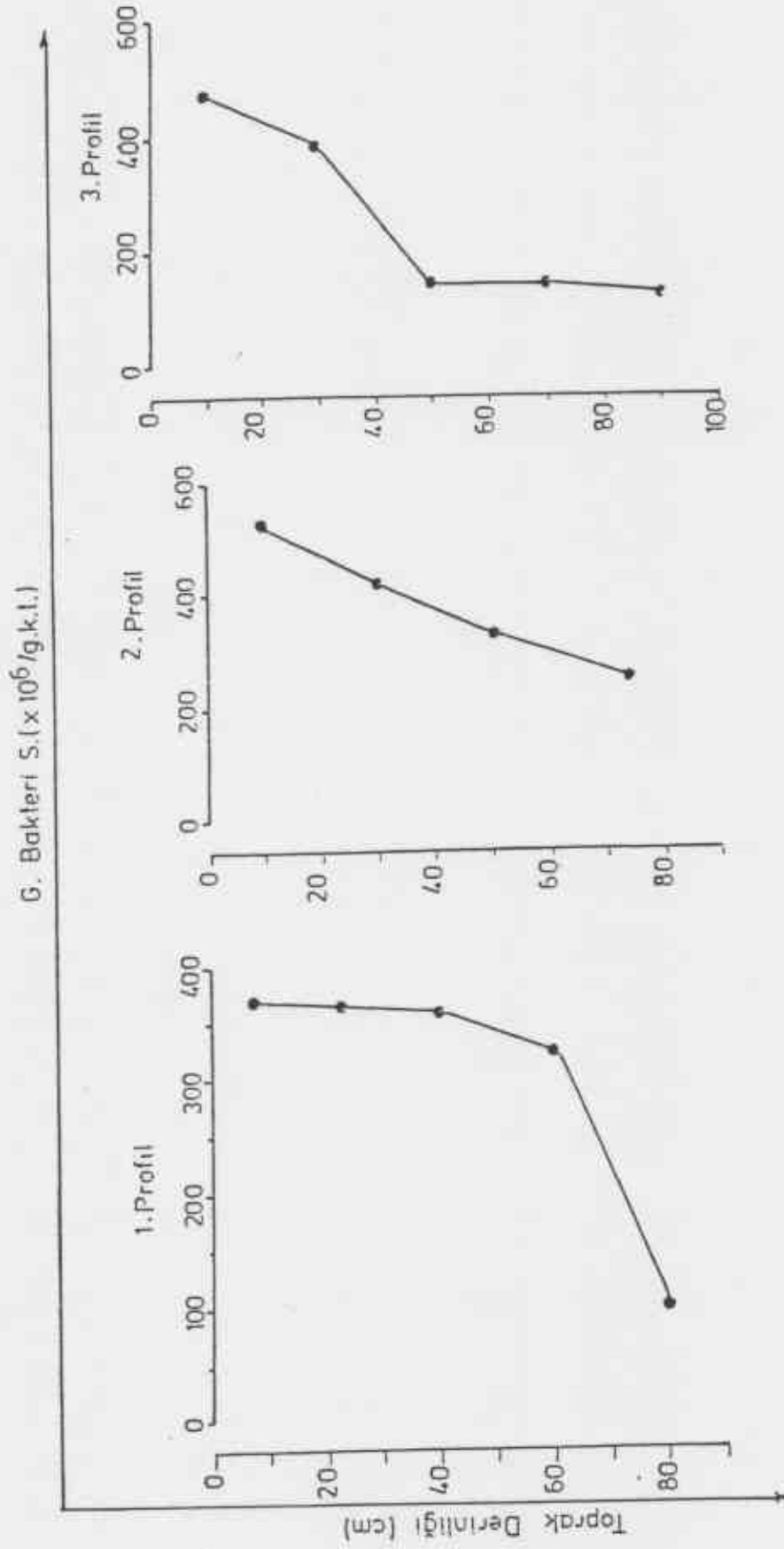
Araştırma alanında bor elementinin profil boyunca dağılımını incelemek amacıyla açılan 3 profilden alınan toprak örnekleri; yüzey örneklerinde olduğu gibi başlıca organizma grupları ile CO_2 - oluşumu ve DMS-enzim aktivitesi yönünden araştırılmışlardır. Bu mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizlere ait sonuçlar Çizelge-29'da sunulmuştur.

Çizelge-29 incelendiğinde gr. kuru topraktaki genel bakteri sayısının 1 nolu profilde $92,2 \times 10^6$ - $368,8 \times 10^6$; 2 no'lu profilde $251,6 \times 10^6$ - $520,8 \times 10^6$ ve 3 nolu profilde de $118,8 \times 10^6$ - $476,2 \times 10^6$ arasında değiştiği ortaya çıkmaktadır. Genel bakterilerin profil boyunca dağılımlarını görmek amacıyla hazırlanan Şekil 54 ele alındığında bu organizmaların her 3 profilde de üst toprak katmanlarında en yüksek sayısal değerlere sahip olduğu, alt toprak katmanlarına doğru inildikçe ise sayılarının azaldığı tesbit edilmiştir. Genel bakterilerin profil derinliklerine doğru gittikçe azalan sayısal değerler göstermelerinde üst toprak tabakasında fazla miktarda bulunan organik madde ile topraktaki oksijen miktarı büyük rol oynamaktadır. Çünkü profil derinliğine doğru gerek organik madde ve gerekse oksijen miktarı azalmaktadır. Nitekim, büyük bir çoğunluğu heterotrof ve aerob yaşamlı olan bu bakterilerin profillerdeki dağılımlarının büyük ölçüde organik madde ve oksijen miktarına bağlı olduğu Burges ve Raw (1967) tarafından da bildirilmektedir.

Çizelge-29. Profil örneklerine ait mikrobiyolojik ve bazı biyokimyasal analiz sonuçları.

Profil No	Derinlik ve Horizon (cm)	gr. kuru toprakta										DHG-E.Akt. χ TPF/5 g.k.t.
		G.B.S. $\times 10^6$	Akt.S. $\times 10^4$	Mant.S. $\times 10^5$	Se.P.B.S. $\times 10^3$	Az B.S.	Nitrit B.S.	Nitrat B.S.	CO ₂ -Prod. mg/100 g.k.t			
1	A _p	360,0	5,3	9,6	1612,9	462	27	27	24,36			176,4
	C ₁	366,6	5,0	12,2	163,0	359	.	.	23,91			157,0
	C ₂	364,0	8,3	13,1	21,9	29	.	.	21,75			109,1
	C ₃	324,0	2,2	10,3	2,2	-	.	.	21,26			95,8
	C ₄	92,2	5,3	0,9	1,6	-	.	.	16,55			17,3
2	A _p	520,8	4,7	6,8	989,5	375	3	5	17,41			87,7
	C ₁	420,8	2,0	10,4	260,4	370	.	.	15,87			41,0
	C ₂	327,8	0,3	9,0	7,7	3	.	.	13,52			9,3
	C ₃	251,6	2,3	5,6	4,5	-	.	.	9,65			1,0
3	A _p	476,2	12,3	6,1	773,1	309	4	6	22,00			52,7
	C ₁	393,1	6,0	6,7	154,6	206	.	.	21,54			60,1
	C ₂	144,0	2,3	5,0	46,0	17	.	.	21,08			44,8
	C ₃	140,8	2,6	5,1	7,7	-	.	.	17,23			43,4
	C ₄	118,8	1,3	5,1	2,0	-	.	.	13,83			18,3

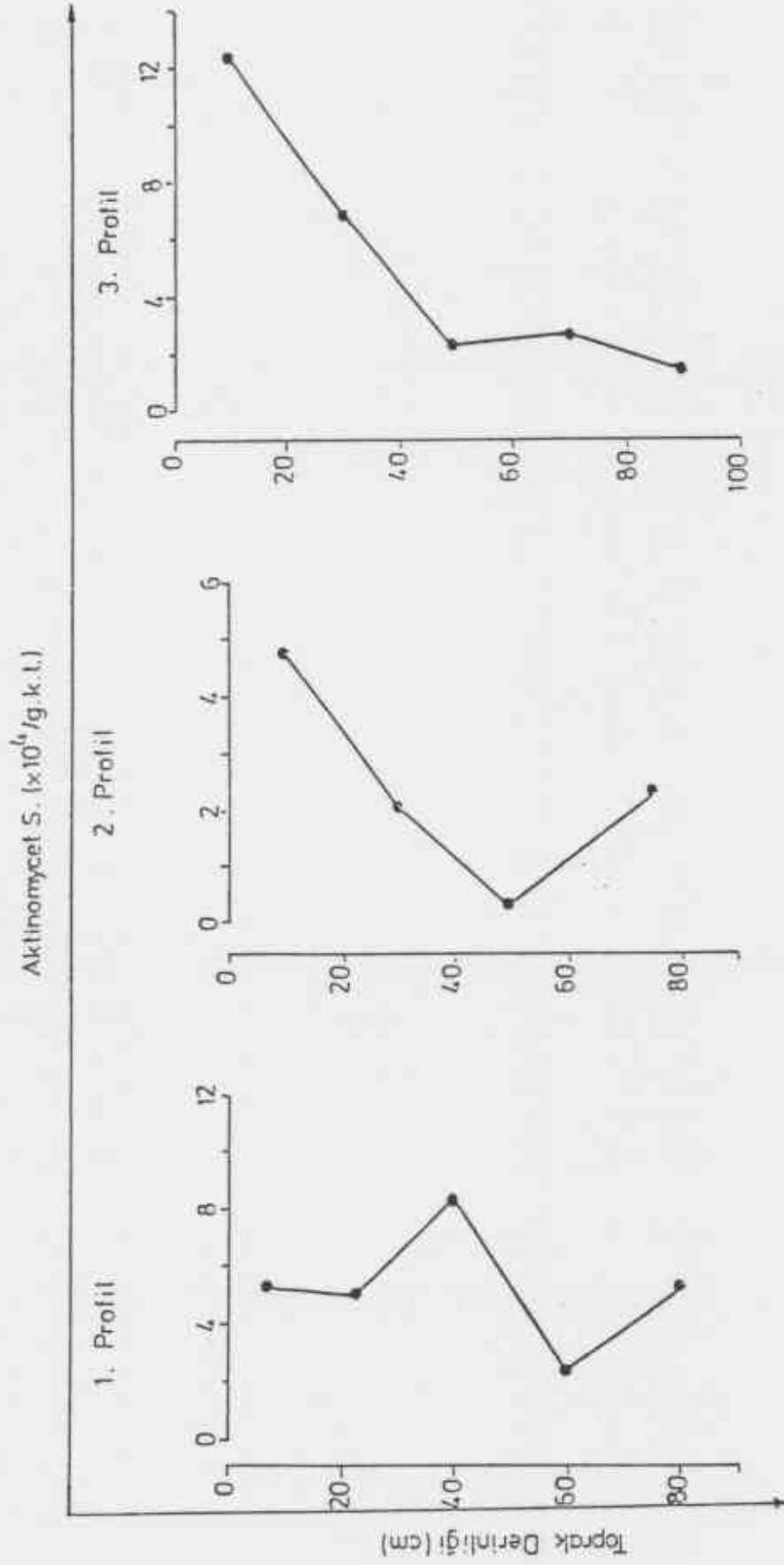
- : Saptanamadı.



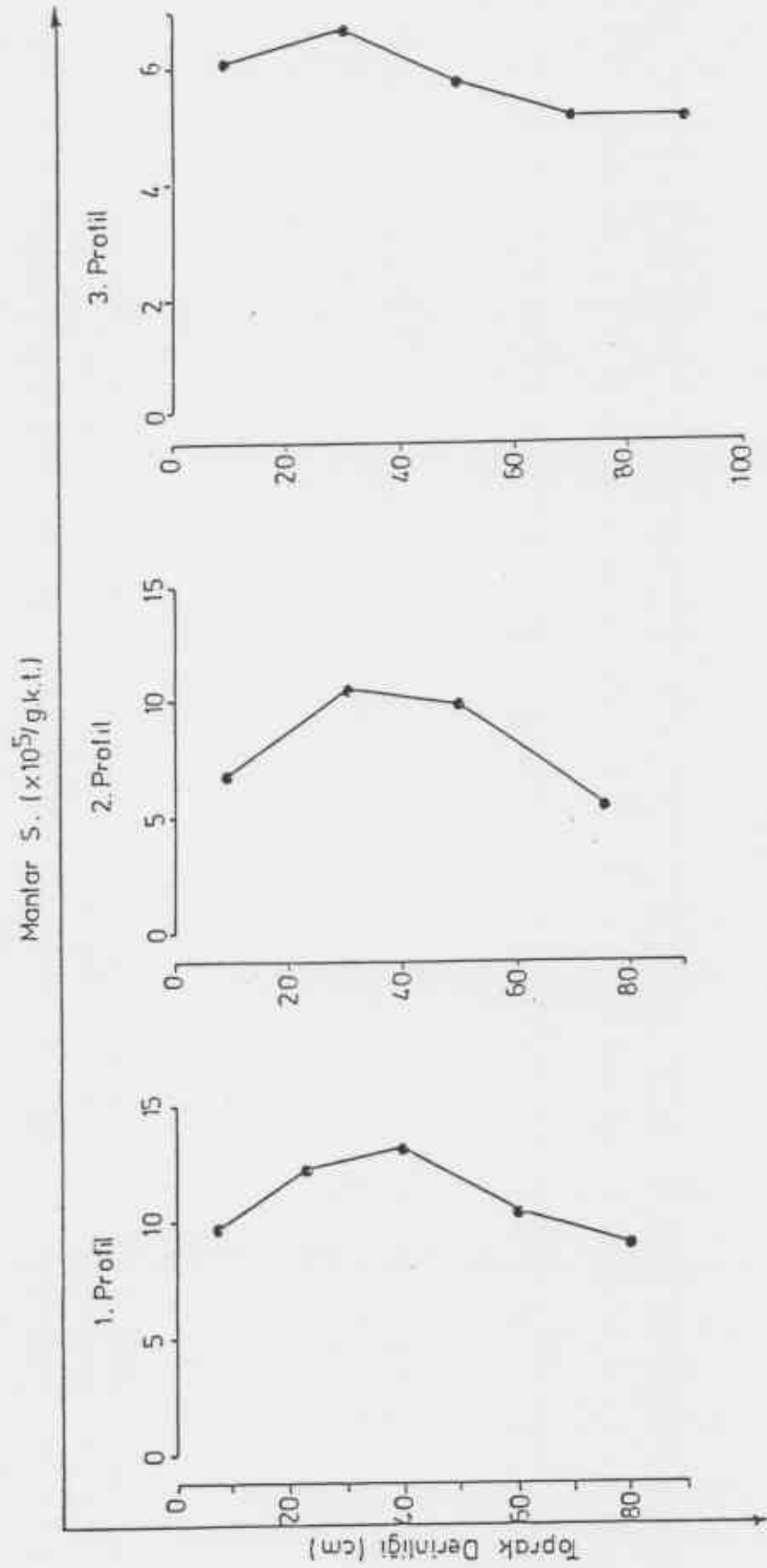
Şekil 54. Genel bakteri sayılarının profillerdeki dağılımı.

Çizelge-29 aktinomysetler açısından ele alındığında; bu organizma grubuna ait gr. kuru topraktaki sayısal değerlerin 1. profilde $2,2 \times 10^4 - 8,3 \times 10^4$; 2. profilde $0,3 \times 10^4 - 4,7 \times 10^4$ ve 3. profilde de $1,3 \times 10^4 - 12,3 \times 10^4$ arasında değiştiği tesbit edilmiştir. Yüzeysel toprak örneklerine ait aktinomyset sayılarına oranla daha az olan bu değerler; Alexander (1961)'in normal tarım toprakları için bildirdiği $10^5 - 10^6$ değerlerinden de hayli düşüktür. Aktinomyset sayılarının profil boyunca dağılımlarını gösteren Şekil 55 incelendiğinde; bu organizmaların ikinci ve üçüncü profilde üst toprak katmanında mak. sayısal değerlere sahip olduğu ve profilin derinliklerine doğru inildikçe sayılarında düşmeler meydana geldiği, fakat ikinci profilin son katmanında tekrar bir yükselme meydana geldiği belirlenmiştir. En yüksek aktinomyset sayısının C_2 horizonunda tesbit edildiği birinci profilde de ikinci profile benzer şekilde son horizonunda (C_4) tekrar bir artış meydana geldiği septanmıştır. Birinci ve ikinci profilde yaklaşık 50 cm toprak derinliğinden sonra aktinomyset sayılarında hafif bir yükselmenin septanması; anaerob yaşamı olanların bu tabakalarda çoğalarak sayısal bir ilerlemenin ortaya çıkabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Bununla beraber büyük çoğunluğu aerob olan aktinomysetlerin üst toprak tabakalarında daha yoğun bulundukları şekillerden açıkça görülmektedir. Topraktaki sayıları nem, toprak reaksiyonu, toprak tipi ve organik madde miktarı gibi çeşitli faktörlerin etkisi altında olan bu organizmaların, genellikle üst horizonlarda sporları halinde, alt horizonlarda ise miselleri halinde bulunduğu belirtilmektedir (Burgess ve Raw, 1967). Ayrıca Waksman (1959); aktinomysetlerin genelde A horizonlarında fazla bulunmasının nedenini; bu organizmaları yüksek sıcaklık ve düşük nem miktarının uyardığı şeklinde açıklamaktadır.

Çizelge-29'da mantar sayılarının gr. kuru topraktaki min. ve mak. değerleri 1. profilde $8,9 \times 10^5 - 13,1 \times 10^5$; 2. profilde $5,6 \times 10^5 - 10,4 \times 10^5$ ve 3. profilde de $5,1 \times 10^5 - 6,7 \times 10^5$ olarak belirlenmiştir. Mantar sayılarının profil boyunca dağılımlarını gösteren Şekil 56 ele alındığında; bu organizmaların en yüksek sayısal değerlere 1. profilde yaklaşık 0-40 cm, 2. ve 3. profilde de yaklaşık 0-30 cm derinliklerde



Şekil 55. Aktinomyces sayılarının profillerdeki dağılımı.

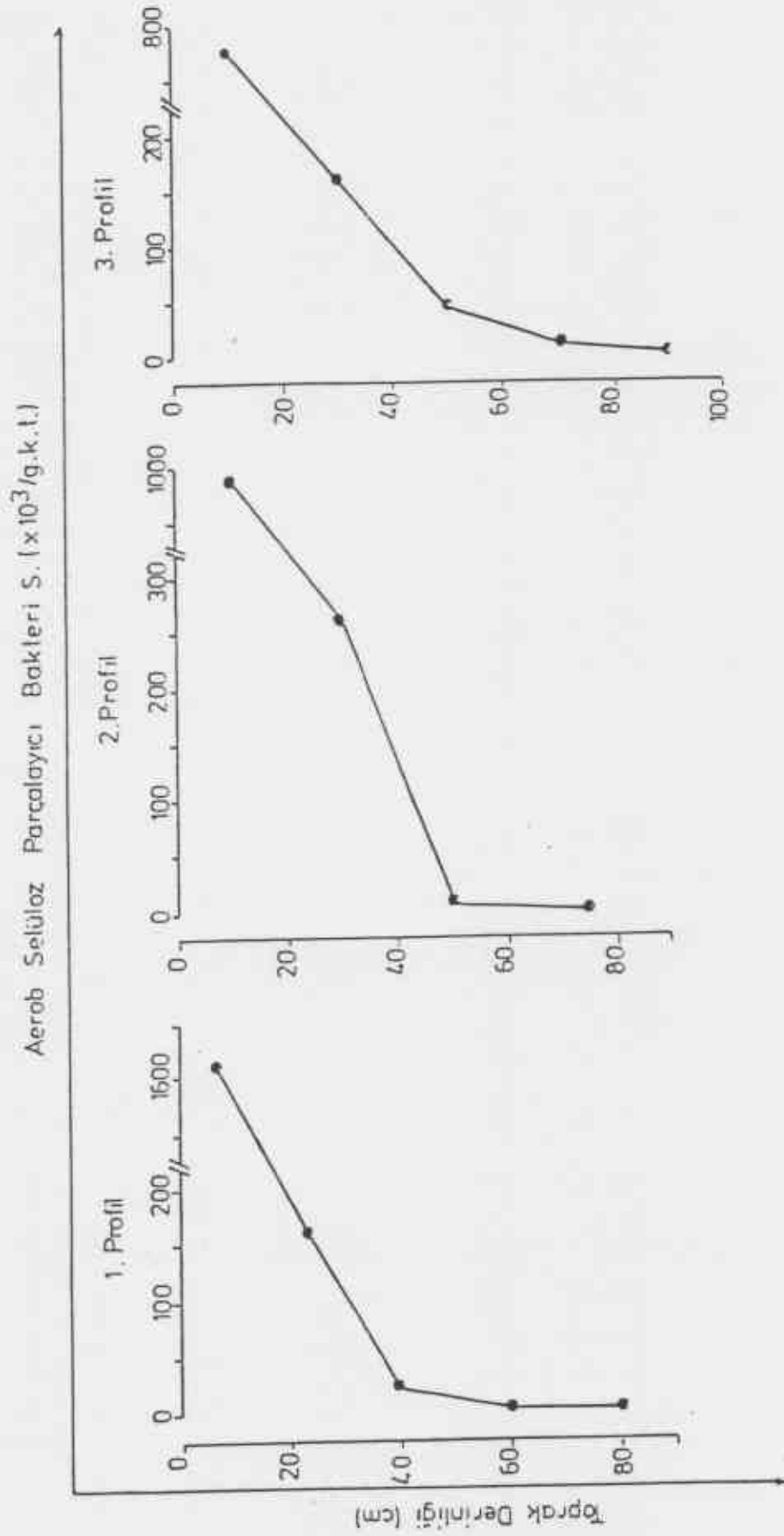


Şekil 56. Mantar sayılarının profillerdeki dağılımı.

sahip olduğu ve bu toprak katmanlarından daha alt tabakalara doğru inildikçe sayılarının azaldığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum mantarların topraktaki oksijen miktarı ile organik maddeye olan bağımlılıklarını açıkça göstermektedir. Mantarların yaklaşık pulluk derinliğinde tesbit edilen bu aktivasyonları, en üst toprak katmanlarında daha düşük olarak ortaya çıkmıştır. Araştırma bölgesi ve toprak örneklerinin alım zamanı gözönüne alındığında, bu durumun yüksek sıcaklık ve düşük nem miktarlarının mantarlar üzerinde olumsuz etkiler yaratmasından kaynaklanabileceği düşünülebilir. Nitekim Alexander (1961); bu organizmaların sıcaklık ve nem istekleri bakımından mezofilik karakterde olduklarını belirtmektedir.

Profillerde aerob selüloz parçalayıcı bakterilere ait sayısal değerler ele alındığında; bu bakteri sayılarının 1. profilde $1,6 \times 10^3$ - $1612,9 \times 10^3$; 2. profilde $4,5 \times 10^3$ - $989,5 \times 10^3$ ve 3. profilde de $2,0 \times 10^3$ - $773,1 \times 10^3$ arasında değiştiği tesbit edilmiştir (Çizelge 29). Aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin profil boyunca dağılımlarını gösteren Şekil 57 incelendiğinde; her üç profilde de bu bakterilerin en yüksek sayısal değerleri yaklaşık 0-20 cm derinliğindeki toprak katmanlarında verdiği, daha sonra da alt toprak tabakalarına doğru hızlı bir düşüş gösterdiği tesbit edilmiştir. Nita ve Grosu (1966) birlikte yaptıkları bir çalışmalarında da; aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayılarının profil boyunca düzenli bir şekilde azaldığını sepmişlerdir. Bu bakterilerin topraktaki organik madde miktarına ve özellikle de selüloz içeriğine olan bağımlılıkları yanında aerob yaşamalı organizmalar olmaları; her üç profilde de bu sonucun ortaya çıkmasında son derece etkili faktörlerdir.

Çizelge-29'da Azotobakterlere ait sayısal değerler incelendiğinde; her üç profilde de pulluk derinliğine yakın toprak tabakalarında bu organizmaların tesbit edildiği, bu derinlikten sonra ise azotobakterlere rastlanılmadığı ortaya çıkmıştır. Bu bakterilere ait en yüksek değerler ise birinci, ikinci ve üçüncü profilde sırasıyla gr. kuru toprakta 462,375 ve 309 olarak belirlenmiştir. Azotobakter gelişimini sınırlandıran en önemli faktörler toprak reaksiyonu ve havalanma durumu diğer bir ifadeyle oksijen miktarıdır. Toprak profillerinin üst tabakalarında Azotobakter sayılarının fazla tesbit edilmesi, toprak



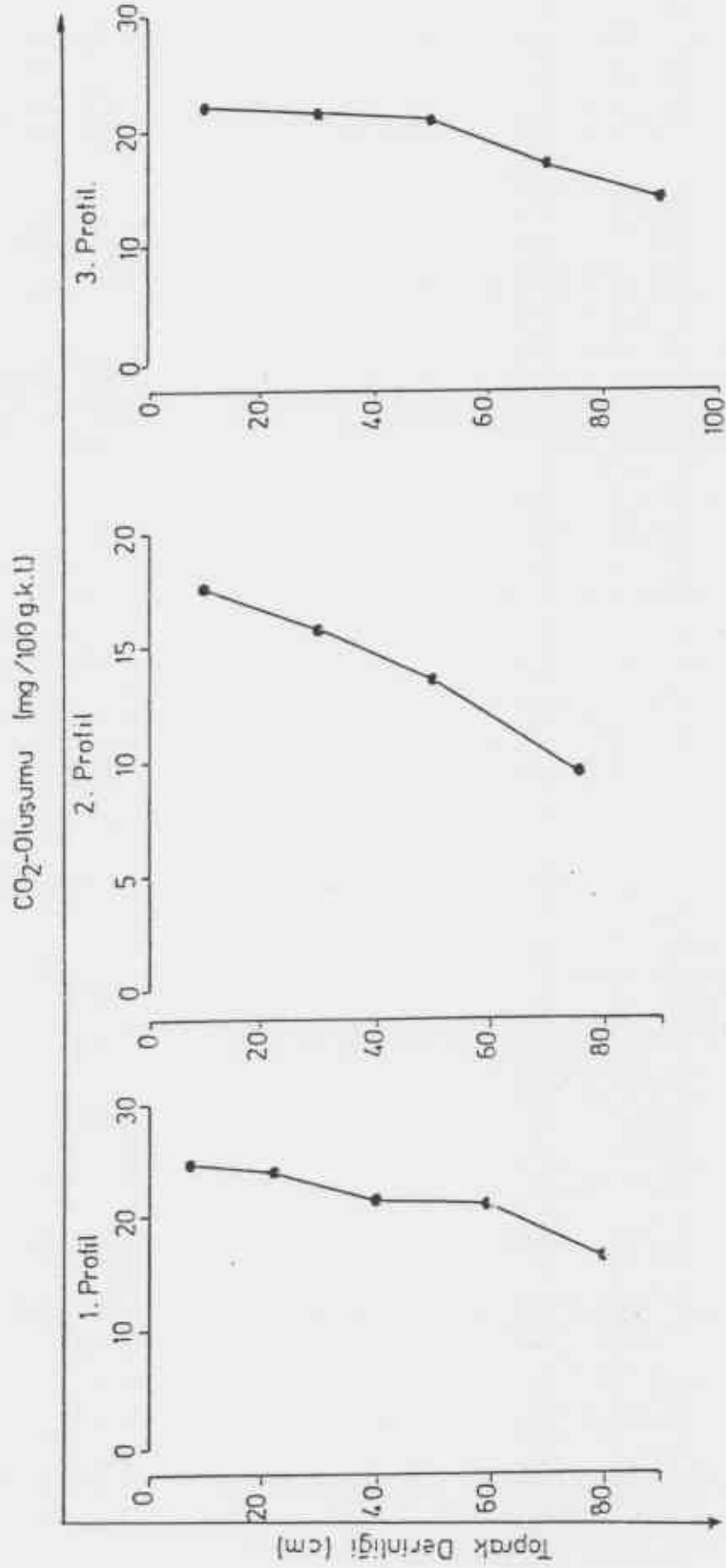
Şekil 57. Aerob selüloz parçalayıcı bakteri sayılarının profillerdeki dağılımı.

reaksiyonundan çok oksijen miktarı ile ilgilidir. Çünkü söz konusu profil örneklerinin pH'ları 7.5-8.0 değerleri arasında değişmektedir. Bu da profillerin üst tabakalarındaki sayısal artışların daha çok oksijen miktarı ile ilgili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Soriana ve ark. (1963)'nın yaptıkları bir çalışmada da A. chroococcum'un toprakların en iyi havalandırma koşullarına sahip olan ilk 15 cm lik katmanında çok iyi geliştiklerini saptamaları, bu araştırma bulguları ile uyum içerisindedir.

Önemle belirtilmesi gereken bir konu da, söz konusu toprak tabakalarında eriyebilir bor konsantrasyonlarının Azotobakter gelişimini aktive edecek düzeylerde olmasıdır. Daha önce 3.2.1, 3.2.2 ve 3.2.3 bölümlerinde de belirtildiği gibi bu organizmaların aktivasyonunda bor elementi önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca profil boyunca organik madde miktarındaki azalmalar da, bu organizmaların profillerdeki dağılımlarını etkileyen bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

Nitrifikasyon bakterileri obligat aerob olmaları ve çevre koşullarına çok hassasiyet göstermeleri nedeniyle topraktaki faaliyetlerini sadece üst toprak tabakalarında sürdürebilen organizmalardır. Bu nedenle incelenen her 3 toprak profilinde de nitrifikasyon bakterileri sadece yüzey horizonlarında araştırılmışlardır. Çizelge-29'da bu mikroorganizmalara ait sayısal değerler ele alındığında; nitrit bakterilerinin gr. kuru toprakta birinci, ikinci ve üçüncü profilde sırasıyla 27, 3 ve 4 adet; nitrat bakterilerinin ise yine aynı sırayla gr. kuru toprakta 27, 5 ve 6 adet miktarda oldukları tesbit edilmiştir. Waksman (1952)'ın bildirdiğine göre bu bakteri sayıları gr. toprakta birkaç bakteriden 24×10^3 bakteriye kadar değişmektedir. Profillerin yüzey tabakalarında nitrifikasyon bakterilerine ait değerler bu sınırlar içerisinde kalmakla beraber, sayılarının hayli düşük oldukları ortaya çıkmıştır.

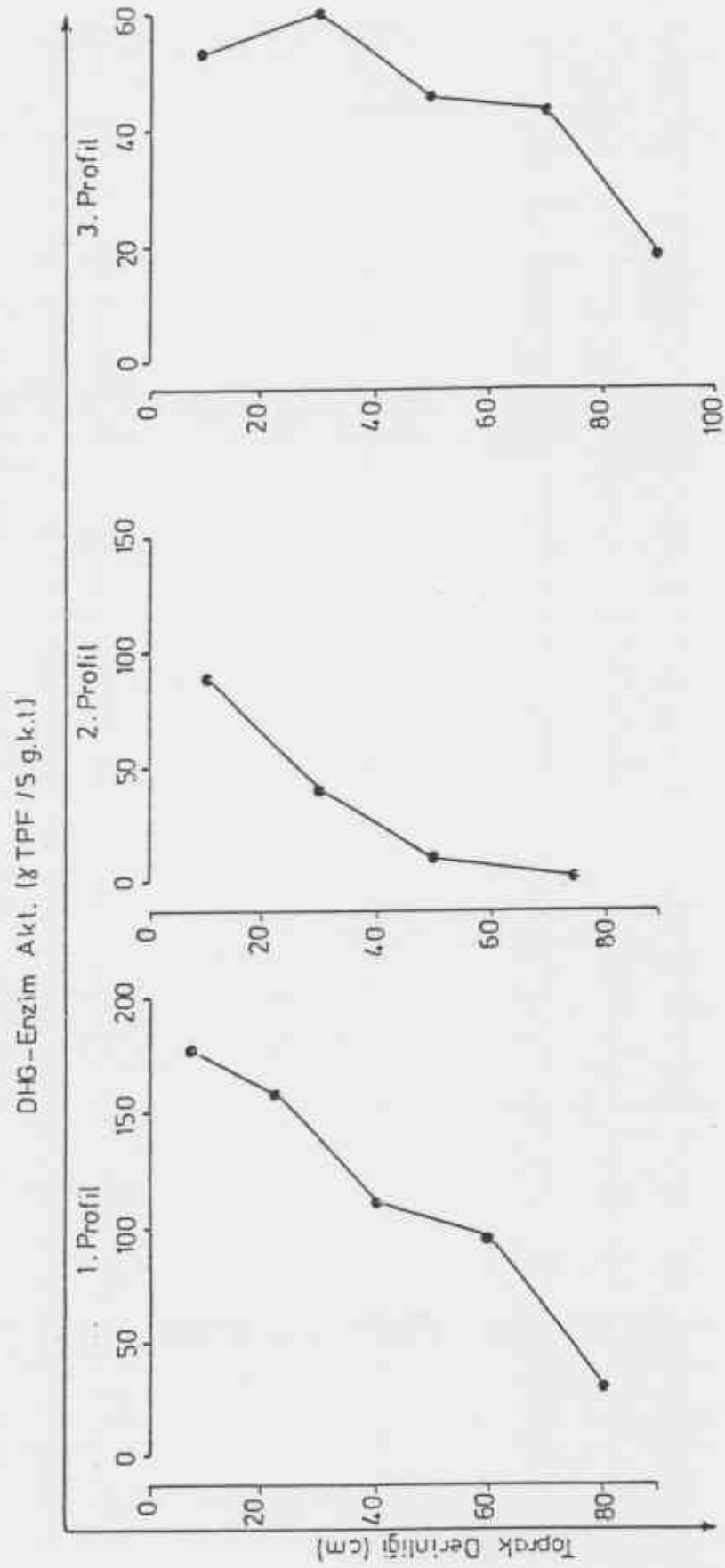
Çizelge-29'da biyokimyasal reaksiyonlardan biri olan CO_2 - oluşumuna ait min. ve mak. değerler ise; 1. profilde 16.55-24.36 mg/100 gr.k.t; 2. profilde 9.65-17.41 mg/100 gr.k.t. ve 3. profilde de 13.83-22.00 mg/100 gr.k.t. olarak belirlenmiştir. CO_2 -oluşum miktarlarının profil boyunca dağılımının gösterildiği Şekil 58 incelendiğinde; her üç



Şekil 58. CO₂-oluşumu miktarlarının profillerdeki dağılımı.

profilde de CO_2 -oluşumunun üst toprak katmanlarında en yüksek miktarlarda olduğu ve profilin derinliklerine doğru gidildikçe değerlerde azalmalar meydana geldiği tesbit edilmiştir. Profillerde daha önce mikroorganizma gruplarına ait sayıların derinliğe bağlı olarak düştüğünün belirlenmesi, CO_2 -miktarlarındaki bu azalmayı belli ölçülerde açıklamaktadır. Büyük bir çoğunluğu heterotrof yaşamlı olan bu organizma sayılarının profil boyunca düşmesi ile, aktiviteleri sonucu ortaya çıkan CO_2 - miktarlarının da azalması doğal bir sonuçtur. Profillerde ortaya çıkan bu dağılımı etkileyen ikinci bir faktörün ise, toprak tabakalarındaki organik madde miktarının olduğu söylenebilir. Derinlikle birlikte organik madde içeriğinde meydana gelen düşmeler, bu materyallerin ayrışma ürünü olan CO_2 'inde azalmasını etkileyeceği açıktır.

Diğer bir biyokimyasal olay olan DHG-enzim aktivitesine ait en düşük ve en yüksek değerler Çizelge-29'da da görüldüğü gibi; 1. profilde 17,3-176,4 % TPF/5 gr.k.t.; 2. profilde 1,0-87,7 % TPF/5 gr.k.t. ve 3. profilde de 18,3-50,1 % TPF/5 gr.k.t. olarak tesbit edilmişlerdir. DHG-enzim aktivitesinin profil boyunca dağılımını gösteren Şekil 59 incelendiğinde; bu enzim aktivitesine ait en yüksek değerlerin 1. ve 2. profillerde üst toprak tabakasında, 3.profilde ise ikinci toprak katmanında meydana geldiği, ortaya çıkmıştır. DHG-enzim aktivitesi bu toprak tabakalarından daha derin tabakalara doğru inildikçe azalmalar göstermiştir. Genelde DHG-enzim aktivitesinin profil boyunca azalması Briggs ve Spedding (1963) tarafından da bildirilmekte olup, bu azalmada mikroorganizma sayılarının ve organik madde kapsamalarının profilin derinliklerine doğru düşmesinin etkili olduğu söylenebilir. Nitekim Vaughan ve Malcolm (1985); toprak üst tabakasındaki yüksek enzim aktivitesinin organik madde içeriği ile direkt ilişkisi olduğunu belirtmektedirler .



Şekil 59. DHG-enzim aktivitesinin profillerdeki dağılımı.

5.4 Genel Tartışma

Bu araştırmada elde edilen sonuçların tartışılması büyük ölçüde ilgili bölüm başlıkları altında yapılmış olduğundan, burada detaylardan ziyade genel anlamda bir tartışma yapılacaktır.

Bir iz element olarak borun gerek toprak profilindeki dağılımı ve gerekse topraklardaki birikimi, detaylı araştırılmış bir konu değildir. Aynı şekilde bor elementinin toprak organizma grupları ve genel aktivite kriterleri üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmalar da az sayıdadır. Bu nedenlerden dolayı söz konusu çalışmada borun, mikroorganizma grupları ve biyokimyasal olaylar üzerine olan etkileri yanında toprak profilindeki dağılımı da incelenmiştir.

Topraklarda çok az miktarlarda bulunan borun, düşük konsantrasyonlarında bile özellikle bitkiler açısından toksik etkilere sahip olduğu, bu konuda yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuş ve araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Peryea ve ark., 1984; Gandhi ve Mehta, 1959; Khudairi, 1961; Mengel ve Kirkby, 1979; Kacar, 1984). Araştırılan toplam 90 yüzey örneğinin eriyebilir bor konsantrasyonları ele alındığında; toprakların yaklaşık % 95'inin, bitkiler için U.S. Salinity Lab Staff (1954) tarafından belirlenen toksik bor sınırının (0,7 ppm) çok üstünde eriyebilir bor düzeylerine sahip olduğu saptanmıştır. Fakat tesbit edilen önemli bir konu da, 2. yıl sulama sonrası alınan toprak örneklerine ait eriyebilir bor konsantrasyonlarının, 1. yıl alınan topraklara oranla genelde daha düşük düzeylerde olduğu ortaya çıkmasıdır. Bu da; DSI ile Etibank Boraks işletmeleri arasındaki işbirliği sonucu, Simav Çayına karışan borlu yıkama ve drenaj sularının; sulama dönemlerinde tarım arazilerine sulama suyu vasıtası ile intikal ettirilmemesi konusunda alınan önlem ve tedbirlerin etkili olduğunu göstermektedir.

Eriyebilir bor miktarları, araştırmada açılan 3 profilde de üst toprak tabakasından alt tabakalara doğru azalmıştır. Profillerde yaklaşık 60 ila 80 cm derinliğe kadar toksik sınırın (0,7 ppm) üstünde eriyebilir bor konsantrasyonlarına rastlanması; sulama yolu ile gelen borun toprağın çeşitli katmanlarında biriktiğini göstermektedir. Munsuz

ve ark. (1983)'nın yürüttükleri bir kolon denemesinde de borlu sularla 3-5 kez yapılan sulamalarda bile toprak profilinin 40 cm derinliğine kadar bor birikiminin tesbit edilmesi, bu araştırma bulgularını desteklemektedir.

Bor konsantrasyonlarının, sistematik olarak bitkisel grup içerisinde yer alan toprak organizma gruplarının sayıları ve aktiviteleri üzerinde toksik etkilere sahip olduğu bildirilmektedir (Domsch, 1985). Ancak düşük bor düzeylerinin mikroorganizmaları aktive ettiği ve organizma sayılarını yükselttiğine dair birçok araştırma da mevcuttur (Serretsen ve Hoop, 1954; Barshova, 1950; Naplekova ve ark., 1970; Maliszewska, 1972; Kovalskii ve ark., 1974; Hamed, 1979).

Değişik fizyolojik özelliklere sahip olmaları nedeniyle, organizma gruplarının bor konsantrasyonlarından etkileniş biçimleri farklı olmaktadır. Tyner (1944); borik asit varlığında bakteri gelişiminin azaldığını, buna karşın mantarlarda olumlu etkilenmeler meydana geldiğini tesbit etmiştir. Branchley (1914) ile Hanna ve Purvis (1941) tarafından yapılan çalışmalarda da borun mantar gelişimini aktive ettiği ve bu organizmaların bor konsantrasyonlarına karşı belli bir toleranslarının bulunduğu saptanmıştır. Bu çalışmada birinci ve ikinci alım dönemlerine ait toprak örneklerinde bakteri ve mantarlarla ilgili bulgular kendi aralarında ve diğer araştırmacı bulguları ile kıyaslandığında; mantarların genel bakterilere oranla bor konsantrasyonlarına daha toleranslı oldukları ortaya çıkmıştır. Bu durum Tyner (1944) ın bulguları ile tam bir benzerlik içerisindedir.

Napakova ve ark. (1970); borun mikrobiyal fiksasyonunun en fazla aktinomysetlerde, orta derecede mantarlarda ve en az da bakterilerde gerçekleştiğini ileri sürmektedirler. Aktinomysetlerin diğer iki organizma grubuna oranla bora daha toleranslı olduğunu gösteren bu durum; 1. yıl toprak örneklerinde biraz farklı bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bu araştırma topraklarında aktinomysetlerin mantarlarla birlikte bor konsantrasyonlarına, genel bakterilerden daha fazla toleranslı oldukları saptanmıştır. 2. yıl toprak örneklerinde ise Naplekova ve ark. (1970)'nin bulgularına benzer şekilde, aktinomysetlerin diğer

2 organizma grubuna oranla topraktaki bor miktarlarına daha fazla tolerans gösterdikleri tesbit edilmiştir.

Toprak verimliliği açısından büyük önem taşıyan fizyolojik ve diğer bazı organizma grupları yönünden bor toksisitesi dikkate alındığında; nitrifikasyon bakterilerinin aerob selüloz parçalayıcı bakterilere oranla yüksek bor konsantrasyonlarına çok daha hassas canlılar oldukları ortaya çıkmıştır. Nitrifikasyon bakterilerinin bu hassasiyetleri Liang ve Tabatabai (1978)'nin yaptıkları bir çalışmada da tesbit edilmiştir. Araştırmacılar 5 μ mol/gr.top. (0.055 ppm) dozunda borun nitrifikasyon olayını % 80 oranında azalttığını sepmişlerdir. Bu araştırmada ayrıca, nitrifikasyon bakterilerinin kendi aralarında da bora karşı farklı tepkiler gösterdikleri belirlenmiş ve nitrifi bakterilerinin nitrat bakterilerine oranla bora daha hassas canlılar oldukları ortaya çıkmıştır. Nitrosomonas bakterilerinin 5 μ mol/gr.top (0.055 ppm) bor düzeyinde olumsuz etkilendiklerini tesbit eden Liang ve Tabatabai (1977); bu araştırma sonuçlarını teyit etmektedirler.

Aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin bor karşısındaki etkilenişleri, ne çok hassas ne de çok toleranslı şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre, aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin aktivitelerinin topraktaki eriyebilir bor miktarları yanında organik madde içeriğine de bağlı olduğu tesbit edilmiştir. Naplekova ve ark. (1970); borun topraktaki selülotik aktiviteyi uyardığını, Çengel ve Üzkara (1987) ise yaklaşık 0.5 ppm bor düzeylerinde bu bakterilerin olumsuz etkilendiklerini belirlemişlerdir. Bu araştırmada aerob selüloz parçalayıcı bakteriler için tesbit edilen toksik bor düzeyi daha büyük bir miktar olup, büyük bir olasılıkla bu farklılık bor sorununun uzunca bir süre var olduğu topraklarda, söz konusu bakterilerin bor konsantrasyonlarına olan uyumlarından ileri gelmektedir.

Toprakların indikatör fonksiyonlu organizmalarından biri de Azotobakterlerdir. Bu nedenle diğer organizma gruplarına oranla üzerinde borla ilgili daha fazla çalışmalar yapılmıştır. Azotobakter-bor ilişkisinin incelendiği çoğu araştırmalarda, bor elementinin bu bakterileri aktive ettiği sonucu tesbit edilmiştir. Jordan ve Anderson (1950); 0.5 ppm bor miktarının Azotobakterlerde N-fiksasyon gücünü

arttırdığını, 7 ppm total borun ise N-fiksasyonunu azalttığını belirlemiştir. Bir başka araştırmacı ise Azotobakter gelişimi için optimum bor düzeyini sıvı kültürlerde 2 ppm, kum kültürlerinde ise 5 ppm olarak saptamıştır (Gerretsen ve Hoop, 1954). Yukarıdaki araştırmacıların elde ettikleri bulgular ile bu araştırma sonuçları arasında büyük ölçüde bir uyumun olduğu ortaya çıkmıştır. Çünkü araştırmada incelenen organizma grupları arasında bora en toleranslı grubun Azotobakterler olduğu, her üç alım topraklarında da saptanmıştır. Diğer yandan Anderson ve ark. (1961)'nin yaptıkları bir araştırma sonucuna göre; borun Azotobacter chroococcum için vazgeçilmez bir element olmadığına belirlenmesi; bu araştırma sonuçları ile benzerlik göstermemektedir.

Toprakların en önemli biyolojik kriterlerinden birisi CO₂-oluşum miktarlarıdır. Heterotrof mikroorganizma varlığı ve toprağın organik madde miktarı ile kalitesi hakkında sağlıklı bilgiler veren bu aktivitenin bor konsantrasyonları ile ilişkileri üzerinde bazı çalışmalar yapılmıştır. Hanna ve ark., kireçleme ile birlikte 10 ppm'e kadar bor ilavesinin CO₂- oluşumunu % 3,3-20,3 (Gerretsen ve Hoop, 1954); Gunther ve Meschke (1955) ise; 1-10 ppm arasındaki bor konsantrasyonlarının CO₂-oluşumunu % 131-135 oranlarında arttırdığını tesbit etmişlerdir. Her iki araştırmada da 10 ppm bor düzeyinden sonra CO₂-miktarlarında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada CO₂-oluşumu ile ilgili elde edilen bulgular, yukarıdaki araştırma sonuçlarından daha farklı bir şekilde ortaya çıkmıştır. Çünkü bu çalışmada CO₂- oluşumu için toksik bor düzeyi 3,5 ppm olarak belirlenmiştir. Diğer araştırmacılar ile bu araştırma bulguları arasındaki farkın ortaya çıkmasında; büyük ölçüde bor probleminin uzun bir süre var olduğu topraklarda bu araştırmanın yürütülmüş olması rol oynamaktadır. Çünkü uzun süreli bir bor toksisitesinin varlığı, CO₂-oluşumunun daha düşük konsantrasyonlarda olumsuz etkilenmesine yol açabilecektir.

Doğal çevrenin önemli bir unsurunu oluşturan topraklarda son yıllarda meydana gelen kirliliğin; toprak enzimleri üzerine olumsuz etkiler yaptığı ve bu nedenle de toprak enzimlerinin kirlilik kriterleri olarak kullanılabilecekleri çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Tyler, 1974; Tabatabai, 1977; Grigoryan ve Galstyan, 1979; Frankenberger ve ark., 1981). Bu olumsuz etkinin ortaya çıkmasında,

topraklarda toksik miktarlarda biriken ağır metaller ve iz elementler rol oynamaktadırlar. Domsch (1965)'a göre; ağır metallerin olumsuz etkisi (1) enzimlerde bulunan aktif grupları maskeleymesi, (2) proteinlerin denatürüze olması veya aktif gruplarla metal iyonları arasında rekabetin ortaya çıkması, (3) protein molekülü içerisinde serbest bulunan amino ve sülfhidril gruplarının bazı ağır metallerle kompleksler oluşturmaları şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bor mikroelementi ile ilgili yapılan çalışmalarda ise bu elementin, toprak enzimlerini % 13- % 67 oranında engelledikleri, farklı enzimler ile yapılan incelemeler sonucu tesbit edilmiştir (Juma ve ark., 1977; Al-Khafaji ve ark., 1978; Singh ve ark., 1978; Stott ve ark., 1965). Yukarıdaki araştırmalarda kullanılan bor konsantrasyonlarının ($2,75 \times 10^{-4}$ ppm - 0,55 ppm), bu araştırma sonucu DHG-enzim aktivitesi için tesbit edilen toksik bor düzeylerinden oldukça düşük miktarlar olduğu ortaya çıkmıştır. Bu fark büyük bir ihtimalle indirekt olarak, araştırma topraklarında mevcut organizma gruplarının bora olan toleransları ile ilgili bulunmaktadır. Yapılan bazı araştırmalarda da, DHG-aktivitesi ile organizma sayısı arasında açık bir ilişkinin saptanması (Galst'yan ve ark., 1966; 1970); bu enzimin bor konsantrasyonlarından etkilenişinin, DHG-enzimini içeren mikroorganizmaların bora olan toleransları veya hassasiyetlerine bağlı olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

ÖZET

Bu çalışmada bor madeni ocaklarının kirlettiği Sırmav Çayının Balıkesir, Susurluk ve Kepsut Ovalarında sulamada kullanılması sonucu tarım arazilerinde yüksek konsantrasyonlarda biriken bor elementinin, topraktaki mikroorganizma grupları ve biyokimyasal olaylar üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Araştırma materyali olarak, sulama öncesi ve sulama sonrası dönemlere takabül edecek şekilde 3 farklı zamanda alınan 90 yüzey, 14'de profil örnekleri olmak üzere toplam 104 toprak örneği kullanılmıştır. Bu topraklarda fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizler yapılmış ve aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

Her üç alım zamanında tesbit edilen değerler gözönüne alındığında; yüzey örneklerinin eriyebilir bor miktarlarının 0,25-6,50 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Sadece ilk alım olan 30 toprak örneğinde saptanan total bor düzeyleri ise 6,5-60 ppm arasında yer almıştır.

Araştırma alanında açılan her üç profilde de eriyebilir bor miktarlarının üst toprak tabakalarından alt tabakalara doğru azaldığı tesbit edilmiştir. Fakat yaklaşık 60-80 cm derinliğe kadar toksik sınırın (0,7 ppm) üstünde eriyebilir bor konsantrasyonlarına rastlanması, bor elementinin toprağın çeşitli katmanlarında biriktiğini göstermektedir.

Araştırılan toplam 90 yüzey örneğinde genel bakteri sayısı: $4,0 \times 10^6$ - $124,6 \times 10^6$ (gr.k.top.ta) değerleri arasında değişmiştir. Her üç alımda belirlenen optimum ve toksik bor düzeyleri dikkate alındığında ise; bu organizmaların 1,50-3,25 ppm bor düzeyleri arasında optimum gelişmeyi gösterdikleri ve 3,25 ppm bor konsantrasyonundan sonra toksik olarak etkilendikleri belirlenmiştir.

Aktinomycetlerin her üç alım zamanındaki toprak örneklerinde min. ve mak. değerleri; $0,3 \times 10^5$ - $7,2 \times 10^5$ (gr.k.top.ta) olarak tesbit edilmiştir. Bu organizma grubunun genel bakterilere oranla bor konsantrasyonlarına daha fazla tolerans gösterdikleri ve farklı zamanlarda alınan toprak örneklerinde belirlenen optimum ve toksik bor

düzeyleri incelendiğinde 2,50-3,75 ppm bor konsantrasyonları arasında optimum gelişmeyi gösterdikleri saptanmıştır. Aktinomycetlerin toksik olarak etkilendikleri bor miktarı ise 3,75 ppm olarak belirlenmiştir.

Araştırma topraklarındaki mantar sayıları ise gr. kuru toprakta $0,3 \times 10^5$ - $27,3 \times 10^5$ değerleri arasında değişmiştir. Genellikle bor konsantrasyonlarına aktinomycetler ile birlikte genel bakterilere oranla daha toleranslı oldukları tesbit edilmiştir. Her üç alımda belirlenen opt. ve toksik bor düzeylerinin hepsi ele alındığında; bu organizmaların 1,00-3,75 ppm bor konsantrasyonları arasında en iyi gelişimi gösterdikleri ve 3,75 ppm bor düzeyinden sonra ise toksik olarak etkilendikleri saptanmıştır.

Aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin araştırılan toplam 90 yüzey örneğindeki sayısal değerleri $1,5 \times 10^3$ - $1435,6 \times 10^3$ (gr. k. top.ta) arasında yer almıştır. Bu organizmaların bor konsantrasyonlarına orta derecede hassas canlılar oldukları ortaya çıkmıştır. Her üç alımda belirlenen optimum ve toksik bor düzeyleri ele alındığında; aerob selüloz parçalayıcı bakterilerin 2,50-3,50 ppm bor arasında optimum gelişim gösterdikleri ve 3,50 ppm bor düzeyinden sonra ise zarar gördükleri saptanmıştır.

Azotobakterler her üç alım zamanında alınan toprak örneklerinden 2 tanesinde bulunamazken, bu topraklarda en yüksek azotobakter sayısı ise 5903 (gr.k.top.ta) olarak belirlenmiştir. İncelenen organizma grupları arasında bora en toleranslı mikroorganizmalar oldukları tesbit edilmiştir. Her üç alımda belirlenen sınır değerlerine göre azotobakterlerin; 3,25-4,80 ppm bor düzeyleri arasında optimum gelişimi gösterdikleri ve 4,80 ppm'in üstündeki bor miktarlarından ise toksik olarak etkilendikleri saptanmıştır.

Araştırılan toplam 90 yüzey örneğinin 2 tanesinde nitrit, 1 tanesinde ise nitrat bakterileri tesbit edilemezken, bu bakterilerin mak. sayısal değerleri gr. kuru toprakta sırasıyla 1033 ve 489 olarak belirlenmiştir. Her üç alımda belirlenen sınır değerlerine göre nitrit bakterilerinin 1,75-3,25 ppm ; nitrat bakterilerinin ise 2,50-3,50 ppm bor düzeyleri arasında optimum gelişmeyi gösterdikleri ve

toksik olarak etkilendikleri bor miktarlarının da nitrit bakterileri için 3,25 ppm, nitrat bakterileri için ise 3,50 ppm bor oldukları tesbit edilmiştir.

Her üç alım zamanında belirlenen toksik bor düzeyleri dikkate alındığında; mikroorganizma gruplarının bor toksisitesine olan hassasiyetleri aşağıdaki şekilde bir sıra oluşturmıştır:

G.B. = Nitrit-Bak. > Nitrat-Bak. = Se. P.B. > Akt. = Mant. > Az B.

Araştırma topraklarında CO₂- oluşum miktarlarına ait min. ve mak. sayısal değerler 10,24-43,04 mg/100 gr.k.t. olarak tesbit edilmiştir. Her üç alımda belirlenen optimum ve toksik bor düzeyleri dikkate alındığında; bu aktivitenin 2,30-3,50 ppm bor konsantrasyonları arasında en yüksek sayısal değerleri verdiği ve 3,50 ppm bor düzeyinden sonra ise toksik olarak etkilendiği sepienmiştir.

DHG-enzim aktivitesinin 90 yüzey örneğindeki sayısal değerleri ise 14,4 - 287,5 % TPF/5 gr.k.t. arasında yer almıştır. Araştırma topraklarında 3 farklı zaman için tesbit edilen optimum ve toksik bor düzeylerine göre, bu enzim aktivitesinin 2,25-3,75 ppm bor düzeyleri arasında en yüksek sayısal değerleri verdiği ve 3,75 ppm bor konsantrasyonundan sonra ise zarar gördüğü ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre DHG-enzim aktivitesinin CO₂- oluşumuna oranla bor konsantrasyonlarına biraz daha toleranslı olduğu sepienmiştir.

Profil örneklerinde araştırılan tüm mikroorganizma grupları ve biyokimyasal olaylara ait en yüksek değerler, üst toprak tabakalarında tesbit edilmiş ve alt tabakalara doğru inildikçe bu değerlerin azaldığı ortaya çıkmıştır.

SUMMARY

The alluvial soils of Balıkesir, Susurluk and Kepsut Plains of Southern Marmara Region are majorly irrigated by Simav River. On the other hand, this river is polluted by the discharges of the boron mines present in this region. The effects of high boron concentrations on the soil microorganism groups and biochemical activities were the objective of this study. With this purpose, totally 104 soil samples (90 surface + 14 profile samples) were taken at three different times (once before irrigation and twice after irrigation) to form the research material. The physical, chemical, microbiological and biochemical analysis were made in these samples and the obtained results were as follows:

According to the results obtained at every sample time, the soluble boron concentrations of surface soil samples changed from 0,25 to 6,50 ppm. Total boron concentrations of the first 30 soil samples ranged between 6,5 to 60 ppm. The soluble boron contents in every three profiles decreased from top soil layers to sub soil layers. Toxic levels of boron were met down to 60 to 80 cm of profiles which showed that boron accumulated at different soil layers.

In the 90 surface soil samples, general bacteria counts changed between $4,0 \times 10^6$ to $124,6 \times 10^6$ (in gr.dry soil). When the optimum and toxic boron levels were taken into consideration at every three sampling times, it was found that these organisms showed optimum growth between 1,50 to 3,25 ppm boron and were affected by higher concentrations

Minimum and maximum counts of actinomycetes in soil samples at every three sampling times were determined as $0,3 \times 10^5$ and $7,2 \times 10^5$ (in gr.dry soil). It was found that this group organism was more tolerant to the boron concentrations than the general bacteria. When the optimum and toxic boron levels in soil samples were taken into consideration, it was determined that actinomycetes showed optimum growth between 2,50 to 3,75 ppm boron concentrations and were affected by higher concentrations.

Fungi counts in research soils ranged from 0.3×10^5 to 27.3×10^5 values (in gr.dry soil). It was determined that these organisms together with actinomycetes were more tolerant to boron concentrations than general bacteria. When the optimum and toxic boron levels were taken into consideration at every three sampling times, it was found that these organisms showed best growth between 1.00 to 3.75 ppm boron concentrations and were affected by higher concentrations.

Aerobic cellulose decomposing bacteria counts in studied 90 surface soils were changed between 1.5×10^3 to 1435.8×10^3 (in gr. dry soil). These bacteria were found to be moderately sensitive to boron concentrations. When optimum and toxic boron levels were taken into consideration at every three sampling times, it was determined that aerobic cellulose decomposing bacteria showed optimum growth between 2.50 to 3.50 ppm boron concentrations and were affected by higher concentrations.

Azotobacter was not found in two of the soil samples taken at every three sampling times. Maximum azotobacter count in these soils was determined as 5903 in gr.dry soil. Among the studied groups of organisms, azotobacter was more tolerant to boron concentrations. According to the limit values at every three sampling times, it was determined that azotobacter showed optimum growth between 3.25-4.80 ppm boron levels and was affected by higher concentrations.

In 90 of the studied surface soils, two nitrite and one nitrate bacteria were determined to be not present. However, the maximum values of these organisms were found to be 1033 and 489 in gr. dry soil, respectively. According to the limit values at every sampling time, nitrite bacteria showed an optimum growth in 1.75 to 3.25 ppm boron ranges whereas nitrate bacteria in 2.50 to 3.50 ppm ranges. However, the toxic boron levels of nitrite and nitrate bacteria were 3.25 and 3.50 ppm, respectively.

When the toxic boron levels were taken into consideration at every three sampling times, the sensitivity to boron toxicity of microorganisms was determined to be as follows:

General Bact. = Nitrite Bact. > Nitrate Bact. = Aerob. Cel. Dec. Bact. >
Actinomycetes = Fungi > Azotobacter

The minimum and maximum CO_2 - production values belonging to research soils were determined as 10,24 and 43,04 mg/100 gr. dry soil, respectively. When the optimum and toxic boron levels at every three sampling times were taken into consideration; this activity gave highest values between 2,30-3,50 ppm boron concentrations and were affected by higher concentrations.

The values of dehydrogenase enzyme activity in 90 of the surface soil samples ranged from 14,4 to 287,5 $\times$ TPF/5 gr. dry soil. According to the optimum and toxic boron levels at every sampling time, it was found that the enzyme activity gave the highest values between 2,25-3,75 ppm boron levels and suffered from damage by higher concentrations greater than 3,75 ppm. According to these results, it was determined that dehydrogenase enzyme activity was pretty tolerant than CO_2 - production to boron concentrations.

In profile samples, the highest values belonging to microorganisms group and biochemical activities were determined in sub soil layers. These values decreased along profile toward sub soil layers.

LİTERATÜR LİSTESİ

- AHRENS,E., 1966. Zur Frage der C-Quelle für den Quantitativen Nachweis von Azotobacter. Bodenbiologie. Inst. Mitteilungsblatt Inst.Pasteur, Paris, 5, 22.
- AHRENS,E., 1976. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası Ders Notları. E.Ü. Ziraat Fak. Toprak Kürsüsü, İzmir.
- AHRENS,E., 1980. Über das Vorkommen von Azotobacter chroococcum in türkischen Böden. Zbl. Bakt. II.Abt. 135, 655-662.
- AKALAN,İ., 1968. Toprak (Oluşu, Yapısı ve Özellikleri) A.Ü.Ziraat Fak. Yayınları, No: 356.
- ALEXANDER,M., 1961. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, Inc. Newyork and London.
- AL-KHAFAJI,A.A., M.A.TABATABAI, 1978. Effects of trace elements on Arylsulfatase Activity in Soils. Soil Sci.Vol.127. No.3, 129-133.
- ALTINBAŞ,Ü., 1978. Çeşme, Foça ve Aliağa Kıyı Şeridi Terra-Rosa, Kireçsiz Kahverengi. Rendzina ve Kahverengi Orman Büyük Toprak Gruplarında Bor Elementi ve Bunun Profil Boyunca Dağılımı. Bitki, Cilt 5, Sayı 1, 16-34.
- AMER,F.M., W.V.BARTHOLOMEW, 1951. Influence of Oxygen Concentration in Soil Air on Nitrification. Soil Science, 71, 215.
- ANDERSON,G.R., J.V.JORDAN, 1961. Boron: a non-essential growth factor for Azotobacter chroococcum. Soils and Fertilizers. Vol.25, No: 1, (295).
- BAŞAR,H., 1988. Bor İçeren Alluvial Topraklarda Farklı Organik Gübrelerin Mineralizasyonu ve Mineralizasyon Üzerine Bor Konsantrasyonlarının Etkileri. E.Ü.Ziraat Fak. Toprak Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi.
- BECK,T., 1968. Mikrobiologie des Bodens. Bayerischer Landwirtschafts Verl. München Basel Wien.

- BERSHOVA, D.I., 1960. The Respiratory Activity of Some Soil Microorganisms and the Influence of Trace Elements on the Rate of Respiration. *Soils and Fertilizers*, Vol.25, No: 3 (1465).
- BERSHOVA, D.I., I.A.KOZLOVA, 1962. Vitamin Synthesis by Some Rhizosphere Microorganisms, and the Effect of Trace Elements. *Soils and Fertilizers*, Vol.27, No: 5, (2821).
- BERTRAND, D., A.D.WOLF, 1974. Is Boron an Essential Trace Element for Azotobacter chroococcum ? *Soils and Fertilizers*, Vol.37, No: 12, (3758).
- BIERNACKA, E., 1970. Influence of Irrigation with Ner River Water on the Trace Element Content of Light Soils. *Soils and Fertilizers*. Vol.34, No: 5 (3625).
- BLACK, C.A., 1957. *Soil-Plant Relationships*. John Wiley and Sons Inc. Newyork.
- BLACK, C.A., 1965. *Methods of Soil Analysis*. Part 1,2, American Soc. of Agr.Inc., Publisher Madison-USA.
- BOSEKEN, J., H.I.WATERMANN, 1912. The Influence of Boric Acid and Some Other Compounds on the Development of Penicillium glaucum and Aspergillus niger. *Bibliography of the Literature on the Minor Elements*. Vol.1, 59.
- BOUYOUKOS, G.J., 1962. Hydrometer Method Improved For Making Particle Size Analysis of Soil. *Agronomy Journal* Vol.54, No: 5.
- BÖREKÇİ, M., 1986. Borla Kirlenen Simav Çayının Sulamada Kullanılmasının Toprakta Oluşabilecek Bor Birikmesine Etkileri. *Toprak ve Gübre Araş. Enst.Müd. Yayınları*. Genel Yayın No: 113, Rapor Seri No: 51.
- BREMNER, J.M., 1965. Total Nitrogen. Editör C.A.Black. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, U.S.A.
- BRENCHLEY, W.E., 1914. *Inorganic Plant Poisons and Stimulants*. *Bibliography of the Literature on the Minor Elements*. Vol.1, 65.

- BRENCHLEY, W.E., H.G. THORNTON, 1925. The Relation Between the Development, Structure, and Functioning of the Nodules on *Vicia faba*, as Influenced by the Presence or Absence of Boron in the Nutrient Medium. Bibliography of the Literature on the Minor Elements. Vol.1, 65.
- BRIDOUX, C., E. JOVIS, 1937. Fixation or Absorption of Boron by the Soil. Bibliography of the Literature on the Minor Elements. Vol.1, 66.
- BRIGGS, M.H., D.J. SPEDDING, 1963. Soil Enzymes. Soils and Fertilizers. Vol.26, No:4.
- BURGES, A., F. RAW, 1967. Soil Biology. Academic Press. London and New York.
- CHANG, F.H., F.E. BROADBENT, 1982. Influence of trace metals on carbon dioxide evolution from a Yolo Soil. Soils and Fertilizers, Vol.45, No: 5, (5405).
- COPE, F., 1962. The Development of a Soil From an Industrial Waste Ash. Soils and Fertilizers, Vol.26, No: 6 (3244).
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü.Ziraat Fak. Yayınları, No: 10, Ankara.
- ÇALMAŞIR, A., T. OĞUZ, 1981. Bitki-Su-Toprak İlişkileri Yönünden Bor ve Borun Marmara Bölgesinde Yarattığı Sorunlar. DSİ.İ.Bölge Md. Planlama Md.
- ÇENGEL, M., 1978. Die Mikrobielle Dynamik in Versalztenen Türkischen Böden der Menemen und Salihli, Ebene und in Abhängigkeit vom Salzzusatz. Diss. Giessen.
- ÇENGEL, M., 1982. Menemen Ovası Tuzlu-Alkali Topraklarında Biyolojik Kükürt Oksidasyonu, Kükürt Bakterilerinin Aktiviteleri ve Etkili Thiobacillus Türleri Üzerinde Araştırmalar. Doç. Tezi, Bornova.
- ÇENGEL, M., K. GÜR, 1986. Azotobakterlerin Topraktaki Dağılımı ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri, Derim, 3 (1): 38-43.
- ÇENGEL, M., M. ÖZKARA, 1987. Toprakta Bor ve Mikrobiyolojik Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Toprak İlmî Derneği, 10. Bilimsel Toplantısı, Kırklareli.

- ÇENGEL,M., N.YAŞAROĞLU, 1987. Farklı Organik Artıkların Alluvial Topraklardaki Mineralizasyonu ve Mikrobiyolojik Ayrışma Üzerine Biotron'un Etkileri. Derim,4 (1): 21-31.
- ÇENGEL,M., Z.ERSAÇAN, C.ADUVAZ, 1988. İncir, Üzüm ve Zeytinyağı İşletme Atıklarının Toprakta Mikrobiyolojik Mineralizasyonu ve Organizma Grupları Üzerine Etkileri. TARİŞ,AR-GE MÜd. Yayınları. Proje No. AR-GE 010.
- ÇENGEL,M., 1990. Toprak Biyolojisi Ders Teksiri. E.Ü.Ziraat Fak. Teksir No: 5.
- ÇOLAK,A.K., 1979. Çukurova Bölgesinde Anız Yakımının Toprağın Mikroorganizma Populasyonuna, Biyolojik Aktivitesine ve Diğer Bazı Özelliklerine Etkisi. Doçentlik Tezi, Adana.
- DOELMAN,P., L.HAANSTRA, 1979. Effect of Lead on Soil Respiration and Dehydrogenase Activity. Soil Biology and Biochemistry. Vol.11, 475-479.
- DOMSCH,K.H., 1985. Funktionen und Belastbarkeit des Bodens aus der Sicht der Bodenmikrobiologie. Konhammer Verl. Stuttgart, Mainz.
- DUBOS,R.J., 1928. The Decomposition of Cellulose by Aerobic Bacteria, J.Bact. 15, 223-234.
- DUFRENDY,J., 1940. The Relation of Boron to the Root-Nodules of Vicia faba. Bibliography of the Literature on the Minor Elements. Vol.1, 79.
- EL-DAMATY,A.H., H.HAMDİ, A.F.EL-KHOLI and A.A.HAMDİ, 1970. Boron Adsorption and Release by Some Selected Soils of the U.A.R. J. Soil Sci.10, No.1, 39-58.
- EL-KHOLI,A.F., A.H.EL-DAMATY, H.HAMDİ and A.A.HAMDİ, 1970. Interrelationship Between Soil Properties and Soluble Boron. U.A.R.J.Soil Sci., 10. No: 2, 267-279.
- EL-SHINKAWI,M.M., 1975. Effect of Trace Elements and Phosphate Fertilizer on Microbial Activities of Semi-Humid Soils. Soils and Fertilizers, Vol.39, No: 1, (204).

- EMİROĞLU,Ş.H., H.SEPETOĞLU, M.ÇENGEL, 1986. Soyanın İkinci Ürün Olarak Adaptasyonu ve Toprak Verimliliğine Etkisi Üzerinde Araştırmalar. Doğa, Tr.Tar.Dr.D.10, 3, 319-332.
- ERGENE,A., 1987. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniv. Yayınları. No. 635.
- EVLİYA,H., 1964. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. A.Ü.Ziraat Fak. Yayınları, Sayı: 36.
- FIEDLER,H.J., 1973. Methoden der Boden Analyse Band.II. Mikrobiologische Methoden Verl. Theodor Steinkopff. Dresden.
- FRANKENBERGER,W.T., M.A.TABATABAI, 1981. Amidase Activity in Soils: IV. Effects of Trace Elements and Pesticides. Soil Sci. Soc. of Amer. Jour. Vol.45, No.6, 1120-1124.
- GALSTYAN,A.SH., E.S.TATEVOSIAN,Z.S.HAVOUNDJIAN, 1968. Fixation of enzymes by soil fractions of different particle sizes. Trans. 9 th Int.Congr.Soil Sci. 3, 281-288.
- GALSTYAN,A.SH., Z.J.HAVOUNDJIAN, 1970. Dehydrogenases in the clay fractions of soil. Soviet Soil Sci. 6, 721-723.
- GANDHI,S.C., B.V., MEHTA, 1959. Studies on Boron Deficiency and Toxicity Symptoms in Some Common Crops of Gujarat. Soils and Fertilizers, Vol.24, No:1 (371).
- GERRETSEN,F.C., H.DE HOOP, 1954. Boron, An Essential Micro-element for Azotobacter chroococcum. Plant and Soil, Vol.5, No.4, 349-367.
- GRIGORYAN,K.V., A.SH.GALSTYAN, 1979. Effect of Irrigation Water Polluted With Industrial Waste on the Enzymatic Activity of Soils. Soviet Soil Sci. 11(2), 220-228.
- GÜNTHER,E., H.MESCHKAT, 1955. Die Bedeutung der Spurenelemente und Ihr Einfluss auf das Mikrobenleben des Bodens und das Wachstum höherer Pflanzen im Jugendstadium. Die deutsche Landwirtschaft 6, 498-501.
- GUPTA,U.C., J.A.MACLEDD, 1981. Plant and Soil Boron As Influenced by Soil pH and Calcium Sources on Podzol Soils. Soil Sci. Vol.131, No: 1, 20-25.

- GUPTA, U.C., Y.W.JAME, C.A.CAMPBELL, A.J.LEYSHON, W.NICHOLAICHUK, 1985. Boron Toxicity and Deficiency: A Review Canadian Journal of Soil Sci. Vol.65, No.3, 381-409.
- GÜRKAN, D., 1987. Çöp ve Tavuk Gübresi Karışımının Toprağa Verilmesi ile Toprakta Oluşan Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Değişmeler. E.Ü.Rektörlüğü Araştırma Fonu, Proje No: 132.
- HAMED, A.S., 1979. Effect of Molybdenum in Combination with Other Trace Elements on the Rhizosphere Microflora of Cotton Plants in a Virgin Calcareous Soil. Soils and Fertilizers, Vol.42, No: 11, (6540).
- HANNA, W.J., E.R.PURVIS, 1941. Effect of Borax and Lime on Activity of Soil Microorganisms in Norfolk Fine Sandy Loam. Soil Sci. Vol.52, 275-281.
- HATCHER, J.T., G.Y.BLAIR, C.A.BOWER, 1959. Response of Beans to Dissolved and Adsorbed Boron. Soil Sci. 88: 98-100.
- ISERMEYER, H., 1952. Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Karbonate im Boden. Z.Pflanzenern. Düng.Bodenkde.
- JACKSON, M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- JACKSON, M.L., 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- JOHNSON, L.F., E.A.CURL, J.H.BOND, H.A.FRIBURG, 1959. Methods for Studying Soil Microflora-Plant Disease Relationships. Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- JORDAN, J.V., W.L.POWERS, 1947. Status of Boron in Oregon Soils and Plant Nutrition. Bibliography of the Literature on the Minor Elements, 9.
- JORDAN, J.V., G.R.ANDERSON, 1950. Effect of Boron on Nitrogen Fixation by Azotobacter. Soil Sci. Vol.69, 311-319.
- JUDEL, G.K., 1979. Fixation and Transport of Boron in Soils Showing Boron Toxicity in Crops. Soils and Fertilizers. Vol.42, No: 1, 19.

- JUMA, N.G., M.A. TABATABAI, 1977. Effects of Trace Elements on Phosphatase Activity in Soils. Soil Sci. Soc. of Amer. Jour. Vol. 41, No. 2, 343-346.
- KACAR, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 453.
- KACAR, B., 1984. Çayın Gübrelenmesi. Çay-Kur Yayını. No. 4, Ankara.
- KELLOGG, C.E., 1962. Our Garden Soils. The Mac Millan Company, New York.
- KEREN, R., R.G. GAST, 1981. Effects of Wetting and Drying, and of Exchangeable Cations, on Boron Adsorption and Release by Montmorillonite. Soil Sci. Soc. Am. J., 45, 478-482.
- KEREN, R., R.G. GAST, B. BAR-YOSEF, 1981. pH-Dependent Boron Adsorption by Na-Montmorillonite. Soil Sci. Soc. Am. J., 45; 45-48.
- KEREN, R., H. TALPAZ, 1984. Boron Adsorption by Montmorillonite as Affected by Particle Size. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 555-559.
- KHUDAIRI, A.K., 1961. Boron Toxicity and Plant Growth. Soils and Fertilizers. Vol. 24, No. 5, (2695).
- KONONOVA, M.M., 1966. Soil Organic Matter. Pergamon Press. Oxford.
- KOVAL'SKII, V.V., S.V. LETUNOVA, R.D. ALTYNBAEVA, E.A. BELDOVA, 1974. Importance of the Soil Microflora in the Biogenic Migration of Boron in Biogeochemical Provinces with Different Contents of this Element. Soils and Fertilizers, Vol. 37, No. 3, (414).
- KRYLOVA, N.B., 1962. Role of Microelements in Nitrogen Fixation. Soils and Fertilizers. Vol. 26, No. 1, (221).
- LEBEDEV, S.I., 1940. Utilization of the Nitrogen of Nodule Bacteria by Hemp. Bibliography of the Literature on the Minor Elements. Vol. 1, 101.
- LEE WANG, T.S., C.F. LIN, 1976. Study on the Micronutrient Contents of Soils from the Main Vegetable Areas in Taiwan. I. Boron. Soils and Fertilizers, Vol. 39, No. 5, (3228).

- LIANG, C.N., M.A.TABATABAI, 1977. Effects of Trace Elements on Nitrogen Mineralisation in Soils. *Environ.Pollut.*(12), 141-147.
- LIANG, C.N., M.A.TABATABAI, 1978. Effects of Trace Elements on Nitri-fication in Soils. *Journal of Environmental Quality*, Vol.7, No.2, 291-293.
- LIPMAN, J.G., P.E., BROWN, I.L. OWEN, 1910. Experiments on Ammonia and Nitrate Formation in Soils. *Bibliography of the Literature on the Minor Elements*. Vol.1, 102.
- LOUE, A., 1958. Diagnostic Pe'tiolarie de Prospection. Etud sur la Nutrition et la Fertilisation Potasiques de la Vigne. *Socie'te Commerciale des Potasses d'Al sace Services Agronomiques*, 31-41.
- LOWATT, C.L., L.M.BATES, 1984. Early Effects of Excess Boron on Photosynthesis and Growth of Cucurbita pepo. *Journal of Exp. Botany*, Vol.35, No.152, 297-305.
- LYNCH, J.M., 1983. *Soil Biotechnology*. Blackwell Scientific Publications. Frome and London.
- MAKAROV, B.N., 1965. Biological Activity of Soil During Decomposition of Organic Matter Soils and Fertilizers. Vol.29, No:2. (1071).
- MALISZEWSKA, W., 1972. Effect of Some Trace Elements on the Activity of Some Microbiological Processes in the Soil. *Soils and Fertilizers*, Vol.36, No:3, (1034).
- MC CRADY, M.H., 1918. Tables for Rapid Interpretation of Fermentations-tube Results. *Public Health J.*9, 201-220, Canada.
- MC LAREN, A.D., G.H.PETERSON, 1967. *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- MELKUMOVA, T.M., Zh.M.GAZAICHYAN, 1964. Influence of Trace Elements on the Activity and Virulence of the Root Nodule Bacteria of Lucerne. *Soils and Fertilizers*, Vol.28, No.4, (2473).
- MENGEL, K., E.A.KIRKBY, 1979. *Principles of Plant Nutrition*. Inter. Potash Inst. Berne, Switzerland.

- MERMUT, A., 1975. Toprak Tasviri Rehberi. A.Ü. Ziraat Fak. Toprak Bilg. Müs. Yayınları, 22, Ankara.
- METEOROLOJİ BÜLTENİ, 1974. Devlet Meteoroloji Genel Müd. Yayınları, Ankara.
- MULDER, E.G., T.A.LIE, J.W.WOLDENDORP, 1969. Soil Biology. Unesco, 163-201.
- MUNSELL COLOR COMPANY, INC., 1954. Munsell Soil Color Charts. Baltimore, U.S.A.
- MUNSUZ, N., İ.ÜNVER, 1983. Türkiye Suları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 882, Ders Kitabı: 247, Ankara.
- MUNSUZ, N., Y. ATAMAN, İ.ÜNVER, T. DÖŞÜZ, 1983. Simav Çayının, Bigadiç Yöresi Topraklarında Yarattığı Bor Kirliliği ve Önlenmesi Olanakları. TÜBİTAK-ÇAG, Proje No: CAG-56.
- MUSIEROWICZ, A., W. RUT, 1948. The Amounts of Boron in Soils. Bibliography of the Literature on the Minor Elements, 12.
- MÜFTÜOĞLU, N.M., 1989. Üzerinde Çay Tarımı Yapılan Doğu Karadeniz Bölgesi Podsolik Topraklarının Mikrobiyolojik Aktivitesi ve Toprak Asitliğini Etkileyen Biyolojik Faktörler Üzerinde Araştırmalar. E.Ü. Fen Bilim Ens. Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- MÜLLER, G., 1965. Bodenbiologie. Veb. Gustav Fischer Verl. Jena.
- NAPLEKOVA, N.N., A.P. ANIKINA, 1970. Assimilation of Boron by Cellulose-decomposing Micro-organism. Soils and Fertilizers. Vol. 34, No: 3, (2191).
- NEARY, D.G., G. SCHNEIDER, D.B. WHITE, 1975. Boron Toxicity in Red Pine Following Municipal Waste Water Irrigation. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 39: 981-982.
- NITA, L., R. GROSU, 1966. Specific Composition of Aerobic Cellulose-Decomposing Bacteria in Some Genetic Types of Rumania. Soils and Fertilizers. Vol. 29, No. 5, (3236).

- OKAY, O., H. GÜÇLÜ, E. SONER, T. BALKAŞ, 1985. Boron Pollution in the Simav River, Turkey and Various Methods of Boron Removal. Water Res. Vol.19. No.7, 857-862.
- ÖNEL, A., 1981. Marmara Bölgesinde Bazı Su ve Toprak Kaynaklarının Bor, Arsenik ve Kömürden Kirlenmesi ile Alınması Gerekli Tedbirler. DSİ 11.Bölge Müd. Bursa.
- ÖZBEK, N., 1973. Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Basımevi.
- PARKS, W.L., J.L. WHITE, 1952. Boron Retention by Clay and Humus Systems Saturated with Various Cations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 16 : 298.
- PERVEY, F.J., F.T. BINGHAM, 1984. Reclamation of Boron in High-Boron Soils. California Agr. Vol.38, No.10, 35.
- PFEIFFER-MALISZEWSKA, W., 1978. Effect of boron and Cadmium on Nitrogen Fixation in Soil. Soils and Fertilizers, Vol.41, No.2, (542).
- POSCHON, J., P. TARDIEUX, 1962. Techniques D'analyse en Microbiologie du Sol. Edition de la Tourelle. 5, Rue Guynemer. 5.st. Mende (Seine).
- POSTGATE, J.R., 1971. The Chemistry and Biochemistry of Nitrogen Fixation. Plenum Press. London and New York, 294.
- RAUTERBERG, E., F. KREMKUS, 1951. Bestimmung von Gesamthumus und Alkali Löslichen Humusstoffen in Boden. Z. Pflanzenernähr Düng, u. Bodenk, 54: 240-249.
- RIEHL, H., 1957. Untersuchungen über die in Augustenberg ausgearbeitete Methode zur Bestimmung des heisswasserlöslichen Bors im Boden nach Berger und Troug. Agrochimica, 1 (2): 91-106.
- SAATÇI, F., F. ÖZKAN, 1971. Aktinomysetler ve Topraktaki Önemleri. E.Ü. Ziraat Fak. Derg. 8:2.
- SAATÇI, F., H. TUNÇAY, Ü. ALTINBAŞ, 1973. İzmir İli Balçova Bölgesinde Sulamada Kullanılan Bazı Kuyu, Arteziyen, Kaynak ve Dere Sularının Sulama Yönünden Kalitelerinin Tesbiti Üzerinde Araştırmalar. E.Ü. Ziraat Fak. Yayınları. No: 197.

- SAATÇI,F., Ü. ALTINKAŞ, 1973. Bornova ve Civarında Mevcut Büyük Toprak Gruplarının Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. E.Ü.Ziraat Fak.Yayınları, No: 237.
- SAATÇI,F., 1975. Toprak İlmî. E.Ü.Ziraat Fak. Yayınları, No.214.
- SALAZAR, C.E., 1965. Factors Affecting Legume Nodulation in the Tropics. Soils and Fertilizers. Vol.29, No.3, (1833).
- SINGH,M., A.N.PATHAK, 1962. Effect of Trace Elements on Nitrogen Fixation Soils and Fertilizers, Vol.26, No.5 , (2410).
- SINGH,B.B., M.A.TABATABAI, 1978. Factors Affecting Rhodanese EC-2.8.1.1. Activity in Soils. Soil Sci. 125 (6), 337-342.
- SOIL SURVEY STAFF, 1951. Soil Survey Manual.U.S.Department Agriculture Handbook No.16.U.S.Government Printing Office, Washington.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Government Printing Office, Washington.
- SORIANA,S., M.A.L.REICHART,E.ATLAS , 1963. Studies on the physiology and ecology of Azotobacter chroococcum. Soils and Fertilizers. Vol.29, No.2, (1098).
- STARKA,J., 1968. Physiologie und Biochemie der Mikroorganismen. Gustav Fischer Verl. Stuttgart.
- STEINSBRENNER,K., D. GRABERT, 1965. Investigations on the Process of Decomposition of Some Organic Materials in Soil. Soils and Fertilizers, Vol.29, No.2, (1070).
- STEUBING,J., 1965. Pflanzenökologisches Praktikum. Paul Parey Verl. Berlin Hamburg.
- STOTT,D.E., W.A.DICK, M.A.TABATABAI, 1985. Inhibition of Pyrophosphatase EC-3.6.1.1. Activity in Soils by Trace Elements. Soil Sci. 139 (2), 112-117.
- TABATABAI,M.A., 1977. Effects of Trace Elements on Urease Activity in Soils. Soil Biol. Biochem. Vol.9, 9.

- THALMANN, A., 1967. Über die Mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter Besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduktion). Diss. Giessen.
- THIMANN, K.V., 1955. The Life of Bacteria. Their Growth, Metabolism, and Relationships. The Mac Millan Company, New York.
- TIMOSHENKO, A.G., V.V.KOTELEV, S.I.TOMA, 1964. Significance of Microelements in the Interrelationships of Soil and Plant Microorganisms. Soils and Fertilizers, Vol.29, No.2 (1261).
- TODOROVA, B., 1968. Investigations on the Decomposition of Some Root Residues in Soil. Soils and Fertilizers. Vol.33, No.2, (1184).
- TOPRAKSU, 1971. Susurluk Havzası Toprakları. Köy İşleri Bakanlığı Yayınları: 174, Raporlar Serisi No: 46.
- TOPRAKSU, 1972. Balıkesir İli Toprak Kaynağı Envanter Raporu. Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Raporlar Serisi: 22.
- TYLER, G., 1974. Heavy Metal Pollution and Soil Enzymatic Activity. Plant and Soil, 41, 303-311.
- TYNER, L.E., 1944. Effect of Media Composition on the Numbers of Bacterial and Fungal Colonies Developing in Petri Plates. Bibliography of the Literature on the Minor Elements. Vol.1, 142.
- U.S.SALINITY LAB. STAFF, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Government Printing Office, Washington.
- VAUGHAN, D., R.E.MALCOLM, 1965. Soil Organic Matter and Biological Activity. Developments in Plant and Soil Sciences. Vol.16. Martinus Nijhoff/Dr.W.Junk Publishers.
- VERONA, D., 1947. Boron and Agriculture. Bibliography of the Literature on the Minor Elements, 18.
- VDICU, J., 1922. Influence of Humus on the Sensitiveness of Azotobacter chroococcum toward Boron. Bibliography of the Literature on the Minor Elements, Vol.1, 145.

- WAKSMAN, S.A., 1952. Soil Microbiology. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- WAKSMAN, S.A., 1959. The Actinomycetes. Vol.1. The Williams and Wilkins Comp. Baltimore
- YILMAZ, T., A.BERKTAY, 1984. Türkiye'de Borla Kirlenmiş Topraklar ve Bu Toprakların Bor Yıkama Eğrileri. Çevre-84.V. Türk-Alman Çevre Mühendisliği Sempozyumu. E 31-E 35.
- ZABUNOĞLU, S., İ.KARAÇAL, 1986. Gübreler ve Gübreleme. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 993, Ders Kitabı: 293.
- ZDENEK, F., M.ÇENGEL, 1979. Kil Minerallerinin Topraktaki Bazı Mikrobiyolojik Olaylar Üzerine Etkileri (Çeviri). E.Ü.Ziraat Fak. Derg. 16/2, 141-148.