

Atık Su ile Sulanan Mısır Bitkisinde Makro ve Mikro Element ve Ağır Metal Birikimi

Şerife ÇAY^{1,*}

Rıza KANBER²

¹Toprak su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü, Konya

²Çukurova Üniversitesi Ziraat F., Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): serifecay@tarim.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 08.10.2020

Kabul tarihi (Accepted): 30.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.807495

Öz

Bu çalışmanın amacı, günümüzde artan kentleşmeye bağlı olarak deşarjı da artan atık suların arıtılarak ve seyreltilerek bitkisel üretimde yeniden değerlendirilmesine yöneliktir. Denemede kullanılan sularla yetiştirilen mısır bitkisinin farklı organlarında N, P, K, Ca, Mg gibi makro elementler ile Fe, Cu, Zn, Mn gibi iz elementleri ve Pb, Ni, Cd ve B gibi ağır metallerin analizleri yapılmıştır. Arıtma tesislerinin hizmete girmesiyle marinal suların tarımda kullanım seçeneğinin getireceği olumlu olumsuz etkilerin incelenmesi yapılmıştır. Ancak, tuzluluk kontrolü, mikrobiyolojik arıtım ve ağır metal arıtımı yapılmadan, atık ve atık su kaynaklı karışımların kullanılması, toprakların çoraklaşmasını ve mikrobiyal kirlenme oranını ve kirlenmenin sürekliliğini önemli ölçüde etkileyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel atık su, atık su kaynaklı sular, Konya, mısır (*Zea mays*), bitki analizleri, ağır metaller

Heavy Metal Accumulation with Macro and Micro Elements in Maize Plant Irrigated by Wastewater

Abstract

In this study, wastewater based on today's increasing urbanization, the increasing discharge of it, by treatment and mixing equal amounts for reuse in agricultural production have been assessed. The conclusion has been reached that maize can be grown using waste water in agriculture but significantly would affect without controlling of the heavy metal treatment. Macro elements such as N, P, K, Ca, Mg, trace elements such as Fe, Cu, Zn, Mn, and heavy metals such as Pb, Ni, Cd and B were analyzed on different organs of the maize plant grown with the water used in the trial. Upon entering service of treatment plants the positive and negative effects of waste waters in agriculture were examined. It was concluded that the use of waste and wastewater-derived mixtures would significantly affect the wasteland of soils and the rate of microbial contamination and the continuity of contamination

Keywords: Urban waste water, waste water source water, Konya, maize (*Zea Mays*), plant analysis, heavy metals.

GİRİŞ

Son dönemlerde arıtılmış atık su kullanımı konusu, ülkemizde de giderek artan oranda ilgi görmektedir. Atık suların kullanılması, bitki koruma, hidroloji, gübreleme ve çevre ve halk sağlığı konuları ile birlikte dikkate alınması gerekir.

Kentsel gelişmeye bağlı olarak, giderek artan oranda elde edilen atık suların, bitkisel üretimde kullanılması olanaklarının araştırılması, sınırlılıklarının, üstünlüklerinin anlaşılması, bu çalışmanın bir başka amacını oluşturmaktadır. Böylece, atık

suların yeniden değerlendirilerek tarımsal amaçla kullanılabilmelerine ilişkin gerekli bilgiler sağlanacak, toprak ve su kaynakları üzerindeki etkileri öğrenilebilecektir. Çalışmada TAGEM 2013-51 Nolu Proje sonuç raporuna göre marjinal suların bitki de kök gövde yaprak ve danede birikimleri incelenmiştir.

Araştırma, Konya Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitü Müdürlüğü merkez arazisinde bulunan araştırma alanında yürütülmüştür.

Denemede atık su, arıtılmış atık su ve temiz su ve bu suların eşit miktarda (1:1) karışımları kullanılmıştır. Deneme konularını, değinilen bu sular oluşturmuştur. Buna göre denemede, kentsel atık su (KS), arıtılmış atık su (AS) ve temiz su (TS) ile bunların karışımları, olan kentsel atık su ve arıtılmış atık su (KS+AS), kentsel atık su ve temiz su (KS+TS) ile arıtılmış atık su ve temiz su (AS+TS) konuları ele alınmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Denemede kullanılan sularla yetiştirilen mısır bitkisinin farklı organlarında N, P, K, Ca, Mg gibi makro elementler ile Fe, Cu, Zn, Mn gibi iz elementleri ve Pb, Ni, Cd ve B gibi ağır metallerin analizleri yapılmıştır. Bitkinin kök, gövde, yaprak ve danelerinde, hasat döneminde yapılan analizler sonucunda, elde edilen bulgular Çizelge 1'de verilmiştir.

Denemenin her iki yılında bitkinin kök, gövde, yaprak ve danesinde azot içeriği, diğer konulara göre, KS konusunda; bitki organlarına göre ise danede yüksektir. Azot birikimi, denemenin birinci yılında; en fazla dane ve yaprakta, KS ve AS+KS konularında; ikinci yılında ise, bitkinin tüm organlarında KS konusunda en yüksek olarak saptanmıştır (Çizelge 1-4). Day ve ark. (1975) kentsel atık suların buğday bitkisinde, Day ve Tucker (1977) sorgum bitkisinde, Marten ve ark. (1980) mısır bitkisinde, toprak üstü aksam ve dane azot içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Fosfor içeriği, denemenin birinci yılında KS ve AS+KS konularında köklerde yüksek, danede az iken diğer konularda tersi durum söz konusudur. Bitki organlarına göre en az birikim gövdede saptanmıştır. Denemenin ikinci yılında, AS, TS+AS ve AS+KS konularında köklerde P birikimi daha fazladır. Gövde ve yapraklarda fosfor içeriği, konular arasında farklı değildir. Danede ise TS+KS konusu en fazla P içeriğine sahiptir (Çizelge 1-4).

Potasyum, denemenin birinci yılında, en fazla köklerde, en az danede birikim göstermiştir. Ancak, danede en yüksek birikim KS konusunda saptanmıştır. AS, TS ve TS+KS konularında kökte,

TS konusunda gövdede ve KS konusunda yaprakta yüksek bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında kök ve gövdede kirlilik yükü fazla olan (KS ve AS+KS) konularında artmıştır. AS konusunda, yaprakta, TS konusunda danede yüksek olarak saptanmıştır. Mısır bitkisinin denemenin birinci yılı kök haricinde bitkinin tüm organlarında potasyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 1-4).

Kalsiyum içeriği, denemenin birinci yılında AS, TS+AS; denemenin ikinci yılında ise AS, TS, AS+KS ve KS konularında kökte yüksek iken, denemenin her iki yılında da gövde, yaprak ve danede KS konusunda, yüksek saptanmıştır (Çizelge 4.16-19).

Magnezyum içeriği, denemenin ilk yılında kökte AS+KS ve KS konularında, gövde ve yaprakta TS konusunda, danede ise KS konusunda yüksektir. Denemenin ikinci yılında ise AS+KS, KS ve AS konularında kökte, AS ve KS konularında gövdede, KS konusunda yaprakta, KS, TS+KS ve AS konularında danede yüksek bulunmuştur (Çizelge 1-4).

Elde edilen bulgulara göre, atık suların bitkinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğini artırdığı, benzer çalışmalarda desteklenmektedir. Eid ve Shereif (1996), Kaçar ve Katkat (1998), Tuna ve ark. (2001), Tuna ve Bürün (2003), atık suların, mısır bitkisinin beslenmesini olumlu etkilediği ve yapraklarda makro ve mikro besin elementlerinin düzeylerinde önemli artışlar yaptığını bildirmişlerdir.

Denemenin birinci yılında, mısır bitkisinde Fe birikimi en fazla köklerde saptanmıştır. Gövdede TS konusuna göre, karışım ve atık sularda Fe birikimi, daha az olmuştur. Yaprakta birikim ise en fazla KS konusundadır. Fe'in danede birikimi, kökteki birikimle benzerlik göstermektedir. İkinci yıl ise Fe birikimi en fazla köklerde olmuş bunu, azalan sırayla gövde, yaprak ve dane izlenmiştir. Atık su ve atık su karışımı suların kullanıldığı konularda Fe içeriği daha yüksektir. Ancak, AS ve KS konularında kök ve gövdedeki birikimi dikkat çekicidir (Çizelge 1-4). Arıtılmış ve atık suların yüksek demir içeriği bitkide, özellikle, dane dışında diğer aksamalarda demir kapsamını artırmıştır.

Bakır içeriğinin, denemenin birinci yılında kök, yaprak ve danede TS konusunda, gövdede KS konusunda; denemenin ikinci yılında kökte AS+KS, gövde ve yaprakta KS, AS+KS, TS+KS, AS, TS+AS konularında, danede ise KS konusunda yüksek bulunmuştur (Çizelge 1-4). Sidle ve ark. (1976), 11 yıl atık su ile sulanan mısırdaki Cu ve Zn derişimini bitkide düşük, toprakta yüksek bulduklarını belirtmişlerdir. Kacar ve İnal (2008), bitkide bakır derişiminin genelde, yapraklarda diğer aksamalara göre daha

fazla bulunduğunu açıklamışlardır. Çinko içeriği, denemenin her iki yılında köklerde AS konusunda, yaprakta KS konusunda yüksek, gövdede denemenin birinci yılında TS+KS ve AS, ikinci yılında KS konusunda, danede ise birinci yıl TS, ikinci yıl AS+KS konularında yüksek bulunmuştur. Zn birikimindeki artış ve azalışların, suların kirlilik yükü ile ters orantılı olduğu dikkat çekicidir (Çizelge 1-4). Jasiewicz ve ark. (2010), mısır bitkisinde farklı organlara göre çinko dağılımını inceledikleri çalışmalarında, köklerin diğer toprak üstü organlara göre, %34 daha fazla çinko içerdiğini ve toprak pH'sındaki artışın çinkonun bitkiye yararlılığını azalttığını bildirmişlerdir. Sidle ve ark. (1976), 11 yıl atık su ile sulanan mısırdaki Cu ve Zn derişimini bitkide düşük; toprakta yüksek bulduklarını rapor etmişlerdir.

Mangan içeriği, denemenin ilk yılında, mısır bitkisinde en fazla gövdede birikmiştir. AS ve diğer karışım konularında gövdede bulunan Mn değerleri oldukça yüksektir. Yaprakta ise TS ve AS konularında daha az, atık ve karışım suların kullanıldığı konularda daha fazladır. Danede, atık su ve karışım konularında Mn birikimi daha azdır. Denemenin ikinci yılında Mn içeriği, kök ve gövdede atık su ve karışım konularında daha yüksektir. Kökten daneye doğru birikimde, bir azalış söz konusudur. Ancak, danede birikim en fazla TS konusunda diğer konulara göre daha yüksektir (Çizelge 1-4).

Kurşun içeriği, birinci yılında kökte KS, yaprakta TS, danede TS konularında, denemenin ikinci yılında kökte, gövdede, yaprakta ve danede KS konusunda yüksek bulunmuştur (Çizelge 1-4). Kafadar ve Saygıdeğer (2010), atık su ile sulanan mısır bitkisinde kurşun birikiminin, temiz suya göre daha fazla olduğunu ve kurşun miktarının kök>gövde>yaprak şeklinde dizilim gösterdiğini belirlemişlerdir. Baranowska ve Morek (2003), mısır köklerinde, toprak üstü organlara göre 4.5-5 kat daha fazla kurşun biriktiğini ve bitkinin kök yüzeyinde bulunan büyük miktarlarda kurşun metali alımını sınırlayan bir mekanizma olduğunu bildirmişlerdir. Pb bitkiler için gerekli değildir ve yüksek derişimler mısır için zehir etkisi yapmaktadır. Mısır bitkisi için kurşunun kritik düzeyi, 5.7 µM/kg olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Nikel içeriğinin, denemenin her iki yılında da kök ve yaprakta TS konusunda, gövdede birinci yıl KS, ikinci yıl TS konusunda; danede ise birinci yıl TS ve TS+AS, ikinci yıl ise KS, TS+KS konularında yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.16-19). Elde edilen sonuçlara göre, atık su kullanımı, bitkinin Ni içeriğini artırmamıştır. Nikel birçok bitkiye 0.5-1.0 mg L⁻¹ arasında toksiktir; alkali ve nötr topraklarda

toksitesi azalmaktadır (Başkan, 2006). Bitkide nikel (Ni) birikimi, türe göre değişir ve demir elementinin jeokimyasal özelliklerine benzerliğinden dolayı, bitkide taşınımı kolay olup yaprak ve danede (tohumda) birikir. Toksiklik düzeyi duyarlı bitkilerde 10 ppm, orta duyarlı bitkilerde 50 ppm'dir (Kacar ve İnal, 2008). Kadmiyum içeriği, denemenin birinci yılı kökte AS+KS konusunda, yaprakta ve danede TS konusunda, denemenin ikinci yılında kökte AS+KS ve KS konularında, yaprakta AS konusunda, danede KS konusunda yüksek olduğu saptanmıştır. Denemenin her iki yılında da gövdede Cd içeriğinde konular arasında farklılık saptanamamıştır (Çizelge 1-4). Kacar ve İnal (2008)'in Cutler ve Raini (1974)'den bildirdiğine göre, kadmiyum bitki dokusunda 20-100 µM/kg bulunur ve kökten tepe organlara doğru gidildikçe azalır. Dimitrij ve ark. (2005), Zhu (2001), Rui Yu-Kui ve ark. (2009) mısır danesinde, azot eklenmesine bağlı olarak, kadmiyumun arttığını belirtmişlerdir.

Alüminyum içeriği, denemenin birinci yılında kök ve gövdede TS, yapraklarda AS konularında yüksek bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında ise bitkinin farklı organlarındaki birikimin benzer olduğu saptanmıştır (Çizelge 1-4).

Bor içeriğinin, denemenin her iki yılında da köklerde TS, danede KS konularında; birinci yıl gövdede AS, yaprakta AS+KS ve KS, ikinci yıl gövdede TS, yaprakta KS konularında yüksek olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 1-4).

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Hasat döneminde makro ve mikro elementler ile ağır metal analizlerine ilişkin sonuçlara göre; kentsel atık su, bitkinin hem toprak üstü aksamında hem de danede N, Ca, Cu ve Pb içeriklerini artırmıştır. P, Zn ve Mn birikimi toprak üstü aksamda, Ni, Cd ve B danede, B ve K yapraklarda yüksek olarak saptanmıştır. Pb birikiminin karışım suların bulunduğu konularda saptanamaması dikkat çekicidir. Aynı durum Cd birikiminde de söz konusudur. Cd, karışım sularda sadece kirlilik yükü en fazla olan AS+KS konusunda, kökte saptanmıştır. Çalışmada kullanılan atık sular ve karışım suları, bitki aksamındaki mineral madde derişimlerini artırmaktadır. Ayrıca, ağır metallerin kökte birikmesi, mısır bitkisinin yem olarak kullanılmasında gıda güvenliği açısından, sorun olmamaktadır. Ancak, Cd'un danede birikme eğilimi, çalışmada sınır değerlerin altında olsa bile, dikkat edilmesi gereken bir bulgudur.

Çizelge 1. Mısır köklerinde makro, mikro element ve ağır metal derişimleri

Table 1. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize roots

Yıllar	Elementler	Deneme konuları						S \bar{x}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	0.61	0.61	0.6	0.59	0.63	0.64	0.032
	%	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	P	0.44	0.43	0.45	0.43	0.5	0.52	0.022
	%	b	b	b	b	a	a	
	K	1.95	1.92	1.95	1.94	1.85	1.81	0.01
	%	a	b	a	a	c	d	
	Ca	0.54	0.53	0.51	0.56	0.56	0.57	0.036
	%	a	b	b	a	a	a	
	Mg	0.26	0.25	0.27	0.26	0.39	0.36	0.021
	%	c	c	c	c	a	b	
	Fe	218.96	139.33	138.78	164.22	146.01	140.39	37.41
	ppm	a	c	c	b	c	c	
	Cu	3.4	2.71	2.35	2.31	2.28	2.57	0.075
	ppm	a	b	cd	d	d	bc	
	Zn	40.13	42.18	44.62	26.17	21.09	12.25	1.382
	ppm	c	b	a	d	e	f	
	Mn	55.2	55.87	56.46	55.96	55.37	40.83	0.348
	ppm	b	ab	a	ab	ab	c	
	Pb	0.03	0.19	0.27	0.30	0.36	0.67	0.062
	ppm	e	d	c	b	b	a	
Ni	0.215	0.118	0.037	0.042	0.046	0.022	0.038	
ppm	a	b	c	c	c	c		
Cd	0.0012	0.0011	0.0015	0.0011	0.0019	0.0009	0.004	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Al	4.02	2.94	0.81	0.46	1.09	1.32	0.114	
ppm	a	b	d	e	cd	c		
B	5.96	3.83	3.58	4.04	3.87	0.02	0.329	
ppm	a	b	c	b	b	d		
2010	N	0.66	0.64	0.61	0.63	0.73	0.79	0.01
	%	c	cd	d	cd	b	a	
	P	0.31	0.29	0.45	0.45	0.44	0.41	0.022
	%	c	c	a	a	a	b	
	K	0.256	0.279	0.269	0.273	0.502	0.561	0.275
	%	b	b	b	b	a	a	
	Ca	0.79	0.69	0.63	0.72	0.79	0.79	0.015
	%	a	c	d	b	a	a	
	Mg	0.31	0.553	0.753	0.595	0.757	0.737	0.035
	%	c	b	a	b	a	a	
	Fe	277.66	238.12	721.3	315.3	627.23	784.83	0.787
	ppm	e	f	b	d	c	a	
	Cu	6.91	6.80	7.17	7.16	7.27	6.89	0.06
	ppm	c	d	b	b	a	c	
	Zn	12.53	41.12	205.66	122.79	135.15	99.42	3.256
	ppm	f	e	a	c	b	d	
	Mn	57.73	105.74	139.71	139.4	138.57	162.63	0.01
	ppm	f	e	b	c	d	a	
	Pb	0.94	0.46	0.48	0.31	0.38	0.226	0.12
	ppm	b	d	c	f	e	a	
Ni	0.016	0.01	0.011	0.011	0.005	0.06	0.04	
ppm	a	c	b	b	d	d		
Cd	0.21	0.28	0.31	0.28	0.26	0.31	0.002	
ppm	d	b	a	b	c	a		
Al	16.68	16.66	16.73	16.68	16.69	16.68	0.263	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	1.00	0.50	0.33	0.66	0.50	0.001	0.014	
ppm	a	c	d	b	c	E		

Çizelge 2. Mısır yapraklarında makro, mikro element ve ağır metal derişimleri
Table 2. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize leaves

Yıllar	Elementler	Deneme konuları						S \bar{x}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	0.690	0.650	0.660	0.750	0.810	0.840	0.012
	%	c	c	c	b	a	a	
	P	0.570	0.610	0.480	0.600	0.470	0.580	0.006
	%	c	a	d	ab	d	bc	
	K	1.190	1.160	1.990	1.270	1.310	1.340	0.007
	%	d	e	f	c	b	a	
	Ca	0.710	0.640	0.650	0.620	0.590	0.610	0.011
	%	a	b	b	c	d	c	
	Mg	0.250	0.170	0.170	0.270	0.320	0.330	0.008
	%	d	e	e	c	b	a	
	Fe	3.610	5.710	3.890	3.890	5.450	28.370	1.562
	ppm	b	b	c	c	b	a	
	Cu	5.960	3.900	4.060	3.160	3.040	2.550	0.023
	ppm	a	c	b	d	e	f	
	Zn	11.240	13.750	13.430	14.280	13.920	15.830	0.154
	ppm	d	c	c	b	bc	a	
	Mn	11.910	14.460	10.630	27.790	27.710	31.960	0.257
	ppm	d	c	e	b	b	a	
	Pb	0.640	0.400	0.300	0.250	0.200	0.210	0.021
	ppm	a	b	c	cd	d	d	
Ni	0.300	0.280	0.270	0.260	0.230	0.190	0.003	
ppm	a	b	bc	c	d	e		
Cd	0.00018	0.00015	0.00012	0.00016	0.00012	0.00013	0.004	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Al	0.090	0.150	0.210	0.150	0.150	0.150	0.009	
ppm	c	b	a	b	b	b		
B	8.000	1.960	12.370	1.290	16.330	18.170	0.997	
ppm	c	d	b	b	a	a		
2010	N	0.742	0.519	0.571	0.709	0.729	0.907	0.009
	%	b	e	d	c	bc	a	
	P	0.448	0.430	0.429	0.436	0.401	0.415	0.447
	%	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	K	1.428	1.486	1.488	1.319	1.304	1.200	0.008
	%	b	a	a	c	c	d	
	Ca	0.697	0.704	0.833	0.398	1.304	1.378	0.343
	%	c	c	bc	bc	ab	a	
	Mg	0.207	0.174	0.168	0.229	0.227	0.240	0.002
	%	c	d	d	b	b	a	
	Fe	26.100	22.230	7.060	8.020	6.130	8.070	0.477
	ppm	a	b	e	d	f	c	
	Cu	2.440	3.960	4.190	4.710	4.760	5.030	0.326
	ppm	b	a	a	a	a	a	
	Zn	0.940	3.020	8.970	6.850	9.530	10.960	0.249
	ppm	e	d	b	c	b	a	
	Mn	32.300	31.240	27.490	27.980	29.310	28.550	0.236
	ppm	a	b	f	e	c	d	
	Pb	0.010	0.024	0.033	0.029	0.027	0.040	0.856
	ppm	f	e	b	c	d	a	
Ni	0.016	0.010	0.011	0.011	0.005	0.006	0.193	
ppm	a	c	bc	b	d	d		
Cd	0.017	0.150	0.106	0.159	0.106	0.137	0.014	
ppm	d	a	c	a	c	b		
Al	16.670	16.680	16.170	16.660	16.690	16.690	0.199	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	7.660	18.660	62.330	79.660	66.330	88.330	0.504	
ppm	f	e	d	b	c	a		

Çizelge 3. Mısır gövdesinde makro, mikro element ve ağır metal derişimleri
Table 3. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize stem

Yıllar	Elementler	Deneme Konuları						S \bar{X}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	0.230	0.210	0.370	0.350	0.400	0.440	0.027
	%	d	d	c	c	b	a	
	P	0.289	0.290	0.290	0.290	0.250	0.270	0.005
	%	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	K	1.230	1.210	1.200	1.180	1.080	1.100	0.008
	%	a	ab	bc	c	d	d	
	Ca	0.187	0.205	0.126	0.106	0.130	1.139	0.012
	%	b	ab	c	f	e	a	
	Mg	0.400	0.350	0.370	0.270	0.300	0.280	0.002
	%	a	c	bc	f	d	e	
	Fe	44.140	43.300	39.260	39.080	34.580	32.220	2.765
	ppm	a	ab	abc	abc	bc	c	
	Cu	0.770	0.740	0.740	2.170	2.520	4.770	0.041
	ppm	d	d	d	c	b	a	
	Zn	32.420	32.960	35.750	36.290	34.000	22.000	0.600
	ppm	c	bc	a	a	b	d	
	Mn	101.630	102.560	103.570	103.910	103.210	96.960	0.518
	ppm	b	ab	a	a	ab	c	
Pb	0.010	0.180	0.350	0.410	0.270	0.110	0.009	
ppm	f	d	b	a	c	e		
Ni	0.080	0.090	0.090	0.110	0.110	0.130	0.013	
ppm	c	c	c	b	b	a		
Cd	0.032	0.020	0.035	0.030	0.030	0.030	0.04	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Al	0.660	0.470	0.030	0.030	0.020	0.020	0.022	
ppm	a	bc	c	c	c	c		
B	16.000	20.420	23.000	22.250	21.040	21.450	0.800	
ppm	c	bc	a	ab	ab	ab		
2010	N	0.414	0.584	0.570	0.547	0.748	0.784	0.013
	%	f	c	d	e	b	a	
	P	0.307	0.294	0.308	0.312	0.307	0.309	0.398
	%	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	K	0.255	0.208	0.283	0.225	0.281	0.313	0.002
	%	c	e	b	d	b	a	
	Ca	0.704	0.553	0.505	0.917	1.031	1.780	0.071
	%	d	e	e	c	b	a	
	Mg	0.227	0.208	0.246	0.229	0.261	0.248	0.006
	%	b	c	a	b	a	a	
	Fe	0.140	52.100	122.610	72.790	70.130	124.980	0.389
	ppm	f	e	b	c	d	a	
	Cu	4.720	7.410	7.430	7.310	7.620	6.880	0.596
	ppm	b	a	a	a	a	a	
	Zn	10.580	19.190	18.480	19.920	19.540	26.250	0.516
	ppm	c	b	b	b	b	a	
	Mn	109.210	109.100	111.810	110.620	111.430	112.470	4.82
	ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
Pb	0.156	0.038	0.059	0.045	0.052	0.630	0.06	
ppm	b	f	c	e	d	a		
Ni	0.092	0.057	0.009	0.010	0.007	0.006	0.0015	
ppm	a	b	c	c	d	e		
Cd	0.113	0.158	0.035	0.055	0.080	0.081	0.41	
ppm	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Al	16.690	16.670	16.660	16.700	16.690	16.710	0.332	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	21.170	19.330	17.660	18.660	4.500	5.000	1.38	
ppm	a	b	c	b	d	d		

Çizelge 4. Mısır danesinde makro, mikro element ve ağır metal derişimleri**Table 4.** Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize grain

Yıllar	Elementler	Deneme Konuları						S \bar{x}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	3.040	2.930	3.070	2.940	3.180	3.210	0.061
	%	ab	b	ab	b	a	a	
	P	0.520	0.580	0.580	0.610	0.380	0.400	0.006
	%	c	b	b	a	e	d	
	K	0.310	0.290	0.240	0.260	0.240	0.230	0.004
	%	a	b	d	c	de	e	
	Ca	0.490	0.500	0.520	0.570	0.710	1.310	0.009
	%	d	d	d	c	b	a	
	Mg	0.110	0.191	0.225	0.269	0.290	0.310	0.009
	%	e	d	c	b	ab	a	
	Fe	34.990	29.770	27.550	18.550	18.300	18.240	1.044
	ppm	a	b	b	c	c	c	
	Cu	1.410	1.310	1.180	0.960	1.310	1.290	0.045
	ppm	a	ab	b	c	ab	ab	
	Zn	23.710	20.690	20.940	19.040	14.330	12.830	0.288
	ppm	a	b	b	c	d	e	
	Mn	26.420	21.790	11.870	7.210	10.050	3.830	0.361
	ppm	a	b	c	e	d	f	
	Pb	0.282	0.128	0.090	0.069	0.060	0.036	0.004
	ppm	a	b	c	d	d	e	
Ni	0.220	0.210	0.150	0.156	0.126	0.089	0.011	
ppm	a	a	b	b	bc	c		
Cd	23.330	21.670	11.670	6.620	10.000	9.000	0.004	
ppm	a	b	c	f	d	e		
Al	0.051	0.043	0.042	0.039	0.046	0.049	0.114	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	1.170	7.250	7.420	7.210	7.670	13.040	0.370	
ppm	c	b	b	b	b	a		
2010	N	3.670	2.870	2.720	2.990	3.120	3.940	0.021
	%	b	e	f	d	c	a	
	P	0.680	0.694	0.609	0.851	0.667	0.673	0.006
	%	bc	b	d	a	c	bc	
	K	0.933	0.723	0.815	0.800	0.881	0.818	0.012
	%	a	d	c	c	b	c	
	Ca	0.036	0.023	0.081	0.029	0.039	0.132	0.003
	%	cd	e	b	de	c	a	
	Mg	0.125	0.154	0.233	0.235	0.181	0.244	0.014
	%	c	bc	a	a	b	a	
	Fe	0.080	1.310	2.921	3.196	2.988	3.136	0.120
	ppm	c	b	a	a	a	a	
	Cu	0.810	1.278	1.637	1.840	2.246	2.706	0.098
	ppm	e	d	c	c	b	a	
	Zn	20.490	18.140	19.310	21.540	22.170	17.910	0.445
	ppm	bc	d	cd	ab	a	d	
	Mn	26.42 a	21.79 b	11.87 c	7.21 e	10.05 d	3.83 f	0.348
	ppm	a	b	c	e	d	f	
	Pb	0.009	0.021	0.086	0.087	0.074	0.118	0.004
	ppm	f	e	c	b	d	a	
Ni	0.020	0.020	0.019	0.020	0.018	0.019	0.009	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Cd	0.169	0.496	0.666	0.508	0.740	0.859	0.020	
ppm	e	d	c	d	b	a		
Al	16.670	16.660	16.660	16.670	16.670	16.690	0.331	
ppm	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
B	12.670	24.000	24.170	18.170	22.330	24.330	0.014	
ppm	f	c	b	e	d	a		

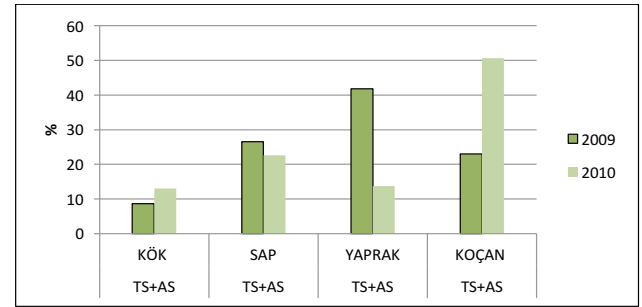
Konya ili kentsel atık sularının tarımda kullanılabilmesi için farklı seçenekler dikkate alınarak (arıtma, kısmen arıtma ve seyreltme) kirletici ölçütleri farklı sulunan bitkinin organları incelenmiş aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Denemede kullanılan sular, pH yönünden sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmazken, elektriksel iletkenlik, SAR ve tuzluluk değerleri, kullanımı kısıtlamaktadır. Karışım sularının hemen hepsinin "ihtiyatla kullanılabilir" T3A1 (yüksek tuzlu ve düşük sodyum zararı) sınıfında olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlara göre araştırmada ele alınan atık su ve karışım suları, tuzluluk bakımından, kötü nitelikli sulardır ve sulamada kullanılması durumunda, tarım topraklarında tuzluluk-sodyumluk sorunlarının ortaya çıkmasına neden olacak potansiyeldedir. Bu nedenle, sulama yönetimine göre su kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi amacıyla iyi nitelikli sularla karıştırılıp seyreltilerek kullanılması gereklidir. Ayrıca, temiz su kaynağının yetersiz olduğu ve atık su kaynaklı suların kullanılması durumunda, etkin tuzluluk ve toprak bünyesine göre potansiyel tuzluluk değerleri dikkate alınarak kontrollü olarak kullanılmalıdır.

AKM, KOİ, BOİ, Toplam N, Toplam P ve Toplam Fekal Koliform gibi ölçütlere göre; denemede kullanılan atık suların tümü (TS+AS dışında), yönetmelik sınır değerlerinin üstünde değerler taşımaktadır. Özellikle patojenler ve diğer atık su ölçütlerinin yüksekliği, insan ve çevre sağlığını korumada en gerçekçi ve etkin önlem olarak atık su artırımını zorunlu kılmaktadır.

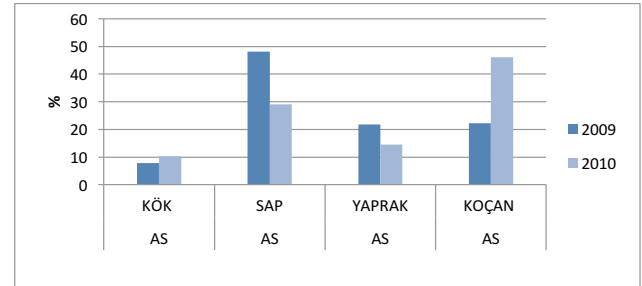
Deneme sularında Cu, Fe, Mn ve Zn derişimleri, kritik değerlerin altında bulunmaktadır. Suların B değerlerinin mısır gibi orta derecede dayanıklı bitkiler için II. Sınıf (iyi) olduğu anlaşılmaktadır. Öte

yandan ağır metal kapsamı Pb, Ni değerleri, yönetmelik sınır değerlerinin altında bulunmuştur. Cd değerleri, kimi zamanlarda AS, TS+KS, AS+KS ve KS konularında yönetmelik sınır değerinden yüksektir. Deneme sularında Ag, Ba, Be, Co, Cr, Li, Mo, ağır metalleri bulunmamaktadır. Endüstriyel atık suların arıtılması, patojenik ve diğer potansiyel toksik bileşiklerin kabul edilebilir sınırlara indirilmesinde ya da elimine edilmesinde önemlidir. Bu nedenle endüstriyel paket arıtım ünitelerinin kurulması gereklidir.



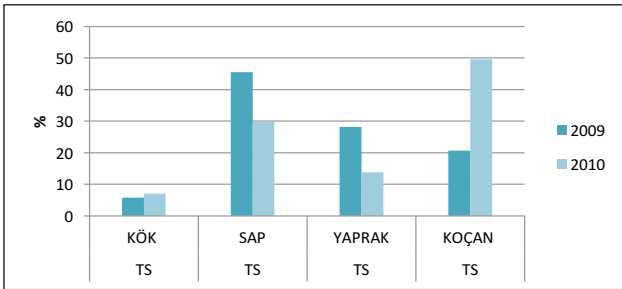
Şekil 2. TS+AS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 2. The percentage of biomass in plant organs for TS+AS.



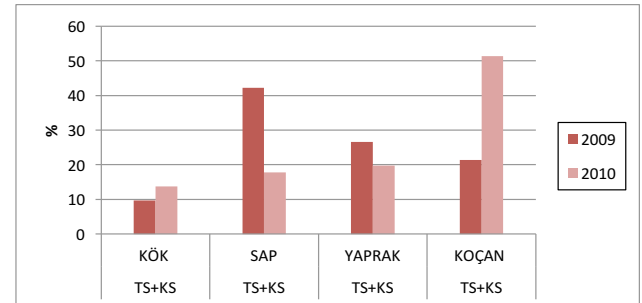
Şekil 3. AS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 3. The percentage of biomass in plant organs for AS.



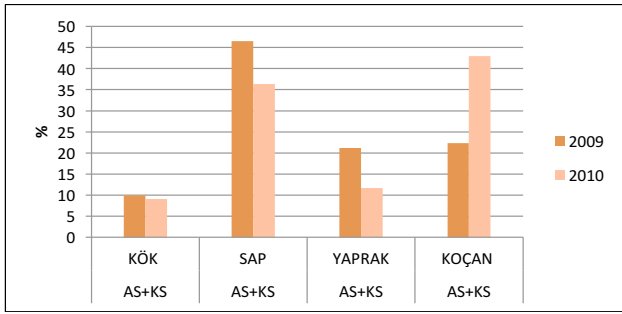
Şekil 1. TS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 1. The percentage of biomass in plant organs for TS.



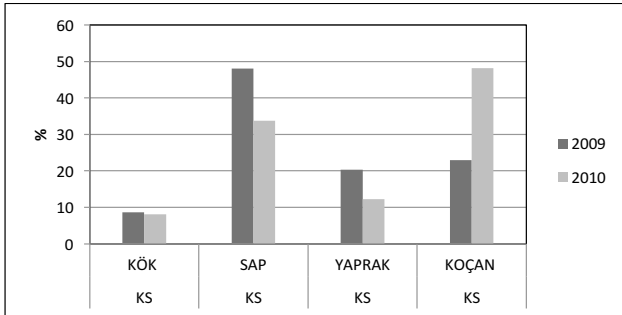
Şekil 4. TS+KS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 4. The percentage of biomass in plant organs for TS+KS.



Şekil 5. TS+KS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 5. The percentage of biomass in plant organs for TS+KS.



Şekil 6. KS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 6. The percentage of biomass in plant organs for KS.

KAYNAKLAR

Baranowska Morek, A (2003). Plant mechanisms of tolerance to the tonic effect of heavy metals. *Kosmos. Probl. Nauk Biol.*, 52 (2): 283-298.

Çay Ş (2013). Konya kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır yetiştiriciliğine etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri. Adana.

Çay Ş, Kanbger R (2013) Konya kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır yetiştiriciliğine etkileri. TAGEM 2013-51 Proje Sonuç Raporu. 66-74.

Day AD, Tucker TC (1977). Effects of treated wastewater on growth, fibre, protein and amino acid content of sorghum grains. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 6 (3):3 25-327.

Dmitrij I, Bashmakov AS, Lukatkin V, Revin V, Povilas D, Brazaityte A, Baranauskis K (2005). Growth of maize seedlings affected by different concentrations of heavy metals. *Ekologij*, 3: 22-27.

Eid MA, Shereif M (1996). Effect of waste water irrigation on rowth and mineral contents of certain crops. *Egypt. J. of Soil. Sci.*, 36 (1-4):109-118.

Jasiewicz CZ, Baran A, Tarnawski M (2010). Effect of bottom sediment on content, bioaccumulation and translocation of heavy metals in maize biomass. *J. Elem.* 15(2):281-290.

Kacar B, İnal A (2008). Bitki analizleri. 3. Nobel Yayın Dağıtım. s: 912.

Kacar B, Katkat AV (1998). Bitki besleme. 3. Baskı. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, 127:168-175.

Kafadar FN, Saygıdeğer S (2010). Gaziantep ilinde organize sanayi bölgesi atık suları ile sulanan bazı tarım bitkilerinde kurşun (pb) miktarlarının belirlenmesi. *Ekoloji*, 19(75): 41-48.

Marten GC, Larson WE, Clapp CE (1980). Effects of municipal wastewater effluent on performance and feed quality of maize vs. reed canarygrass. *Journal of Environmental Quality*, 9 (1): 137-141.

Sidle RC, Hook JE, Kardos LT, (1976). Heavy metals application and plant uptake in a land disposal system for wastewater. *Journal of Environmental Quality*, 5: 97-102.

Tuna AL, Bürün B, Şahin O, Yağmur B (2001). Kentsel atık suların yeniden değerlendirilmesi. IV Ulusal Çevre Kongresi 5-8 Ekim 2001 Bodrum, s.513-518.

Tuna AL, Bürün B (2003). Mısırdaki mineral beslenme ve bazı topraközelliği üzerine kentsel atık suların etkisi. *Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Dergisi*, 4:7-15.

Tuna AL, Girgin AR (2005). (Zea mays L.) gelişme, mineral beslenme ve ağır metal içeriği üzerine termik santral uçucu küllerinin etkisi. *Ekoloji*, 14(57): 29-37.