

Kentsel Arıtma Çamurunun Kışlık Arpada Azot Kaynağı Olarak Kullanılması

Mehmet Ali BOZKURT¹ İbrahim YILMAZ² K. Mesut ÇİMRİN¹

Geliş Tarihi :06.12.2000

Özet: Bu araştırma, Van ekolojik koşullarında arpanın azot ihtiyacını inorganik azotlu gübre ve kentsel arıtma çamuru vererek karşılaştırmak amacıyla yürütülmüştür. Tokak kışlık arpa çeşidi kullanılan denemede, inorganik azotlu gübre, 0-3-6-9-12 kg N/da dozlarında, arıtma çamuru 0-400-800-1200-1600 kg/da düzeylerinde verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları bitkinin azot içeriğini ve alımını artırmıştır. Artış, arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olmuştur. Bu sonuç, bitkinin azot ihtiyacının, bir bölümünün arıtma çamuru uygulaması ile karşılanabileceğini göstermektedir. Artan arıtma çamuru dozları tane P, Fe, Mn ve Cu içeriklerini artırmaya karşılık, diğer ağır metal içeriklerini önemli düzeyde artırmamıştır. Artan arıtma çamuru uygulamaları ile toprakta toplam Zn ve Cu miktarları artmıştır. Ancak, toprakta ağır metal kapsamı toksik düzeyin oldukça altında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, arpa, gübre, azot kaynağı, ağır metal

The Use of Municipal Sewage Sludge as a Source of Nitrogen in Winter Barley

Abstract: This research was conducted to compare inorganic nitrogen fertilizer with sewage sludge in Van ecological conditions. In the experiment, Tokak winter barley cultivar was used and inorganic nitrogen doses consisted of 0-3-6-9-12 kg N/da while sewage sludge applications consisted of 0-400-800-1200-1600 kg/da. As a results, nitrogen content and uptake of plant were increased by applications of inorganic nitrogen fertilizer and sewage sludge. Sewage sludge applications affected nitrogen content and uptake of plant more than inorganic nitrogen fertilizer. This results indicated that some of nitrogen requirement of plant can be provided by using sewage sludge. While sewage sludge increased P, Fe, Mn and Cu contents of grain, it didn't affect other heavy metal contents of grain. Sewage sludge applications caused to increase on total Zn and Cu contents of soil. However, heavy metal contents of soil were found to be very below toxicity level.

Key Words: Sewage sludge, barley, fertilizer, nitrogen source, heavy metal

Giriş

Toprağa arıtma çamuru uygulanmasına ilgi son yıllarda giderek artmaktadır. Çünkü, tarım topraklarına arıtma çamuru uygulamak mantıklı, faydalı ve ekonomiktir. Tarımda arıtma çamuru kullanımı bitkisel üretim için toprağa organik madde ve besin elementi kazandırmak kadar bu atıkların elden çıkarılması bakımından da önemlidir. Arıtma çamuru önemli miktarda azot ve fosfor, fakat düşük miktarlarda potasyum içermektedir. Bununla birlikte arıtma çamurunun değişken miktarlarda Ca, Mg, S, ve mikrobeyin elementlerini içerdiği, Cd ve Ni gibi potansiyel olarak toksik metallerin normalde düşük miktarlarda bulunduğu belirlenmiştir (Sommers, 1977; Sommers ve Nelson, 1978). He-Xintao ve ark. (1995), A.B.D.'nin farklı bölgelerindeki 10 ayrı kentsel arıtma tesisinden aldıkları örneklerde ağır metal kapsamını inceleyerek yaptıkları araştırmada, arıtma tesislerinin ağır metal kapsamı arasında büyük farklar olduğu ancak, çamurdaki ağır metallerin genelde izin verilen düzeyin altında olduğunu bildirmişlerdir. Ayuso ve ark. (1996), kentsel katı atıkların, arıtma çamurunun ve bu materyallerin kompostlarının tarımda gübre olarak uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, nitrat içeriğinin kompostta daha yüksek olduğu belirlenirken, arıtma çamurunun N ve P kapsamının en yüksek olduğunu saptamışlardır.

Hakerlerler (1980), tarım topraklarının organik madde açığını gidermede kentsel atıkların kullanılabileceğini ancak, toprakta ağır metal birikimi tehlikesine karşı çöp gübresinin hangi zaman aralıkları ile uygulanacağını araştırmalarla belirlenmesi gerektiğini saptamıştır. Kırımhan ve ark. (1983), kentsel atık sular ile sulanan tarım topraklarında, toprakta ve bitkide ağır metal birikimini belirleyebilmek için yaptıkları araştırmada kobaltın toprakta birikmediğini Fe, Mn, Zn ve Cu gibi metallerin toprakta ve bitkide kontrole oranla önemli miktarda arttığını ancak, toksik düzeyin altında olduğunu saptamışlardır. Anaç ve ark. (1993)'nin Ege Bölgesinde yaygın olarak bulunan zeytin işletmelerine ait arıtma tesisi çamurlarının tarımda organik madde olarak değerlendirme olanaklarına yönelik yaptıkları araştırmada, arıtma çamurunun değişik seviyelerini zeytinliklere uygulamışlardır. Uygulama yılı sonrası yapılan yaprak analiz sonuçlarına göre, arıtma çamurunun bitkide ağır metal toksitesine neden olmadığı ve atığın tarımda organik gübre olarak kullanımının uygun olacağı belirlenmiştir.

Menelik ve ark. (1991), yürüttükleri tarla denemesinde, buğday bitkisinin azot ihtiyacını kimyasal gübre ile ve arıtma çamuru vererek karşılaştırmışlardır.

¹ Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Van

² Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü-Van

Araştırmacılar, buğday veriminin kimyasal gübreye göre, arıtma çamuru verildiğinde daha yüksek olduğunu ve tanenin N, P, Zn ve Cu kapsamalarının arıtma çamuru verilmesiyle arttığını ileri sürmüşlerdir. Reed ve ark. (1991), kentsel arıtma çamurunun tarımda kullanım potansiyelini ve ağır metal toksitesine yol açıp açmayacağını tarla koşullarında mısır bitkisi yetiştirilerek denemişlerdir. Toprakta ve bitkide Cu, Zn, Ni, Pb ve Cd kapsamındaki değişikliklerin incelendiği araştırmada sonuç olarak, arıtma çamuru verilmesiyle toprağın Cu ve bitkinin Zn kapsamalarında hafif bir artış olduğu ve yine de toprakta ve bitkide belirlenen ağır metallerin normal sınırlar içinde yer aldığını belirlemişlerdir. Cabral ve ark. (1993), marul bitkisiyle yaptıkları saksı denemesinde artan oranlarda uygulanan endüstriyel arıtma çamurunun toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi ile kritik uygulama dozunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, hektara 50 ton arıtma çamuru dozuna kadar verimde hiçbir azalma olmadığını ancak, bu dozdan sonra verimde önemli düşüşler olduğunu belirlemişlerdir. Gültekin (1995), marul bitkisine artan oranlarda arıtma çamuru uygulanmasının bitki kuru ağırlığını azalttığını ancak, bitkinin N, P, K, Fe, Mn, Zn ve Cu miktarlarını önemli düzeyde artırdığını bildirmiştir.

Toprağa uzun süre arıtma çamuru uygulanması ile topraktaki Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cr, Cd gibi ağır metallerin miktarı bitki gelişmesini tehdit edecek toksik düzeye ulaşabilir. Ağır metallerin toprakta çözünürlüğü ve biyoyararlanabilirliği büyük ölçüde toprak pH'sına ve toprağın kation değişim kapasitesine bağlıdır. Little ve ark. (1991) kentsel arıtma çamurundaki ağır metalleri farklı yöntemlerle stabilize ettikten (kireçle ve kimyasal olarak fikse ederek) sonra, pH'sını yükseltmek için arıtma çamuru uygulanan deneme toprağına artan oranlarda CaCO₃ ilave etmişlerdir. Araştırmacılar, toprak pH'sını 6.5'e yükseltmek için gerekli kireç ihtiyacının üzerindeki CaCO₃ oranlarında bitki gelişiminin gerilediğini ve bitkide Zn noksanlığı ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Ülkemizde yapılan çeşitli araştırmalarda artan oranlarda uygulanan kentsel arıtma çamurunun bitki gelişimi ve bazı toprak özelliklerini iyileştirmekle birlikte, denemeye alınan farklı bitkilerin azot ve fosfor içeriklerini artırdığı belirlenmiştir (Arcaç ve ark. 2000; Kötük ve ark. 2000; Şensoy ve ark. 2000).

Bu araştırmanın amacı, kışlık arpa bitkisinin azot gereksinimini arıtma çamuru ve inorganik azotlu gübre vererek karşılaştırmak ve uygulama sonrası bitkide ve toprakta besin elementi ile ağır metal düzeylerini incelemektir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Van Tarım Meslek Lisesi arazisinde arpa bitkisinin azotlu gübre isteğini karşılamada arıtma çamurunun kullanım potansiyelini belirleyebilmek için 1998-1999 üretim yıllarında yürütülmüştür. Tokak kışlık arpa çeşidinin kullanıldığı denemede, arıtma çamuru Yüzüncü Yıl Üniversitesi kanalizasyon arıtma tesisinden

alınmıştır. Deneme alanı toprağı ve kullanılan arıtma çamuruna ilişkin kimi özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Tesadüf blokları deneme desenine göre, 3 tekrarlamalı olarak yürütülen denemede inorganik azotlu gübre 0-3-6-9-12 kg N/da dozlarında ve amonyum sülfat (%21N) formunda ikiye bölünerek verilmiştir. Arıtma çamuru havada kuru hale getirildikten sonra, 0-400-800-1200-1600 kg/da düzeylerinde tartılarak parsel toprağına karıştırılmıştır. Arpa bitkisi 1.8X6m=10.8m² ebatlarındaki parsellerde 20 cm sıra arası mesafe ile yetiştirilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü bölgeye ait 1998 yılı yağış toplamı 258.4 mm, sıcaklık ortalaması 10.4°C'dir. 1999 yılının ilk 7 ayına ait yağış toplamı 181.3 mm, sıcaklık ortalaması 9.6°C'dir. Van ili için uzun yıllar ortalaması olarak, yıllık yağış 384 mm, ortalama sıcaklık 8.8 °C'dir (Anonim, 1999).

Hasattan önce her parselden ayrı ayrı alınan tane ve sap örnekleri kurutma dolabında kurutulup öğütüldükten sonra, bitki örneklerinde toplam azot Kjeldahl yöntemiyle, fosfor spektrofotometre ile sarı renk yöntemiyle, bitki çözeltilsindeki K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr ve Cd atomik absorpsiyon spektrofotometresiyle ölçülmüştür (Kacar, 1984).

Hasattan sonra, arıtma çamuru uygulanan her parselden alınan toprak örnekleri kurutulup elenerek analizlere hazır duruma getirilmiştir.

Deneme alanı topraklarında bünye Bouyoucous hidrometresiyle (Bouyoucous, 1951), eriyebilir toplam tuz saturasyon çamurunda kondaktivimetre ile Richard (1954)'a göre yapılmıştır. Toprakta pH Jackson (1958)'a göre, kireç kalsimetric olarak Allison ve Moodie (1965)'e göre, organik madde modifiye edilmiş Walkley Black metoduyla (Walkley 1947), alınabilir fosfor sodyum bikarbonat yöntemiyle (Olsen ve ark. 1954), değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum Thomas (1982)'a göre, nötr 1 N amonyum asetat ile elde edilen

Çizelge 1. Deneme alanı toprağı ve denemede kullanılan arıtma çamuruna ilişkin kimi özellikler

Deneme alanı toprağı		Arıtma çamuru	
Özellikler		Özellikler	
Tekstür sınıfı	Killi tn	Org. madde, %	25.0
Org. madde, %	2.66	pH (1:1 su)	6.06
Kireç, %	8.0	Toplam N, %	1.30
pH (1:1 su)	8.05	Toplam P, %	0.59
Tuz, %	0.08	Toplam K, %	0.41
Değiş. K, ppm	1434	Toplam Ca, %	1.72
Yaray. P, ppm	29.2	Toplam Mg, %	1.76
Yaray. Fe, ppm	11.3	Toplam Fe, %	1.86
Yaray. Zn, ppm	1.07	Toplam Zn, %	0.19
Yaray. Mn, ppm	18.8	Toplam Mn, ppm	402
Yaray. Cu, ppm	2.87	Toplam Cu, ppm	74
Toplam Co, ppm	10	Toplam Co, ppm	14
Toplam Ni, ppm	35	Toplam Ni, ppm	12
Toplam Cr, ppm	62	Toplam Cr, ppm	51
Toplam Cd, ppm	0.45	Toplam Cd, ppm	0.73

ekstraktında, yarayışlı Fe, Mn, Zn, Cu DTPA ile çalkalanarak (Lindsay ve Norvell, 1978), Kacar (1994)'in aktardığı yöntemlerle yapılmıştır. Toprak ve arıtma çamurundaki metaller nitrik- hidroklorik asit karışımı ile yakılarak elde edilen ekstraktında atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir (Khan ve Frankland, 1983). Arıtma çamurunda toplam azot Kjeldahl yöntemiyle, organik madde modifiye edilmiş Walkley Black (1947) yöntemiyle, toplam fosfor yaş yakmayla kolorimetrik olarak, Kacar (1994)'in aktardığı yöntemlerle yapılmıştır.

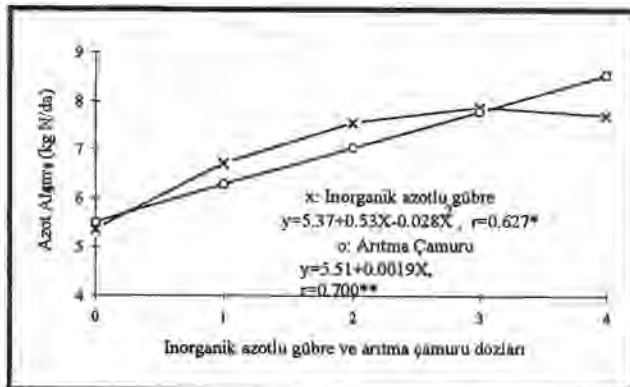
Elde edilen sonuçların varyans analizleri ve ortalamalar arasındaki Duncan karşılaştırma testleri Düzgüneş ve ark. (1987)'nin bildirdiği şekilde yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Yapılan istatistiksel analizler sonucu, kışık arpada azot alımının inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları ile önemli düzeyde ilgili olduğu saptanmıştır (Şekil 1). İnorganik azotlu gübre uygulamaları ile azot alımı arasında %5 düzeyinde önemli korelasyon belirlenmiş ($r=0.627^*$) ve regresyon denklemi dekara uygulanan azotlu gübrenin 1 kg artırılmasının arpanın azot alımını yaklaşık 0.2 kg N/da artırdığını göstermiştir. Artan oranlarda arıtma çamuru ile azot alımı arasındaki korelasyon ($r=0.700^{**}$) %1 düzeyinde önemli bulunarak, uygulanan çamurun dekara 100 kg artırılması ile bitki azot alımının yaklaşık 0.19 kg N/da artabileceği anlaşılmıştır (Şekil 1). İnorganik azotlu gübre uygulamasında, dekara 6 kg N dozundan sonraki düzeylerde azot alımında artış olmaması, yağışın yetersiz olmasına bağlanabilir.

Tane verimi ile azot alımı arasındaki korelasyon %0.1 düzeyinde ($r=0.803^{***}$) önemli bulunmuştur. Buna göre, tane verimindeki varyasyonun büyük ölçüde azot alımına bağlı olduğu söylenebilir.

Kışık arpada, artan dozlarda inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının tane ve sapta azot kapsamlarına ve toplam (tane+sap) azot alımına etkisi Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. İnorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının azot alımına etkisi

Varyans analiz sonuçlarına göre, kışık arpanın tane ve sapında azot içeriğine ve alımına arıtma çamuru ile inorganik azotlu gübre uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İnorganik azotlu gübre dozları, tane azot içeriğini 6 kg N/da dozuna kadar artırmıştır. Ancak, bu dozdan sonraki azot uygulamaları tane azot içeriğini artırmamıştır. İnorganik azotlu gübre uygulamaları sap azot içeriğini ve toplam azot alımını artırmış ve bu artışın 6 kg N/da dozunda en yüksek olduğu belirlenmiştir. Arıtma çamuru uygulamaları ile arpada azot içeriği ve alımı artmıştır. Tane ve sapta azot içerikleri en düşük kontrolde (% 2.22 ve % 0.770) belirlenirken, 1600 kg/da arıtma çamuru uygulamasında en yüksek değere ulaşmış ve sırasıyla, %2.61 ve %1.02 olarak saptanmıştır. Kontrolde 5.03 kg N/da olan azot alımı, 800 kg /da uygulamasında 7.21 kg N/da düzeyine, 1600 kg/da arıtma çamurunda ise, 8.30 kg N/da düzeyine ulaşmıştır. Duncan testine göre, bu artışlar kontrolden ve birbirlerinden farklı bulunmuşlardır (Çizelge 2).

Tane ve sapta fosfor içeriklerine arıtma çamuru ile inorganik azotlu gübre uygulamaları arasındaki fark ve inorganik azotlu gübre dozlarının fosfor içeriğine etkileri varyans analiz sonuçlarına göre önemli olmamıştır. Arıtma çamurunun artan dozları ile tane fosfor içeriği artmıştır. Kontrolde % 0.473 olarak belirlenen fosfor içeriği, 1200 kg/da arıtma çamurunda önemli miktarda artarak % 0.525 düzeyine ulaşmıştır (Çizelge 2). Sapta fosfor içeriğine arıtma çamurunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Arpada, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının tane ve sapta potasyum içeriğine etkilerinin önemli olmadığı saptanmıştır.

Konuyla ilgili olarak, Menelik ve ark. (1991) yaptıkları tarla denemelerinde arıtma çamuru ve azotlu gübrenin artan dozlarının buğdayda besin elementi içeriğine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, azotlu gübreye eşdeğer miktarda arıtma çamuru verilmesinin, buğdayın azot içeriği ile alımını daha fazla artırdığını ve bitki fosfor içeriğinin arıtma çamuru ile yükseldiğini bildirirlerken, potasyum içeriğini inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının etkilemediğini belirlemişlerdir. Araştırmamızda arıtma çamuru uygulaması ile bitkinin azot ve fosfor içerikleri artarken potasyum içeriğinin etkilenmemesi, toprakta potasyum miktarının fazla olmasından veya çamurun potasyum içeriğinin düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Arpanın Ca ve Mg kapsamına inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru verilmesi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Arıtma çamuru ve inorganik azotlu gübrenin artan dozları tenenin Ca ve Mg kapsamlarını etkilememiştir (Çizelge 2). Bu durum deneme alanı toprağının alkalin reaksiyonlu ve kireçli olmasından kaynaklanmış olabilir.

İnorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru dozlarının Tokak kışık arpa çeşidinde Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr ve Cd kapsamına etkisi Çizelge 3'te sunulmuştur. Tane Fe içeriğine azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları

Çizelge 2. Kışlık arpada inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının N, P, K, Ca, Mg içerikleri ile azot alımına etkisi

Uygulamalar	N içeriği, %		N alımı (Tane+Sap) kg/da	P içeriği, %		K içeriği, %		Tane Ca içeriği, ppm	Tane Mg içeriği, ppm
	Tane	Sap		Tane	Sap	Tane	Sap		
Inorganik N dozları, kg/da									
0	2.29 a	0.730 a	5.34 a	0.509	0.160	0.647	2.64	655	341
3	2.60 b	0.843 b	6.66 b	0.494	0.146	0.630	2.69	673	343
6	2.65 b	0.973 c	7.84 c	0.489	0.181	0.638	2.63	717	347
9	2.51 ab	0.917 bc	7.53 c	0.484	0.173	0.645	2.65	707	333
12	2.49 ab	0.913 bc	7.83 c	0.487	0.145	0.635	2.76	703	343
Ortalama	2.51	0.875	7.04	0.493	0.161	0.673	2.67	691	341
Aritma çamuru dozları, kg/da									
0	2.22 a	0.770 a	5.03 a	0.473 a	0.160	0.666	2.61	667	335
400	2.50 ab	0.947 cd	6.79 b	0.512 bc	0.197	0.680	2.57	663	330
800	2.45 ab	0.850 b	7.21 bc	0.498 b	0.180	0.674	2.42	670	332
1200	2.54 b	0.890 bc	7.73 cd	0.525 c	0.193	0.674	2.47	702	337
1600	2.61 b	1.020 d	8.30 d	0.523 c	0.188	0.672	2.60	666	324
Ortalama	2.46	0.895	7.01	0.506	0.184	0.639	2.53	674	332

a, b, c, d: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi grubunda %5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 3. Kışlık arpada inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının tanede Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr ve Cd kapsamlarına etkisi (ppm)

Uygulamalar	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Cd
Inorganik N dozları, kg/da								
0	46 b	46	25	12.5	0.37	1.58	0.38	0.32
3	37 a	37	30	12.3	0.39	1.57	0.49	0.31
6	42 ab	41	33	12.6	0.37	1.70	0.45	0.34
9	72 c	36	32	12.3	0.41	1.48	0.48	0.34
12	74 c	46	32	13.4	0.40	1.66	0.46	0.32
Ortalama	54 A	41	30	12.6	0.39	1.60	0.45	0.33
Aritma çamuru dozları, kg/da								
0	38 a	49 a	27	11.8 a	0.37	1.75	0.50	0.32
400	77 c	62 bc	31	14.1 bc	0.37	1.87	0.48	0.31
800	66 bc	70 cd	28	12.0 a	0.39	1.79	0.46	0.32
1200	73 c	69 cd	32	12.9 a	0.39	1.75	0.44	0.35
1600	98 d	74 d	31	15.2 c	0.38	1.89	0.46	0.35
Ortalama	70 B	65	30	13.2	0.38	1.81	0.47	0.33

a, b, c, d: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi grubunda %5 düzeyinde önemlidir.

A, B: Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda %5 düzeyinde önemlidir.

arasındaki fark önemli bulunmuştur. İnorganik azotlu gübre uygulamalarında ortalama 54 ppm olan tane Fe içeriği, arıtma çamuru uygulamalarında 70 ppm'e yükselmiştir. Artan azotlu gübre ve arıtma çamuru dozları Fe içeriğini önemli düzeyde artırmıştır. Dekara 1600 kg arıtma çamuru uygulamasında tane Fe içeriği 98 ppm'e yükselerek diğer çamur dozlarından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Çizelge 3).

Kışlık arpada Mn, Zn ve Cu kapsamlarına inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları arasındaki farkın önemli olmadığı saptanmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre, inorganik azotlu gübre dozlarının tane Mn kapsamına etkisi önemli görülmezken, artan arıtma çamuru dozları Mn kapsamını artırmıştır. Duncan testine göre, dekara 800 kg arıtma çamuru dozunda belirlenen tane Mn kapsamı (70 ppm) kontrol ve 400 kg dozundan farklı ve yüksek bulunmuştur (Çizelge 3).

İnorganik azotlu gübre dozlarının tane Zn ve Cu içeriklerine etkisi önemli olmamıştır. Kontrolde 11.8 ppm olarak belirlenen Cu içeriği 1600 kg/da arıtma çamuru uygulamasında 15.2 ppm'e yükselmiştir (Çizelge 3). Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri bitkide bulunabilecek kritik düzeylerle karşılaştırıldığında, bu besin elementleri için yeterli konsantrasyonda denilebilir (Jones ve ark. 1991).

Benzer olarak yürüttükleri araştırmada Menelik ve ark. (1991), arıtma çamuru uygulamalarının buğdayda Zn ve Cu içeriklerini artırdığını bununla birlikte, inorganik azotlu gübrenin farklı düzeylerinin Mn, Zn ve Cu içeriklerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Anaç ve ark. (1993), Ege Bölgesinde zeytin ağaçlarına uygulanan arıtma tesisi atıkları ve azotlu gübre dozlarının yaprak Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerini önemli düzeyde etkilemediğini belirlemişlerdir.

Tanede Co ve Ni içeriklerine inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru verilmesi ile bunların dozları arasındaki farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir. Uygulamalara bağlı olarak Co ve Ni içeriklerinde küçük değişiklikler olmakla birlikte, bu varyasyon istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır (Çizelge 3). Bitkide Cr ve Cd içerikleri inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarından etkilenmemiştir. Reed ve ark. (1991), arıtma çamuru uygulanmasıyla mısır bitkisinde Zn içeriğinin biraz arttığını, incelenen diğer ağır metallerin (Cu, Pb, Ni ve Cd) önemli miktarda artmadığını belirlemişlerdir. Anaç ve ark. (1993), zeytin ağaçlarına verilen yağ fabrikası arıtma tesisi atıklarının bitkide Co ve Cr içeriklerini artırmadığını ancak, yaprakların Ni ve Cd içeriklerinde meydana gelen artışın önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Artan dozlarda arıtma çamuru uygulamalarının hasattan sonra toprakta pH, besin elementi ve ağır metal içeriklerine etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Arıtma çamuru uygulamalarının toprak reaksiyonuna etkisi önemli olmamıştır. Toprak pH'sı kontrolde 8,05 olarak belirlenirken, 800 kg/da arıtma çamurunda biraz düşerek 8,02 olarak saptanmıştır. Ancak, bu hafif azalış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4). Arıtma çamuru uygulamalarının toprak reaksiyonunu önemli düzeyde etkilememesi uygulama dozunun düşük olmasına bağlanabilir. Menelik ve ark. (1991), arıtma çamuru ilavesiyle toprak pH'sında azalma olabileceğini bildirmişlerdir.

Toprakta yarayışlı fosfor miktarına arıtma çamuru uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. Kontrolde 31,8 ppm olan yarayışlı P miktarı, arıtma çamurunun artan dozları ile artarak 1600 kg/da dozunda 41,5 ppm'e yükselmiş ancak, uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Hasattan sonra toprakta kalan toplam K, Fe ve Mn kapsamına, artan oranlarda arıtma çamuru uygulamalarının etkisi önemli olmamıştır. Arıtma çamuru uygulamalarına bağlı olarak, K, Fe ve Mn kapsamında küçük değişiklikler olmasına rağmen, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli görülmemiştir (Çizelge 4).

Toprakta Zn ve Cu kapsamı arıtma çamuru uygulamaları ile artmıştır. Hiç arıtma çamuru

verilmediğinde, Zn kapsamı 64 ppm ve Cu kapsamı 32 ppm olarak belirlenmesine karşılık, artan arıtma çamuru dozları ile artarak, 1600 kg/da dozunda sırasıyla, 93 ppm ve 37 ppm olarak belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, bu artışlar % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4).

Toplam Co, Ni, Cr ve Cd miktarlarına arıtma çamuru uygulamalarının etkisinin önemli olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4). Arıtma çamuru ilavesiyle toprağın ağır metal içerikleri incelenen tüm metaller için toksik düzeyin altında olduğu, hatta Zn dışındakilerin kontamine olmamış topraklarda bulunabilecek normal sınırlar arasında kaldığı belirlenmiştir. Toprağın Zn içeriği normal değeri biraz aşmış ancak toksik sınırın oldukça altında kalmıştır (Schachtschabel ve ark. 1989). Bu durum, arıtma çamurunda ağır metal kapsamının yüksek olmamasına bağlanabileceği gibi, uygulama dozlarının düşük olması ile de açıklanabilir.

Sonuç

Kışık arpa bitkisinin azotlu gübre isteğinin inorganik azotlu gübre ve kentsel arıtma çamuru verilerek karşılaştırıldığı denemede, her iki uygulama da bitki azot içeriğini ve alımını artırmıştır. Bu artış arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olmuştur. Ancak, azot içeriği ve alımı bakımından, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar bitkinin azotlu gübre ihtiyacını karşılamada kentsel arıtma çamurunun inorganik azotlu gübreye takviye olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, inorganik azotlu gübre dozlarının bitki fosfor içeriğine etkisi önemsiz olmasına karşılık, arıtma çamuru ilavesi ile fosfor içeriği kontrole göre önemli düzeyde artmıştır.

Artan arıtma çamuru dozları tane Fe, Mn, ve Cu kapsamını kontrole göre önemli düzeyde artırırken, K, Ca, Mg, Zn, Co, Ni, Cr ve Cd kapsamına etkisinin önemli olmadığı anlaşılmıştır. Arıtma çamuru uygulaması ile toprakta toplam Zn ve Cu kapsamı istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Bitkide ve toprakta belirlenen ağır metallerin toksik düzeylerin altında, normal sınır değerler arasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Arıtma çamuru uygulamalarının toprakta pH, besin elementi ve ağır metal içeriklerine etkisi

Arıtma çamuru dozları (kg/da)	pH (1:1 su)	Yar. P (ppm)	K (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Cd (ppm)
Kontrol	8,05	31,8	0,76	2,63	628	64 a	32 a	10,2	35	62	0,45
400	8,06	33,8	0,75	2,46	619	75 b	34 ab	10,4	38	62	0,44
800	8,02	39,9	0,74	2,38	627	79 b	34 ab	9,8	40	65	0,46
1200	8,07	34,2	0,73	2,51	624	76 b	34 ab	9,0	39	63	0,39
1600	8,06	41,5	0,72	2,56	641	93 c	37 b	9,0	46	71	0,38

a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi grubunda %5 düzeyinde önemlidir.

Kaynaklar

- Allison, L.E. and C.D. Moodie, 1965. Carbonate. In: C. A. Black et al (ed.) Method of Soil Analysis, Part 2, (9): 1379-1400. Am. Soc. of Agron, Inc. Madison, Winconsin, U.S.A.
- Anaç, D., H. Hakerlerler, ve M.E. İrget, 1993. Yağ fabrikası arıtma tesisi atıklarının zeytinliklerde organik gübre alternatifi olarak kullanılması. E.Ü.Z.F. Dergisi, 30 (3): 23-32.
- Anonim, 1999. Van Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Bülteni.
- Arcak, S., C. Türkmen, A. Karaca ve E. Erdoğan, 2000. A study on potential agricultural use of sewage sludge of Ankara wastewater treatment plant. Proceedings of International Symposium on Desertification, 13-17 June 2000, Konya.
- Ayuso, M., J.A. Pascual, C. Garcia and T. Hernandez, 1996. Evaluation of urban wastes for agricultural use. Soil Science of Plant Nutrition, 42 (1): 105-111.
- Bouyoucos, G. D. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. Agronomy J., 43: 434-438.
- Cabral, F., E. Vasconcelos, M.A.C. Fragoso and M.L. Van Beusichem, 1993. The use as fertilizer of combined primary /secondary pulp mill sludge. Optimization of Plant Nutrition: referred papers from the Eighth International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, 31 August - 8 September 1992. 77-81, Lisbon.
- Düzgüneş, O., T. Kesici, O. Kavuncu, ve F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 1021, Ankara, 381 s.
- Gültekin, N. 1995. Yüzüncü Yıl Üniversitesi kanalizasyon atıklarının gübre değerinin belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Van.
- Hakerlerler, H. 1980. Kentsel atıkların gübre olarak değerlendirilmeleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (3):131.
- Hei - Xintao, T.J. Logan, S.J.Traina and X.T. He, 1995. Physical and chemical characteristic of selected U.S. municipal solid waste composts. Journal of Environmental Quality, 24 (3): 543-552.
- Jackson, M. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New-Jersey, USA.
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme Uygulama Klavuzu. A.Ü.Z.F. Yayınları: 900, Uygulama Klavuzu: 214, Ankara, 140 s.
- Kacar, B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri:III. Toprak Analizleri . A.Ü. Z.F. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.
- Khan, K.D. and B. Frankland, 1983. Chemical forms of Cd and Pb in some contaminated soils. Environmental Pollution, 6: 15-31.
- Kırımhan, S., M. T. Sağlam ve S. Karakaplan, 1983. Erzurum'da kentsel atık sular ile sulanan tarım topraklarında kimyasal kirlenme II. Toprakta ve bitkide ağır metal birikimi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14 (3-4): 13-22.
- Kütük, C. ve G. Çaycı, 2000. Effect of beer factory sludge on yield components of wheat and some soil properties. Proceedings of International Symposium on Desertification, 313-318, 13-17 June 2000, Konya.
- Lindsay, W.L. and W. A. Norvell, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Journal, (42) 421-428.
- Little, D. A., R. B. Renau and D. C. Martens, 1991. Lime stabilized and chemically fixed sewage sludge as lime amendents. Bioresource Technology, 37 (1): 93-102.
- Menelik, G., R. B. Renau, D.C. Martens and T. W. Simpson, 1991. Yield and elemental composition wheat grain as influenced by source and rate of nitrogen. Journal of Plant Nutrition, 14 (2): 205-217.
- Olsen, S. R., V. Cole, F. S. Watanabe and L.A. Dean, 1954. Estimations of available phosphorus in soils by extractions with sodium bicarbonate. U.S. Dept of Agric. Circ. 939.
- Reed, B. E., P. E. Carriere and M. R. Matsumoto, 1991. Applying sludge on agricultural land. Biocycle, 32 (7): 58-60.
- Richard, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Handbook: 60, U.S. Dept. of Agriculture.
- Schachtschabel, P., H. P. Blume, G. Brümmer, K. H. Hartge, and U. Schwertmann, 1989. Toprak Bilimi. Çevirenler: Özbek, H., Z. Kaya, M. Gök, ve H. Kaptan, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No:16, 1993, Adana, 816 s.
- Şensoy, S., Ö. Türkmen ve M. Çırka, 2000. Kentsel arıtma çamurunun biberde çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. 2000 GAP Çevre Kongresi, 1. Cilt, 209-214, 16-18 Ekim 2000, Şanlıurfa.
- Sommers, L. E. 1977. Chemical composition of sewage and analysis of their potential use as fertilizers. J. Environmental Quality, 6: 225-232.
- Sommers, L. E. and D.W. Nelson, 1978. Analysis and their interpretation for sludge application to agricultural land. In Application of Sludges and Wastewaters on Agricultural Land: A Planning and Educational Guide, Ed.: B.D. Knezek and R.H. Miller McD 35, USEPA, Washington.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations. P. 159-165. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monography No:9, A.S.A.-S.S.S.A., Madison, Winconsin, USA.
- Walkley, A. 1947 A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. Soil Science, (63): 251-263.