



Şeker fabrikası atığı vinasın (şilempe) inkübasyon süresince toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri

Çağla Ateş^{1*}, Ayten Namlı²

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara

² Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

Özet

Bu çalışmada, şeker fabrikası atığı vinasın toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri 6 ay süreli inkübasyon denemesiyle ortaya konulmuştur. Dört farklı vinas çeşidi 300 g'lık saksılara 0, 2, 4, 8, 20 L/da dozlarında uygulanmış ve inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyonun 15, 30, 60, 120 ve 180. günlerinde alınan toprak örneklerinde β-glukozidaz enzim aktivitesi, alkali fosfataz enzim aktivitesi, toprak solunumu (CO₂ çıkışı) ve mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC) analizleri yapılmıştır. İnkübasyonun 15, 60, 120 ve 180. günlerinde de organik madde, pH ve EC analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda artan vinas dozuna bağlı olarak CO₂ çıkışı artış göstermiştir. Vinas uygulanmış toprakların MBC içerikleri kontrole göre daha fazla olmuştur. Beta glukozidaz enzim aktivitesi inkübasyonun başlarında kontrole göre artış göstermiş ancak ilerleyen dönemlere bağlı olarak kontrol ile uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Bütün vinas çeşitlerinin en yüksek dozu olan 20 L/da uygulamasında, tüm inkübasyon zamanlarında beta glukozidaz aktivitesi diğer dozlara göre önemli derecede azalmıştır (P<0.05). Toprakların EC değerleri, pH'nın aksine inkübasyon zamanına ve vinasın uygulama dozuna bağlı olarak artmıştır (P<0.05). Vinasın toprağa uygulanmasının biyokimyasal özelliklerinde olumlu etki etmesine bağlı olarak, bu endüstriyel atığın güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için uygun bir seçenek olabileceği, ancak uzun vadede toprak tuzluluğunun gelişmesini önlemek için uygulama seviyesinin belirli sınırlar içinde olması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Vinas, sıvı organik gübre, toprak, enzim aktivitesi, mikrobiyal biyokütle karbonu.

Effects of sugar beet factory disposal of vinasse on some chemical and biochemical properties of soil during incubation period

Abstract

In this study, the effects of sugar beet factory waste vinasse on some biochemical properties of soil have been evaluated with 6 months incubation experiment. Four different types of vinasse were applied to 300 g pots at 0, 2, 4, 8, 20 L/da doses. On the 15-30-60-120 and 180th days of incubation, β-glucosidase and alkaline phosphatase enzyme activities, soil respiration and microbial biomass were measured in soils. On the 15-60-120 and 180th days of incubation organic matter, pH and EC analysis was performed. As a result of the analysis, CO₂ release enhanced with increasing vinasse dose. The microbial biomass carbon (MBC) content of the soils treated with vinas was higher than that of control. Beta glucosidase enzyme activity increased at the beginning of the incubation compared to the control, but there was no significant difference between control and applications depending on sampling time. Beta glucosidase activity decreased significantly at all sampling times in 20 L/da, which is the highest dose of all vinasse (P < 0.05). Contrary to pH, the EC values of the soils increased depending on the incubation time and the application dose of vinasse (P < 0.05). Due to the positive effect of the application of vinasse on the biochemical properties of soil, it is thought that it may be a suitable option for the safe disposal of this industrial waste, but the application level should be within certain limits in order to prevent the development of soil salinity in the long term.

Keywords: Vinasse, liquid organic fertilizer, soil, enzyme activity, microbial biomass carbon.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0312 3076233

E-posta : caglaates@hotmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 08 Eylül 2021

Kabul Tarihi : 05 Aralık 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.992996

Giriş

Etil alkol petrol türevlerinden ve biyolojik ham maddelerden üretilmektedir. Dünyada kozmetik, boya, mürekkep gibi endüstriyel uygulamalarda ve içki sanayinde kullanılan etil alkol aynı zamanda yakıt olarak da kullanılmaktadır. Biyolojik kaynaklardan elde edilen etil alkol, biyoetanol olarak anılmaktadır ve ulaşım sektöründe alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Ar, 2014).

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de biyoetanol belli oranda benzine eklenerek yakıt olarak kullanılmakta olup, Türk Şeker, Tarkim, Tezkim ve Konya Şeker A.Ş. firmaları yakıt biyoetanolu üretmek için Dağıtım Yetki Belgesi almıştır. Tarkim ve Tezkim mısır ve buğdaydan, Türk Şeker ve Konya Şeker ise şeker pancarı melasından biyoetanol üretimi yapmaktadır (Anonim, 2020). Şeker pancarı vinası etil alkol endüstrisinin son yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Şeker üretim atığı olan melasın alkol üretimi için fermente edilip, destilasyon yolu ile alkolü uzaklaştırıldıktan sonra kalan kısmı vinasıdır. Çizelge 1’de görüleceği üzere ülkemizde etil alkol üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Üretilen her 1 L etil alkole karşı yaklaşık 10-15 L vinas oluşmaktadır ve alkol fabrikalarının en büyük sorunu çıkan vinasın değerlendirilmesidir.

Çizelge 1. Türkiye’de yıllara bağlı olarak etil alkol üretimi (TOB, 2021)

Yıllar	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Üretim (Litre)	102.682.033	106.132.097	111.076.773	110.986.010	121.181.496	147.706.852

Vinas, ham maddeden kaynaklanan yüksek organik madde, çözülmüş katı, ağır metaller, fenolikler, şekerler (karbonhidratlar) ile proteinlerin (amino grupları) reaksiyonu sonucu oluşan melanodinler ve asitlerin hidroliziyle meydana gelen bileşikler gibi fitotoksik, antibakteriyel ve zor ayrışan bileşikleri içermektedir. Bu nedenle vinasın çevreye direk deşarjı toprakta ve yeraltı sularında kirliliğe neden olabilmektedir (Wilkie ve ark., 2000, Tejada ve Gonzalez, 2005, Pant ve Adholeya, 2007). İçerdiği yüksek miktardaki renk bileşikleri nedeniyle arıtılmadan su kaynaklarına deşarj edildiğinde nehir ve göllerde güneş ışığı geçirgenliğini azaltarak fotosentetik aktivitenin ve çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına ve sucul yaşam koşullarında tehlikeli durumlara neden olmaktadır. Yüksek organik içeriğe bağlı olarak yeraltı sularında oluşan besin zenginleşmesi ya da ötrofikasyon, ekosistemin yapısında ve işlevinde istenmeyen değişimlere neden olabilmektedir (FitzGibbon ve ark., 1998, Espana-Gamboa ve ark., 2011, Arimi ve ark., 2014).

Tarımda sıvı formda organik gübre ve yaprak gübresi üretimlerinde kullanılan vinas, azot, fosfor ve potasyum ile zenginleştirilmek suretiyle organomineral gübre yapımında da kullanılmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının, Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmeliğinde, “sıvı organik gübre” olarak tanımlanan vinas, özel sektör tarafından tarımsal üretim amacıyla piyasada satılmaktadır. Şilempe olarak da adlandırılan vinasın kullanımına yönelik farklı doz ve uygulama şekilleri önerilmektedir. Kullanım alanının çok fazla olması ve kullanılan alanın tarımsal üretim olması nedeniyle vinasın toprak ve bitki üzerine etkilerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde vinasın toprak özellikleri üzerine etkilerini ortaya koyan çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışma ile piyasada özel sektör tarafından satılan 2 adet ve kamuya ait 2 adet şeker fabrikasından çıkan vinasın toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri 6 aylık inkübasyon denemesiyle belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada 4 farklı vinas (Özel Sektör 1, Özel Sektör 2, Kamu 1, Kamu 2) kullanılmıştır. Vinas örneklerinde pH, EC (Elektriksel iletkenlik), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), organik madde, organik C, toplam N, organik N, NH₄-N, NO₃-N, suda çözünür potasyum (K₂O), suda çözünür fosfor (P₂O₅), Cl, SO₄, toplam S, P, K, Na, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Pb, Hg, Cr, humik asit, toplam hidroksiprolin, betain ve toplam fenol analizleri yapılmıştır. İçerik analizleri yapılan vinasların toprağa uygulandığında toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla inkübasyona tabi tutulmuşlardır (Çizelge 2). İnkübasyon denemesi 4 adet vinas, 5 vinas dozu (0, 2, 4, 8, 20 L/da), 5 zaman (15, 30, 60, 120 ve 180. gün) ve 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneği, Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftlik arazisinde bulunan Çiftlik Serisi’nden 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örnekleri hava kuru olacak şekilde kurutulmuş ve 2 mm’lik eleklerden elenerek tarla kapasitesi, nem, tekstür, pH, EC, toplam N, organik madde, bitkiye yarayışlı P₂O₅, bitkiye yarayışlı K₂O, kireç analizleri yapılmıştır. Hazırlanan toprak örnekleri fırın-kuru bazda 300 g olacak şekilde saksılara tartılmış ve su tutma kapasitesinin %65’i düzeyinde nemlendirilerek ağızları kapatılmış ve hava alması için kapaklara delikler açılmıştır. Toprak örnekleri inkübatörde bir hafta süre ile 28°C’de ön inkübasyona alınmıştır. Bir haftalık ön inkübasyon sonunda oluşturulan saksı denemesi düzenine göre

topraklara piyasada satılan vinaslar için yaygın olarak tavsiye edilen etiket dozlarına uygun olacak şekilde 2, 4, 8 L/da ve vinasın olumlu ya da olumsuz etkisini inkübasyon süresinde daha net ortaya koyabilmek için bir adet yüksek doz (20 L/da) vinas homojen bir şekilde toprakla karıştırılmıştır. Deneme saksılarının nem içerikleri inkübasyon süresince periyodik ölçümlerle su tutma kapasitesinin %60-70'i arasında korunmuştur. İnkübasyonun 15, 30, 60, 120 ve 180. günlerinde örneklemeler yapılarak beta glukozidaz ve alkali fosfataz enzim aktivitesi, toprak solunumu (CO₂ çıkışı) ve mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC) analizleri yapılmıştır (Çizelge 2). Biyokimyasal özelliklerin yanında vinasın toprakların organik madde, pH ve EC değerleri üzerinde etkileri de belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan vinas örneklerinin özellikleri

Özellikler	Özel Sektör 1	Özel Sektör 2	Kamu 1	Kamu 2	Kaynak
Organik Madde (Kuru maddede, %)	53.10	47.18	47.15	51.46	AOAC (1995)
Toplam Humik+Fulvik asit (%)	32.99	21.10	33.82	35.73	TS 5869 ISO 5073
Toplam Azot (%)	2.10	2.51	2.09	2.20	
Amonyum Azotu (NH ₄ -N, %)	0.01	0.08	0.03	0.01	TS EN 15475, 15476, 15478
Nitrat Azotu (NO ₃ -N, %)	0.03	0.33	0.67	0.09	
Organik Azot (Hesaplama) (%)	2.06	2.10	1.39	2.10	
Organik Karbon (Hesaplama) (%)	16.52	15.34	15.87	16.58	
pH (Orijinal, potansiyometrik)	5.55	6.00	5.69	5.50	
EC (Orijinal, dS/m)	7.98	13.64	7.60	8.26	
Toplam Fosfor (%)	0.02	0.04	0.04	0.03	
Toplam Potasyum (%)	4.95	5.66	4.37	3.98	Kacar ve Kütük (2009)
Suda Çözünür Fosfor (%)	0.01	0.01	0.02	0.02	
Suda Çözünür Potasyum (%)	3.98	4.56	4.29	3.71	
Cl ⁻ (mg/kg)	16390	23680	11830	21750	APHA, SM 4110 (1992)
SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	134.50	223.00	229.50	150.00	
Toplam C (%)	28.00	26.00	26.90	28.10	
Toplam Magnezyum (%)	4.62	30.28	182.50	36.96	
Toplam Sodyum (%)	1.38	1.68	0.94	1.56	
Toplam Bor (mg/kg)	26.54	25.38	23.06	27.48	Isaac ve Johnson (1998)
Toplam Demir (mg/kg)	18.34	22.74	17.14	24.18	
Toplam Bakır (mg/kg)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	
Toplam Çinko (mg/kg)	17.38	18.72	16.94	20.26	
Toplam Mangan (mg/kg)	6.06	7.48	6.48	7.80	
Toplam Kükürt (%)	0.40	0.32	0.37	0.27	Kacar ve Kütük (2009)
Toplam Nikel (mg/kg)	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	
Toplam Krom (mg/kg)	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	
Toplam Kurşun (mg/kg)	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	EPA Method 3050 (1996)
Toplam Kadmiyum (mg/kg)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Toplam Civa (mg/kg)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
KOİ (g/L)	101.60	73.70	64.50	73.00	APHA, SM 5210 (2011)
BOİ ₅ (g/L)	36.84	28.17	23.07	27.27	APHA, SM 5220 (2011)
BOİ/KOİ (Hesaplama)	0.36	0.38	0.35	0.37	
Toplam Fenol (mg GAE/100g)	1317.42	1655.17	1439.27	1442.15	Cemeroğlu (2010)
Toplam Hidroksiprolin (mg/100g)	32.27	38.59	37.89	33.68	TS 6236 ISO 3496 (1997)
Betain (%)	6.84	7.95	2.71	5.34	Rivoira (2017)

Denemede kullanılan vinasların inkübasyon süresi boyunca toprağın kimyasal ve biyokimyasal özelliklerine etkileri bakımından elde edilen gözlemler mstat-c istatistik programı, tekrarlanan ölçümlü varyans analizi (repeated measurement anova) ile değerlendirilmiştir. Tekrarlanan ölçümler zaman faktörünün seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Önemlilik düzeyi F testine göre, ortalamaların farklılık gruplandırması ise Duncan testine göre yapılmıştır. Üzerinde durulan özellikler bakımından incelemeler her bir zamanda ayrı ayrı yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı piyasada satılmakta olan özel ve kamuya ait vinas örneklerinin toprağın bazı özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak olduğundan denemeye alınan vinasların birbirine göre üstünlük veya olumsuzlukları kıyaslanmamış ve istatistiksel analizler her bir vinas için ayrı ayrı yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Vinas örneklerinin analiz sonuçları

Çalışmada kullanılan Vinas örneklerinin içerik analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik” çerçevesinde vinas, “sıvı organik gübre” kapsamında değerlendirilmektedir ve yönetmelik kriterlerine göre en az %15 organik madde içermelidir. Çalışmada ele alınan vinas örnekleri organik madde içerikleri açısından değerlendirildiğinde incelenen tüm vinas örneklerinin organik madde içeriğinin %15’in oldukça üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Yönetmelikte belirtilen diğer sınır değer zorunluluğu ağır metallerle ilgili olup, buna göre vinasların ağır metal sınır değerleri yönetmelik değerlerinin altında bulunmaktadır. Toplam hidroksiprolin içeriği ilgili yönetmelikte bitkisel ürünlerde maksimum %0.5 olarak belirlenmiş olup, buna göre; çalışmada ele alınan vinasların tamamının toplam hidroksiprolin içeriği sınır değerinin oldukça altındadır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği alıcı ortama deşarj standartlarında içki sanayi - melastan alkol üretimi için KOİ değeri 400 mg L-1 olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışmada kullanılan vinaslar ilgili yönetmelik açısından değerlendirildiğinde; incelenen vinasların tamamında KOİ değeri sınır değerinin çok üzerindedir. Ancak vinaslar düşük BOİ/KOİ oranına sahip olup bu da içeriğindeki organiklerin biyolojik olarak parçalanabilir olduğunu göstermektedir. Vinasların azot içerikleri, betain içerikleri ile paralellik göstermiş olup, azotu düşük olan vinasın betain içeriği de düşük bulunmuştur. Vinasların tamamı diğer araştırmalardaki sonuçlara benzer şekilde asit karakterde olup, EC değerleri ise oldukça yüksek bulunmuştur. Dört vinas örneğinin de potasyum içerikleri yüksek bulunmuştur. Vinasların, ilgili yönetmeliğe göre kullanımını kısıtlayan engel bulunmamaktadır.

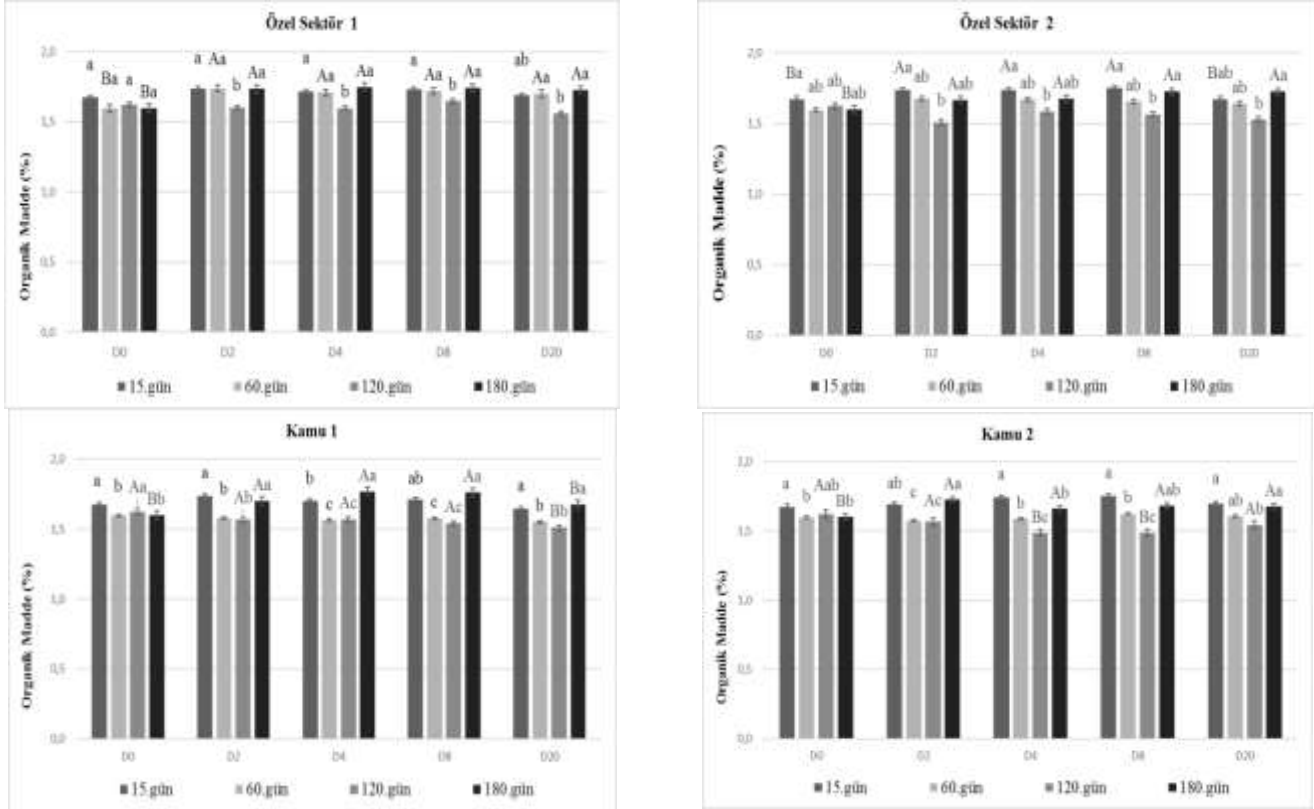
İnkübasyon denemesi sonuçları

İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneğinin analiz sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir. İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneğinin bünyesi killi olup, nötr, tuzsuz, fosfor ve potasyum bakımından yeterli, organik madde bakımından fakir, azot içeriği iyi, kireç içeriği yüksek bulunmuştur.

Çizelge 3. İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneğinin özellikleri

Toprak Özellikleri		Kaynak	
Bünye sınıfı		Killi/C	Bouyoucous (1951)
Hacim Ağırlığı (silindir)	g/cm ³	1.14	Blake ve Hartge 1986)
pH		7.95	
EC	dS/m	0.31	Jackson (1962)
Kireç	%	23.90	
Organik Madde	%	1.56	Richards (1954)
Toplam N	%	0.12	Bremmer (1965)
Bitkiye yararlı Fosfor	mg/kg	12.07	Olsen ve ark., (1954)
Bitkiye yararlı Potasyum	mg/kg	147.00	Richards (1954)

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen organik madde miktarları Şekil 1'de verilmiştir. İnkübasyon denemesine alınan toprakların organik madde miktarı inkübasyonun son dönemi olan 180. günde başlangıca göre artış göstermiştir. İnkübasyonun 180. gününde Kamu 1 vinas uygulamasının 4 ve 8 L/da dozları ile Özel Sektör 1 vinas uygulamasının 20 L/da uygulaması organik madde miktarını başlangıca göre artırmıştır ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

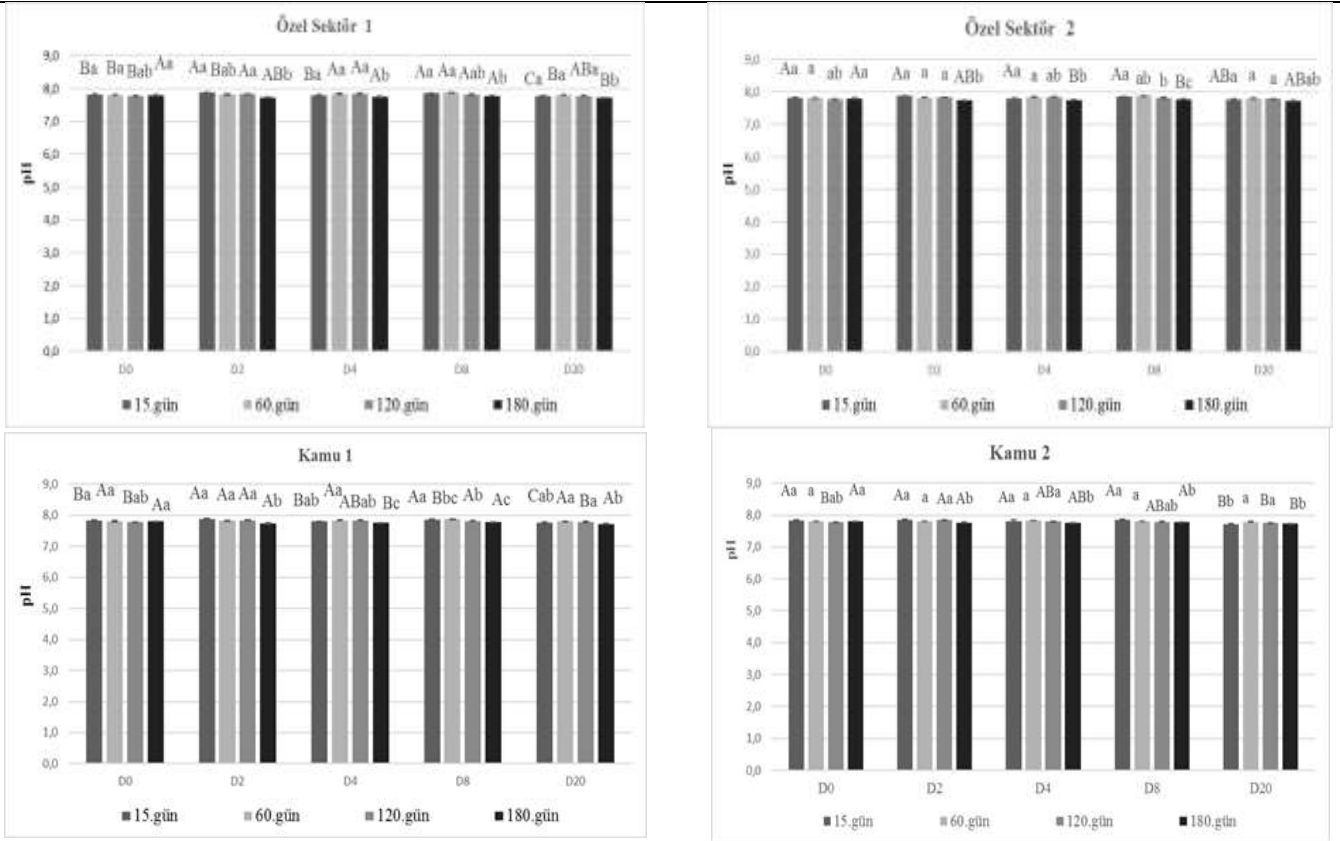


Şekil 1. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların organik madde miktarları üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında $P<0.05$ düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

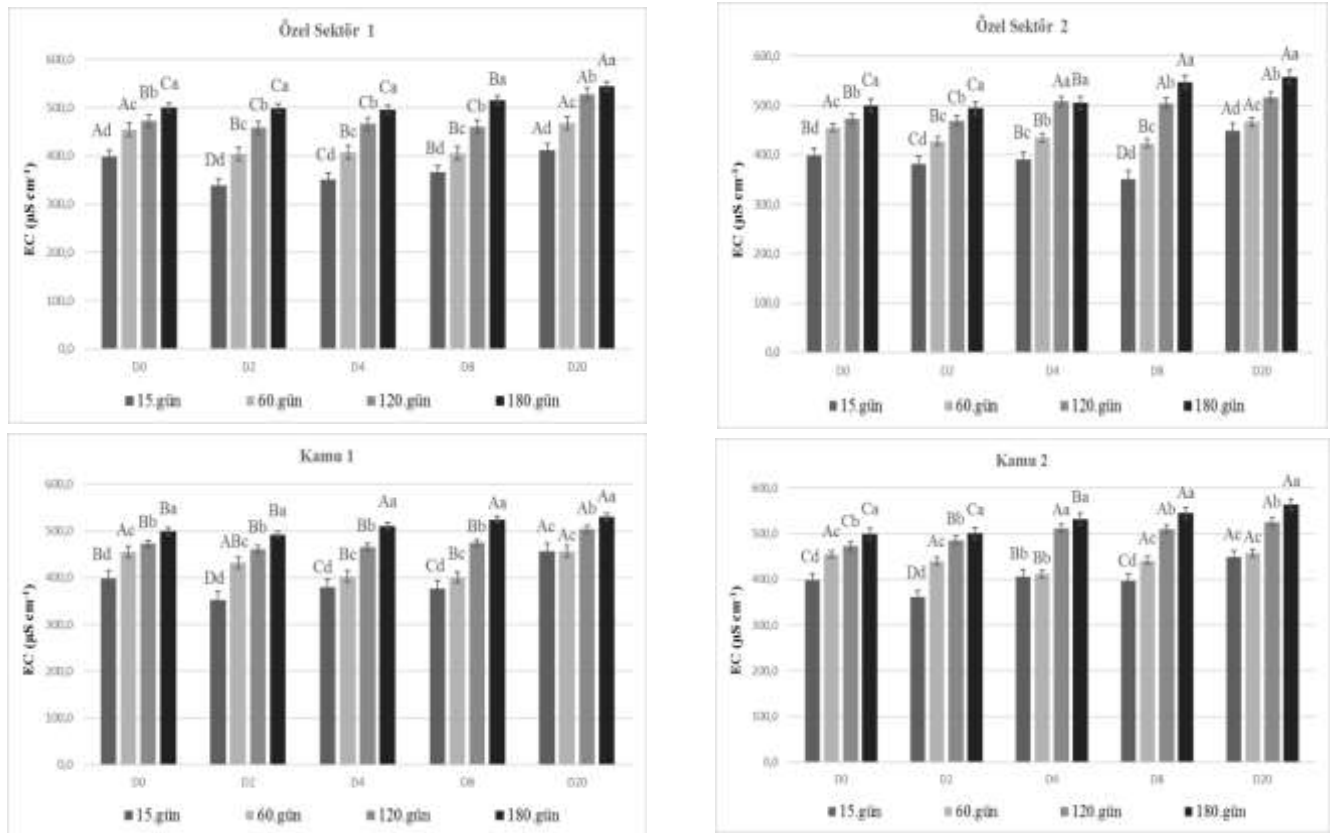
İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen pH ve EC değerleri sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'e verilmiştir. İnkübasyon süresi ve doza bağlı olarak toprakların pH'larında meydana gelen azalış istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. pH üzerindeki bu etki organik asit ve hidrojen iyonlarının oluşumuyla açıklanmaktadır. Dekompozisyon sürecinin organik asit ve CO_2 salımını hızlandırarak toprak pH'sını düşürmüş olabileceği düşünülmektedir (Arafat ve Yassen, 2002).

Toprakların EC değerleri, pH'nın aksine inkübasyon zamanına ve vinasın uygulama dozuna bağlı olarak artmıştır ($P<0.05$). Zamana bağlı olarak kontrol dahil toprakların EC değerlerinde meydana gelen artışın bir kısmının inkübasyon süresince saksılara verilen sudan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar kontrol topraklarının EC değerleri de zamana bağlı olarak artmış olsa da, artan vinas dozuna bağlı olarak EC'de meydana gelen artışın kontrole göre fazla olması, vinasın EC'nin artışında etkili olduğunu göstermektedir. Richards (1954)'e göre, EC değeri $>4000 \mu S cm^{-1}$ ($>4 dS/m$) ise tuzlu sınıfına girmektedir. Buna göre inkübasyon denemesi topraklarının tuzluluk problemi bulunmamaktadır.

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen alkali fosfataz enzim aktivite değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Hücre dışı fosfataz enzim aktivitesi, organik fosfor (P) bileşiklerinin hidroliziyle topraktaki P döngüsünde işlev görmektedir ve P içeren uygulamalardan etkilenmesi beklenmektedir (Alotaibi ve Schoenau, 2011). Fosfataz enzim aktivitesi toprakta bitkinin yararlanamayacağı formdaki organik fosforun bitkinin yararlanabileceği form olan inorganik fosfora dönüşmesinde görev alan enzimdir. Organik P, toprakta bulunan humusun ve diğer organik maddelerin bileşiminde bulunan fosfordur.

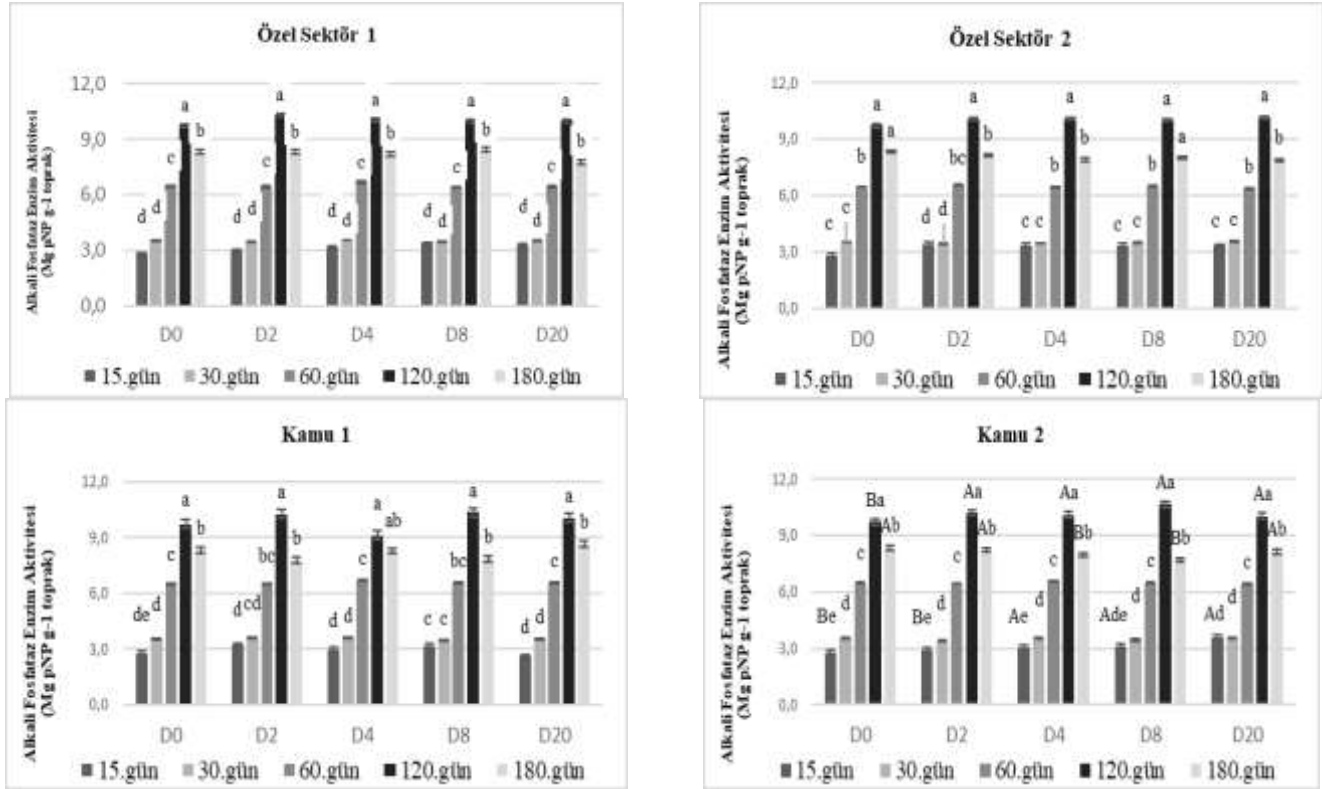


Şekil 2. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).



Şekil 3. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların EC değerleri üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

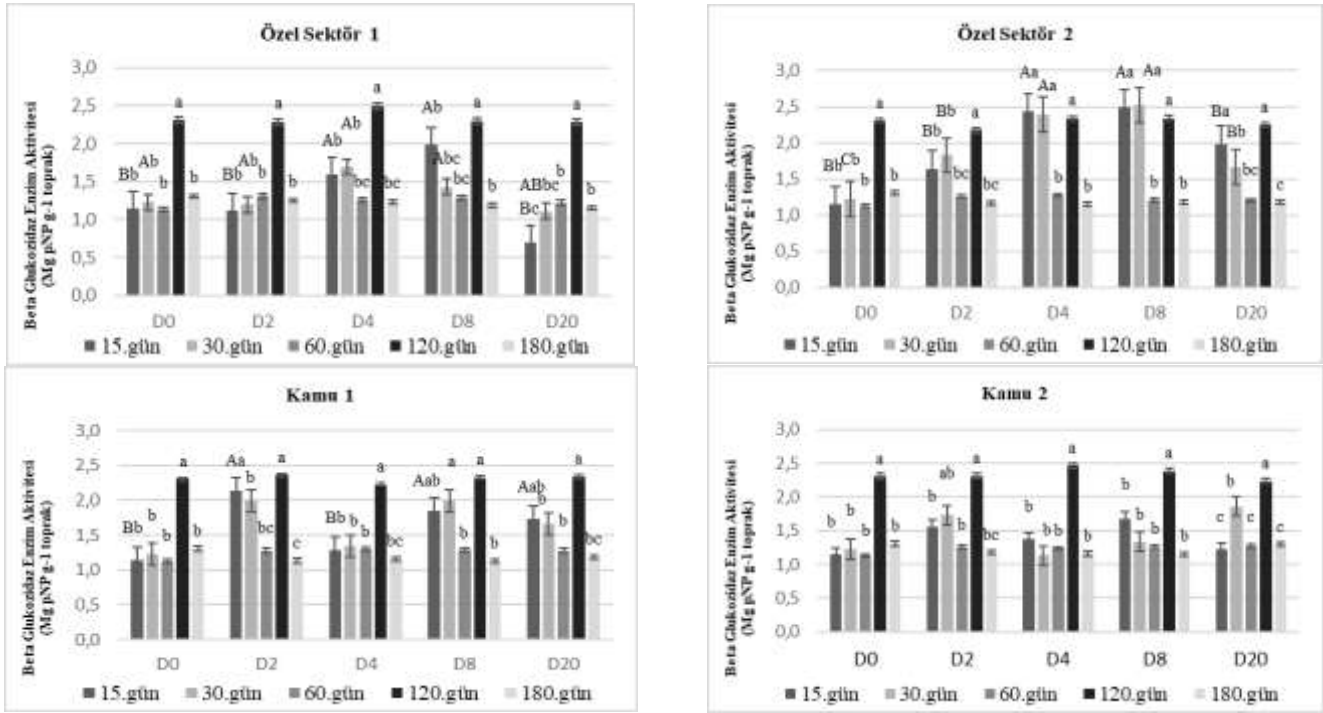
İnkübasyon denemesinde alkali fosfataz enzim aktivitesi, Özel Sektör 1, Özel Sektör 2 ve Kamu 1 vinas uygulamalarında tüm inkübasyon dönemlerinde artan doza bağlı olarak artış göstermiş ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Kamu 2 vinas uygulamasında ise inkübasyonun 120. gününde vinas uygulama dozlarının tamamında kontrole göre alkali fosfataz enzim aktivitesinde belirlenen artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kamu 2 vinasının 8 L/da uygulandığı toprakların 120. gününde en yüksek alkali fosfataz aktivitesi belirlenmiştir. Uygulama dozları arasındaki farklılık incelendiğinde, alkali fosfataz enzim aktivitesi tüm dozlarda inkübasyon süresindeki artışa bağlı olarak 120. güne kadar yükselmiş, takip eden süreçte ise azalmıştır ($P<0.05$). Yüksek fosfataz aktivitesi organik fosfor varlığını ve toprak mikroorganizmaları için alınabilir fosfor eksikliğini yansıtmaktadır, alkali fosfatazdaki artış nispeten yüksek miktarda mevcut çözünür fosfor konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır (Bol ve ark., 2003). Benzer şekilde, farklı kompostların uygulandığı toprakta fosfataz aktivitesinin anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur (Ros ve ark., 2006).



Şekil 4. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların alkali fosfataz enzim aktivitesine etkileri (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında $P<0.05$ düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

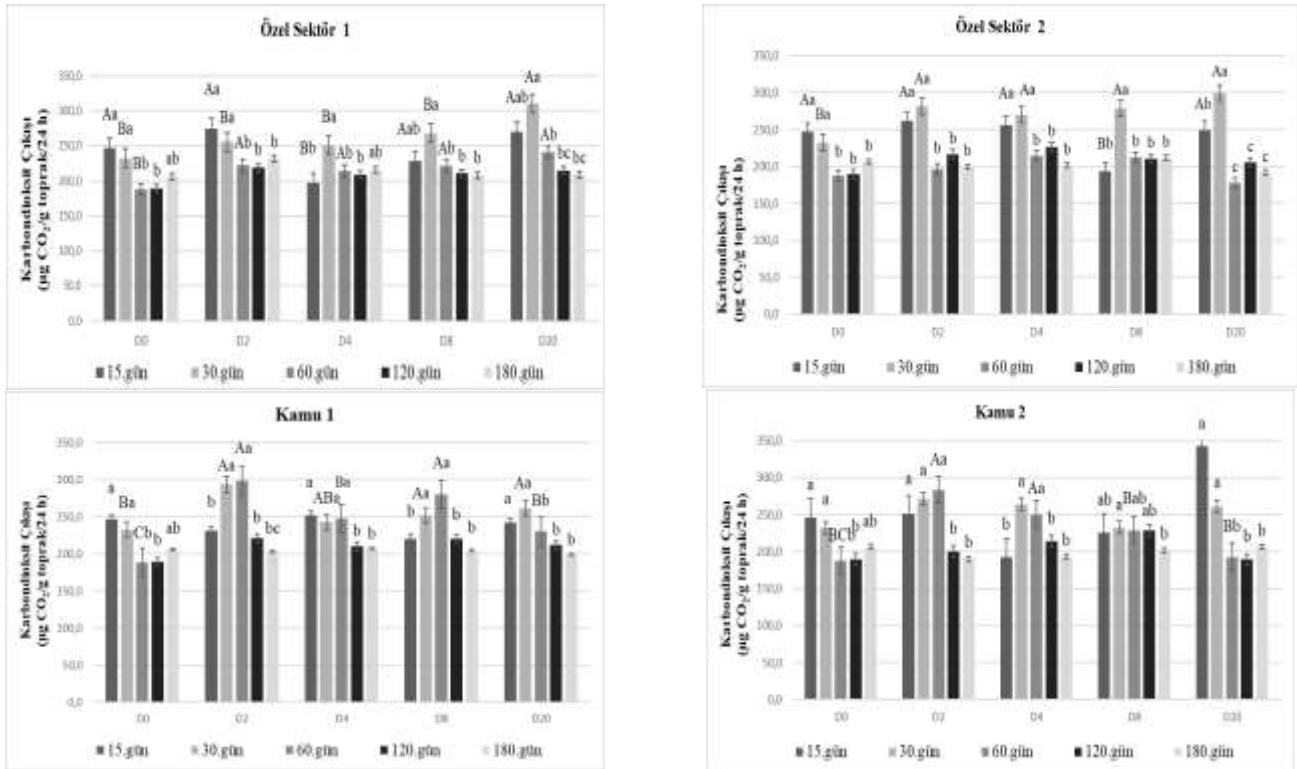
İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda 4 farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen beta glukozidaz enzim aktivite miktarları Şekil 5'de verilmiştir. Glukozidazlar, topraktaki beta glikozidlerin hidrolizini katalize eden, bitki kalıntılarının parçalanmasına katılan ve doğada yaygın bir şekilde dağılım gösteren enzimlerdir. Bu enzimin hidroliz ürünleri toprak organizmalarının önemli enerji kaynaklarıdır (Eivazi ve Zakaria,1993). Beta glukozidaz aktivitesi, organik maddenin ve buradaki süreçlerin durumunu yansıtmaktadır (Garcia ve Hernandez, 1996). Beta glukozidaz enzim aktivitesi, denemeye alınan vinas çeşitlerinin tamamında ve tüm dozlarda 120. günde en yüksek değerine ulaşmış, inkübasyon süresinin uzamasına bağlı olarak azalmıştır ($P<0.05$). Uygulama dozları arasındaki farklılık incelendiğinde, inkübasyonun 1. ve 2. aylarında beta glukozidaz enzim aktivitesi Özel Sektör 1 ve Özel Sektör 2 vinasının 4 L/da ve 8 L/da uygulama dozunda en yüksek değere ulaşmış, daha sonra azalış göstermiştir ($P<0.05$). Kamu 1 ve Kamu 2 vinas uygulamalarında artan doz uygulamaları arasındaki fark (Kamu 1, 15. gün hariç) istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P<0.05$). Topraklara artan dozlarda vinas uygulaması toprağın beta glukozidaz enzim aktivitesini inkübasyonun başlarında olumlu yönde etkilemiş, ancak inkübasyonun ilerleyen dönemlerinde kontrol ile uygulamalar arasındaki fark önemli olmamıştır. Piyasa uygulamasının üzerinde olan 20 L/da uygulama dozunda ise tüm zamanlarda ve bütün vinas çeşitlerinde beta glukozidaz aktivitesi diğer dozlara göre daha düşük bulunmuştur. Vinas uygulaması ile toprakların beta glukozidaz

enzim aktivitesi zamana bağlı azalma göstermiştir. Karbon döngüsünde görev alan beta glikozidaz enzim aktivitesinin organik maddeyi substrat olarak kullandığı ve organik maddenin zamanla mineralizasyona uğramasıyla enzim aktivitesinin zamana bağlı azalış gösterdiği düşünülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların beta glukozidaz enzim aktivitesine etkileri (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

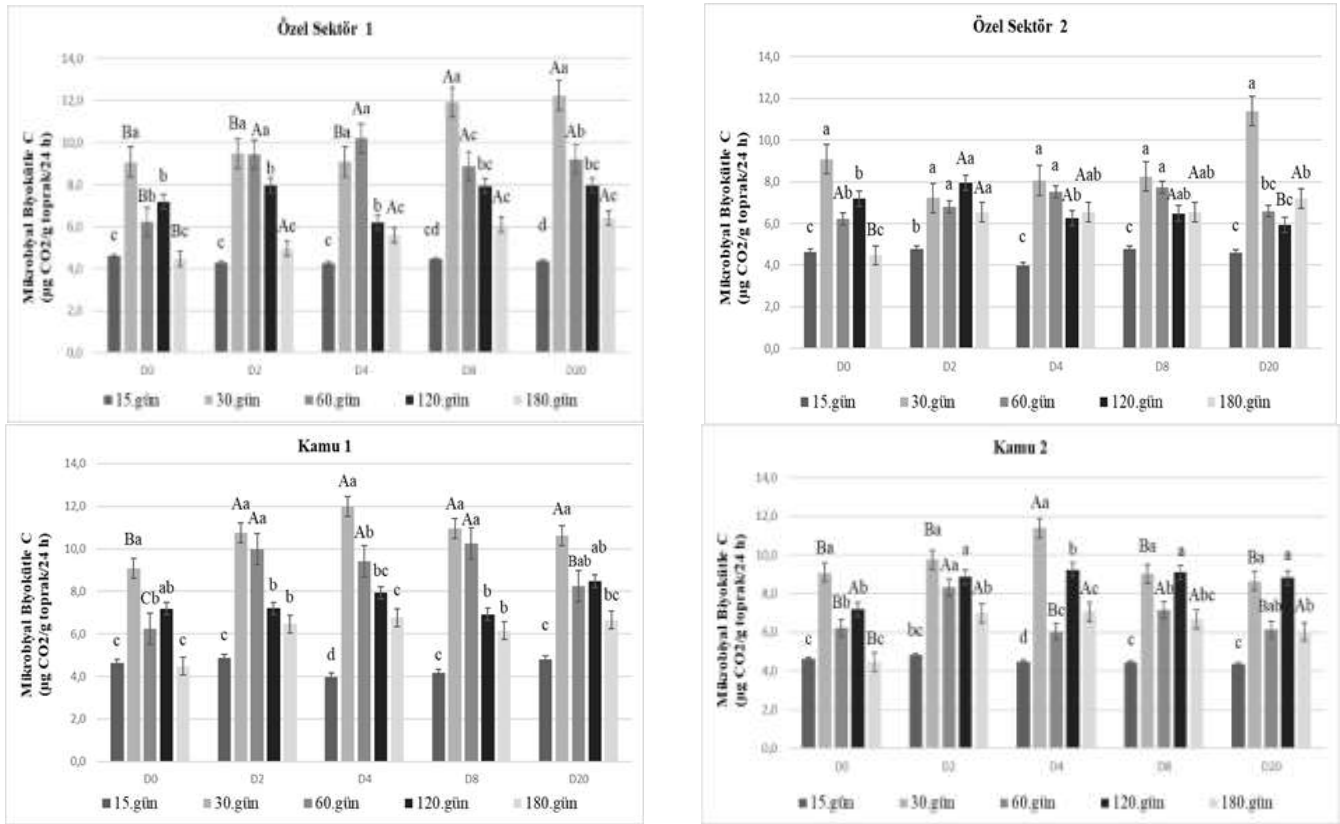
İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda 4 farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen karbondioksit çıkışı Şekil 6'da verilmiştir. Toprakların CO₂ çıkışı tüm vinas uygulamalarında ve tüm vinas dozlarında inkübasyonun ilerleyen zamanlarında azalmıştır.



Şekil 6. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların karbondioksit çıkışı üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

Zamana bağlı olarak CO₂ çıkış miktarlarındaki düşüş P<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. İnkübasyonun 180. gününde CO₂ çıkışı Kamu 1, Kamu 2 ve Özel Sektör 2 vinas uygulamalarının tüm dozlarında kontrol uygulamasının altına düşmüştür. Genel olarak (özellikle Özel Sektör 1 ve Kamu 1) inkübasyonun 60. gününe kadar artan doza bağlı olarak CO₂ çıkışındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P<0.05), 120. günden sonra ise dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Özetle artan doza bağlı olarak CO₂ çıkışı artış göstermiş, inkübasyon süresine bağlı olarak ise azalmış ve 180. gününde başlangıç zamanının altında CO₂ çıkışı belirlenmiştir. Toprakta meydana gelen ani CO₂ çıkışındaki artış genellikle kolaylıkla alınabilir organik substratların veya inorganik azotlu gübrelerin toprağa ilavesinden sonra meydana gelmektedir. Bu olgu, toprak organik maddesinin mineralizasyonundaki hızlanma sonucunda mikrobiyal aktivitedeki artış nedeniyle ateşleme etkisi olarak adlandırılmaktadır (Kuzuyakov ve ark., 2000).

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen MBC değerleri Şekil 7’de verilmiştir. Toprak mikrobiyal biyokütlesi organik maddenin çok küçük bir kısmını oluşturmasına rağmen organik maddeye göre çok daha dinamikdir. Dolayısıyla, mikrobiyal biyokütlenin ölçülmesi toprak yönetim sistemlerinin toprak organik maddesinin potansiyel değişimi üzerine etkilerini gösterebilmektedir. Mikrobiyal hücrelerden salınan besin elementleri bitki artıklarının parçalanmasından salınana göre 5 kat daha fazladır (Paul ve Clark, 1996). Ayrıca yüksek dinamik özelliğinden dolayı mikrobiyal biyokütle topraktaki değişimlere çok hızlı tepki verirken, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tepkisi nispeten daha yavaş olmaktadır (Balota ve ark., 2003; Babujia ve ark., 2010). İnkübasyon denemesi topraklarının MBC değerleri, inkübasyonun 30. gününde bütün uygulama dozlarında en yüksek değeri göstermiş, inkübasyon süresinin uzamasıyla bütün vinas dozlarında düşüş göstermiştir (P<0.05). Buna karşın inkübasyon sonunda bütün doz uygulamalarında MBC değerleri başlangıç değerinin üzerinde bulunurken kontrol uygulamasında başlangıç değerinin altına düşmüştür (P<0.05). Vinasların uygulama dozlarının MBC üzerine etkisine bakıldığında, genel olarak vinas uygulanmış toprakların biyokütle karbon içerikleri, kontrol toprağına göre daha fazla olmuştur.



Şekil 7. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların mikrobiyal biyokütle üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

Deneme topraklarında vinasın uygulandığı topraklarda gözlenen mikrobiyal biyokütle C içeriğindeki artış, kısmen kolaylıkla ayrışabilen besin içeren substratların girişine bağlanabilir. Burada etken olanın vinas dozu olduğu, her vinas çeşidinin etkili olduğu dozun birbirinden farklı olduğu düşünülmektedir. Alotaibi ve Schoenau (2018) etil alkol sanayi yan ürünü vinasın enzim aktivitesi, mikrobiyal biyokütle gibi toprak biyolojik özellikleri üzerine bildirilen etkilerinin literatürdeki tutarsızlığını belirtmiş ve bu durumun muhtemelen, çalışılan topraklar arasındaki toprak koşullarındaki farklılıklara ek olarak, kullanılan vinasın kimyasal bileşimindeki farklılıklar ve uygulama ile ölçüm arasında geçen zaman periyoduyla da ilgili olabileceğini ifade etmiştir. Tejada ve ark., (2007), dört yıl art arda yapılan uygulamalardan sonra şeker pancarı vinasının mikrobiyal biyokütle, solunuma ve enzimatik aktivitelere engel olarak toprağın biyokimyasal özellikleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu bildirirken, Hati ve ark., (2007) 3 yıllık tarla denemesi sonunda vinas uygulanan topraklarda mikrobiyal biyokütle karbon değerinin arttığını bildirmiştir. Oruç ve Gök (1990)'ün yürüttüğü çalışmada da, Eskişehir Şeker Fabrikası atığı vinasın bilinçsizce atıldığı katı atık sahasından taşkın yaptığı tarım topraklarında altı değişik noktada farklı iki derinlikte alınan örneklerde CO₂ üretimi ile dehidrogenaz enzim aktivitesinde kontrol topraklarına kıyasla önemli ölçüde artış gözlemlendiği belirtilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada kullanılan vinaslar, Tarım ve Orman Bakanlığı "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" çerçevesinde değerlendirildiğinde; organik madde, ağır metaller ve hidrokspirolin içerikleri bakımından vinasların ilgili yönetmeliğe göre kullanımını kısıtlayan engel bulunmamaktadır. Yönetmelik kriterlerinde yer almayan bazı kimyasal özellikler bakımından vinaslar değerlendirildiğinde ise, tamamının potasyum içeriği yüksektir. Azot içerikleri ise betain içerikleri ile paralellik göstermiş olup, azotu düşük olan vinasın betain içeriği de düşük bulunmuştur. Vinasların pH'sı asidik olup, EC değeri yüksektir.

Farklı organik girdilerin toprak ekosistemi üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasında mikrobiyal biyokütle, karbondioksit çıkışı ve enzim aktiviteleri sıklıkla başvurulan parametrelerdir (Singh ve ark 1989; Joergensen ve ark., 1994; Nannipieri, 1994). Bu çalışmada, dört farklı vinas uygulanmış toprakta Alkali fosfataz ve Beta glukozidaz enzim aktiviteleri tüm dozlarda inkübasyonun başlarında olumlu yönde etkilenmiş ancak, inkübasyonun ilerleyen dönemlerinde kontrol ile uygulamalar arasındaki fark önemli olmamıştır. Etiketle önerilen dozların çok üzerinde olan 20 L/da uygulama dozunda tüm zamanlarda ve bütün vinas çeşitlerinde diğer dozlara nazaran enzim aktiviteleri olumsuz etkilenmiştir. Benzer şekilde artan vinas dozuna bağlı olarak topraklarda CO₂ çıkışı ve mikrobiyal biyokütle karbon içerikleri, kontrol toprağına göre daha fazla olmuştur. Denemede vinasın uygulandığı topraklarda gözlenen mikrobiyal biyokütle C'ü ve CO₂ çıkışındaki artış, genellikle kısmen kolaylıkla ayrışabilen besin içeren substratların girişine bağlanmıştır. Yüksek doz (20 L/da) hariç vinas uygulamaları toprağın biyokimyasal özellikleri üzerinde olumlu etki yaparken, özellikle yüksek dozlarda vinas uygulamasıyla toprakta belirlenen tuz konsantrasyonundaki artışın, vinasın uzun vadede planlama olmadan rastgele uygulanmasının toprak tuzluluğu problemleri yaratabileceğini göstermektedir. Vinasın toprağına uygulanmasının biyokimyasal özelliklerinde olumlu etki etmesine bağlı olarak, bu endüstriyel atığın güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için uygun bir seçenek olabileceği, ancak uzun vadede toprak tuzluluğunun gelişmesini önlemek için uygulama seviyesinin belirli sınırlar içinde olması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alotaibi KD, Schoenau JJ, 2011. Enzymatic activity and microbial biomass in soil amended with biofuelproduction byproducts. *Applied Soil Ecology*, 48: 227-235.
- Alotaibi KD, Schoenau JJ, 2018. The effect of thin stillage on the chemical and biological properties of a Chernozem in Western Canada. *Geoderma Regional*, 12: 65-71.
- Anonim 2020. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Sektör Raporu. https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2020_Sektor_Raporu.pdf (Alıntı tarihi: 07.06.2021)
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- APHA, 1992. Standard Methods. SM 4110-Determination of Anions by Ion Chromatography. American Public Health Association.
- APHA, 2011. Standard Methods. SM 5210B-Biochemical Oxygen Demand (BOD). American Public Health Association.
- APHA, 2011. Standard Methods. SM 5220 B-Chemical Oxygen Demand (COD). American Public Health Association.
- Ar F, 2014. Biyoetanol kullanım zorunluluğunun Türk Ekonomisine Yaratacağı Etkiler. Pankobirlik / Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.

- Arafat, S. ve Yassen, A.E. 2002. Agronomic evaluation of fertilizing efficiency of vinasse, 17th World Congress of Soil Science (WCSS), 14-21 August, Paper No:1991, Bangkok, Thailand.
- Arimi MM, Zhang Y, Götz G, Kiriamiti K, Geiben SU, 2014. Antimicrobial Colorants in Molasses Distillery Wastewater and Their Removal Technologies. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 87: 34-43.
- Babujia LC, Hungria M, Franchini JC, Brookes PC, 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology and Biochemistry*, 42: 2174-2181.
- Balota EL, Colozzi-Filho A, Andrad DS, Dick RP, 2003. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*, 38: 15-20.
- Blake, G.R., Hartge, K.H. 1986. Bulk Density and Particle Density. In *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA Agronomy Monograph (2nd ed) no 9, 363-381, Madison.
- Bol R, Kandeler E, Amelung W, Glaser B, Marx MC, Preedy N, Lorenz K, 2003. Short-term effects of dairy slurry amendment on carbon sequestration and enzyme activities in a temperate grassland. *Soil Biol. Biochem.* 35: 1411-1421.
- Bouyoucos GOA, 1951. Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-38.
- Bremner JM, 1965. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Ed. C.A. Black Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series No: 9. Madison, Wisconsin, USA.
- Cemeroğlu B, 2010. Gıda Analizleri, Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları, No: 34, 657, Ankara.
- Eivazi F, Zakaria A, 1993. β -Glucosidase in Soil Amended with Sewage Sludge. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 43 (2):155-161.
- EPA, 1996. EPA Method 3050B- Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Environmental Protection Agency. USA.
- Espana-Gamboa E, Mijangos-Cortes J, Barahona-Perez L, Dominguez-Maldonado J, Hernández-Zarate G, Alzate-Gaviria L, 2011. Vinasse: characterization and treatments. *Waste Manage*, 29: 1235-1250.
- FitzGibbon F, Singh D, McMullan G, Marchant R, 1998. The effect of phenolics acids and molasses spent wash concentration on distillery wastewater remediation by fungi. *Process Biochem.* 33: 799-803.
- Garcia C, Hernandez T. 1996. Effect of Bromecil and Sewage Sludge Addition on Soil Enzymatic Activity. *Soil Sci. and Plant Nutrition*. 42 (1): 191- 195.
- Hati K, Biswas A, Bandyopadhyay K, Misra A, 2007. Soil properties and crop yield on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil Tillage Res.*, 92: 60-68.
- Isaac RA, Johnson WC Jr, 1998. Elemental Determination by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. P.165-170. In: Y.P. Kalra (eds), *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
- Jackson ML, 1962. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood. Cliffs, N.J
- Joergensen RG, Meyer B, Mueller T, 1994. Time Course of The Soil Microbial Biomass Under Wheat. A One Year Field Study. *Soil Biol. Biochem.* 26: 987-994.
- Kacar B, Kütük C, 2009. Gübre Analizleri. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayınları, 382, Ankara.
- Kuzyakov Y, Friedel JK, Stahr K, 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1485-1498.
- Nannipieri P, 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst CE, Double BM, Gupta VVSR, Grace PR (eds) *Soil biota: management in sustainable farming systems*. CSIRO, Adelaide, pp 238-244
- Olsen S, Cole C, Watanabe F, Dean L, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular Nr 939, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Oruc N., Gök, M. 1990. Eskişehir Şeker-Alkol Fabrikası Sıvı Atığı Şlempenin Tarım Topraklarında Yarattığı Kirlilik, Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Hacettepe Üni. 17-19 Ekim 1990.
- Pant D, Adholeya A, 2007. Biological approaches for treatment of distillery wastewater: A review. *Bioresource Technology*, 98: 2321-2334.
- Paul EA, Clark FE, 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2nd Edition, Academic Press, London.
- Richards LA, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.
- Rivoira, L., Studzińska, S., Młyńska M.S., Bruzzoniti, M.C., Buszewski, B. 2017. New approaches for extraction and determination of betaine from *Beta vulgaris* samples by hydrophilic interaction liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem*, 409, 5133-5141.
- Ros M, Pascua JA, Garcia C, Hernandez MT, Insam H, 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. *Soil Biol. Biochem.*, 38: 3443-3452.
- Singh JS, Raghubanshi AS, Singh RS, Srivastava SC, 1989. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature*, 338: 499-500.
- Tejada M, Gonzalez JM, 2005. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affect soil properties and yield. *Europ.J. Agronomy*, 23, 336-347.

- Tejada M, Moreno JL, Hernandez MT, Garcia C, 2007. Application of two beet vinasse forms in soil restoration: Effects on soil properties in an arid environment in southern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119: 289–298.
- TOB, 2021. Etil Alkol Sektöründe Piyasaya Arz Bilgileri. Tarım ve Orman Bakanlığı Tütün ve Alkollü İçkiler Daire Başkanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TADB/Menu/23/Alkol-Ve-Alkollu-Ickiler-Daire-Baskanligi> (Alıntı tarihi:07.06.2021).
- TS 5869 ISO 5073, 2003. Kahverengi kömürler ve linyitler-Hümik asitlerin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 6236 ISO 3496, 1997. Hidroksiprolin Muhtevası Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 15475, 2010. Gübreler-Amonyak Azotu Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 15476, 2010. Gübreler-Devarda Yöntemine Göre Nitrik ve Amonyak Azotu Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 15478, 2010. Gübreler-Üredeki Toplam Azotun Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Wilkie A, Riedesel K, Owens J, 2000. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*,19: 63–102.