

**BAZI EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN
ALÜMİNYUM STRESİNE TOLERANSLARININ
BELİRLENMESİ**

Abdulaziz AYDIN

Yüksek Lisans Tezi

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı

Prof. Dr. Kamil HALILOĞLU

2014

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN ALÜMİNYUM
STRESİNE TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ**

Abdulaziz AYDIN

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı**

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**BAZI EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN ALÜMİNYUM STRESİNE
TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU danışmanlığında, Abdulaziz AYDIN tarafından hazırlanan bu çalışma 08/07/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalı – Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat AYDIN

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Emine ORHAN

İmza

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 17.07.2014 tarih ve 29. / 906 nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN ALÜMİNYUM STRESİNE TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ

Abdulaziz AYDIN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU

Bu araştırmada farklı konsantrasyonlardaki alüminyum [$AlCl_3 \cdot 6H_2O$] uygulamasının 64 ekmeklik buğday genotipinde çimlenme parametreleri, kök ve sürgün oluşumu ve mineral madde alımı üzerine etkileri belirlenmiştir. Alüminyum toleransının belirlenmesinde üç temel ölçüt kullanılmıştır. İlk olarak, farklı Al konsantrasyonlarına 64 buğday genotipinin çimlenme parametrelerine etkileri belirlenmiştir. Bunu Al stresi sonrası genotiplerin kök ve sürgün parametrelerine etkileri tespit edilmiştir. Son olarak; Al uygulamasının 10 gün sonunda bitkide biriken mineral madde miktar ve oranları belirlenmiştir.

Yaptığımız bu araştırmada Al konsantrasyonunun artışına bağlı olarak yaş ve kuru bitki ağırlıkları önemli oranda azalmıştır. Ayrıca genotiplerin kök ve gövde uzunlukları alüminyum konsantrasyonunun artışından olumsuz etkilenmiştir. Alüminyum uygulaması 64 ekmeklik buğday genotipinin Ca, P, Na, K, Mg ve Al minarellerinin alımını artırmıştır. Araştırmada kullanılan genotiplerin alüminyum toleransına karşı dayanıklılık bakımından İzgi 2001, Demir 2000, Harmankaya 2000, Aksel 2000 ve Dağdaş 94 genotipleri belirlenmiştir.

2014, 76 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, Alüminyum toleransı, Kök büyümesi

ABSTRACT

Master Thesis

SOME OF BREAD WHEAT GENOTYPES DETERMINATION OF ALUMINUM STRESS TOLERANCE

Abdulaziz AYDIN

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Field Crops
Cereal and Pulse Crops

Supervisor: Prof. Dr. Kamil HALILOĞLU

In this work, effects of various concentrations of aluminum [$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] were determined on germination, root, shoot and mineral material parameters in bread wheat genotypes. Three criterias are used to determine in aluminium tolerance. The first is germination parameters of genotypes applied with different Al concentration. Secondly, root and shoot parameters were assessed after Al application. Thirdly, uptake of some elements by plant was determined 10 days from application of Aluminium.

Fresh and dry weights of genotypes were decreased with higher application of Al. Stem and root lengths of genotypes were affected negatively along with the increasing in the concentration of Aluminum. Application of Al increased the uptake of Ca, P, Na, K, Mg and Al. Genotypes with high tolerance against to Al stress were determined as İzgi 2001, Demir 2000, Harmankaya 2000, Aksel 2000 and Dağdaş 94.

2014, 76 pages

Keywords: Bread wheat, Aluminium tolerance, Root growt,

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam süresince benden bilimsel katkı ve yardımlarını esirgemeyen, her alanda örnek aldığım ve hayatımı şekillendirmemde çok büyük katkısı olan, değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU'na şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında bana yardımcı olan ve uygulamalarımda bana yön veren değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU'na ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat AYDIN'a en içten dileklerimle teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tez çalışmamda bana yardımlarından dolayı Mahmut ÇAMLICA'ya ve ayrıca, desteği, sevgisi ile her zaman yanımda olan, varlığı ile bana güven veren, bugünlere gelmemde büyük emek sahibi aileme sonsuz teşekkür ederim.

Abdulaziz AYDIN

Haziran, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Alüminyum (Al).....	6
2.1.1. Alüminyumun Bitkiler Üzerine Etkisi	6
2.1.2 Alüminyum toksisitesinin mekanizmaları.....	10
2.2. Buğday ve Alüminyum ilişkisi.....	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Bitki materyali	19
3.1.2. Araştırmada kullanılan kimyasallar, malzemeler ve cihazlar	19
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Kimyasalların hazırlanışı.....	19
3.2.1.a. Alüminyum çözeltisinin hazırlanışı.....	19
3.2.1.b. %10'luk çamaşır suyunun hazırlanışı.....	21
3.2.2. Tohumların hazırlanışı ve alüminyum uygulaması	22
3.2.3. Araştırmada incelenen konular.....	22
3.2.3.a. Çimlenme karakterleri	22
3.2.3.b. Kök ve sürgünlere ait karakterler	23
3.2.3.c. Bitkinin makro ve mikro element içeriği.....	24
3.3. Verilerin İstatistiksel Analizi.....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	25
4.1. Çimlenme Karakterleri	25
4.1.1. Çimlenme oranı (%)	25

4.1.2. Çimlenme hızı	28
4.1.3. Ortalama çimlenme zamanı (gün)	31
4.2. Kök ve Sürgüne Ait Karakterler	33
4.2.1. Toplam embriyonal kök uzunluğu (cm)	33
4.2.2. Toplam embriyonal kök sayısı (adet)	37
4.2.3. Kök yaş ağırlığı (g)	39
4.2.4. Kök kuru ağırlığı (g)	42
4.2.5. Çim kını uzunluğu (cm)	45
4.2.6. Sürgün uzunluğu (cm)	48
4.2.7. Sürgün yaş ağırlığı (g)	51
4.2.8. Sürgün kuru ağırlığı (g)	53
4.3. Alüminyumun Kök ve Sürgündeki Mikro ve Makro Element İçeriğine Etkisi ..	56
4.3.1. Na (ppm, mg/l) miktarına etkisi	56
4.3.2. K (ppm, mg/l) miktarına etkisi	57
4.3.3. Ca (ppm, mg/l) miktarına etkisi	59
4.3.4. Mg (ppm, mg/l) miktarına etkisi	60
4.3.5. P (ppm, mg/l) miktarına etkisi	61
4.3.6. Al (ppm, mg/l) miktarına etkisi	62
5. SONUÇ ve TARTIŞMA	64
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	77

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Al	: Alüminyum
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Hg	: Civa
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Soldan sağa doğru kontrol, 15 mM, 30 mM Al uygulaması kök uzunlukları.....	35
Şekil 4.2. Soldan sağa doğru kontrol, 15 mM, 30 mM Al uygulaması sonrası sürgün uzunlukları.....	48
Şekil 4.3. Alüminyumun kök ve sürgündeki Na (ppm, mg/lit) alımına etkisi.....	57
Şekil 4.4. Alüminyumun kök ve sürgündeki K (ppm, mg/lit) alımına etkisi.....	58
Şekil 4.5. Alüminyumun kök ve sürgündeki Ca (ppm, mg/lit) alımına etkisi	59
Şekil 4.4. Alüminyumun kök ve sürgündeki Mg (ppm, mg/lit) alımına etkisi	60
Şekil 4.7. Alüminyumun kök ve sürgündeki P (ppm, mg/lit) alımına etkisi	61
Şekil 4.8. Alüminyumun kök ve sürgündeki Al (ppm, mg/lit) alımına etkisi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan ekmeklik buğday genotiplerine ait bazı bilgiler....	20
Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan kimyasallar, malzemeler ve cihazlar	21
Çizelge 4.1. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda çimlenme oranına ait veriler (%)	27
Çizelge 4.2. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda çimlenme hızı ait veriler	29
Çizelge 4.3. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda ortalama çimlenme zamanına ait veriler (gün)	32
Çizelge 4.4. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda toplam embriyonal kök uzunluğu ait veriler (cm).....	34
Çizelge 4.5. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda toplam embriyonal kök sayısı ait veriler (adet).....	38
Çizelge 4.6. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda kök yaş ağırlığına ait veriler (g)	40
Çizelge 4.7. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda kök kuru ağırlıklarına ait veriler (g)	43
Çizelge 4.8. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda çim kını uzunluğuna ait veriler (cm)	46
Çizelge 4.9. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda sürgün uzunluğuna ait veriler (cm)	49
Çizelge 4.10. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda sürgün yaş ağırlıklarına ait veriler (g)	52
Çizelge 4.11. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda sürgün kuru ağırlığına ait veriler (g)	54
Çizelge 4.12. Alüminyumun kök ve sürgündeki Na (ppm, mg/lt) alımına etkisi.....	57
Çizelge 4.13. Alüminyumun konsantrasyonunun kök ve sürgündeki K (ppm, mg/lt) alımına etkisi	58
Çizelge 4.14. Alüminyumun kök ve sürgündeki Ca (ppm, mg/lt) alımına etkisi	59
Çizelge 4.15. Alüminyumun kök ve sürgündeki Mg (ppm, mg/lt) alımına etkisi	60

Çizelge 4.16. Alüminyumun konsantrasyonunun kök ve sürgündeki P (ppm, mg/lt) alımına etkisi.....	61
Çizelge 4.17. Alüminyumun konsantrasyonunun kök ve sürgündeki Al (ppm, mg/lt) alımına etkisi.....	62
Çizelge 5.1. 30 mM Al uygulamasına karşı çimlenme parametreleri açısından en iyi cevap veren 10 buğday genotipi	65
Çizelge 5.2. 30 mM Al uygulamasına karşı kök parametreleri açısından en iyi cevap veren 10 buğday genotipi.....	66
Çizelge 5.3. 30 mM Al uygulamasına karşı çimlenme parametreleri açısından en iyi cevap veren 10 buğday genotipi	67

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun beslenmesinde yaygın olarak kullanılan, besin değeri yüksek bir kültür bitkisi olan buğdayın, yeryüzünde ekilişi ve üretimi bakımından tahıl bitkileri arasında geniş bir yeri vardır. Buğday geniş adaptasyon yeteneğine sahip olması, kolayca işlenmesi, depolanması ve taşınması nedeniyle yaklaşık 50 ülkenin temel besin kaynağını oluşturmaktadır. Yeryüzünde ekiliş ve üretimi en fazla ürün grubu olan tahıllar, dünyada insan beslenmesinin en büyük kaynağı olmasının yanında hayvan beslenmesinin de temel kaynağını oluşturmaktadır (Özaydın 2001; Dong *et al.* 2002).

Dünya nüfusu 1927’de 2 milyar iken günümüzde hızla artan dünya nüfusu 7 milyarı aşmıştır. Bu da her on yılda yaklaşık 1 milyar kişinin dünya nüfusuna dahil olması anlamına gelmektedir. Hızlı artan dünya nüfusu birçok problemi de beraberinde doğurmaktadır. Bu problemlerin ilk başında açlık sorunu gelmektedir. Günümüzde geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde yaşayan kişilerin büyük bir kısmının dengeli olarak beslenemedikleri ve birçoğunun ise açlık sorunuyla karşı karşıya bulundukları bir gerçektir. Bunun yanı sıra, bazı gelişmiş ülkelerde de insanların dengeli olarak beslendikleri de söylenemez. Dünyada birçok ülkede nüfus artışı, gıda maddeleri üretimindeki artışa kıyasla daha yüksektir. Artan insan nüfusunun talebin giderilebilmesi için üretim ve özellikle birim alandan elde edilen verimin arttırılması gerekmektedir (Alkuş 2007).

Tarıma yönelik bitkilerin yetiştirildiği topraklarda giderek artan Al, Pb, Cd, Zn, Hg, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni metallerince kirlendiği ve bu kirlilik bitkiler için toksik oluşturabilecek bir seviyeye ulaştığı belirlenmiştir (Delhaize and Ryan 1993; Kochian 1995). Besin halkası içerisinde bitkiler ile taşınan bu metaller, bitkilerde etkilerini göstermeye başlamıştır. Topraklarda meydana gelen bu olumsuz değişimler buğday üretimin dolayısıyla dünya nüfusunun önemli bir kısmını beslenme bakımından etkileyeceği düşünülmektedir.

Ağır metaller toprakta ve vejetasyonda iz konsantrasyonda her zaman var olmaktadır ve bunların çoğuna mikro element olarak canlılar tarafından gereksinim duyulmaktadır. Fakat bu elementlerin yüksek konsantrasyonları canlılara toksik etki yapmaktadır (Başkaya ve Teksoy, 1996). Bu metallerin uzun vadede toprakta birikmesi bu konunun başka bir tehlikesidir. Ağır metaller; toprağın absorpsiyonu, kimyasal reaksiyonu ve iyon değişimi sonucunda toprakta tutulmaktadır (Anonim 1991).

Toprak asitliği seviyesi dünyanın belli bölümlerinde ürün çeşitlerinde büyüme ve verimde azalmalara neden olmaktadır. Düşük pH seviyesi, alüminyum ve magnezyum toksisitesine, fosfor, nitrat, potasyum, kalsiyum, kükürt, çinko ve molibden eksikliklerine neden olduğu belirlenmiştir. Al toksisitesi, asitli topraklarda bitkisel ürünlerin verimliliğini sınırlandıran önemli faktörlerden birisidir (Kochian 1995). Al toksisitesi dünyadaki ekilebilir tarım arazilerinin %40'ını oluşturan asitli topraklarda ürün verimliliğini azaltan ana etken durumundandır (Delhaize and Ryan 1995).

Toprağın asitliği arttıkça, toprakta mevcut çözünmüş alüminyum iyonları da artmaktadır. Bu iyonlar, pH 5'in altındaki asidik topraklarda büyüyen bitkiler için, potansiyel olarak büyümeyi durdurucu etken olarak görülmektedir. Asit yağmurları, yüzey sularında Al yoğunluğunun artışına pH seviyesinin düşmesine sebep olmaktadır (Anonim 2003). Toprağın asit seviyesi, asit yağmurlarını da içine alan çevresel sorunların sonucu olarak yükselmektedir. Bu şartlar altında asidik topraklarda tarımsal üretimin geliştirilmesi yönünde önemli çalışmalar yapılmaktadır (Matsumoto 2000). Özellikle günümüzde moleküler biyoloji, fizyoloji ve tarımsal uygulamalı çalışmalar, bitkilerin içindeki alüminyum toksisitesi ve tolerans mekanizmasını bulmaya katkı sağlamaktadır.

Alüminyumun toksik etkisi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar sürekli olarak artmaktadır. Toksisitenin nedenleri ile fizyolojik ve moleküler seviyelerdeki etkilerine yönelik bu çalışmalarda günümüzde antioksidatif enzimlerin toksisiteye yanıtları ve genel tolerans mekanizmalarına yönelik konular ağırlık kazanmaya başlamıştır (Raman ve ark., 2002). Son zamanlardaki çalışmaların çoğu, Al'a direncin gerçek mekanizması olarak kök ucundan Al'un atılması üzerine yoğunlaşmıştır (Kochian 1995).

Alüminyumun asit içeren topraktaki etkilerine uzun süre maruz kalan bitkilerin, hücre yapı ve fonksiyonlarındaki değişikliklerin bulunması alüminyum toksisitesinin tanımlanmasına ve gelecekte tarımsal ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir etken olacağı kesindir.

Asitli topraklarda Al iyonik formu bitki büyümesinde yüksek toksisitedir, kök büyümesinin hızla engellenmesiyle tanımlanır. Ancak türler arasında ve türler içinde kültür bitkileri arasında Al toksisite dayanıklılığında büyük bir çeşitlilik vardır. Türler arasında çeşitlilik olmasına rağmen tahıl türleri arasında Al dayanıklılığı sırasıyla pirinç =çavdar>buğday>arpa şeklindedir. Yine, çok sayıda tahıl türlerinin ve kültür varyetelerinin topraktaki Al seviyelerine karşı önemli kalıtsal varyasyon gösterdiği belirlenmiştir (Kochain 1995). Bu çalışmada, ülkemizde yetiştirilen 64 ekmeklik buğday genotipinin artan Al stresine toleransları belirlenmiştir. Ayrıca alüminyumun çimlenme parametreleri ve diğer metallerin alımına etkisi araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Ağır metaller, madencilik, enerji ve yakıt üretimi, yoğun tarımsal faaliyetler, evsel atıklar ve askeri operasyonlar gibi insan kaynaklı faaliyetlerin sonucunda önemli çevre kirliliğine neden olmaktadır (Memon 2000; Zengin ve Munzuroğlu 2005).

Ağır metallerin oluşturduğu en önemli problem, bu metallerin besin zincirinde taşınarak insana kadar ulaşması ve doğada kalıcı olmalarıdır (Gadd 2000). Besin zinciri ve biyolojik döngünün temel basamağı konumundaki bitkilerin ağır metal kirliliğinden etkilenmesi kaçınılmazdır (Monni vd 2001).

Ağır metaller bitkiler için yararlı ve gerekli mikro elementler olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda toksik bir etkiye sahiptirler ve çevre için tehlike oluşturmaktadırlar. Endüstrileşmenin bir sonucu olarak tarım arazilerindeki metal kirliliği artmaktadır. Değişik nedenlerden dolayı topraklarda meydana gelen metal kirliliği, bitki hücrelerinin iyon geçirgenliğinde, birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayları olumsuz yönde etkilemektedir (Munzuroğlu ve Geckil 2002).

Ağır metalleri içeren topraklar, bitkiler için zehir etkisi oluşturacak düzeydedirler ve özellikle çinko, kurşun, nikel, kobalt, krom ve bakır gibi metalleri ve mangan, kadmiyum, selenyum (Se), ve arsenik (As) gibi metaloidleri içermektedirler. Metal endüstrisinde her çeşit ağır metal içeriğine sahip iken, fabrika atık sularında özellikle kadmiyum, çinko, demir, kurşun, bakır, krom ve civa fazla miktarlarda bulunmakta, atık çamurlarda ise kadmiyum, çinko, demir, bakır, krom, nikel ve civa zehir etkisi yapacak seviyeye ulaşmış durumdadır (Kaçar vd 2009).

Ağır metallerin organizmalarda birikmesi ağır hasarlara neden olduğu için bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Son yıllarda yapılan araştırmalar bu metallerin, bitki hücreleri üzerine olan etkilerinden özellikle fotosentez, transpirasyon, su alımı, klorofil

sentezi gibi metabolik faaliyetleri yavaşlattığı, lipid peroksidasyon ve oksidatif stresi artırdığı kesin bir şekilde belirlenmiştir (Cargnelutti *et al.* 2006).

Ağır metallerin bitki dokularında aşırı birikmesi büyüme faaliyetlerini etkileyerek beslenme, transpirasyon, fotosentez, enzim aktivitesi, nükleik asit yapısı, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi bitkinin canlılık olaylarının değişmesine yol açmaktadır. Ayrıca, hücre membranlarında hormon dengesinin ve su ilişkisinin bozulması gibi fizyolojik olaylarda olumsuz yönde etkilenmektedir (Lesko and Sarkadi 2002; Zengin ve Munzuroğlu 2004). Bunun yanında elektron taşınım sistemlerinde devreye girerek solunum (Bergmann 1992) ve fotosentez üzerine olumsuz etki meydana getirirler (Nussbaum *et al.* 1988; Phalsson 1989). Yaşamsal öneme sahip enzimleri inaktif ederek bitkilerin enerji oluşturmalarını azaltıp kaliteyi ve verimliliği düşürmektedir (Doncheva *et al.* 1996; Bergmann 1992). Ağır metaller tilakoid membran sistemini ve lipidlerin yapısını bozarak, etilen biyosentezini teşvik ederek kloroplastlarda tahribata yol açmaktadır (Fuhrer 1982; Pennazio and Roggero 1992). Yine, yapılan araştırmalarda metal etkisi ile yaprak gelişiminin ve klorofil içeriğinin azaldığı gözlenmiştir (Baszynski *et al.* 1980; Padmaja *et al.* 1990). Bunun yanı sıra fotosentetik aktivitenin klorofil içeriğinden daha fazla etkilendiği belirlenmiştir (Chugh and Sawheney 1999).

Ağır metallerin normal sınırların üzerinde bulunması durumunda hücre zarında hasarına neden olarak hücre zarının hem kimyasal yapısında hem de fiziksel yapısında değişiklikler meydana getirebilmektedir (Stefanov *et al.* 1999). Ağır metal varlığında özellikle hücre zarındaki yağ asitlerinin kompozisyonun değiştiği belirlenmiştir (Ouariti *et al.* 1997).

Ağır metallere karşı bazı bitkiler duyarlıyken bazı bitkiler ise geliştirdikleri mekanizmalarla ağır metallere direnç göstermektedirler (Cumming and Taylor 1990). Bitkiler aşağıda belirtilen mekanizmalara işlerlik kazandırmak suretiyle ağır metallerin olumsuz etkilerini gidermeye ya da bu metallerin olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmaktadırlar (Kaçar vd 2009). Bu mekanizmalar;

1. Ağır metal alımı azalırken hücre duvarlarında immobil şekle dönüştürülen ağır metal iyonlarının apoplastta taşınması ve protoplazmaya ulaşması önlenir.
2. Ağır metallerin protoplazma çeperini aşıp protoplazmaya ulaşması engellenir.
3. Ağır metaller ile stres proteinlerinin sentezi artar.
4. Vakuollerdeki organik ve inorganik asitlerle olduğu gibi ve fenol türevleri ve glikozitlerle ağır metaller arasında kompleks oluşturulur.
5. Ağır metallerin hücre dışına taşınması artırılır.

Bitkilerin genetik karakterlerine göre kazandıkları çevreye uyum özelliklerine göre metal bakımından yoğun topraklarda metalin türüne göre toleranslı ve hassas olarak gruplandırılır bilinir. Toleranslı bitkiler kökten aldıkları metali gövde ve diğer toprak üstü organlarında biriktirebilir. Bitkilerin dokularında metallerin birikmesini sağlayan genler bulunmuştur. Bu bitki türleri dokularındaki metalleri toprak üstü dokularında veya toprağın altındaki kısımlarında metal biriktirmektedirler (Prasad and Freitas 2003).

2.1. Alüminyum (Al)

Alüminyum, dünya topraklarındaki varlığı %8,3 ile oksijen (%45,5) ve silisyumdan (%25,7) sonra en çok bulunan üçüncü elementtir (Fischer *et al.* 2002). Toprağın veya suyun pH'sının düşmesi, alüminyumu daha çözünebilir ve biyolojik olarak bulunabilir hale dönüşmesine neden olmaktadır. Doğal olarak bulunan alüminyumun bileşiklerin çözünebilir formlara dönüşmesinden dolayı toprak PH'sını düşürmekte ve bu da özellikle tahıl üretiminin azalmasına neden olmaktadır. Dünya ekilebilir arazilerin yaklaşık %40'lık bir kısmı asidik topraklardan meydana gelmektedir. Su tutma kapasitesinin düşmesi, toprağın kabuklanması ve erozyon gibi etkenler asidik toprakların düşük üretkenliğini daha da artırmaktadır (Hamilton 2002).

2.1.1. Alüminyumun Bitkiler Üzerine Etkisi

Dünyamızda ekilebilir alanların yaklaşık %40'ı (Hamilton 2002) ve tahıl üretim alanlarının da %12'si asidik topraklardan oluşmaktadır (Kim *et al.* 2001). Asitli

topraklar, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} ve Na^{+} gibi iyonları doğal olarak barındıran topraklardır. Bu metallerin toprakta bulunması, pH'nın düşmesine sebep olmaktadır. Asit seviyesi düşük topraklarda Al, bitkiler açısından toksik etkiye sahip çözünebilir formları mevcuttur. Humik asit ve bitki artığı içeren organik asitli topraklar, daha az miktarlarda Al içeriğine sahiptirler. Ekonomik değeri yüksek bitkiler için Al iyonları, mikromolar konsantrasyonlarda kök büyümesini durdurmaktadır. Örneğin, buğdayda Al'nin Al^{+1} ve Al^{+2} değerliğine sahip olan formlarına göre, Al^{+3} değerliğindeki formu daha fazla toksik bir etki oluşturduğu belirlenmiştir (Mukherjee 1997).

Alüminyumun bitkilerdeki ilk hedef dokusu kök uçlarıdır. Daha sonraki etkileri, hücre duvarı, membran sistemi ve hücre içi fonksiyonel moleküllerinde görülür (DNA, proteinler, enzimler ve polisakkaritler). Bitkinin kök ucu bölgesinin etkilenmesi, bitkinin topraktan su ve diğer besin maddelerini alımı durdurmaktır. Alüminyum yan kök oluşumunu engellediği, kök hücre bölünmesini ve bitkinin de büyümesini de inhibe edici etkileri olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla kökten suyun alınımını, hücreler arası madde alışverişini engellediği (Schildknecht and Vidal 2002) ve bunun sonucunda, verimin olumsuz yönde etkilendiği gözlenmiştir (Nawrot *et al.* 2001; Silva *et al.* 2001a, 2001b; Echart *et al.* 2002). Özellikle, buğday, kanola, soya, yulaf, çavdar, turp ve pirinç gibi önemli tarım bitkileri ve daha birçok bitki, alüminyuma karşı toleranslıdır (Silva *et al.* 2001a, 2001b; Wu *et al.* 1997; Echart *et al.* 2002; Fischer *et al.* 2002).

Alüminyuma toleranslı mısır bitkisi ile yapılan bir çalışmada kök ucunun alüminyum toksisitesine bağlı olarak kökün hangi bölümlerinin etkilendiği incelenmiştir. Kök ucu kesilerek ayrılan bitkiyle, kesilmemiş bitkide alüminyumun aynı etkiyi oluşturduğu gözlenmiştir. Bu sayede alüminyum stresinden bitkiyi koruduğu düşünülen kök ucunun bir görevinin olmadığı belirlenmiştir. Alüminyumun bitki köklerinin ucundaki uzama bölgesine etki ederek kök büyümesini engellediği görülmüştür (Ryan *et al.* 1993).

Buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde alüminyuma toleranslı olan (Atlas 66) ve alüminyuma hassas olan (Scout 66) çeşitlerinin köklerinde alüminyumun, kök uzamasına hücre duvarının fiziksel yapısına ve hücre duvarında bulunan

polisakkaritlerin miktarını olan etkisi araştırılmıştır. Araştırmada 6 saat boyunca 10 μM AlCl_3 solüsyonunda bekletilen bitkilerden Scout 66 çeşidinin kök uzamasının durduğu ancak; Atlas 66 çeşidinin etkilenmediği belirlenmiştir. Alüminyum bu çeşitlerde hücre duvarının mekanik esnekliğini düşürdüğü, fakat bu düşüşün Scout 66'da daha belirgin olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada, Alüminyumun hücre duvarının içerisinde mevcut polisakkaritlerin miktarını etkilediği belirlenmiştir. 10 μM Al konsantrasyonu Scout 66'nın kök ucunun hemiselüloz miktarında alüminyuma bağlı olarak bir artışa neden olmuştur. Araştırma sonucunda, alüminyumun hücre duvarını oluşturan yapıların metabolizmasını değiştirdiği ve böylece hücre duvarını kalınlaştırıp sertleştirdiği gözlenmiştir. Dolayısıyla buğday köklerinin büyümesi alüminyum tarafından engellendiği gözlenmiştir (Tabuchi and Matsumoto 2001).

Soya fasulyesinde (*Glycine max L.*) yürütülen bir araştırmada alüminyumun kök büyümesi üzerine olan fizyolojik etkileri araştırılmıştır. Araştırmada kök hücrelerinin 0-3 saat boyunca 50 μM AlCl_3 (Ph=4,2) ile muamelesi sonucunda potasyum alımının azaldığı belirlenmiştir (Horst and ark., 1992). Diğer taraftan baklada alüminyumun stomalardaki koruyucu hücrelerine K alımını engellediğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra kalsiyumun alüminyum vasıtasıyla hücre içerisine alındığı ve hücre zarının stoplazmik kısmında potasyum alımını azalttığı belirlenmiştir (Liu and Luan 2001).

Buğdayda alüminyum toksisitesine bağlı olarak kalsiyumun alımını ve kök büyümesi arasındaki ilişkisinin incelendiği bir araştırmada 6 günlük fidelere 50 μM AlCl_3 'ün, uygulamada 10 dakika sonra kalsiyumun kök içerisinde yer değiştirdiği gözlemlenmiştir. Yine, 40 dakika boyunca 50 μM uygulanan hassas türlerde kalsiyum alımının durduğu ancak; dayanıklı türlerde ise kalsiyum alımının etkilenmediği belirlenmiştir (Ryan and Kochian 1993).

Yapılan çalışmada kök uzunluğunun alüminyum yokluğunda arpada hem Al-dirençli hem de Al duyarlı çeşitler pH=4.5'de inhibe olduğunu göstermiştir. Düşük pH'da alüminyum etkisini ayırt etmek için pH'sı 5 olan farklı bir çalışmada 10 μM Al ve 1.0 μM CaCl_2 'de çeşitler arasında Al direncinin ayırt edilebildiği uygun bir konsantrasyon

olduğunu belirlenmiştir Ancak türler arasında ve türler içinde kültür bitkileri arasında Al toksisite dayanıklılığında büyük bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Türler arasında çeşitlilik olmasına rağmen tahıl türleri arasında Al dayanıklılığı sırasıyla pirinç = çavdar > buğday > arpa şeklindedir (Ma 2000; Ma *et al.* 2001).

Arpa bitkisinde yapılan araştırmada 48 saat içerisinde 2, 4, 6 ve 8 μM Al konsantrasyonlarında kontrole göre kök gelişimi yüzdeleri sırasıyla %90, 80, 57, 38 oranında olduğunu belirlenmiştir (Tamas *et al.* 2004). Yine artan Al konsantrasyonuna bağlı olarak kök büyümesini yavaşladığı ve zamanla durduğu gözlenmiştir. Araştırma sonucunda plazma zarı bütünlüğünün kaybolması ile kök büyümesinin durması arasındaki pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Simonovicova *et al.* 2004).

Asitli topraklarda alüminyum iyonik formu bitki büyümesinde yüksek toksisiteye sahiptir. Dolayısıyla bu kök büyümesinin yavaşlamasına neden olmaktadır. Arpa 'da alüminyuma karşı direnç mekanizmasının incelendiği ve 21 arpa çeşidi kullanılarak yapılan bir çalışmada arpa türlerinin kök salgılaması üzerinde durulmuştur. Alüminyuma tepki olarak köklerden sitrik asit tuzu salgılandığını ve bu tuz salgılamasının Al direnciyle ilişkili olduğu belirlenmiş, bu salgılamanın sıcakla ilişkili olduğu görülmüştür (Ma 2000; Ma *et al.* 2001).

Alüminyuma dayanıklı olan arpa çeşidini (Dayton) 100 μM AlCl_3 solusyonunda bekletilmesinin ardından Al bulunmayan besiyeri ortamına aktarıldığında oldukça iyi bir şekilde gelişmesine karşın hassas genotiplerin Al tarafından ortaya çıkan hasar sonrasında yeniden gelişimlerine devam edemedikleri belirlenmiştir (Hossain *et al.* (2005).

Alüminyum toksisitesine karşı dayanıklı bir tahıl olan çavdar (*Secale cereale L.*) bitkisinin, alüminyumun kök büyümesine etkisi ve kök uçlarındaki hücrelerin stoplazmik Ca konsantrasyonları (Ca^{+2}) araştırılmıştır. Apikal kök hücreleri 50 μM ($\text{pH}=4,2$) AlCl_3 uygulanınca Ca^{+2} çok az miktarda bir artış belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Ca^{+2} 'nin 100 μM alüminyuma tepkisi daha hızlı ve daha şiddetlidir. Apikal kök

hücrelerinde 400 μM malik asit eklenmesi, 100 μM alüminyumun Ca^{+2} etkisini iyileştirmiş ve kök gelişimini alüminyum toksisitesinden korumuştur. Çünkü Malik asit alüminyuma bağlanarak toksik olmayan malat-Al kompleksini meydana getirmektedir (Ma *et al.* 2002).

Çam ve ladin (*Picea abies*) tohumlarında yapılan bir araştırmada, 5 μM Al uygulanmış bitkiler kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında nişastanın neredeyse tamamının yok olduğu gözlenmiştir. Aynı konsantrasyonda yapılan diğer bir çalışmada kök apikal meristeminin 1–2 mm arkasında, Al toksisitesi için karakteristik olan lezyon bölgeleri tespit edilmiştir. Bu alanın aynı zamanda kahverengi fenolik maddeleri içerdiği gözlenmiştir (Nagy *et al.* 2004).

2.1.2 Alüminyum toksisitesinin mekanizmaları

Doğal, tarımsal ve endüstriyel uygulamalar sebebiyle asitli toprakların oranı giderek artmaktadır. Alüminyum dünyanın pek çok bölgesindeki asitli topraklarda bol bulunan ve ürün verimliliğini azaltan toksik metallere biridir. Asitli topraklar metallerin çeşitli toksik formlarını bulundurlar. Bu yüzden pH'sı düşük topraklarda abiyotik stres faktörü olarak Al toksisitesi ilk başta gelir. Çoğu bitki, pH'sı 5.0'ın altındaki topraklarda bulunan çözünür Al formlarının mikromolar konsantrasyonlarına karşı duyarlıdır (Delhaize and Ryan 1995; Huang *et al.* 1996; Torla *et al.* 2005).

Ağır metal çeşidi olan alüminyumun bitkiler üzerindeki bazı etkileri şöyledir: Kültür bitkilerinin kök sistemlerinde birikmek ve kökün işlevlerini geriletmek suretiyle besin elementlerinin alınmasını ve taşınmasını engellemektedir (Kaçar 2009). Gereğinden fazla alüminyum, fosforun bitki tarafından alınamaz (immobil) şekle dönüşmesine sebep olur. Kök hücrelerinin yüzeylerinde ve kök ucunda hücreler arasında alüminyum fosfatlar şeklinde fosfor çökelir ve bitkide gereksinim duyulan yerlere taşınmaz (Kaçar vd 2009). Alüminyum nükleuslara girerse burada fosfor ihtiva eden bileşikler tarafından çökeltir. Al-P etkileşiminden dolayı fosforun alüminyumu çökeltmesi kök yüzeyleri boyunca hücre dışında veya hücre çeperlerinde ve kökün dışındaki korteks hücrelerinde

gerçekleşir. Alüminyum genellikle ya köklerin çıktığı sahalardan ya da meristematik bölgelerden girer. Alüminyum bazı bitkilerde köklerden yukarı doğru hızla taşınır ve yapraklarda yüksek konsantrasyonlarda birikir. Ayrıca alüminyum toksisitesinin kök uçlarında hücre bölünmesi üzerinde olumsuz etkisi olabilir (Kocaçalışkan 2004).

Asitli topraklarda Al varlığı pek çok hücre fonksiyonunu bozar, bitki büyüme ve gelişimini azaltır ve hatta durdurur. Bitkilerde Al toksisitesinin en belirgin göstergesi olan kök uzamasının hızla inhibisyonu; hücre uzamasının durması, hücre duvarında polisakkarit içeriğinde değişiklikler ve ligninleşmede yükseliş nedeniyle meydana gelmektedir (Kenzhebaeva *et al.* 2001).

Alüminyumun ilk önemli etkisi 1–2 saat içerisinde kök uzamasının durduğudur. Son zamanlardaki alüminyumun kök inhibisyonunu hangi safhada etkilediği konusunda yapılan çalışmalarda mineral ve su alımının durduğu, hücre uzaması ve bölünmesine engel olduğu tespit edilmiştir (Kochian 1995).

Alüminyum, kök büyümesini engellerken kökte farklı bölgeleri hedef almaktadır. Zira alüminyum oldukça reaktiftir ve alüminyum toksisitesinin gerçekleşmesi için hücre duvarı, hücre zarı, hücre iskelet sistemi ve DNA/çekirdek gibi potansiyel alanları mevcuttur (Kochian *et al.* 2005).

Sürekli Al uygulanması neticesinde köklerde bodurlaşma ve şişkin kök oluşumu görülmektedir (Huang *et al.* 1993). Kökler genellikle küt ve kolay kırılabilir ve kök uçları ile yan kökler ise kalınlaşmış, renkleri kahverengiye dönmüş bir durum gözlenmektedir. Dolayısıyla bu köklerde, suyu ve besinleri almada azalmalar görülmektedir (Pietraszewska 2001; Nagy *et al.* 2004).

Alüminyumun yüksek konsantrasyonlarda küçük, koyu yeşil yapraklar, geç olgunlaşma, yaprak uçlarının sararması ve kuruması, genç yaprakların rulo halinde yuvarlaklaşması gibi etkilere yol açabilir. Gövdede ve yaprak damarları arasında pembemsi benekler oluşur. Alttan başlamak üzere yapraklar dökülür (Kocaçalışkan 2004). Yüksek

konsantrasyondaki alüminyum, köklerin yaralı olmasına ve kolayca kırılabilir olmasına, kök uçlarının kalınlaşmasına ve kahverengileşmesine neden olabilir. Böylece kökler fungal enfeksiyona hazır duruma gelir ve besin absorpsiyonu zayıflar (Kocaçalışkan 2004). Bunun sonucunda; bitkinin kök uçlarında ve yan köklerde uzunlamasına büyüme durur; bitki kökü kısa, kalın, kök uçları kırılmış ve kök sistemi çalılışmış görünüm alır (Klotz and Horst, 1988). Ayrıca alüminyum; krom, kurşun ve arseniğin de yaptığı gibi kökün anatomik yapısını etkiler; endodermis, hipodermis ve perisikl yapılarını değiştirir; korteks hücrelerinin plazmolizine yol açar (Matsumoto *et al.* 1976; Paivöke 1983; Vazquez *et al.* 1987).

Mikro analiz ve iyon kütle spektroanaliz metotlarıyla alüminyumun, kökte hücre duvarının apoplastik bağlanma bölgeleriyle etkilenebildiğini gözlenmiştir (Vazquez *et al.* 1999). Hücre duvarının sahip olduğu negatif yük onun katyon değişim kapasitesini ve alüminyumun hücre duvarıyla olan etkileşimin derecesini belirlemektedir. Alüminyumun hücre duvarına hızla bağlanması, hücre duvarının yapısal ve mekanik özelliklerini etkileyerek kök hücrelerinin genişlemesinde gereken hücre duvarının esnekliğini azaltmaktadır (Kochian *et al.* 2005).

Kök tarafından alınan Al^{+3} , en çok köklerin dış korteksinde ve epidermisinde biriktiği, boyanmış kök kalıntıları incelendiğinde Al^{+3} 'ün kök içine işlemediği görülmektedir (Sasaki *et al.* 1997). Al^{+3} birikimi, kökün ilk 30mm'lik kısmında (örneğin 2-3 hücre tabakası) en fazla düzeyde olduğu halde Al^{+3} konsantrasyonu arttığında, kök kenarından en azından 150mm kadar içeri yayıldığı görülmüştür (Lazof 1997).

Alüminyuma maruz kalan hassas ve dayanıklı çeşitler arasında hassas çeşitlerin dayanıklı çeşitlere göre kök ucunda 8 kat daha fazla Al biriktiği belirlenmiştir. Ancak olgun kök dokularında değişiklik meydana gelmemiştir (Rincon and Gonzales 1992). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada kök büyümesi inhibisyonunun, kök uçlarında Al'un birikim gösterdiği bölge ile çok yüksek bir korelasyon gösterdiğini tespit edilmiştir (Samuels *et al.* (1997). Yapılan çalışmada kullanılan 6 mısır genotipi üzerinde

alüminyuma hassas genotiplerde $\mu\text{g/g}$ olarak belirtilen kök ucu alüminyum içeriğinin çok daha fazla olduğu belirlenmiştir (Pineros *et al.* 2005).

Kök hücre zarının yüzeyi eksi yüklü alüminyumun toksik etki gösterdiği potansiyel noktalardan biridir (Kinraide *et al.* 1998). Fosfolipidlerin baş kısmına veya proteinlerin asidik kısmında hücre zarına bağlanan alüminyum, hücre zarının yük dağılımını değiştirerek pozitif yüklü hale dönüştürür. Pozitif yüklü zar, katyonların hücre içerisine girişini yavaşlatır iken, negatif yüklü iyonların girişini hızlandırmaktadır. Kalsiyum, potasyum ve amonyum gibi katyonlar ile nitrat ve fosfat gibi anyonların hücre içine girişini alüminyumun etkisini incelemek için yapılan bir araştırmada alüminyuma duyarlı olan arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkisi kullanılmıştır. Araştırmada 100 μM alüminyum uygulamasının kalsiyum alımını %69, NH_4^+ alımını %40, K alımını ise %13 azaltmıştır. Bunun yanı sıra, alüminyum NO_3^- alımını %44 ve PO_4^{3-} alımını ise %17 oranında artırmıştır. Bu sonuçlara göre, alüminyumun hücre zarında fosfolipidlerine bağlanarak pozitif yüklü bir tabaka meydana getirdiğini göstermektedir. Pozitif yüklü hale gelen zar, katyonların hücre zarından hareketini engellerken anyonların hücre zarından geçişini artırmıştır (Nichol *et al.* 1993).

Alüminyum stresi sonucunda kök hücrelerinde; vakuol oluşumu, golgi zarı fonksiyonlarında düşüş, plastid bölünmesinde azalma, nükleus yapısında değişme ve sitoplazmada kayıp yaşanmaktadır. Toprakta fosfor, kalsiyum, demir, magnezyum ve mangan alımında engelleme olmakta ve bu sayede hücre fonksiyonların yapması gereken canlılık fonksiyonları yavaşlamaktadır (Delhaize and Ryan 1995). Tabii ki alüminyuma karşı bütün sonuçlar, her bitki için aynı değildir. Atlas 66, Chinese Spring, BH1146, Chisholm ve Century gibi buğday çeşitleri alüminyumun toksik etkisine karşı toleranslı, Redcoat, Arthur, Canadian Hard Red Spring gibi dünyada yaygın olarak kullanılan buğday çeşitleri ise oldukça hassastır. Bunlarla benzer özellik olarak kanola, soya, yulaf, çavdar, turp ve pirinç gibi tarım bitkilerinin geliştirilmiş bazı çeşitleri alüminyuma karşı toleranslıdır (Silva *et al.* 2001a, 2001b; Wu *et al.* 1997; Echart *et al.* 2002; Fischer *et al.* 2002).

Hafif asidik, bazik veya nötr topraklar bitkiler için zararlı etki meydana getirmesine rağmen, pH'nın 4,5'ten düşük olduğu durumlarda çözünebilir toksik formlara sebep olmaktadır (Jo *et al.* 1997; Kawai *et al.* 2000; Fischer *et al.* 2002). Alüminyumun bulunduğu ortamlarda, florür, sülfat ve fosfatlarla karmaşık bileşikler oluşturur. Bunlar arasında inorganik monomerik alüminyum, Al toksikliğine neden olan formdur. Alüminyum yerine inorganik monomerik alüminyum miktarının bilinmesi, Al toksikliğinin belirlenmesinde oldukça iyi bir indikatördür. Al içeren bir mineral toprakta çözüldüğü zaman, $6\text{H}_2\text{O}$ grubuyla bağ yapabilen form olan Al^{+3} ortaya çıkar. Toprakta asit seviyesi düştüğünde $\text{Al}(\text{OH})^{+2}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ formları oluşmaktadır. Yine, OH: Al oranı arttığında, polinükleer hidroksil-Al türleri ($\text{Al}_{13}=\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}^{+7}$) meydana gelir (Gabelich vd 2004; Mossor-Pietraszewska, 2001). Bu formlar içerisinde Al^{+3} diğerlerine göre daha fazla toksik etkiye sahiptir. Toprağın pH'sı 5 ve 5'in altına düştüğünde, çözünebilir Al toprak suyuna karışır. Buda çözünebilir alüminyumun, önemli büyüme engelleyici faktör olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Alüminyumun toksisitesi üzerinde kalsiyumun etkisi çoğu çalışmada yer almıştır. Kök plazma zarındaki iyon taşıma sistemleri, Al toksisitesi mekanizmalarında görev almaktadır (Kochian 1995). Al, Ca^{+2} alımını engellemekte, apoplastta Ca^{+2} ile yer değiştirmekte ve stoplazmada Ca^{+2} dengesini bozmaktadır (Delhaize and Ryan 1995).

Bitkilerin Al verdikleri cevaba göre oldukça değişiklik gösterirler. Aşırı Al^{+3} ortamında bitkiler yaşamlarını devam ettirebilmek için özel yöntemler geliştirmişlerdir. Birçok çalışmada gösterildiği gibi dayanıklı bitkiler için alüminyumu dışarıda bırakma ve alüminyuma karşı iç dayanıklılık olmak üzere iki yöntem geliştirmişlerdir (Kochian 1995).

Al toksisitesine karşı bitkilerin tepkisiyle ilgili iç ve dış birçok mekanizma vardır. Dış dayanıklılık mekanizmaları; hücre duvarındaki hareketsizleşmeyi, plazma zarının seçici geçirgenliğini içerir. İç dayanıklılık mekanizmaları ise bağlayıcı proteinlerle bileşik oluşturma, vakuollerde bölümlere ayırma, sitosoldeki ligandların şelatlanması, Al

dayanıklılık enzimlerinin gelişimi, enzim aktivitesinin yükselmesi ve özel proteinlerin kullanılmasını içerir. Ancak her iki mekanizmayı da kanıtlayabilmek için daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır (Dong *et al.* 2002).

Hücre bölünmesi yavaş bir süreçtir ve bitkide hücre döngüsü yaklaşık 1 gündür. Hücre bölünmesi baştanbaşa tüm kök büyümesinin sadece %1-2'lik kısmında etkilidir. Bu durumda Al toksisitesinin ilk mekanizması uzama bölgesindeki hücre uzamasına durdurması şeklindedir. Fakat hücre uzamasının engellenmesini sadece letal alüminyum toksisitesine bağlamak mümkün değildir. Uzama bölgesindeki hücreler, hücre bölünmesinden sonra meristematik bölgeden taşınırlar. Dolayısıyla uzama bölgesinde hücre uzamasının engellenmesi, meristematik bölgede hücre bölünmesiyle devam ettiği sürece bitki büyümesi için ölümcül değildir. Bu da meristematik bölgenin canlı olduğu sürece kökün yeniden büyüyebileceği anlamına gelmektedir (Matsumoto 2000).

Yapılan çalışmalar da bitkilerde Al toksisitesinin hücre ölümüne sebep olduğunu belirlenmiştir. (Kochian 1995). Bitkilerde Hücre ölümü iki şekilde bilinir programlanmış hücre ölümü ve nekrozis'dir. Programlanmış hücre ölümü yaygın olarak apoptozis diye bilinen aktif fizyolojik hücre ölümüdür. Çevresel stres altında ve gelişme boyunca ortaya çıkar ve karmaşık genetik mekanizmalar tarafından düzenlenir.

Al toksisitesi ve toleransı bitki türlerine göre değişmektedir (Kochian 1995; Huttova *et al.* 2002). Bu konuda birçok araştırma yapılmasına rağmen Al'un biyokimyasal ve moleküler düzeyde etkisini ortaya koyan araştırmalar eksiktir (Huttova *et al.* 2002).

Al stresi altındaki hücre yapısındaki değişiklikler araştırıldığında Al^{+3} stresi olmaksızın yetişen bitkide, kökün uzama bölgesindeki hücre uzunluklarında artış görüldüğü halde, Al'a tabii tutulanların hücre uzunluklarının belirgin olarak azaldığı ve hücrelerin çaplarının arttığı belirlenmiştir. Özellikle korteksin 2. ve 3. sırasındaki hücrelerinin yanlara doğru çok genişlediği belirlenmiştir. Ayrıca Al^{+3} tarafından büyümesi

durdurulmuş kök hücrelerinin hücre duvarlarında lignin depo ettikleri saptanmıştır (Sasaki *et al.* 1996).

Alüminyumun hücre içinde apoplasttaki bağlanma bölgesine bağlanarak çok yavaş bir şekilde merkezi dokuya doğru ulaşmaktadır. Hücre duvarında fosfor ve Al^{+3} arasında belirgin bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Hücre duvarının negatif yüklerinin alüminyumun bağlanması, $Al(OH)$ 'in ve alüminyum fosfatın çökmesiyle tespit edilebilmektedir. Alüminyum fosfatın çökmesi bitkinin yararına olan bir durumdur. Bu yüzden alüminyumun dış kortekste fikse edilerek, sadece küçük miktarlarda alüminyumun kök hücrelerine ulaşması söz konusudur (Marinfield and Stelzer 1993).

Hücre zarının yapısı Al^{+3} ile bağlanmanın bir sonucu olarak değişmektedir. Hücre zarın yapısal değişime bağlı olarak hücre zarının fonksiyonları da değişmektedir. Bunun neticesinde, Al^{+3} 'ün çeşitli iyonlar ve maddelere karşı hücre zarının seçiciliğini azaltarak, geçirgenliğini artırdığı kanıtlanmıştır (Zhao *et al.* 1987). Hücre zarının önemli fosfolipidlerinden olan fosfatidil kolinin yüzeyi için, Al^{+3} 'ün Ca^{+2} 'dan 560 kat daha fazla kimyasal interaksyona sahip olduğu belirlenmiştir (Akeson *et al.* 1989). Al^{+3} 'ün hücre zarı lipitlerinin yapısını değiştirerek, su, üre ve monoetil ürenin hücre zarı geçişi için istenen aktivasyon enerjisini azaltmaktadır (Chen *et al.* 1991). Hücre büyümesi ve morfolojisinde bazı önemli değişikliklerin alüminyumdan dolayı plazma zarının fosfolipidlere bağlanarak taşıyıcı proteinlerin bağlanma bölgelerindeki pozitif yüklü iyon hareketinin bu proteinleri etkilediği belirtilmektedir (Kochian *et al.* 1991). Pozitif yüklü bir tabakanın, katyonların hareketini yavaşlatmakta olduğunu ve bu durumunda iyonların taşıdığı yüklere göre plazma zarına anyonların hareketini artırabileceğini işaret etmişlerdir (Nichol *et al.* (1993). Alüminyum tarafından K^{+} kanalının bloke edilmesinin, alüminyum toksisitesiyle bağlantılı olduğu gösterilmiştir (Sasaki *et al.* 1994). Benzer şekilde Al^{+3} toksisitesinin sitozoldeki Ca^{+2} konsantrasyonu homeostazisini bozduğuna inanılmaktadır (Kochian 1995).

Toprakta toksik seviyede alüminyum bulunması halinde, köklerin ortama malik asit ve sitrik asit gibi organik asitleri salgıladığı bilinmektedir. Alüminyumun bu asitlerin

serbest karboksil gruplarına bağlanarak zararsız kompleksleri oluşturduğu gözlenmiştir (Miyasaka *et al.* 1991; Ryan *et al.* 1995).

Bugüne kadar çok sayıda genin Al stresi altında bulunan bazı bitkiler tarafından indüklendiği ve bu genlerin çoğunun farklı bitki stres faktörleri tarafından tetiklenen genel stres genleri niteliğinde olduğu gözlenmiştir. Bu durumun alüminyum ve oksidatif stres tarafından gen tetiklenmesini sağlayan ortak mekanizmaların olabileceğini ön görülmektedir (Ezaki *et al.* 1997; Richards *et al.* 1998; Delhaize *et al.* 1999).

Alüminyum direncinin belirlenmesi amacıyla başlangıçta Al bulunmayan ortamda ölçtükleri kök büyümesi (ISRL) ve sonrasında Al bulunan ortamda ölçtükleri son kök büyümesi değerlerinin (FSRL) istatistiksel olarak incelenmesi ile genotipler arasında fark bulunmakla birlikte bu değerlerin dirençli ve hassas genotiplerin ayırt edilmesinde kesin sonuç vermediği sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada kullanılan yöntemde tohumlar yüzey sterilizasyonunu takiben çimlenme aşamasından itibaren sürekli Al'a maruz kaldığından günlük kök büyümesinin ölçülmesi dışında belirtilen çalışmada değerlerin elde edilmesi mümkün olmamıştır (Hossain *et al.* 2005).

2.2. Buğday ve Alüminyum ilişkisi

Dayanıklı ve hassas buğday çeşitleriyle yapılan bir incelemede apoplazmik ve simplazmik Al'un niceliğini belirtmek için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu araştırmaya göre, aynı besin çözeltisinde yetiştirilen duyarlı bir genotiple karşılaştırıldığında, dayanıklı bir buğday çeşitlerinin kök ucunda, hem apoplazmik hem de simplazmik Al daha az birikmiştir. Bu sonuçlara göre; Al'un dışta tutulma mekanizmasının dayanıklı hatlarda etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Al uygulamasından 2 gün sonra Al'un %50-70'inin kök uçlarında olduğu bulgularla tahmin edilmiştir (Tice *et al.* 1992).

Buğday bitkisinde alüminyuma dayanıklılığının dominant ve çok genle kontrol edilen (multigenik) bir özellik olarak, değişik major ve minor genleri tarafından kontrol

edildiği; buna karşılık alüminyuma duyarlılığın ise resesif bir özellik olduğu araştırma sonuçları ile tespit edilmiştir (Aniol and Gustafson 1984; Carver and Ownby 1995).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Bu çalışmada kullanılan 64 adet ekmeklik buğday genotipi Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan buğday genotiplerine ait bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

3.1.2. Araştırmada kullanılan kimyasallar, malzemeler ve cihazlar

Araştırmada kullanılan kimyasallar, malzemeler ve cihazlar ile bunların kullanıldığı aşamalar Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

3.2. Yöntem

Araştırmada kullanılan kimyasalların ve tohumların hazırlanışı ile çimlendirme işlemlerinin yapılışı aşağıda sırasıyla verilmiştir.

3.2.1. Kimyasalların hazırlanışı

3.2.1.a. Alüminyum çözeltilisinin hazırlanışı

- Kontrolün hazırlanışı

Kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Saf suyun pH’ sı 1N HCl₃ ile 4,5’e ayarlanmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan ekmeklik buğday genotiplerine ait bazı bilgiler

No	Çeşit adı	Çeşit sahibi kuruluş / Orijin	Gelişme biyolojisi
1	Çeşit adı	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
2 *	Aksel 2000	Trakya Tarımsal Arş. Enst.	Alternatif
3	Aldane	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
4	Alparslan	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
5	Altay 2000	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
6	Atlı 2002	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
7	Aytın 98	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Arş. Enst.	Alternatif
8	Bağcı 2002	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
9	Bayraktar 2000	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Alternatif
10	Bolal 2973	Trakya Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
11	Bereket	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
12	Çetinel 2000	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Arş. Enst.	Alternatif
13	Dağdaş 94	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
14	Demir 2000	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst .	Kışlık
15	Doğu 88	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
16	ES 26	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
17	Gerek 79	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Kışlık
18	Gün 91	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
19	Harmankaya 99	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
20	İkizce 96	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
21	İzgi 2001	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
22	Karahan 99	Trakya Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
23	Kate A-1	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
24	Kıraç 66	Anadolu Tarımsal Arş. Enst .	Kışlık
25	Kırgız 95	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Alternatif
26	Kırık	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
27	Kutluk 94	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
28	Lancer	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
29	Mızrak	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
30	Müfitbey	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
31	Nacibey	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
32	Nenehatun	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
33	Palandöken 97	Trakya Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
34	Pehlivan	Trakya Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
35	Prostor	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
36	Soyer02	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
37	Sönmez 2001	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
38	Sultan 95	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
39	Süzen 97	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Kışlık
40	Tosunbey	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
41	Türkmen	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
42	Uzunyayla	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
43	Yakar 99	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
44	Zencirci 2002	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
45	Ak-702	Orta Anadolu Bölgesi	Kışlık
46	Ak buğday	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Kışlık
47	Ankara 093/44	Doğu Anadolu Bölgesi	Alternatif
48	Conkesme	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Kışlık
49	Haymana 79	A.B.D.	Kışlık
50	Hawk (Şahin)	Orta Anadolu Bölgesi	Kışlık
51	Kılçıksız buğday	Trakya Tarımsal Arş. Enst.	Alternatif
52	Kırkpınar 79	Doğu Anadolu Bölgesi	Alternatif
53	Kırmızı Kılçık	Doğu Anadolu Bölgesi	Alternatif
54	Kırmızı Yerli	Orta Anadolu Bölgesi	Kışlık
55	Koca buğday	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Alternatif
56	Köse 220/39	Orta Anadolu Bölgesi	Kışlık
57	Özlü buğday	Orta Anadolu Bölgesi	Alternatif
58	Polatlı Kösesi	Orta Anadolu Bölgesi	Kışlık
59	Sert buğday	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Enst.	Kışlık
60	Sürak 1593/51	Doğu Anadolu Bölgesi	Kışlık
61	Tir	Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
62	Yayla 305	Orta Anadolu Bölgesi	Alternatif
63	Zerin	Sakarya Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık
64	Bezostaja 1	Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Enst.	Kışlık

Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan kimyasallar, malzemeler ve cihazlar

Kimyasal, malzeme ve cihaz adı	Kullanıldığı aşama
Kimyasallar	
$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Tohum çimlenme aşamasında genotiplerin alüminyum toleransında belirleme
Çamaşır suyu	Tohum sterilizasyonunda
Malzemeler	
Petri kutusu	Tohum çimlendirmede
Çimlendirme kâğıdı	Tohum çimlendirmede
Pens	Bitki kök ayrımında
Milimetrik cetvel	Uzunluk ölçümünde
Cihazlar	
Çimlendirme dolabı	Tohum Çimlendirme
Fırın	Numunelerin kurutulmasında
Hassas terazi	Ağırlık ölçümünde
Spektrofotometre	Makro ve mikro elementlerin kantitatif tayininde

-15 mM AlCl_3 hazırlanışı

15 mM AlCl_3 hazırlanması için 3,621 g $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tartılmış ve 500ml saf su içinde eriyinceye kadar karıştırılmıştır. Sonra hacim saf su ile 950 ml'ye tamamlanmış ve pH' sı 1N NaOH ile 4,5'e ayarlanmış ve toplam hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

-30 mM AlCl_3 hazırlanışı

30mM AlCl_3 hazırlanması için 7,242 g $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tartılmış ve 500ml saf su içinde eriyinceye kadar karıştırılmıştır. Sonra hacim saf su ile 950 ml'ye tamamlanmış ve pH' sı 1N NaOH ile 4,5'e ayarlanmış ve toplam hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

3.2.1.b. %10'luk çamaşır suyunun hazırlanışı

%5 sodyum hipoklorid (NaClO) içeren ticari çamaşır suyundan 100 ml alınmış ve toplam hacim saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

3.2.2. Tohumların hazırlanışı ve alüminyum uygulaması

Çalışmada kullanılan tüm tohumlar musluk suyunda yıkandıktan sonra %10'luk çamaşır suyunda 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra tohumlar steril su ile 3 defa yıkanarak çamaşır suyu uzaklaştırılmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan tohumlar, steril filtre kâğıdı bulunan petri kaplarına her petriye 25'er tohum gelecek şekilde bırakılmış ve alüminyum çözeltisi ile ıslatılmıştır. Daha sonra petri kapları iklim dolabında ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de) 16saat aydınlık ve 8 saat karanlık şartlarında 10 gün bekletilmiştir.

3.2.3. Araştırmada incelenen konular

3.2.3.a. Çimlenme karakterleri

- **Çimlenme oranı (%)**: Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmıştır. Kökçük 1-5 mm'ye ulaştığında tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve ortamdan uzaklaştırılmıştır (Elkoca 1997). Çimlenme tamamlandığında, çimlenme oranı aşağıdaki eşitlik aracılığı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme oranı (\%)} = (\text{Çimlenen toplam tohum sayısı} / 25) \times 100$$

-**Çimlenme hızı**: Çimlenme hızı aşağıdaki formül kullanılarak hesap edilmiştir. Burada $n_1, n_2, \dots$ çimlenen tohum sayısını, $t_1, t_2, \dots$ ise çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısını ifade etmektedir.

$$\text{Çimlenme hızı} = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_n/t_n$$

- **Ortalama çimlenme zamanı (gün)**: Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) aşağıdaki formüle göre hesap edilmiştir (Kaya vd 2005). Formüldeki f, sayım günündeki çimlenen tohum sayısını; x, sayım yapılan gün sayısını göstermektedir.

$$\text{OÇZ (gün)} = \Sigma(fx) / \Sigma f$$

3.2.3.b. Kök ve sürgünlere ait karakterler

Kök ve sürgünlere ait karakterler her tekerrürde sansa bağlı olarak seçilen 5 bitkide ölçülmüş ve tek bitkiye ait değerler hesaplanmıştır.

- **Toplam embriyonal kök uzunluğu (mm):** Embriyonal köklerin milimetrik cetvel ile ölçülmesi ile belirlenmiştir.

- **Toplam embriyonal kök sayısı:** Bir bitkide oluşan embriyonal köklerin toplam sayısı olarak belirlenmiştir.

- **Kök yaş ağırlığı (g):** Tohumdan ayrılan embriyonal köklerin yaş ağırlığıdır.

- **Kök kuru ağırlığı (g):** Yaş kök ağırlığı belirlenen köklerin 72°C'de 72 saat kurutularak kök kuru ağırlığı belirlenmiştir.

- **Çim kını uzunluğu (mm):** Bitkinin tohum ile yaprağın çıktığı çim kını ucu arasındaki kısım milimetrik cetvelle ölçülmesiyle elde edilmiştir.

- **Sürgün uzunluğu (mm):** Bitkinin tohum ile yaprak ucu arasındaki uzunluğun milimetrik cetvelle ölçülmesiyle elde edilmiştir.

- **Sürgün yaş ağırlığı:** Tohumdan ayrılan sürgünlerin ağırlığıdır.

- **Sürgün kuru ağırlığı:** Yaş ağırlığı belirlenen sürgünlerin 72°C'de 72 saat kurutularak sürgün kuru ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.3.c. Bitkinin makro ve mikro element içeriği

Üç ayrı alüminyum konsantrasyonu için çalışmada kullanılan 64 adet genotipin kök ve sürgünleri ayrı ayrı karıştırılmış ve 72°C’de 72 saat kurutulmaya bırakılmıştır. Bu numunelerden şansa bağlı olarak örnekler alınarak alüminyum uygulamasının kök ve sürgündeki Al, Na, P, K, Ca ve Mg minerallerinin alımına etkisi incelenmiştir.

Bitki örneklerinin Al, P, K, Ca, Mg, Na içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C’de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180°C’de %90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. adım 100°C’de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrodalgada yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.3. Verilerin İstatistiksel Analizi

Araştırma sonucunda elde edilen çimlenme karakterlerine ve sürgün ve köke ait karakterler 64 (genotip) x 3 (Alüminyum konsantrasyonu) faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre varyans analizleri SAS GLM (SAS Inst., Cary, NC) bilgisayar programı ile yapılmıştır. Varyasyon kaynaklarına ait ortalamaların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İnteraksiyonlar basit ana etki ile açıklanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu araştırmada üç farklı alüminyum konsantrasyonunun 64 ekmeklik buğday genotipinde çimlenme karakterleri (çimlenme oranı, çimlene hızı, ortalama çimlenme zamanı), kök ve sürgüne ait karakterler (toplam embriyonal kök uzunluğu, toplam embriyonal kök sayısı, kök yaş ve kök kuru ağırlığı, çim kını uzunluğu, sürgün uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığı) ile mikro ve makro element içeriğine olan etkileri incelenmiş ve araştırma bulguları aşağıda verilmiştir.

4.1. Çimlenme Karakterleri

4.1.1. Çimlenme oranı (%)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, çimlenme oranı bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Alüminyum uygulamasının çimlenme oranı üzerine ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (%99,17) göre, 15 mM (%94,95) ve 30 mM (%86,39) alüminyum uygulamalarında önemli derecede azalmalar olduğu gözlenmiştir. Genotiplerin, alüminyum uygulaması sonrası çimlenme oranı bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.1).

Kontrol uygulamasında genotiplerin çimlenme oranı %95,00 ile %100,00 arasında değişim göstermiş, ortalama olarak %99,17 olarak belirlemiştir. Kontrol uygulamasında 37 genotipte (Ak buğday, Doğu 88, ES 26, Kırmızı Yerli, Alparslan, Altay 2000, Hawk (Sahin), Atlı 2002, Mızrak, Bağcı 2002, Nacibey, Nenehatun, Bezostaja 1, Pehlivan, Kırac 66, Dağdaş 94, Demir 2000, Harmankaya 99, Sultan 95, Gerek 79, Gün 91, Kılçıksız buğday, Karahan 99, Haymana 79, İkizce 96, Kutluk 94, Kate A-1, Karasu 90, Kırık, Süzen 97, Kırgız 95, Sönmez 2001, Lancer, Yayla 305, Prostor, Tosunbey ve Özlü buğday) çimlenme oranı %100,00 olarak belirlenmiştir. Denemeye alınan 64

genotip içerisinde en düşük çimlenme oranı Tir (%95,00) genotipinde saptanmış, bu genotipi %96,00 ile Aytin 98 ve Sürak 1593/51 %97,00 ile ise Bolal 2973, Aksel 2000, Çetinel 2000, Türkmen ve Conkesme genotipleri izlemiştir.

15 mM uygulamasında genotiplerin çimlenme oranları %81,00 ile %100,00 arasında değişim göstermiş, ortalama %94,95 olarak belirlemiştir. 15 mM alüminyum uygulamasında 17 genotipte (Demir 2000, Doğu 88, ES 26, Gerek 79, Alparslan, Altay 2000, Karahan 99, Atlı 2002, Mızrak, Müfitbey, Gün 91, Dağdaş 94, İkizce 96, Pehlivan, İzgi 2001, Harmankaya 99 ve Kutluk 94) çimlenme oranı %100,00 olarak belirlenmiştir. Çimlenme oranı en düşük Sürak 1593/51 genotipinde %81,00 olarak belirlenmiştir. Bu genotipi %83,00 Ak-702, %84,00 ile Tir, Aytin 98 ve Uzunyayla genotipleri izlemiştir. 15 mM uygulamasında kontrole göre genotiplerdeki en yüksek çimlenme oranındaki azalma Ak-702 genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Sürak 1593/51, Uzunyayla, Yayla 305, Aytin 98, Sönmez 2001, Tir ve Türkmen genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 15 mM uygulamasında 22 genotipte (Alparslan, Altay 2000, Atlı 2002, Dağdaş 94, Demir 2000, Doğu 88, ES 26, Gerek 79, Gün 91, Harmankaya 99, İkizce 96, Karahan 99, Kutluk 94, Mızrak, Palandöken 97, Pehlivan, Sert buğday, Bolal 2973, (İzgi 2001; Müfitbey ve Aksel 2000) çimlenme oranı kontrolle aynı olmuştur.

30 mM uygulamasında genotiplerin çimlenme oranları %32,00 ile %100,00 arasında değişim göstermiş, ortalama %86,39 olarak belirlemiştir. 30 mM alüminyum uygulamasında 7 genotipte (Demir 2000; İzgi 2001, Karahan 99, Aldane, Altay 2000, Dağdaş 94 ve Gerek 79) çimlenme oranı %100,00 olarak belirlenmiştir. En düşük çimlenme oranı %32,00 ile Tir genotipinde, bu genotipi Uzunyayla (%36,00), Türkmen (%56,00), Yayla 305 (%60,00), Ak-702 (67,00) ve Polatlı Kösesi (%68,00) genotipleri izlemiştir. 30 mM uygulamasında kontrole göre genotiplerde en yüksek çimlenme oranındaki azalmalar Tir ve Uzunyayla genotiplerinde gerçekleşmiş, bu genotipleri Türkmen, Yayla305, Ak-702, Polatlı Kösesi, Özlü buğday, Sönmez 2001 ve Sürak 1593/51 genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 30 mM uygulamasında Dağdaş 94, Altay 2000,

Çizelge 4.1. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda çimlenme oranına ait veriler (%)

Genotipler	Kontrol	15mM	30mM	Ortalama
Ak buğday	100,00	96,00	92,00	96,00
Ak-702	99,00	83,00	67,00	83,00
Aksel 2000	97,00	100,00	96,00	97,67
Aldane	99,00	99,00	100,00	99,33
Alparslan	100,00	100,00	99,00	99,67
Altay 2000	100,00	100,00	100,00	100,00
Ankara 093/44	99,00	97,00	84,00	93,33
Atlı 2002	100,00	100,00	98,00	99,33
Aytn 98	96,00	84,00	86,00	88,67
Bağcı 2002	100,00	99,00	95,00	98,00
Bayraktar 2000	98,00	97,00	95,00	96,67
Bereket	99,00	98,00	92,00	96,33
Bezostaja 1	100,00	92,00	83,00	91,67
Bolal 2973	97,00	98,00	93,00	96,00
Conkesme	97,00	90,00	85,00	90,67
Çetinel 2000	97,00	89,00	91,00	92,33
Dağdaş 94	100,00	100,00	100,00	100,00
Demir 2000	100,00	100,00	100,00	100,00
Doğu 88	100,00	100,00	95,00	98,33
ES 26	100,00	100,00	98,00	99,33
Gerek 79	100,00	100,00	100,00	100,00
Gün 91	100,00	100,00	98,00	99,33
Harmankaya 99	100,00	100,00	99,00	99,67
Hawk (Şahin)	100,00	97,00	87,00	94,67
Haymana 79	100,00	97,00	90,00	95,67
İkizce 96	100,00	100,00	96,00	98,67
İzgi 2001	99,00	100,00	100,00	99,67
Karahan 99	100,00	100,00	100,00	100,00
Karasu 90	100,00	91,00	88,00	93,00
Kate A-1	100,00	98,00	97,00	98,33
Kılıksız buğday	100,00	90,00	78,00	89,33
Kıraç 66	100,00	93,00	86,00	93,00
Kırgız 95	100,00	98,00	99,00	99,00
Kırık	100,00	99,00	99,00	99,33
Kırkpınar 79	99,00	93,00	76,00	89,33
Kırmızı Kılıçık	98,00	96,00	83,00	92,33
Kırmızı Yerli	100,00	97,00	83,00	93,33
Koca buğday	98,00	92,00	87,00	92,33
Köse 220/39	99,00	92,00	81,00	90,67
Kutluk 94	100,00	100,00	99,00	99,67
Lancer	100,00	99,00	94,00	97,67
Mızrak	100,00	100,00	94,00	98,00
Müfitbey	99,00	100,00	97,00	98,67
Nacibey	100,00	98,00	91,00	96,33
Nenehatun	100,00	98,00	88,00	95,33
Özlü buğday	100,00	91,00	72,00	87,67
Palandöken 97	99,00	99,00	97,00	98,33
Pehlivan	100,00	100,00	91,00	97,00
Polatlı Kösesi	98,00	88,00	68,00	84,67
Prostor	100,00	94,00	88,00	94,00
Sert buğday	98,00	98,00	78,00	91,33
Soyer02	98,00	93,00	82,00	91,00
Sönmez 2001	100,00	89,00	75,00	88,00
Sultan 95	100,00	94,00	78,00	90,67
Sürak 1593/51	96,00	81,00	71,00	82,67
Süzen 97	100,00	96,00	92,00	96,00
Tir	95,00	84,00	32,00	70,33
Tosunbey	100,00	96,00	79,00	91,67
Türkmen	97,00	86,00	56,00	79,67
Uzunyayla	99,00	84,00	36,00	73,00
Yakar 99	99,00	89,00	75,00	87,67
Yayla 305	100,00	86,00	60,00	82,00
Zencirci 2002	98,00	88,00	80,00	88,67
Zerin	99,00	91,00	80,00	90,00
Ortalama	99,17	94,95	86,39	93,50
F değeri (Genotip)	2,01**	4,74**	11,71**	15,78**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	348,42**
F değeri (G*K)	-	-	-	6,57**
LSD (0,05) (G)	2,43	6,75	11,40	4,47
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,96
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	7,74
Varyasyon Katsayısı %	1,76	5,09	9,46	5,96

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

Demir (2000), Gerek 79, Karahan 99, İzgi 2001 ve Aldane genotiplerinde çimlenme oranı kontrolle aynı olmuştur.

Araştırmanın yürütüldüğü 3 konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin alüminyum sonrası çimlenme oranı %70,33 ile %100,00 arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkın olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). En yüksek çimlenme oranı %100,00 ile Demir (2000), Altay (2000), Karahan 99, Gerek 79 ve Dagdas 94 genotiplerinde, en düşük çimlenme oranı ise %70,33 ile Tir genotipinde belirlenmiş, bu genotipi sırasıyla Uzunyayla (%73,00), Türkmen (%79,67), Yayla 305 (%82,00), Sürak 1593/51 (82,67) ve Ak-702 (83,00) genotipleri izlemiştir (Çizelge 4.1).

4.1.2. Çimlenme hızı

Araştırmada kullanılan alüminyumun 3 ayrı konsantrasyonuna bağlı olarak, çimlenme hızı bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir. Çimlenme hızı üzerine alüminyumun ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (0,56) göre, 15 mM (0,51) ve 30 mM (0,48) alüminyum uygulamalarında önemli derecede düşüş olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin, alüminyum uygulaması sonrası çimlenme hızının konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.2).

Genotiplerin kontrol uygulamasında çimlenme hızı 0,45 ile 0,93 arasında değişim göstermiş, ortalama 0,56 olarak belirlemiştir. En yüksek çimlenme hızı 0,93 ile Conkesme genotipinde belirlenmiştir. Uygulamada kullanılan 64 genotip içerisinde en düşük çimlenme hızı Uzunyayla (0,45) genotipinde belirlenmiş, bu genoipi 0,48 ile Aytin 98, Bolal 2973 ve Müfitbey, 0,49 ile ise Tir, ES 26 ve Doğu 88 genotipleri izlemiştir.

Genotiplerin 15 mM uygulamasındaki çimlenme hızı 0,42 ile 0,72 arasında değişim göstermiş, ortalama oran 0,51 olarak belirlemiştir. Alüminyum sonrası çimlenme hızı

Çizelge 4.2. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda çimlenme hızı ait veriler

Genotipler	Kontrol	15 mM	30 mM	Ortalama
Ak buğday	0,67	0,59	0,52	0,59
Ak-702	0,50	0,46	0,42	0,46
Aksel 2000	0,51	0,50	0,49	0,50
Aldane	0,50	0,50	0,48	0,49
Alparslan	0,51	0,50	0,48	0,50
Altay 2000	0,52	0,49	0,49	0,50
Ankara 093/44	0,77	0,66	0,54	0,66
Atlı 2002	0,51	0,49	0,46	0,49
Aydın 98	0,48	0,46	0,45	0,46
Bağcı 2002	0,53	0,50	0,49	0,51
Bayraktar 2000	0,51	0,47	0,48	0,49
Bereket	0,51	0,48	0,47	0,48
Bezostaja 1	0,54	0,50	0,48	0,51
Bolal 2973	0,48	0,45	0,43	0,45
Conkesme	0,93	0,63	0,53	0,70
Çetinel 2000	0,55	0,51	0,45	0,50
Dağdaş 94	0,50	0,50	0,50	0,50
Demir 2000	0,50	0,49	0,49	0,49
Doğu 88	0,49	0,48	0,47	0,48
ES 26	0,49	0,49	0,49	0,49
Gerek 79	0,50	0,49	0,48	0,49
Gün 91	0,50	0,48	0,46	0,48
Harmankaya 99	0,50	0,48	0,49	0,49
Hawk (Şahin)	0,75	0,62	0,56	0,64
Haymana 79	0,74	0,72	0,56	0,67
İkizce 96	0,50	0,49	0,47	0,49
İzgi 2001	0,50	0,50	0,49	0,50
Karahan 99	0,50	0,48	0,47	0,48
Karasu 90	0,59	0,58	0,47	0,55
Kate A-1	0,50	0,49	0,47	0,48
Kılçıksız buğday	0,76	0,70	0,55	0,67
Kıraç 66	0,50	0,48	0,46	0,48
Kırgız 95	0,50	0,48	0,46	0,48
Kırık	0,53	0,49	0,48	0,50
Kırkpınar 79	0,72	0,64	0,58	0,65
Kırmızı Kılçık	0,80	0,65	0,52	0,65
Kırmızı Yerli	0,76	0,65	0,53	0,65
Koca buğday	0,78	0,62	0,52	0,64
Köse 220/39	0,63	0,57	0,52	0,57
Kutluk 94	0,51	0,48	0,47	0,48
Lancer	0,50	0,47	0,46	0,48
Mızrak	0,50	0,50	0,47	0,49
Müfitbey	0,48	0,48	0,47	0,48
Nacibey	0,51	0,48	0,48	0,49
Nenehatun	0,50	0,48	0,47	0,48
Özlü buğday	0,55	0,51	0,49	0,50
Palandöken 97	0,50	0,49	0,48	0,49
Pehlivan	0,50	0,49	0,45	0,48
Polatlı Kösesi	0,68	0,53	0,49	0,57
Prostor	0,50	0,49	0,48	0,49
Sert buğday	0,54	0,51	0,48	0,51
Soyer02	0,50	0,50	0,45	0,48
Sönmez 2001	0,50	0,48	0,47	0,48
Sultan 95	0,50	0,49	0,46	0,49
Sürak 1593/51	0,57	0,49	0,47	0,51
Süzen 97	0,50	0,50	0,49	0,50
Tır	0,49	0,42	0,48	0,46
Tosunbey	0,50	0,50	0,45	0,48
Türkmen	0,50	0,47	0,42	0,46
Uzunyayla	0,45	0,42	0,44	0,44
Yakar 99	0,50	0,48	0,46	0,47
Yayla 305	0,68	0,54	0,50	0,57
Zencirci 2002	0,50	0,49	0,40	0,46
Zerin	0,66	0,52	0,49	0,55
Ortalama	0,56	0,51	0,48	0,52
F değeri (Genotip)	39,05**	18,67**	6,26**	54,36**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	413,55**
F değeri (G*K)	-	-	-	8,29**
LSD (0,05) (G)	0,05	0,04	0,04	0,02
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,01
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,04
Varyasyon Katsayısı %	5,58	5,77	5,54	5,77

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

0,72 ile Haymana 79 genotipinde en yüksek olarak belirlenmiştir. Uygulamada kullanılan 64 genotip içerisinde en düşük çimlenme hızı Tir (0,42) ve Uzunyayla (0,42) genotiplerinde saptanmış olup, bu genotipi Bolal 2973 (0,45) ve Aytın 98 (0,46) genotipleri takip etmiştir. Kontrole göre 15 mM uygulamasındaki en yüksek çimlenme hızındaki azalma Conkesme genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Koca buğday, Kırmızı Kılçık, Polatlı Kösesi, Yayla 305, Zerin, Hawk (Şahin), Ankara 093/44 ve Kırmızı Yerli genotipleri takip etmiştir. Buna karşın 15 mM uygulamasında 9 genotipte (Aldane, Dağdaş 94, ES 26, İzgi 2001, Mızrak, Müfitbey, Soyer02, Süzen 97 ve Tosunbey) çimlenme hızında herhangi bir azalma belirlenmemiştir.

Genotiplerin 30 mM uygulamasına göre çimlenme hızıları 0,40 ile 0,58 arasında değişim göstermiş, ortalama ise 0,48 olarak belirlenmiştir. Alüminyum sonrası çimlenme hızı 0,58 ile Kırkpınar 79 genotipinde en yüksek değeri almıştır. Uygulamada incelenen 64 genotip içerisinde çimlenme hızı en düşük Zencirci 2002 (0,40) genotipinde belirlenmiş ve bu genotipi Türkmen (0,42) ve Ak-702 (0,42) genotipleri takip etmiştir. 30 mM uygulamasında kontrole göre genotiplerde en yüksek çimlenme hızındaki azalma Conkesme genotipinde gerçekleşmiş, bunu Kırmızı Kılçık, Koca buğday, Ankara 093/44, Kırmızı Yerli, Kılçıksız buğday, Polatlı Kösesi ve Hawk (Şahin) genotipleri izlemiştir. Diğer taraftan 30 mM uygulamasında Dağdaş 94 ve ES 26 genotiplerinde çimlenme hızında herhangi bir değişiklik olmamıştır.

İncelemesi yapılan 3 farklı konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin çimlenme hızı 0,44 ile 0,70 arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Çimlenme hızı en yüksek Conkesme (0,70) , Haymana 79 (0,67), Kılçıksız buğday (0,67), Ankara 093/44 (0,66) ve Kırmızı Kılçık (0,65) genotiplerinde olmuştur. Çimlenme hızı en düşük olarak 0,44 ile Uzunyayla genotipinde, bu genotipi Bolal 2973 (0,45), Ak-702 (0,46), Tir (0,46), Zencirci 2002 (0,46), Aytın 98 (0,46) ve Türkmen (0,46) genotipleri izlemiştir (Çizelge 4.2).

4.1.3. Ortalama çimlenme zamanı (gün)

Araştırmada kullanılan alüminyumun 3 ayrı konsantrasyonuna bağlı olarak, ortalama çimlenme zamanı bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Ortalama çimlenme zamanı üzerinde alüminyum uygulamasının ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrolde (1,92), 15 mM (2,10) ve 30 mM (2,28) göre daha erken çimlenme olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin, alüminyum sonrası ortalama çimlenme zamanı bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.3).

Kontrol uygulamasında genotiplerin ortalama çimlenme zamanı 1,16 ile 2,45 arasında değişim göstermiş, ortalama 1,92 olarak belirlemiştir. Kontrol uygulamasında ortalama çimlenme zamanı 2,45 ile en uzun süre Tir genotipinde gerçekleşmiştir. Bu genotipi Uzunyayla (2,38), Aytın 98 (2,24), Müfitbey (2,20), Bolal 2973 (2,13) ve Lancer (2,08) genotipleri izlemiştir. Buna karşın en erken ortalama çimlenme zamanı sırasıyla Conkesme (1,16), Kırmızı Kılçık (1,41), Koca buğday (1,45), Kılçıksız buğday (0,48), Ankara 093/44 (1,48) ve Kırmızı Yerli (1,48) genotiplerinde gerçekleşmiştir.

15 mM uygulamasında genotiplerin ortalama çimlenme zamanı 1,57 ile 3,69 arasında değişim göstermiş, ortalama 2,10 olarak tespit edilmiştir. 15 mM uygulamasında ortalama çimlenme zamanı en uzun süre 3,69 ile Tir genotipinde olmuştur. Bu genotipi Uzunyayla (3,05), Ak-702 (2,33), Lancer (2,31), Kirgiz 95 (2,31) ve Bolal 2973 (2,31) genotipleri takip etmiştir. En erken ortalama çimlenme zamanı sırasıyla Haymana 79 (1,57), Kılçıksız buğday (1,62), Kırmızı Yerli (1,70), Kırmızı Kılçık (1,73) Ankara 093/44 (1,75) ve Kirkpınar 79 (1,75) genotiplerinde olmuştur. 15 mM uygulamasında kontrole göre genotiplerde ortalama çimlenme zamanındaki azalma Tir genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Conkesme, Uzunyayla, Zerin, Yayla 305, Sürak 1593/51, Ak-702 ve Kırmızı Kılçık genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 15 mM uygulamasında Soyer02, Tosunbey, Dağdaş 94 ve Müfitbey genotiplerinde kontrole göre ortalama çimlenme zamanı olarak herhangi bir değişim olmamıştır.

Çizelge 4.3. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda ortalama çimlenme zamanına ait veriler (gün)

Genotipler	Kontrol	15 mM	30 mM	Ortalama
Ak buğday	1,67	1,85	1,97	1,83
Ak-702	2,00	2,33	3,14	2,49
Aksel 2000	1,99	2,04	2,07	2,03
Aldane	2,01	2,03	2,11	2,05
Alparslan	1,98	2,04	2,11	2,04
Altay 2000	1,97	2,04	2,08	2,03
Ankara 093/44	1,48	1,75	2,16	1,79
Atlı 2002	1,98	2,10	2,41	2,16
Aytın 98	2,24	2,30	2,55	2,36
Bağcı 2002	1,95	2,02	2,11	2,03
Bayraktar 2000	2,06	2,16	2,12	2,11
Bereket	2,06	2,13	2,18	2,12
Bezostaja 1	1,94	2,04	2,10	2,02
Bolal 2973	2,13	2,31	2,48	2,30
Conkesme	1,16	1,85	2,26	1,75
Çetinel 2000	1,94	2,12	2,42	2,16
Dağdaş 94	2,01	2,00	2,04	2,02
Demir 2000	2,04	2,10	2,14	2,09
Doğu 88	2,05	2,19	2,19	2,14
ES 26	2,05	2,06	2,05	2,05
Gerek 79	2,00	2,09	2,20	2,10
Gün 91	2,02	2,12	2,32	2,15
Harmankaya 99	2,00	2,17	2,07	2,08
Hawk (Şahin)	1,50	1,79	1,93	1,74
Haymana 79	1,53	1,57	2,12	1,74
İkizce 96	2,00	2,08	2,33	2,14
İzgi 2001	2,00	2,03	2,05	2,03
Karahan 99	2,00	2,15	2,28	2,15
Karasu 90	1,83	1,90	2,35	2,02
Kate A-1	2,01	2,05	2,22	2,09
Kılıksız buğday	1,48	1,62	1,94	1,68
Kıraç 66	2,00	2,26	2,86	2,37
Kırgız 95	2,00	2,31	2,45	2,26
Kırık	1,95	2,08	2,18	2,07
Kırkpınar 79	1,59	1,75	1,88	1,74
Kırmızı Kılıçık	1,41	1,73	2,04	1,73
Kırmızı Yerli	1,48	1,70	2,00	1,73
Koca buğday	1,45	1,76	2,03	1,74
Köse 220/39	1,74	1,89	1,99	1,87
Kutluk 94	1,99	2,19	2,36	2,18
Lancer	2,08	2,31	2,48	2,29
Mızrak	2,01	2,03	2,17	2,07
Müfitbey	2,20	2,12	2,31	2,21
Nacibey	2,01	2,23	2,28	2,17
Nenehatun	2,02	2,15	2,20	2,12
Özlü buğday	1,92	2,05	2,09	2,02
Palandöken 97	2,00	2,14	2,13	2,09
Pehlivan	2,03	2,11	2,48	2,21
Polatlı Kösesi	1,65	1,96	2,23	1,95
Prostor	2,00	2,06	2,12	2,06
Sert buğday	1,93	2,05	2,11	2,03
Soyer02	2,01	2,01	2,54	2,19
Sönmez 2001	2,00	2,14	2,21	2,12
Sultan 95	2,00	2,04	2,24	2,09
Sürak 1593/51	1,90	2,25	2,17	2,11
Süzen 97	2,00	2,02	2,04	2,02
Tir	2,45	3,69	2,49	2,88
Tosunbey	2,00	2,00	2,29	2,10
Türkmen	2,00	2,29	3,75	2,68
Uzunyayla	2,38	3,05	2,98	2,80
Yakar 99	2,00	2,14	2,60	2,24
Yayla 305	1,65	2,14	2,33	2,04
Zencirci 2002	2,00	2,15	3,39	2,51
Zerin	1,74	2,30	2,27	2,10
Ortalama	1,92	2,10	2,28	2,10
F değeri (Genotip)	26,87**	18,67**	4,16**	13,22**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	175,36**
F değeri (G*K)	-	-	-	3,41**
LSD (0,05) (G)	0,13	0,27	0,45	0,18
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,04
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,31
Varyasyon Katsayısı %	4,67	9,08	14,05	10,56

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

30 mM uygulamasında genotiplerin ortalama çimlenme zamanı 1,88 ile 3,75 arasında değişim göstermiş, ortalama 2,28 olarak belirlemiştir. 30 mM alüminyum uygulamasında ortalama çimlenme zamanı 3,75 ile en uzun süre Türkmen genotipinde görülmüştür. Bunu Zencirci 2002 (3,39), Ak-702 (3,14), Uzunyayla (2,98), Kırac 66 (2,86), Yakar 99 (2,60) ve Aytin 98 (2,55) genotipleri izlemiştir. Ortalama çimlenme zamanı en erken sırasıyla Kırkpınar 79 (1,88), Hawk (Sahin) (1,93), Kılçiksız buğday (1,94), Ak buğday (1,97) ve Köse 220/39 (1,99) genotiplerinde belirlenmiştir. 30 mM uygulamasının kontrole göre genotiplerde en yüksek ortalama çimlenme zamanındaki değişim Türkmen ve Zencirci 2002 genotiplerinde gerçekleşmiş, bu genotipleri Ak-702, Conkesme, Kırac 66, Ankara 093/44, Yayla 305 ve Kırmızı Kılçık genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 30 mM uygulamasında ES 26 genotipinde kontrole göre ortalama çimlenme zamanında herhangi bir değişim olmamıştır. 30 mM uygulaması kontrole göre Dağdaş 94, Tir, Süzen 97, İzgi 2001 ve Bayraktar 2000 genotiplerinde azalma en az olarak gerçekleşmiştir.

Araştırmada kullanılan 3 konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin alüminyum sonrası ortalama çimlenme zamanı 1,68 ile 2,88 arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). En uzun süre 2,88 ile ortalama çimlenme zamanında Tir genotipinde olmuştur. Bu genotipi Uzunyayla (2,80), Türkmen (2,68), Zencirci 2002 (2,51), Ak-702 (2,49) ve Kırac 66 (2,37) genotipleri takip etmiştir. Buna karşın en erken ortalama çimlenme zamanı sırasıyla Kılçiksız buğday (1,68), Kırmızı Kılçık (1,73), Kırmızı Yerli (1,73), Koca Buğday (1,74), Haymana 79 (1,74), Kırkpınar 79 (1,74) ve Hawk (Sahin) (1,74) genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

4.2. Kök ve Sürgüne Ait Karakterler

4.2.1. Toplam embriyonal kök uzunluğu (cm)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, toplam embriyonal kök uzunluğu bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu

Çizelge 4.4. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda toplam embriyonal kök uzunluğu ait veriler (cm)

Genotipler	Kontrol	15 mM	30 mM	Ortalama
Ak buğday	5,50	0,92	0,63	2,29
Ak-702	7,56	1,21	0,97	3,24
Aksel 2000	7,47	2,03	1,50	3,54
Aldane	6,35	2,52	1,65	3,41
Alparslan	9,49	2,71	2,04	4,18
Altay 2000	2,75	3,19	2,27	2,53
Ankara 093/44	6,32	1,21	0,58	0,70
Atlı 2002	6,46	3,58	1,53	2,99
Aytn 98	7,51	2,41	2,15	3,85
Bağcı 2002	8,66	1,93	1,30	3,37
Bayraktar 2000	8,06	2,16	1,36	2,30
Bereket	8,31	1,78	1,07	3,30
Bezostaja 1	6,90	1,13	0,74	3,18
Bolal 2973	9,36	2,34	1,34	4,04
Conkesme	8,33	1,31	0,74	3,74
Çetinel 2000	7,20	1,46	1,25	2,96
Dağdaş 94	6,33	1,66	1,03	2,69
Demir 2000	5,61	1,76	1,08	2,67
Doğu 88	2,94	1,41	1,11	1,72
ES 26	6,00	1,75	1,22	2,55
Gerek 79	6,57	1,82	0,98	2,75
Gün 91	5,77	1,45	1,04	2,45
Harmankaya 99	6,19	1,49	1,59	2,71
Hawk (Şahin)	6,12	1,20	0,69	2,84
Haymana 79	7,66	1,15	0,43	3,78
İkizce 96	5,15	1,50	1,00	2,37
İzgi 2001	6,85	1,74	1,17	2,96
Karahan 99	7,36	1,50	1,29	2,68
Karasu 90	6,06	1,37	0,55	3,26
Kate A-1	7,82	1,44	1,24	2,63
Kılçıksız buğday	5,58	1,29	0,62	2,82
Kıraç 66	5,71	1,25	,92	2,20
Kırgız 95	6,21	1,50	1,34	2,76
Kırık	5,15	1,59	1,26	2,48
Kırkpınar 79	7,06	1,30	0,73	3,47
Kırmızı Kılçık	8,82	1,11	0,80	3,84
Kırmızı Yerli	9,52	1,49	0,59	4,58
Koca buğday	5,89	1,39	0,95	3,05
Köse 220/39	7,00	1,09	0,77	3,16
Kutluk 94	6,78	2,15	1,69	3,34
Lancer	6,96	1,58	1,47	2,95
Mızrak	4,96	1,59	1,15	2,39
Müfitbey	6,47	1,52	1,36	2,78
Nacibey	4,94	1,59	1,21	2,37
Nenehatun	6,16	1,54	1,15	2,72
Özlü buğday	6,52	1,09	0,35	3,36
Palandöken 97	6,16	1,50	1,12	2,63
Pehlivan	6,78	1,49	1,10	2,97
Polatlı Kösesi	8,70	1,16	0,75	3,67
Prostor	7,90	1,23	0,81	3,35
Sert buğday	6,32	1,52	0,67	3,19
Soyer02	10,38	1,46	0,85	3,70
Sönmez 2001	11,78	1,31	1,08	3,81
Sultan 95	9,70	1,43	0,98	3,78
Sürak 1593/51	6,31	1,15	0,67	3,15
Süzen 97	9,81	1,45	0,98	3,59
Tir	4,54	1,44	0,46	2,64
Tosunbey	10,35	1,33	1,10	3,61
Türkmen	12,84	1,30	0,93	4,34
Uzunyayla	8,44	1,25	0,69	3,40
Yakar 99	8,85	1,15	0,81	3,31
Yayla 305	6,30	1,31	0,42	3,13
Zencirci 2002	8,05	1,34	0,80	3,67
Zerin	9,26	1,09	0,59	4,07
Ortalama	7,16	1,56	1,14	3,14
F değeri (Genotip)	106,91**	197,75**	212,97**	110,57**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	26653,30**
F değeri (G*K)	-	-	-	111,79**
LSD (0,05) (G)	0,63	0,12	0,08	0,21
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,05
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,19
Varyasyon Katsayısı %	7,48	5,12	5,24	9,19

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

belirlenmiştir. Toplam embriyonal kök uzunluğunun alüminyum sonrası genotipler üzerindeki ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (7,16 cm) göre, 15 mM (1,56 cm) ve 30 mM (1,14 cm) alüminyum uygulamalarında toplam embriyonal kök uzunluğu önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Genotiplerin, alüminyum sonrası toplam embriyonal kök uzunluğu bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.4), (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Soldan sağa doğru kontrol, 15 mM, 30 mM Al uygulaması kök uzunlukları

Toplam embriyonal kök uzunluğu kontrol uygulamasında 2,75 cm ile 12,84 cm arasında değişim göstermiş, ortalama uzunluk 7,16 cm olarak belirlemiştir. Kontrol uygulamasında toplam embriyonal kök uzunluğu 12,84 cm ile Türkmen genotipinde en uzun olarak gerçekleşmiştir. Bu genotipi Sönmez 2001 (11,78), Soyer 02 (10,38), Tosunbey (10,35), Süzen 97 (9,81) ve Sultan 95 (9,70) genotipleri izlemiştir. En kısa toplam embriyonal kök uzunluğu 2,75 cm Altay 2000 genotipinde, bunu Doğu 88 (2,94 cm), Tir (4,54 cm), Nacibey (4,94 cm) ve Mızrak (4,96 cm) genotipleri izlenmiştir.

Toplam embriyonal kök uzunluğu 15 mM uygulamasında 0,92 cm ile 3,58 cm arasında değişim göstermiş, ortalama 1,56 cm olarak belirlemiştir. 15 mM uygulamasında toplam embriyonal kök uzunluğu 3,58 cm ile Atlı 2002 genotipinde en uzun olarak

belirlenmiştir. Bu genotipi Altay 2000 (3,19 cm), Alparslan (2,71 cm), Aldane (2,52 cm), Aytın 98 (2,41 cm) ve Bolal 2973 (2,34 cm) genotipleri takip etmiştir. Toplam embriyonal kök uzunluğu en kısa sırasıyla Ak buğday (0,92 cm), Köse 220/39 (1,09 cm), Özlü Buğday (1,09 cm), Zerin (1,09 cm) ve Kırmızı Kılçık (1,11 cm) genotiplerinde gözlenmiştir. 15 mM uygulamasında kontrole göre genotipler arasında en yüksek toplam embriyonal kök uzunluğundaki azalma Türkmen genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Sönmez 2001, Tosunbey, Soyer02 ve Süzen 97 genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 15 mM uygulamasında kontrole göre Altay 2000 genotipinde toplam embriyonal kök uzunluğu bakımından herhangi bir değişim olmamıştır. Ancak Doğu 88, Atlı 2002, Tir, Nacibey ve Mızrak genotiplerinde 15 mM uygulamasının kontrole göre değişimi en az olduğu belirlenmiştir.

Toplam embriyonal kök uzunluğu 30 mM uygulamasında 0,35 cm ile 2,27 cm arasında değişim göstermiş, ortalama 1,14 cm olarak belirlemiştir. 30 mM uygulamasında en uzun toplam embriyonal kök uzunluğu 2,27 cm ile Altay 2000 genotipinde görülmüştür. Bu genotipi Aytın 98 (2,15 cm), Alparslan (2,04 cm), Kutluk 94 (1,69 cm), Aldane (1,65 cm) ve Harmankaya 99 (1,59 cm) genotipleri izlemiştir. En kısa toplam embriyonal kök uzunluğu sırasıyla Özlü buğday (0,35 cm), Yayla 305 (0,41 cm), Haymana 79 (0,43 cm), Tir (0,46 cm) ve Karasu 90 (0,55 cm) genotiplerinde olmuştur. Kontrole göre 30 mM uygulamasında genotipler arasında toplam embriyonal kök uzunluğundaki değişimler incelendiğinde en yüksek değişim Türkmen genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Sönmez 2001, Soyer02, Tosunbey ve Kırmızı Yerli genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 30 mM uygulamasında en az değişim Nacibey, Mızrak, Kırık, Altay 2000 ve Doğu 88 genotiplerinde olmuştur.

Araştırmanın yürütüldüğü 3 konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin alüminyum sonrası toplam embriyonal kök uzunluğu 0,70 cm ile 4,58 cm arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). En uzun toplam embriyonal kök uzunluğu Kırmızı Yerli (4,58 cm), Türkmen (4,34 cm), Alparslan (4,18 cm), Zerin (4,07 cm) ve Bolal 2973 (4,04 cm) genotiplerinde sırasıyla gerçekleşmiştir. Toplam embriyonal kök uzunluğu en kısa sırasıyla Ankara 093/44 (0,70 cm), Doğu 88

(1,72 cm), Kır   66 (2,20 cm), Ak buğday (2,29 cm) ve Bayraktar 2000 (2,30 cm) genotiplerinde görülmüştür (  izelge 4.4).

4.2.2. Toplam embriyonal kök sayısı (adet)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, kök sayısı bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Kök sayısı üzerinde alüminyum uygulamasının ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (4,60 adet) göre, 15 mM (5,88 adet) ‘da artış, 30 mM (4,54 adet) ‘da ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin, alüminyum sonrası kök sayısı bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi ‘genotipxkonsantrasyon’ interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (  izelge 4.5).

Kontrol uygulamasında genotiplerin kök sayısı 3,35 adet ile 5,55 adet arasında değişim göstermiş, ortalama 4,60 adet olarak belirlemiştir. Kontrol uygulamasında en fazla kök sayısı 5,55 adet ile Tir genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi S  rak 1593/51 (5,30 adet), Hawk (Sahin) (5,30 adet), Ak buğday (5,20 adet), Zencirci 2002 (5,20 adet) ve Conkesme (5,15) genotipleri takip etmiştir. En az kök sayısı en az sırasıyla Sönmez 2001 (3,35 adet), Kate A-1 (3,35 adet), Türkmen (3,45 adet), Karahan 99 (3,55 adet) ve Alparslan (3,55 adet) genotiplerinde belirlenmiştir.

15 mM uygulamasında genotiplerin kök sayısı 4,05 adet ile 8,05 adet arasında değişim göstermiş, ortalama 5,88 adet olarak belirlenmiştir. 15 mM uygulamasında en fazla 8,05 adet ile Tosunbey genotipinde gerçekleşmiştir. Bu genotipi ES 26 (7,40 adet), Nacibey (7,15 adet), S  zen 97(7,00 adet), Dagdaş 94 (6,95 adet), Bağcı 2002 (6,90 adet) genotipleri izlemiştir. En az kök sayısı sırasıyla Zerin (4,05), Haymana 79 (4,30), Karasu 90 (4,50 adet), Türkmen (4,55 adet) ve Kırmızı Kılçık (4,65 adet) genotiplerinde gözlenmiştir. 15 mM uygulamasında bazı genotiplerde kök sayısında artış gözlenirken bazı genotiplerd azalış g  r  lm  ştir. Kontrole göre kök sayısında en fazla artış Tosunbey genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Bağcı 2002, Kate A-1, ES 26 ve

Çizelge 4.5. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda toplam embriyonal kök sayısı ait veriler (adet)

Çeşitler	Kontrol	15mM	30 mM	Ortalama
Ak buğday	5,20	6,85	4,25	5,43
Ak-702	4,35	5,60	3,75	4,57
Aksel 2000	4,65	5,55	5,40	5,20
Aldane	4,80	5,40	5,50	5,23
Alparslan	3,55	5,10	5,55	4,73
Altay 2000	4,45	5,10	5,30	4,95
Ankara 093/44	4,55	6,00	1,85	4,13
Atlı 2002	4,70	5,85	5,45	5,33
Aytın 98	4,80	5,95	6,60	5,78
Bağcı 2002	3,80	6,90	5,35	5,35
Bayraktar 2000	4,95	6,70	5,50	5,72
Bereket	4,45	6,25	5,45	5,38
Bezostaja 1	4,70	5,45	2,90	4,35
Bolal 2973	4,45	5,50	5,35	5,10
Conkesme	5,15	5,30	2,65	4,37
Çetinel 2000	4,95	6,15	5,90	5,67
Dağdaş 94	4,60	6,95	5,65	5,73
Demir 2000	4,80	5,90	5,70	5,47
Doğu 88	4,95	6,40	6,65	6,00
ES 26	4,60	7,40	7,40	6,47
Gerek 79	4,40	6,50	5,25	5,38
Gün 91	4,70	5,65	5,30	5,22
Harmankaya 99	4,45	6,30	6,15	5,63
Hawk (Şahin)	5,30	6,05	2,15	4,50
Haymana 79	5,00	4,30	2,35	3,88
İkizce 96	4,95	6,75	6,15	5,95
İzgi 2001	4,55	6,30	5,65	5,50
Karahan 99	3,55	6,15	6,45	5,38
Karasu 90	4,75	4,50	1,95	3,73
Kate A-1	3,35	6,25	5,80	5,13
Kılıksız buğday	4,60	4,85	3,20	4,22
Kıraç 66	4,00	5,95	5,65	5,20
Kırgız 95	4,65	6,15	5,65	5,48
Kırık	4,40	5,40	5,45	5,08
Kırkpınar 79	4,70	5,35	2,00	4,02
Kırmızı Kılıçık	4,45	4,65	3,00	4,03
Kırmızı Yerli	4,80	5,75	2,25	4,27
Koca buğday	4,95	5,65	2,85	4,48
Köse 220/39	4,85	5,20	4,40	4,82
Kutluk 94	4,75	5,55	6,00	5,43
Lancer	4,60	6,30	5,90	5,60
Mızrak	4,20	5,80	5,20	5,07
Müfitbey	4,95	6,35	6,50	5,93
Nacibey	4,95	7,15	6,45	6,18
Nenehatun	4,85	6,55	6,15	5,85
Özlu buğday	4,70	5,00	1,05	3,58
Palandöken 97	4,55	6,25	5,10	5,30
Pehlivan	4,50	5,65	4,85	5,00
Polatlı Kösesi	4,30	5,00	3,40	4,23
Prostor	4,90	6,05	5,00	5,32
Sert buğday	4,85	6,00	2,15	4,33
Soyer02	4,35	6,75	5,15	5,42
Sönmez 2001	3,35	5,30	4,95	4,53
Sultan 95	4,70	6,45	4,05	5,07
Sürak 1593/51	5,30	5,50	2,10	4,30
Süzen 97	4,75	7,00	5,55	5,77
Tir	5,55	6,00	1,15	4,23
Tosunbey	4,70	8,05	6,20	6,32
Türkmen	3,45	4,55	4,40	4,13
Uzunyayla	4,40	6,80	2,25	4,48
Yakar 99	4,20	5,70	5,30	5,07
Yayla 305	5,10	4,70	2,05	3,95
Zencirci 2002	5,20	5,95	3,55	4,90
Zerin	4,25	4,05	2,35	3,55
Ortalama	4,60	5,88	4,54	5,01
F değeri (Genotip)	4,97**	11,97**	16,13**	17,37**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	423,97**
F değeri (G*K)	-	-	-	11,34**
LSD (0,05) (G)	0,58	0,63	1,10	0,46
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,10
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,80
Varyasyon Katsayısı %	9,01	7,64	17,11	11,44

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

Karahan 99 genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan Haymana 79, Yayla 305, Karasu 90 ve Zerin genotiplerinin kök sayılarında azalma görülmüştür.

Kök sayısı 30 mM uygulamasında 1,05 adet ile 7,40 adet arasında değişim göstermiş, ortalama 4,54 adet olarak belirlemiştir. 30 mM uygulamasında en yüksek kök sayısı 7,40 adet ile ES 26 genotipinde tespit edilmiştir. Bu genotipi Doğu 88 (6,65 adet), Aytın 98 (6,60 adet), Müfitbey (6,50 adet), Karahan 99 (6,45 adet) ve Nacibey (6,45 adet) genotipleri takip etmiştir. 30 mM uygulamasında en az kök sayısı sırasıyla Özlü buğday (1,05 adet), Tır (1,15 adet), Ankara 093/44 (1,85 adet), Karasu 90 (1,95 adet) ve Kırkpınar 79 (2,00 adet) genotiplerinde belirlenmiştir. 30 mM uygulamasında kontrole göre kök sayısında en fazla azalma Tır, Özlü buğday, Sürak 1593/51, Hawk (Şahin) ve Yayla 305 genotiplerinde olmuştur. Diğer taraftan 30 mM uygulamasında kontrole göre kök sayılarında artış Karahan 99, ES 26, Kate A-1, Alparslan ve Aytın 98 genotiplerinde gözlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü 3 konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin kök sayısı 3,55 adet ile 6,47 adet arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Kök sayısı alüminyum uygulamasında 6,47 ile ES 26 genotipinde en yüksek olmuştur. Bu genotipi Tosunbey (6,32 adet), Nacibey (6,18 adet), Doğu 88 (6,00 adet), İkizce 96 (5,95 adet) ve Müfitbey (5,93 adet) genotipleri takip etmiştir. En az kök sayısı sırasıyla Zerin (3,55 adet), Özlü buğday (3,58 adet), Karasu 90 (3,73 adet), Haymana 79 (3,88 adet) ve Yayla 305 (3,95 adet) genotiplerinde gözlenmiştir (Çizelge 4.5).

4.2.3. Kök yaş ağırlığı (g)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, kök yaş ağırlığı bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Alüminyum uygulamasının kök yaş ağırlığı üzerindeki ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (0,0500 g) göre, 15 mM (0,0200 g) ve 30 mM (0,0200 g) uygulamalarında önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin,

Çizelge 4.6. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda kök yaş ağırlığına ait veriler (g)

Genotipler	Kontrol	15 mM	30 mM	Ortalama
Ak buğday	0,0400	0,0200	0,0100	0,0200
Ak-702	0,0300	0,0200	0,0200	0,0200
Aksel 2000	0,0500	0,0400	0,0100	0,0300
Aldane	0,0500	0,0300	0,0300	0,0400
Alparslan	0,0500	0,0300	0,0100	0,0300
Altay 2000	0,0500	0,0300	0,0200	0,0300
Ankara 093/44	0,0500	0,0200	0,0020	0,0200
Atlı 2002	0,0400	0,0300	0,0100	0,0200
Aytn 98	0,0600	0,0300	0,0200	0,0400
Bağcı 2002	0,0500	0,0200	0,0200	0,0300
Bayraktar 2000	0,0600	0,0400	0,0200	0,0400
Bereket	0,0500	0,0200	0,0200	0,0300
Bezostaja 1	0,0600	0,0200	0,0020	0,0300
Bolal 2973	0,0500	0,0300	0,0200	0,0300
Conkesme	0,0600	0,0300	0,0020	0,0300
Çetinel 2000	0,0400	0,0200	0,0200	0,0300
Dağdaş 94	0,0300	0,0200	0,0200	0,0200
Demir 2000	0,0500	0,0300	0,0200	0,0300
Doğu 88	0,0500	0,0100	0,0100	0,0200
ES 26	0,0600	0,0200	0,0100	0,0300
Gerek 79	0,0300	0,0200	0,0200	0,0200
Gün 91	0,0400	0,0200	0,0200	0,0300
Harmankaya 99	0,0400	0,0200	0,0200	0,0300
Hawk (Şahin)	0,0300	0,0300	0,0100	0,0200
Haymana 79	0,0500	0,0100	0,0010	0,0200
İkizce 96	0,0500	0,0300	0,0200	0,0300
İzgi 2001	0,0500	0,0200	0,0200	0,0300
Karahan 99	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300
Karasu 90	0,0500	0,0200	0,0025	0,0200
Kate A-1	0,0400	0,0200	0,0200	0,0300
Kılçıksız buğday	0,0600	0,0500	0,0200	0,0400
Kıraç 66	0,0400	0,0200	0,0200	0,0300
Kırgız 95	0,0400	0,0200	0,0100	0,0200
Kırık	0,0400	0,0200	0,0200	0,0300
Kırkpınar 79	0,0400	0,0400	0,0500	0,0400
Kırmızı Kılçık	0,0500	0,0200	0,0700	0,0400
Kırmızı Yerli	0,0300	0,0300	0,0010	0,0200
Koca buğday	0,0400	0,0200	0,0300	0,0300
Köse 220/39	0,0400	0,0200	0,0100	0,0200
Kutluk 94	0,0600	0,0300	0,0300	0,0400
Lancer	0,0300	0,0200	0,0200	0,0200
Mızrak	0,0300	0,0200	0,0300	0,0200
Müfitbey	0,0300	0,0300	0,0200	0,0200
Nacibey	0,0300	0,0200	0,0200	0,0200
Nenehatun	0,0300	0,0200	0,0100	0,0200
Özlu buğday	0,0500	0,0200	0,0010	0,0200
Palandöken 97	0,0300	0,0200	0,0200	0,0200
Pehlivan	0,0500	0,0200	0,0200	0,0300
Polatlı Kösesi	0,0600	0,0100	0,0300	0,0300
Prostor	0,0600	0,0200	0,0100	0,0300
Sert buğday	0,0700	0,0300	0,0100	0,0400
Soyer02	0,0600	0,0200	0,0200	0,0300
Sönmez 2001	0,0600	0,0200	0,0200	0,0300
Sultan 95	0,0600	0,0300	0,0100	0,0300
Sürak 1593/51	0,0500	0,0200	0,0020	0,0300
Süzen 97	0,0500	0,0300	0,0200	0,0300
Tir	0,0500	0,0300	0,0020	0,0300
Tosunbey	0,0800	0,0300	0,0300	0,0500
Türkmen	0,0600	0,0300	0,0200	0,0300
Uzunyayla	0,0500	0,0300	0,0200	0,0300
Yakar 99	0,0600	0,0200	0,0200	0,0300
Yayla 305	0,0500	0,0200	0,0100	0,0300
Zencirci 2002	0,0700	0,0200	0,0200	0,0300
Zerin	0,0700	0,0200	0,0100	0,0300
Ortalama	0,0500	0,0200	0,0200	0,0300
F değeri (Genotip)	28,54**	8,73**	36,13**	25,98**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	3300,81**
F değeri (G*K)	-	-	-	22,43**
LSD (0,05) (G)	0,01	0,01	0,01	0,00
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,00
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,00
Varyasyon Katsayısı %	10,44	18,54	22,12	14,98

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

alüminyum sonrası kök yaş ağırlığı bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.6).

Genotiplerin kök yaş ağırlığının kontrol uygulaması 0,0300 g ile 0,0800 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0500 g olarak belirlemiştir. Kök yaş ağırlığı kontrol uygulamasında en yüksek 0,0800 g Tosunbey genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi 0,0700 g Sert buğday ile Zencirci 2002 ve Zerin genotipleri takip etmiştir. Kontrol uygulamasında 0,0300 g ile en düşük kök yaş ağırlığı 12 (Ak-702, Dağdaş 94, Gerek 79, Hawk (Şahin), Karahan 99, Kırmızı Yerli, Lancer, Mızrak, Müfitbey, Nacibey, Nenehatun ve Palandöken 97) genotipte olmuştur.

Genotiplerin kök yaş ağırlığı 15 mM uygulamasında 0,0100 g ile 0,0500 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0200 g olarak belirlemiştir. 15 mM uygulamasında kök yaş ağırlığı Kılçıksız buğday (0,0500 g), Aksel 2000 (0,0400 g), Bayraktar 2000 (0,0400 g) ve Kırkpınar 79 (0,0400) genotiplerinde en yüksek olmuştur. En düşük kök yaş ağırlığı 0,0100 g ile Haymana 79, Dogu 88 ve Polatlı Kösesinde belirlenmiştir. 15 mM uygulamasında kontrole göre genotiplerdeki kök yaş ağırlığındaki en yüksek azalma Haymana 79, Tosunbey, Zencirci 2002, Zerin ve Polatlı Kösesi genotiplerinde olmuştur. Diğer taraftan Müfitbey, Kırmızı Yerli, Kırkpınar 79, Karahan 99 ve Hawk (Şahin) genotiplerinde kök yaş ağırlığı bakımında herhangi bir değişim olmamıştır.

Genotiplerin kök yaş ağırlığı 30 mM uygulamasında 0,0010 g ile 0,0700 g arasında gerçekleşmiş, ortalama 0,0200 g olarak belirlemiştir. 30 mM uygulamasında kök yaş ağırlığı en yüksek 0,0700 g ile Kırmızı Kılçık genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi Kırkpınar 79 (0,0500 g), 0,0300 g Aldane, Koca buğday, Tosunbey, Karahan 99, Kutluk 94, Mızrak ve Polatlı Kösesi genotipleri izlemiştir. 30 mM uygulamasında en düşük kök yaş ağırlığı 0,0010 g ile Özlü buğday, Kırmızı Yerli ve Haymana 79 genotiplerinde belirlenmiştir. 30 mM uygulamasının kontrole göre genotipler arasında en yüksek kök yaş ağırlığındaki değişim Zerin, Sert buğday, Bezostaja 1 ve Conkesme genotiplerinde

meydana gelmişken Mızrak, Karahan 99, Kırkpınar 79 ve Kırmızı Kılçık genotiplerinde herhangi bir değişim olmamıştır.

Araştırmada kullanılan 3 farklı alüminyum konsantrasyonuna göre genotiplerin kök yaş ağırlığı 0,0200 g ile 0,0500 g arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). En yüksek kök yaş ağırlığı 0,0500 g ile Tosunbey genotipinde olmuştur. Bu genotipi 0,0400 g 7 genotipte (Kırkpınar 79, Kırmızı Kılçık, Kutluk 94, Aldane, Kılçıksız buğday, Bayraktar 2000 ve Aytın 98) genotipleri izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise 20 genotipte (Mızrak, Ak-702, Dağdaş 94, Gerek 79, Lancer, Müfitbey, Nacibey, Palandöken 97, Ak buğday, Atlı 2002, Doğu 88, Hawk (Şahin), Kırgız 95, Köse 220/39, Nenehatun, Ankara 093/44, Haymana 79, Karasu 90, Kırmızı Yerli ve Özlü buğday) 0,0200 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

4.2.4. Kök kuru ağırlığı (g)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, kök kuru ağırlıkları bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığında alüminyum uygulamasının ana etkisinin önemli olduğu belirlenmiş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (0,0069 g) göre, 15 mM (0,0047 g) ve 30 mM (0,0032g) uygulamalarında azaldığı tespit edilmiştir. Genotiplerin, alüminyum sonrası kök kuru ağırlıkları bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.7).

Genotiplerin kök kuru ağırlığı kontrol uygulamasında 0,0043 g ile 0,0105 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0069 g olarak belirlemiştir. Kontrol uygulamasının kök kuru ağırlığı 0,0105 g ile Kırmızı Kılçık genotipinde en yüksek olarak belirlenmiştir. Bu genotipi Kırmızı Yerli (0,0095 g), Ak buğday (0,0089 g) , Prostor (0,0089 g), Tosunbey (0,0087 g) ve Sürak 1593/51 (0,0086 g) genotipleri izlemiştir. Kontrol uygulamasının kök kuru ağırlığı 0,0043 g ile Doğu 88 genotipte en düşük olmuştur. Bu genotipi Kırık

Çizelge 4.7. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda kök kuru ağırlıklarına ait veriler (g)

Genotipler	Kontrol	15mM	30mM	Ortalama
Ak buğday	0,0089	0,0060	0,0033	0,0061
Ak-702	0,0058	0,0047	0,0035	0,0047
Aksel 2000	0,0063	0,0043	0,0038	0,0048
Aldane	0,0058	0,0053	0,0053	0,0054
Alparslan	0,0053	0,0035	0,0033	0,0040
Altay 2000	0,0060	0,0048	0,0043	0,0050
Ankara 093/44	0,0061	0,0047	0,0005	0,0038
Atlı 2002	0,0060	0,0050	0,0023	0,0044
Aytun 98	0,0070	0,0050	0,0043	0,0054
Bağcı 2002	0,0068	0,0048	0,0048	0,0054
Bayraktar 2000	0,0068	0,0058	0,0035	0,0053
Bereket	0,0070	0,0045	0,0043	0,0053
Bezostaja 1	0,0077	0,0041	0,0005	0,0041
Bolal 2973	0,0080	0,0063	0,0038	0,0060
Conkesme	0,0081	0,0041	0,0022	0,0048
Çetinel 2000	0,0073	0,0050	0,0045	0,0056
Dağdaş 94	0,0070	0,0051	0,0044	0,0055
Demir 2000	0,0065	0,0055	0,0050	0,0056
Doğu 88	0,0043	0,0042	0,0041	0,0042
ES 26	0,0068	0,0055	0,0048	0,0057
Gerek 79	0,0073	0,0054	0,0044	0,0057
Gün 91	0,0053	0,0039	0,0039	0,0044
Harmankaya 99	0,0054	0,0043	0,0044	0,0046
Hawk (Şahin)	0,0076	0,0058	0,0014	0,0049
Haymana 79	0,0063	0,0033	0,0001	0,0032
İkizce 96	0,0065	0,0042	0,0043	0,0050
İzgi 2001	0,0074	0,0045	0,0037	0,0052
Karahan 99	0,0058	0,0051	0,0057	0,0055
Karasu 90	0,0065	0,0031	0,0004	0,0033
Kate A-1	0,0057	0,0037	0,0050	0,0048
Kılıksız buğday	0,0072	0,0041	0,0023	0,0045
Kıraç 66	0,0054	0,0037	0,0043	0,0045
Kırgız 95	0,0066	0,0043	0,0037	0,0049
Kırık	0,0049	0,0038	0,0037	0,0041
Kırkpınar 79	0,0068	0,0050	0,0017	0,0045
Kırmızı Kılçık	0,0105	0,0089	0,0062	0,0085
Kırmızı Yerli	0,0095	0,0052	0,0001	0,0049
Koca buğday	0,0068	0,0046	0,0005	0,0040
Köse 220/39	0,0078	0,0032	0,0016	0,0042
Kutluk 94	0,0075	0,0047	0,0046	0,0056
Lancer	0,0057	0,0042	0,0040	0,0046
Mızrak	0,0056	0,0041	0,0034	0,0044
Müfitbey	0,0068	0,0045	0,0057	0,0057
Nacibey	0,0057	0,0040	0,0043	0,0047
Nenehatun	0,0075	0,0042	0,0038	0,0052
Özlü buğday	0,0072	0,0033	0,0001	0,0035
Palandöken 97	0,0075	0,0045	0,0033	0,0051
Pehlivan	0,0057	0,0036	0,0022	0,0038
Polatlı Kösesi	0,0073	0,0031	0,0026	0,0043
Prostor	0,0089	0,0039	0,0029	0,0052
Sert buğday	0,0069	0,0048	0,0023	0,0046
Soyer02	0,0084	0,0044	0,0042	0,0057
Sönmez 2001	0,0060	0,0038	0,0032	0,0043
Sultan 95	0,0078	0,0041	0,0030	0,0050
Sürak 1593/51	0,0086	0,0040	0,0005	0,0044
Süzen 97	0,0085	0,0053	0,0045	0,0061
Tir	0,0071	0,0053	0,0002	0,0042
Tosunbey	0,0087	0,0056	0,0056	0,0066
Türkmen	0,0082	0,0047	0,0035	0,0054
Uzunyayla	0,0060	0,0127	0,0021	0,0069
Yakar 99	0,0084	0,0046	0,0032	0,0054
Yayla 305	0,0062	0,0039	0,0008	0,0036
Zencirci 2002	0,0073	0,0057	0,0045	0,0058
Zerin	0,0069	0,0024	0,0008	0,0034
Ortalama	0,0069	0,0047	0,0032	0,0049
F değeri (Genotip)	200,88	697,11	348,49	610,53**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	50553,40**
F değeri (G*K)	-	-	-	323,25**
LSD (0,05) (G)	0,00	0,00	0,00	0,00
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,00
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,00
Varyasyon Katsayısı %	3,76	9,62	26,80	6,79

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

(0,0049 g), Gün 91 (0,0053 g), Alparslan (0,0053 g), Kırac 66 (0,0054 g) ve Harmankaya 99 (0,0054 g) ile genotipleri takip etmiştir.

Genotiplerin kök kuru ağırlığı 15 mM uygulamasında 0,0024 g ile 0,0127 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0069 g olarak belirlemiştir. 15 mM uygulamasının kök kuru ağırlığı en yüksek sırasıyla Uzunyayla (0,0127 g) ve Kırmızı Kılçık (0,0089 g), Bolal 2973 (0,0063 g), Ak buğday (0,0060 g), Hawk Şahin (0,0058 g) ve Bayraktar 2000 (0,0058 g) genotiplerinde belirlenmiştir. 15 mM uygulamasının kök kuru ağırlığı 0,0024 g ile Zerin genotipte en düşük olmuştur. Bu genotipi Karasu 90 (0,0031 g), Polatlı Kösesi (0,0031 g), Köse 220/39 (0,0032 g), Haymana 79 (0,0033 g) ve Özlü buğday (0,0033 g) ile genotipleri takip etmiştir. 15 mM uygulamasının kontrole göre genotipler arasında en yüksek kök kuru ağırlığındaki azalma Prostor, Köse 220/39, Sürak 1593/51, Zerin ve Kırmızı Yerli genotiplerinde olmuştur. Uzunyayla genotipinde kök kuru ağırlığı bakımından herhangi bir değişim olmamıştır. Ancak Doğu 88, Aldane, Karahan 99, Atlı 2002 ve Bayraktar 2000 genotiplerinde ise çok az azalmaların olduğu belirlenmiştir.

Genotiplerin kök kuru ağırlığı 30 mM uygulamasında 0,0001 g ile 0,0062 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0069 g olarak belirlemiştir. 30 mM uygulamasının kök kuru ağırlığı Kırmızı Kılçık 0,0062 g genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi Müfitbey (0,0057 g), Karahan 99 (0,0057 g), Tosunbey (0,056 g) ve Aldane (0,0053 g) genotipleri izlemiştir. 30 mM uygulamasının kök kuru ağırlığı 0,0001 g ile Haymana 79, Özlü buğday ve Kırmızı Yerli genotiplerinde en düşük olmuştur. Bu genotipleri Tir (0,0002 g), Karasu 90 (0,0004 g), Sürak 1593/51 (0,0005 g), Bezostaja 1 (0,0005 g), Koca buğday (0,0005 g) ve Ankara 093/44 (0,0005 g) ile genotipleri takip etmiştir. Genotiplerin 30 mM uygulamasındaki kontrole göre kök kuru ağırlığı karşılaştırıldığında kök kuru ağırlığındaki en fazla azalma Kırmızı Yerli, Sürak 1593/51, Özlü buğday ve Bezostaja 1 genotiplerinde olmuştur. Diğer taraftan Aldane, Kate A-1, Harmankaya 99, Karahan 99 ve Doğu 88 genotiplerinde kök kuru ağırlığında kontrole göre azda olsa azalmalar belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan alüminyum konsantrasyonun ortalamasına göre genotiplerin kök kuru ağırlıkları 0,0032 g ile 0,0085 g arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7). En yüksek kök kuru ağırlığı 0,0085 g ile Kırmızı Kılçık genotiplerinde belirlenmiştir. Bu genotipi Uzunyayla (0,0069 g), Tosunbey (0,0066 g), Ak buğday (0,0061 g), Süzen 97 (0,0061 g) ve Bolal 2973 (0,0060 g) genotipleri izlemiştir. Kök kuru ağırlığı en düşük sırasıyla Haymana 79 (0,0032 g), Karasu 90 (0,0033 g), Zerin (0,0034 g), Özlü buğday (0,0035 g) ve Yayla 305 (0,0036 g) genotiplerinde kaydedilmiştir (Çizelge 4.7).

4.2.5. Çim kını uzunluğu (cm)

Çim kını uzunluğu yönünden denemeye alınan 64 ekmeklik buğday genotipi arasındaki farkların, araştırmanın yürütüldüğü 3 konsantrasyon da önemli olduğu belirlenmiştir. Çim kını uzunluğu üzerine konsantrasyonların etkisi de önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (3,51 cm) göre, 15 mM (3,07 cm) ve 30 mM (2,56 cm) konsantrasyonlarda önemli derecede azalmaların olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin, çim kını uzunluğu yönünden sıralanışının konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.8).

Kontrol uygulamasına göre genotiplerin çim kını uzunluğu 2,22 cm ile 5,01 cm arasında değişim göstermiş, ortalama 3,51 cm olarak belirlemiştir. Araştırmada kullanılan ekmeklik buğday genotipleri içerisinde en uzun çim kını İkizce 96 (5,01cm) genotipinde belirlenmiş, bu genotipi Kırmızı Kılçık (4,72 cm), Kırkpınar 79 (4,69 cm), Sert buğday (4,62 cm), Özlü buğday (4,48 cm) ve Haymana 79 (4,43 cm) genotipleri izlemiştir. En kısa çim kını uzunlukları ise Bolal 2973, Prostor, Yakar 99 ve Çetinel 2000 genotiplerinde sırasıyla 2,02 cm, 2,22 cm, 2,38 cm ve 2,48 cm olarak ölçülmüştür.

Araştırmanın yürütüldüğü 15 mM’lık konsantrasyonda ise genotiplere ait çim kını uzunlukları 2,01 cm ile 4,59 cm arasında değişim göstermiştir. En uzun çim kını Sert buğday genotipinde (4,59 cm) belirlenmiş, bu genotipi Doğu 88 (4,57 cm), Kutluk 94,

Çizelge 4.8. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda çim kını uzunluğuna ait veriler (cm)

Genotipler	Kontrol	15mM	30mM	Ortalama
Ak buğday	3,65	2,44	1,44	2,51
Ak-702	4,19	4,20	3,47	3,95
Aksel 2000	2,56	2,17	1,75	2,16
Aldane	3,62	3,18	2,60	3,13
Alparslan	3,56	3,45	2,96	3,32
Altay 2000	3,46	4,15	3,72	3,78
Ankara 093/44	2,84	2,33	2,00	2,39
Atlı 2002	3,38	2,73	2,58	2,89
Aytın 98	2,97	2,97	2,83	2,92
Bağcı 2002	2,87	2,71	2,36	2,64
Bayraktar 2000	4,13	3,68	2,68	3,50
Bereket	3,32	2,65	2,24	2,73
Bezostaja 1	3,00	2,32	2,02	2,44
Bolal 2973	2,02	3,20	2,51	3,08
Conkesme	4,06	3,73	3,52	3,77
Çetinel 2000	2,48	2,64	2,12	2,41
Dağdaş 94	2,97	2,06	1,85	2,29
Demir 2000	3,62	2,79	2,20	2,87
Doğu 88	4,17	4,57	3,94	4,22
ES 26	4,17	4,24	3,91	4,10
Gerek 79	3,32	3,09	2,86	3,09
Gün 91	3,99	3,58	2,57	3,38
Harmankaya 99	2,68	2,56	2,30	2,51
Hawk (Şahin)	3,20	2,89	1,99	2,69
Haymana 79	4,43	3,50	2,76	3,56
İkizce 96	5,01	4,13	2,95	4,03
İzgi 2001	2,79	2,55	2,14	2,49
Karahan 99	3,37	3,14	2,54	3,01
Karasu 90	2,93	2,91	2,27	2,70
Kate A-1	3,53	2,61	2,53	2,89
Kılçıksız buğday	3,85	3,73	3,59	3,72
Kıraç 66	2,85	2,91	2,67	2,81
Kırgız 95	3,32	2,73	2,34	2,80
Kırık	4,23	3,16	2,34	3,24
Kırkpınar 79	4,69	3,61	3,11	3,80
Kırmızı Kılçık	4,72	3,54	2,96	3,74
Kırmızı Yerli	3,93	3,03	2,44	3,13
Koca buğday	4,18	3,39	3,40	3,66
Köse 220/39	2,97	2,17	2,00	2,38
Kutluk 94	4,31	4,26	3,28	3,95
Lancer	3,63	3,79	3,31	3,57
Mızrak	3,26	2,50	1,76	2,51
Müfitbey	3,10	3,01	2,79	2,97
Nacibey	2,87	2,51	1,69	2,35
Nenehatun	3,54	2,87	2,74	3,05
Özlü buğday	4,48	3,58	3,02	3,69
Palandöken 97	3,16	2,48	2,38	2,67
Pehlivan	3,86	2,56	2,13	2,85
Polatlı Kösesi	3,79	3,22	3,12	3,38
Prostor	2,22	2,19	2,01	2,14
Sert buğday	4,62	4,59	3,13	4,11
Soyer02	2,88	2,97	2,42	2,76
Sönmez 2001	3,61	3,09	2,61	3,10
Sultan 95	2,96	2,98	2,74	2,89
Sürak 1593/51	3,37	2,48	1,98	2,61
Süzen 97	3,24	2,78	2,41	2,81
Tir	4,19	3,04	0,92	2,71
Tosunbey	3,17	2,88	2,67	2,90
Türkmen	3,50	3,23	2,79	3,17
Uzunyayla	3,75	3,55	2,40	3,23
Yakar 99	2,38	2,22	2,18	2,26
Yayla 305	3,23	2,45	1,93	2,53
Zencirci 2002	3,60	3,20	2,79	3,20
Zerin	3,71	2,66	2,47	2,94
Ortalama	3,51	3,07	2,56	3,05
F değeri (Genotip)	14,99**	17,86**	12,17**	35,12**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	572,48**
F değeri (G*K)	-	-	-	4,54**
LSD (0,05) (G)	0,44	0,41	0,47	0,25
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,06
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,44
Varyasyon Katsayısı %	9,08	9,54	13,21	10,41

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

(4,26 cm) ve ES 26 (4,24 cm) genotipleri izlemiştir. En kısa çim kını uzunlukları Dağdas 94 (2,06 cm), Köse 220/39 (2,17 cm), Aksel 2000 (2,17 cm), Prostor (2,19 cm) ve Yakar 9 (2,22 cm) genotiplerinde ölçülmüştür. 15mM uygulamasında kontrole göre çim kını uzunluğundaki en yüksek değişim Pehlivan genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Ak buğday, Kırmızı Kılçık, Tir ve Kırkpınar 79 genotipleri takip etmiştir. Buna karşın 15 mM uygulamasında çim kını uzunluğu 11 genotipte (Aytın 98, Ak-702, Sultan 95, Kırış 66, ES 26, Soyer02, Çetinel 2000, Lancer, Doğu 88, Altay 2000 ve Bolal 2973) kontrolden daha uzun olarak gerçekleşmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü 30 mM'lık konsantrasyonda ise genotiplere ait çim kını uzunlukları 0,92 cm ile 3,94 cm arasında değişim göstermiştir. En uzun çim kını Doğu 88 genotipinde (3,94 cm) belirlenmiş, bu genotipi ES 26 (3,91 cm), Altay 2000 (3,72 cm), Kılçiksız buğday (3,59 cm) ve Conkesme (3,52 cm) genotipleri izlemiştir. En kısa çim kını uzunlukları Tir (0,92 cm), Ak buğday (1,44 cm) ve Nacibey (1,69 cm) genotiplerinde ölçülmüş, bu 3 genotip ile çim kını uzunluğu 1,75 cm olan Aksel 2000 arasındaki farklar önemli olmamıştır. 30 mM uygulamasında kontrole göre çim kını uzunluğu genotipler arasında en yüksek azalma Tir genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Ak buğday, İkizce 96, Kırık ve Kırmızı Kılçık genotipleri takip etmiştir. Buna karşın 30 mM uygulamasının çim kını uzunluğu Altay 2000 ve Bolal 2973 genotipleri kontrolden daha uzun oldukları tespit edilmiştir.

Kontrol, 15 mM ve 30 mM konsantrasyonların ortalamasına göre, ekmeklik buğday genotiplerinin çim kını uzunlukları 2,14 cm ile 4,22 cm arasında değişim göstermiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). En uzun çim kını 4,22 cm ile Doğu 88 genotipinde ölçülmüş ve bu genotip sıralamada ikinci gelen Sert buğday ve ES 26 (4,11 cm) hariç, diğer 61 genotipten önemli derecede üstün olmuştur. Bu genotipleri çim kını uzunluğu 4,03 cm ile İkizce 96, 3,95 cm ile Ak-702 ve 3,95 cm ile Kutluk 94 genotipleri takip etmiştir. En kısa çim kını ise 2,14 cm ile Prostor genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi Aksel 2000 (2,16 cm), Yakar 99 (2,26 cm) ve Dağdas 94 (2,29 cm) genotipleri izlemiştir. Bu çalışmada, 6 genotip 3,95 - 4,22

cm arasında, 23 genotip 3,01 - 3,80 cm arasında, 35 genotip ise 2,14 - 2,99 cm arasında çim kını uzunluğuna sahip olmuştur (Çizelge 4.8).

4.2.6. Sürgün uzunluğu (cm)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, sürgün uzunluğu bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Sürgün uzunluğu üzerinde alüminyumün ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (13,53 cm) göre, 15 mM (8,75 cm) ve 30mM (5,40 cm) uygulamalarında önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin, alüminyum sonrası sürgün uzunluğu bakımından konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.9) (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Soldan sağa doğru kontrol, 15 mM, 30 mM Al uygulaması sonrası sürgün uzunlukları

Kontrol uygulamasında genotiplerin sürgün uzunluğu 9,57 cm ile 17,64 cm arasında değişim göstermiş, ortalama 13,53 cm olarak belirlemiştir. Sürgün uzunluğu 17,64 cm Kırmızı Yerli genotipinde en uzun olarak belirlenmiştir. Bu genotipi Özlü bugday (17,05 cm), Zerin (16,98 cm), Yayla 305 (16,29 cm) ve Ak-702 (16,24 cm) genotipleri izlemiştir. Bu genotipi Sürgün uzunluğu en kısa sırasıyla Prostor (9,57 cm), Nacibey.

Çizelge 4.9. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda sürgün uzunluğuna ait veriler (cm)

Genotipler	Kontrol	15mM	30mM	Ortalama
Ak buğday	12,34	4,74	1,70	6,25
Ak-702	16,24	11,13	5,84	11,07
Aksel 2000	11,31	7,76	3,38	7,48
Aldane	12,90	9,03	4,56	8,82
Alparslan	11,25	9,73	7,02	9,32
Altay 2000	10,75	13,30	7,80	10,6
Ankara 093/44	12,16	7,90	4,25	8,10
Atlı 2002	13,44	7,97	3,80	8,40
Aytın 98	12,47	10,72	8,09	10,42
Bağcı 2002	11,71	8,67	6,78	9,05
Bayraktar 2000	13,54	10,72	4,59	9,61
Bereket	14,43	9,01	5,84	9,75
Bezostaja 1	13,14	7,14	4,78	8,35
Bolal 2973	13,94	10,91	3,78	9,54
Conkesme	15,58	10,05	6,59	10,74
Çetinel 2000	10,58	7,99	5,26	7,94
Dağdaş 94	13,14	8,26	6,60	9,33
Demir 2000	12,44	8,66	4,49	8,52
Doğu 88	14,72	13,22	9,51	12,48
ES 26	14,33	11,92	10,06	12,10
Gerek 79	12,54	10,30	8,68	10,50
Gün 91	13,08	9,08	5,20	9,11
Harmankaya 99	10,69	6,70	5,25	7,54
Hawk (Şahin)	13,79	8,05	3,55	8,46
Haymana 79	15,23	8,49	5,64	9,78
İkizce 96	13,79	11,11	6,11	10,34
İzgi 2001	12,71	9,59	5,55	9,28
Karahan 99	11,79	10,21	7,68	9,88
Karasu 90	14,76	8,87	5,01	9,54
Kate A-1	12,22	9,68	7,02	9,63
Kılçıksız buğday	13,33	9,18	6,92	9,80
Kıraç 66	10,76	7,92	5,20	7,95
Kırgız 95	12,90	8,06	5,08	8,68
Kırık	13,42	6,42	2,53	7,45
Kırkpınar 79	15,58	9,05	6,79	10,47
Kırmızı Kılçık	13,85	9,50	6,48	9,94
Kırmızı Yerli	17,64	7,89	4,55	10,03
Koca buğday	14,85	9,85	6,14	10,28
Köse 220/39	14,24	7,49	4,04	8,58
Kutluk 94	12,24	7,82	4,47	8,17
Lancer	14,21	9,17	5,99	9,78
Mızrak	11,27	5,94	3,49	6,89
Müfitbey	13,86	9,23	6,23	9,77
Nacibey	10,51	6,38	2,83	6,57
Nenehatun	12,04	5,82	4,80	7,55
Özlü buğday	17,05	9,57	4,36	10,32
Palandöken 97	12,64	5,57	4,27	7,49
Pehlivan	11,57	4,02	3,14	6,24
Polatlı Kösesi	15,64	8,68	5,96	10,09
Prostor	9,57	5,58	4,69	6,61
Sert buğday	16,12	10,04	4,20	10,12
Soyer02	13,70	9,53	6,27	9,83
Sönmez 2001	14,96	10,37	7,02	10,78
Sultan 95	12,32	9,23	6,25	9,26
Sürak 1593/51	14,50	6,04	3,48	8,00
Süzen 97	14,47	9,21	5,50	9,73
Tir	15,65	8,62	2,19	8,82
Tosunbey	14,70	9,79	6,70	10,40
Türkmen	15,11	9,60	6,86	10,52
Uzunyayla	16,20	9,85	4,12	10,05
Yakar 99	11,91	7,83	5,31	8,34
Yayla 305	16,29	8,28	4,24	9,60
Zencirci 2002	14,67	8,79	5,81	9,75
Zerin	16,98	8,84	5,23	10,35
Ortalama	13,53	8,75	5,40	9,22
F değeri (Genotip)	35,01**	57,88**	2,70**	9,45**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	1857,75**
F değeri (G*K)	-	-	-	4,93**
LSD (0,05) (G)	0,86	0,66	3,41	1,19
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,26
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	2,05
Varyasyon Katsayısı %	4,55	5,43	43,87	15,96

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

(10,51 cm), Çetinel 2000 (10,58 cm), Harmankaya 99 (10,69 cm) ve Altay 2000 (10,75 cm) genotiplerinde kaydedilmiştir

15 mM uygulamasında genotiplerin sürgün uzunluğu 4,02 cm ile 13,30 cm arasında değişim göstermiş, ortalama 8,75 cm olarak belirlemiştir. Sürgün uzunluğu sırasıyla Altay 2000 (13,30 cm), Doğu 88 (13,22 cm), ES 26 (11,92 cm), Ak-702 (11,13 cm) ve İkizce 96 (11,11 cm) genotiplerinde en uzun olmuştur. En kısa sürgün uzunluğu 4,02 cm ile Pehlivan genotiplerinde belirlenmiştir. Bu genotipi Ak buğday (4,74 cm), Palandöken 97 (5,57 cm), Prostor (5,58 cm), Nenehatun (5,82 cm) ve Mızrak (5,94 cm) genotipleri takip etmiştir. 15 mM uygulamasında kontrole göre sürgün uzunluğundaki en yüksek azalma Kırmızı Yerli genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Sürak 1593/51, Zerin, Yayla 305 ve Ak buğday genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan Doğu 88, Alparslan, Karahan 99, Aytın 98 ve Gerek 79 genotiplerinde kontrole göre değişim en az olmuştur. Ayrıca sürgün uzunluğu Altay 2000 genotipinin 15 mM uygulaması kontrolden daha uzun olmuştur.

30 mM uygulamasında genotiplerin sürgün uzunluğu 1,70 cm ile 10,05 cm arasında değişim göstermiş, ortalama 5,40 cm olarak tespit edilmiştir. Sürgün uzunluğu 10,05 cm ile ES 26 genotipinde en uzun olmuştur. Bu genotipi Doğu 88 (9,51 cm), Gerek 79 (8,68 cm), Aytın 98 (8,09 cm) ve Altay 2000 (7,80 cm) genotipleri takip etmiştir. En kısa sürgün uzunluğu ise sırasıyla Ak buğday (1,70 cm), Tir (2,19 cm), Kırık (2,53 cm), Nacibey (2,83 cm), Pehlivan (3,14 cm) ve Aksel 2000 (3,38 cm) genotiplerinde belirlenmiştir. Genotiplerin 30 mM uygulamasındaki sürgün uzunlukları kontrole göre değerlendirildiğinde en yüksek azalma Tir genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Kırmızı Yerli, Özlü buğday, Uzunyayla ve Yayla 305 genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan Karahan 99, Alparslan, ES 26, Altay 2000 ve Gerek 79 genotiplerinde en az değişim kaydedilmiştir.

Alüminyum konsantrasyonların ortalaması olarak genotiplerin sürgün uzunluğu 6,24 cm ile 12,48 cm arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). En uzun sürgün uzunluğuna sahip genotip 12,48 cm ile Doğu 88

olmuştur. Bu genotopi sırasıyla ES 26 (12,10 cm), Ak-702 (11,07 cm), Süzen 2000 (10,78 cm), Conkesme (10,74 cm) ve Altay 2000 (10,60 cm) genotipleri takip etmiştir. En kısa sürgün uzunluğu sırasıyla Pehlivan (6,24 cm), Ak buğday (6,25 cm) Nacibey (6,57 cm), Prostor (6,61 cm) ve Mızrak (6,89 cm) ile genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

4.2.7. Sürgün yaş ağırlığı (g)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, sürgün yaş ağırlığı bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Sürgün yaş ağırlığında alüminyum uygulamasının ana etkisi önemli olmuş, genotiplerin ortalaması olarak kontrole (0,08 g) göre 15 mM (0,06 g) ve 30 mM (0,04 g) konsantrasyonları önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerin, alüminyum sonrası sürgün yaş ağırlığı bakımından konsantrasyonlarda farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.10).

Genotiplerin sürgün yaş ağırlığının kontrol uygulamasında 0,04 g ile 0,11 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,08 g olarak belirlemiştir. Sürgün yaş ağırlığı 0,11 g Tir genotipde belirlenmiştir. Bu genotipi 0,01 g Sert buğday ve Bezostaja 1 genotipleri takip etmiştir. En düşük sürgün yaş ağırlığı sırasıyla Gerek 79 (0,04 g), Kırmızı Yerli (0,05 g) ve Mızrak (0,05) genotiplerinde görülmüştür.

15 mM uygulamasında genotiplerin sürgün yaş ağırlığı 0,03 g ile 0,19 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,06 g olarak belirlemiştir. 15 mM uygulamasında en yüksek sürgün yaş ağırlığı 0,19 g ile Uzunyayla genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi sırasıyla Müfitbey (0,17 g), Kırmızı Yerli (0,10 g), Altay 2000 (0,10 g), 0,07 g ile Sert buğday, Bolal 2973, Conkesme, İkizce 96, Tir, Bayraktar 2000, Tosunbey, Yayla 305, Altay 2000, Sönmez 2001, Ak-702, Süzen 97 ve Kırkpınar 79 genotipleri izlemiştir. En düşük sürgün yaş ağırlığı 0,03 g ile Pehlivan ve Mızrak genotiplerinde belirlenmiştir. Kontrole göre 15 mM uygulamasında genotiplerdeki sürgün yaş ağırlığında en yüksek

Çizelge 4.10. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda sürgün yaş ağırlıklarına ait veriler (g)

Genotipler	Kontrol	15mM	30mM	Ortalama
Ak buğday	0,07	0,04	0,02	0,04
Ak-702	0,07	0,07	0,05	0,06
Aksel 2000	0,06	0,04	0,02	0,04
Aldane	0,09	0,06	0,04	0,06
Alparslan	0,06	0,05	0,04	0,05
Altay 2000	0,06	0,10	0,05	0,07
Ankara 093/44	0,08	0,05	0,04	0,05
Atlı 2002	0,06	0,06	0,02	0,05
Aytın 98	0,07	0,05	0,04	0,05
Bağcı 2002	0,06	0,05	0,04	0,05
Bayraktar 2000	0,08	0,07	0,04	0,06
Bereket	0,08	0,05	0,04	0,05
Bezostaja 1	0,10	0,05	0,05	0,07
Bolal 2973	0,08	0,07	0,03	0,06
Conkesme	0,09	0,07	0,06	0,07
Çetinel 2000	0,07	0,05	0,04	0,05
Dağdaş 94	0,08	0,05	0,04	0,06
Demir 2000	0,08	0,06	0,04	0,06
Doğu 88	0,06	0,05	0,04	0,05
ES 26	0,06	0,05	0,05	0,05
Gerek 79	0,04	0,05	0,05	0,04
Gün 91	0,07	0,05	0,03	0,05
Harmankaya 99	0,06	0,04	0,03	0,04
Hawk (Şahin)	0,07	0,05	0,04	0,05
Haymana 79	0,08	0,04	0,05	0,06
İkizce 96	0,09	0,07	0,04	0,07
İzgi 2001	0,06	0,06	0,04	0,05
Karahan 99	0,07	0,06	0,05	0,06
Karasu 90	0,08	0,06	0,04	0,06
Kate A-1	0,06	0,05	0,04	0,05
Kılçıksız buğday	0,08	0,05	0,05	0,06
Kıraç 66	0,06	0,05	0,03	0,05
Kırgız 95	0,08	0,04	0,03	0,05
Kırık	0,07	0,04	0,02	0,04
Kırkpınar 79	0,07	0,07	0,04	0,06
Kırmızı Kılçık	0,08	0,06	0,09	0,08
Kırmızı Yerli	0,05	0,10	0,04	0,06
Koca buğday	0,08	0,06	0,05	0,06
Köse 220/39	0,06	0,05	0,03	0,05
Kutluk 94	0,07	0,06	0,04	0,05
Lancer	0,07	0,05	0,09	0,07
Mızrak	0,05	0,03	0,02	0,04
Müfitbey	0,06	0,17	0,04	0,09
Nacibey	0,06	0,04	0,02	0,04
Nenehatun	0,07	0,04	0,04	0,05
Özlü buğday	0,09	0,06	0,04	0,06
Palandöken 97	0,07	0,04	0,03	0,04
Pehlivan	0,06	0,03	0,03	0,04
Polatlı Kösesi	0,09	0,06	0,05	0,07
Prostor	0,07	0,04	0,03	0,05
Sert buğday	0,10	0,07	0,03	0,07
Soyer02	0,06	0,06	0,04	0,05
Sönmez 2001	0,08	0,07	0,04	0,06
Sultan 95	0,08	0,06	0,05	0,06
Sürak 1593/51	0,08	0,04	0,04	0,05
Süzen 97	0,06	0,07	0,04	0,06
Tir	0,11	0,07	0,03	0,07
Tosunbey	0,09	0,07	0,04	0,06
Türkmen	0,08	0,06	0,05	0,06
Uzunyayla	0,06	0,19	0,04	0,09
Yakar 99	0,08	0,05	0,04	0,06
Yayla 305	0,08	0,07	0,04	0,06
Zencirci 2002	0,08	0,06	0,06	0,07
Zerin	0,09	0,06	0,04	0,06
Ortalama	0,08	0,06	0,04	0,06
F değeri (Genotip)	18,53**	24,58**	7,53**	20,39**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	859,78**
F değeri (G*K)	-	-	-	16,38**
LSD (0,05) (G)	0,01	0,01	0,01	0,00
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,00
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,01
Varyasyon Katsayısı %	10,03	17,56	21,90	15,55

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

değişim Bezostaja 1 genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Haymana 79, Kırgız 95, Sürak 1593/51 ve Tir genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 11 genotipte (Ak-702, Atli 2002, İzgi 2001, Kırkpınar 79, Soyer02, Gerek 79, Süzen 97, Altay 2000, Kırmızı Yerli, Müfitbey ve Uzunyayla) sürgün yaş ağırlığı olarak herhangi bir değişim görülmemiştir.

Genotiplerin sürgün yaş ağırlığı 30 mM uygulamasında 0,02 g ile 0,09 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,04 g olarak belirlemiştir. 30 mM uygulamasında sürgün yaş ağırlığı 0,09 g ile Lancer ve Kırmızı kılçık genotiplerinde en yüksek olmuştur. Bu genotipi Conkesme (0,06 g), Zencirci 2002 (0,06 g), 0,05 g ile Bezostaja 1, Kırmızı Kılçık, Altay 2000, kılçıksız buğday, Koca buğday, Gerek 79, Türkmen, Ak-702, Karahan 99, Haymana 79, Polatlı Kösesi, ES 26 ve Sultan 95 genotipleri takip etmiştir. En düşük sürgün yaş ağırlığı 0,02 g ile Ak buğday, Nacibey, Aksel 2000, Atli 2002, Mızrak ve Kırık genotiplerinde belirlenmiştir. 30 mM uygulamasında genotipler arasında en yüksek sürgün yaş ağırlığındaki azalma Tir genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Sert buğday, Bezostaja 1, Kırgız 95 ve Ak buğday genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 30 mM uygulaması 3 (Kırmızı Kılçık, Gerek 79 ve Lancer) genotipte sürgün yaş ağırlığı olarak herhangi bir değişim olmamıştır.

Araştırmada kullanılan 3 farklı konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin alüminyum sonrası sürgün yaş ağırlığı 0,04 g ile 0,09 g arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Sürgün yaş ağırlığı alüminyum sonrası 0,09 g ile Uzunyayla ve Müfitbey genoiplerinde en yüksek olmuştur. Sürgün yaş ağırlığı 0,04 g ile en düşük 9 genotipte (Palandöken 97, Mızrak, Nacibey, Aksel 2000, Pehlivan, Ak buğday, Kırık, Gerek 79 ve Harmankaya 99) genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

4.2.8. Sürgün kuru ağırlığı (g)

Araştırmada kullanılan alüminyumun konsantrasyonuna bağlı olarak, sürgün kuru ağırlığı genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Sürgün kuru ağırlığı

Çizelge 4.11. Buğday genotiplerinin 3 farklı konsantrasyonda sürgün kuru ağırlığına ait veriler (g)

Genotipler	Kontrol	15mM	30mM	Ortalama
Ak buğday	0,0130	0,0067	0,0027	0,0074
Ak-702	0,0087	0,0089	0,0064	0,0080
Aksel 2000	0,0065	0,0055	0,0038	0,0053
Aldane	0,0098	0,0085	0,0060	0,0081
Alparslan	0,0070	0,0060	0,0058	0,0063
Altay 2000	0,0075	0,0100	0,0065	0,0080
Ankara 093/44	0,0090	0,0064	0,0053	0,0069
Atlı 2002	0,0095	0,0063	0,0038	0,0065
Aytun 98	0,0083	0,0080	0,0060	0,0074
Bağcı 2002	0,0075	0,0063	0,0060	0,0066
Bayraktar 2000	0,0090	0,0078	0,0045	0,0071
Bereket	0,0103	0,0070	0,0050	0,0074
Bezostaja 1	0,0141	0,0084	0,0083	0,0102
Bolal 2973	0,0103	0,0093	0,0043	0,0079
Conkesme	0,0113	0,0064	0,0086	0,0088
Çetinel 2000	0,0090	0,0070	0,0050	0,0070
Dağdaş 94	0,0096	0,0070	0,0068	0,0079
Demir 2000	0,0088	0,0081	0,0050	0,0073
Doğu 88	0,0082	0,0079	0,0059	0,0073
ES 26	0,0079	0,0077	0,0070	0,0075
Gerek 79	0,0080	0,0076	0,0064	0,0073
Gün 91	0,0080	0,0067	0,0052	0,0066
Harmankaya 99	0,0072	0,0053	0,0050	0,0058
Hawk (Şahin)	0,0119	0,0202	0,0068	0,0130
Haymana 79	0,0094	0,0273	0,0070	0,0146
İkizce 96	0,0104	0,0093	0,0058	0,0085
İzgi 2001	0,0085	0,0073	0,0054	0,0070
Karahan 99	0,0082	0,0066	0,0068	0,0072
Karasu 90	0,0119	0,0083	0,0060	0,0087
Kate A-1	0,0080	0,0052	0,0039	0,0057
Kılıksız buğday	0,0105	0,0081	0,0220	0,0135
Kıraç 66	0,0068	0,0067	0,0046	0,0060
Kırgız 95	0,0093	0,0060	0,0046	0,0066
Kırık	0,0087	0,0048	0,0028	0,0054
Kırkpınar 79	0,0116	0,0076	0,0076	0,0089
Kırmızı Kılçık	0,0086	0,0061	0,0040	0,0062
Kırmızı Yerli	0,0155	0,0229	0,0064	0,0149
Koca buğday	0,0126	0,0090	0,0081	0,0099
Köse 220/39	0,0138	0,0082	0,0047	0,0089
Kutluk 94	0,0090	0,0073	0,0045	0,0069
Lancer	0,0087	0,0068	0,0050	0,0068
Mızrak	0,0072	0,0048	0,0041	0,0054
Müfitbey	0,0049	0,0076	0,0057	0,0060
Nacibey	0,0072	0,0047	0,0030	0,0049
Nenehatun	0,0092	0,0056	0,0054	0,0067
Özlü buğday	0,0118	0,0082	0,0065	0,0088
Palandöken 97	0,0096	0,0047	0,0041	0,0061
Pehlivan	0,0072	0,0042	0,0028	0,0047
Polatlı Kösesi	0,0119	0,0079	0,0062	0,0086
Prostor	0,0097	0,0056	0,0056	0,0069
Sert buğday	0,0135	0,0087	0,0039	0,0087
Soyer02	0,0096	0,0081	0,0059	0,0078
Sönmez 2001	0,0089	0,0076	0,0060	0,0075
Sultan 95	0,0092	0,0069	0,0064	0,0075
Sürak 1593/51	0,0131	0,0065	0,0057	0,0084
Süzen 97	0,0115	0,0090	0,0066	0,0090
Tir	0,0137	0,0076	0,0034	0,0082
Tosunbey	0,0099	0,0078	0,0059	0,0079
Türkmen	0,0098	0,0196	0,0062	0,0706
Uzunyayla	0,0103	0,0081	0,0048	0,0077
Yakar 99	0,0100	0,0073	0,0068	0,0080
Yayla 305	0,0119	0,0079	0,0044	0,0080
Zencirci 2002	0,0100	0,0084	0,0075	0,0086
Zerin	0,0130	0,0085	0,0053	0,0089
Ortalama	0,0098	0,0083	0,0057	0,0088
F değeri (Genotip)	4,47**	156,52**	70,25**	39,58**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	798,05**
F değeri (G*K)	-	-	-	28,58**
LSD (0,05) (G)	0,00	0,00	0,00	0,00
LSD (0,05) (K)	-	-	-	0,00
LSD (0,05) (G*K)	-	-	-	0,00
Varyasyon Katsayısı %	16,72	5,59	15,07	13,72

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir.

kontrol uygulaması üzerindeki ana etkisi önemli olmuş, kontrole (0,0098 g) göre, 15 mM (0,083 g) ve 30mM (0,0057 g) uygulamasında azalmalar belirlenmiştir. Genotiplerin, sürgün kuru ağırlığında alüminyum sonrası konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “genotipxkonsantrasyon” interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.11).

Kontrol uygulamasında genotiplerin sürgün kuru ağırlığı 0,0049 g ile 0,0155 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0098 g olarak belirlemiştir. Sürgün kuru ağırlığı 0,0155 g ile alüminyum uygulaması Kırmızı Yerli genotipinde en yüksek olmuştur. Bu genotipi Bezostaja 1 (0,0141 g), Köse 220/39 (0,0138 g), Tir (0,0137 g) ve Sert buğday (0,0135 g) genotipleri izlemiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı sırasıyla Müfitbey (0,0049 g), Aksel 2000 (0,0650 g), Kırac 66 (0,0680 g) ve Alparslan (0,0070 g) genotiplerinde gözlenmiştir.

15 mM uygulamasında genotiplerin sürgün kuru ağırlığı 0,0042 g ile 0,0273 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,0083 g olarak belirlemiştir. Sürgün kuru ağırlığı alüminyum uygulaması 0,0273 g ile Haymana 79 en yüksek olmuştur. Bu genotipi Kırmızı Yerli (0,0229 g), Hawk (Şahin) (0,0202 g), Türkmen (0,0196 g), Altay 2000 (0,0100 g) ve İkizce 96 (0,0093 g) genotipleri takip etmiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı sırasıyla Pehlivan (0,0042 g), Nacibey (0,0047 g), Palandöken 97 (0,0047 g), Mızrak (0,0048 g) ve Kırık (0,0048 g) genotipleri gözlenmiştir. 15 mM uygulamasında kontrole göre sürgün kuru ağırlığında en yüksek değişim Sürak 1593/51 genotipinde gerçekleşmiş, bu genotipi Ak buğday, Tir, Bezostaja 1 ve Köse 220/39 genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan 7 genotipte (Ak-702, Altay 2000, Müfitbey, Kırmızı Yerli, Hawk (Şahin), Türkmen ve Haymana 79) sürgün kuru ağırlığı olarak herhangi bir değişim olmamıştır.

30 mM uygulamasına göre genotiplerin sürgün kuru ağırlığı bakımından 0,0027 g ile 0,0220 g arasında değişim göstermiş, ortalama 0,01 g olarak belirlemiştir. Sürgün kuru ağırlığı 0,0220 g ile Kılçıksız buğday genotipinde en yüksek olmuştur. Bu genotipi sırasıyla Conkesme (0,0086 g), Bezostaja 1 (0,0083 g), Koca buğday (0,0081 g),

Kırkpınar 79 (0,0076 g) ve Zencirci 2002 (0,0075 g) genotipleri izlemiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı sırasıyla Ak buğday (0,0027 g), Pehlivan (0,0028 g), Kırık (0,0028 g), Nacibey (0,0030 g) ve Tir (0,0034 g) genotiplerinde gözlenmiştir. 30 mM uygulaması kontrole göre genotipler arasında en yüksek değişim Ak buğday ve Tir genotiplerinde gerçekleşmiş, bu genotipleri Sert buğday, Köse 220/39 ve Kırmızı Yerli genotipleri takip etmiştir. Diğer taraftan Kılçıksız buğday ve Müfitbey genotiplerinde sürgün kuru ağırlığı olarak herhangi bir değişim olmamıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü 3 konsantrasyonun ortalaması olarak genotiplerin alüminyum sonrası sürgün kuru ağırlığı 0,0047 g ile 0,0706 g arasında değişmiş ve genotipler arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Sürgün kuru ağırlığı 0,0706 g ile Türkmen genotipinde en yüksek olmuştur. Bu genotipi sırasıyla Kırmızı Yerli (0,0149 g), Haymana 79 (0,0146 g), Kılçıksız buğday (0,0135 g), Hawk (Şahin) (0,0130 g) ve Bezostaja 1 (0,0102 g) genotipleri takip etmiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı sırasıyla Pehlivan (0,0047 g), Nacibey (0,0049 g), Aksel 2000 (0,0053 g), Mızrak (0,0054 g) ve Kırık (0,0054 g) genotiplerinde gözlenmiştir (Çizelge 4.11).

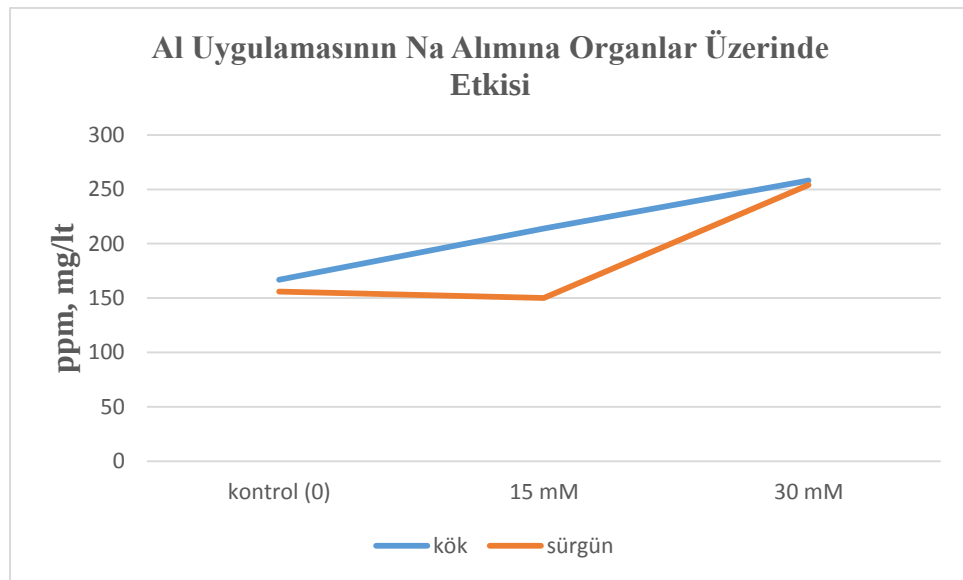
4.3. Alüminyumun Kök ve Sürgündeki Mikro ve Makro Element İçeriğine Etkisi

4.3.1. Na (ppm, mg/l) miktarına etkisi

Araştırmada kullanılan alüminyum konsantrasyonun organlardaki sodyum miktarına etkisi önemli olmuştur. Organların ortalamasına göre 15 mM ve 30 mM uygulamalarında kontrole göre Na miktarında artış görülmüştür. Organlardaki sodyum miktarı arasındaki fark önemsiz olmuştur. Ancak, kökteki Na miktarı alüminyum konsantrasyonundaki artışa paralel olarak artış göstermiştir. Sürgündeki Na miktarı ise 15 mM’ da kontrole göre azalmış, 30 mM’ da ise artış gözlenmiştir (Çizelge 4.12) (Şekil.4.3).

Çizelge 4.12. Alüminyumun kök ve sürgündeki Na (ppm, mg/lt) alımına etkisi

Organ	Kontrol (ppm)	15 mM (ppm)	30 mM (ppm)	Ortalama (ppm)
Kök	167	214	258	213
Sürgün	156	150	254	187
Ortalama	162	182	256	200
F değeri (Organ)	-	-	-	18.38
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	3.85**
F değeri (O*K)	-	-	-	1.97
LSD (0,05) (O)	-	-	-	-
LSD (0,05) (K)	-	-	-	32.254
LSD (0,05) (O*K)	-	-	-	-

**Şekil 4.3.** Alüminyumun kök ve sürgündeki Na (ppm, mg/lt) alımına etkisi

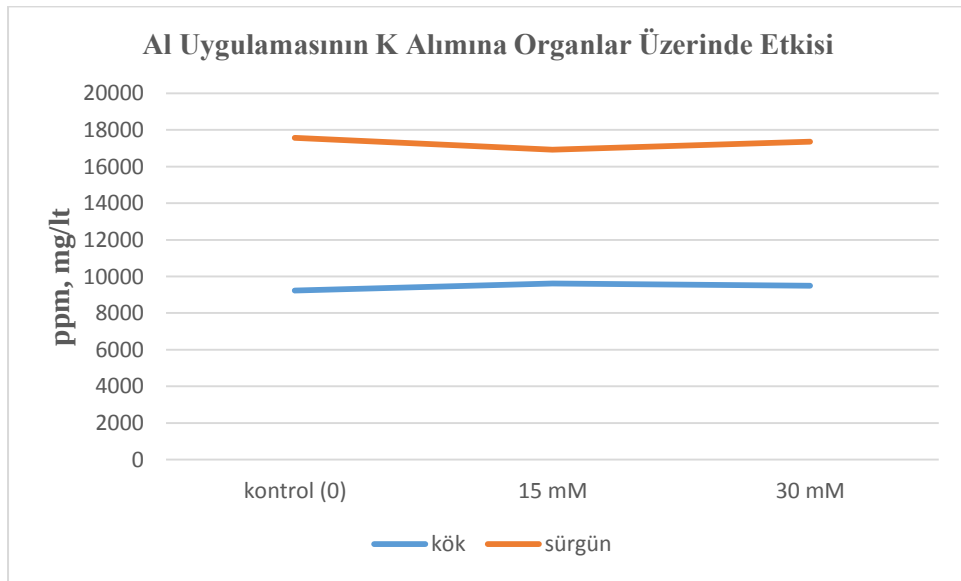
4.3.2. K (ppm, mg/lt) miktarına etkisi

Araştırmada kullanılan alüminyum konsantrasyonun bitkideki potasyum miktarına etkisi önemli olmuştur. Organların ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre 15 mM ve 30 mM uygulamalarında K miktarında artış görülmüştür. Potasyum miktarı bakımından organlar arasındaki fark önemsiz olmuştur. Kökteki K miktarı kontrole göre 15mM ve 30 mM’ da artış meydana gelmiştir. Ancak, bu artış 15 mM’ da 30 mM göre

daha fazla olmuştur. Diğer taraftan sürgündeki potasyum miktarı 15 mM ve 30 mM’ da azalmıştır (Çizelge 4.13) (Şekil.4.4).

Çizelge 4.13. Alüminyumun konsantrasyonunun kök ve sürgündeki K (ppm, mg/lt) alımına etkisi

Organ	Kontrol (ppm)	15 mM (ppm)	30 mM (ppm)	Ortalama (ppm)
Kök	9230	9615	9495	9447
Sürgün	17573	16916	17353	17281
Ortalama	13402	13266	13424	13364
F değeri (Organ)	-	-	-	0.01
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	49.74**
F değeri (O*K)	-	-	-	0,07
LSD (0,05) (O)	-	-	-	-
LSD (0,05) (K)	-	-	-	2675
LSD (0,05) (O*K)	-	-	-	-



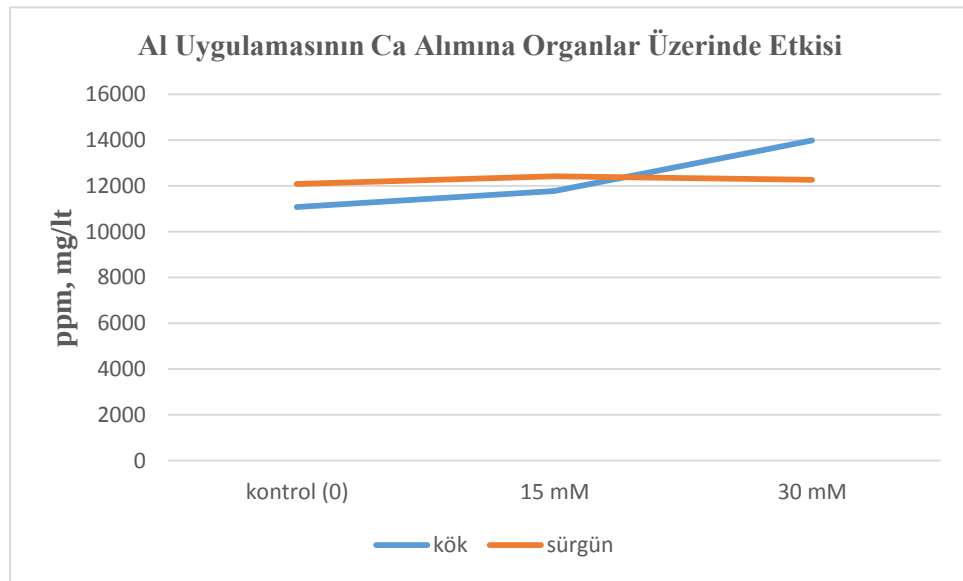
Şekil 4.4. Alüminyumun kök ve sürgündeki K (ppm, mg/lt) alımına etkisi

4.3.3. Ca (ppm, mg/lt) miktarına etkisi

Kalsiyum miktarına alüminyumun konsantrasyonlarının ve organlar arasında farklar önemli olmamıştır. Ancak hem kökte hemde sürgünde kalsiyum miktarı 15 mM ve 30 mM’ da kontrole göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14) (Şekil.4.5).

Çizelge 4.14. Alüminyumun kök ve sürgündeki Ca (ppm, mg/lt) alımına etkisi

Organ	Kontrol (ppm)	15 mM (ppm)	30 mM (ppm)	Ortalama (ppm)
Kök	11080	11781	13984	12282
Sürgün	12087	12419	12265	12257
Ortalama	11584	12100	13125	12270
F değeri (Organ)	-	-	-	1.68
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	0.00
F değeri (O*K)	-	-	-	1.49
LSD (0,05) (O)	-	-	-	-
LSD (0,05) (K)	-	-	-	-
LSD (0,05) (O*K)	-	-	-	-



Şekil 4.5. Alüminyumun kök ve sürgündeki Ca (ppm, mg/lt) alımına etkisi

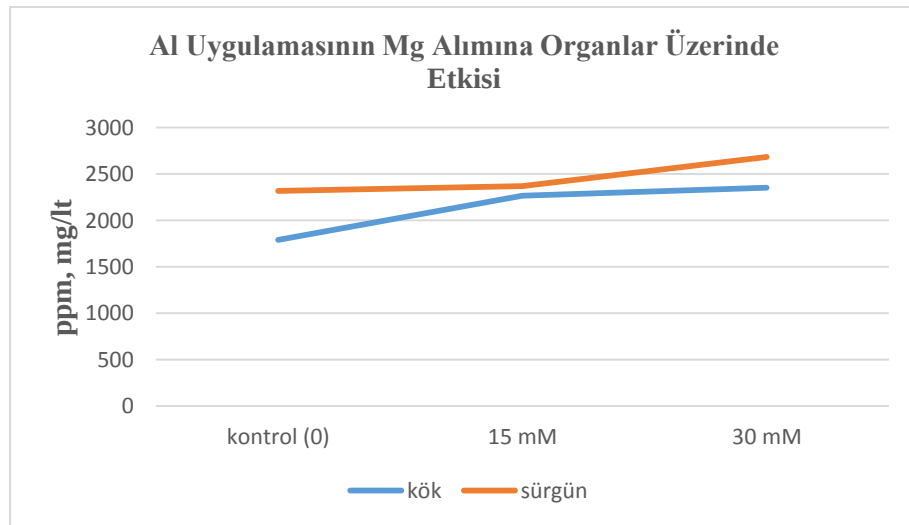
4.3.4. Mg (ppm, mg/lt) miktarına etkisi

Araştırmada kullanılan alüminyum konsantrasyonun Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi organlardaki magnezyum miktarına etkisi önemli olmuştur. Organların ortalamasına göre Mg miktarında kontrole göre 15 mM ve 30 mM uygulamalarında artış görülmüştür.

Çizelge 4.15. Alüminyumun kök ve sürgündeki Mg (ppm, mg/lt) alımına etkisi

Organ	Kontrol (ppm)	15 mM (ppm)	30 mM (ppm)	Ortalama (ppm)
Kök	1790	2268	2354	2137
Sürgün	2320	2371	2685	2459
Ortalama	2055	2320	2520	2298
F değeri (Organ)	-	-	-	3.55**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	5.08**
F değeri (O*K)	-	-	-	0.75
LSD (0,05) (O)	-	-	-	280,50
LSD (0,05) (K)	-	-	-	343.55
LSD (0,05) (O*K)	-	-	-	1943,34

Magnezyum miktarı bakımından organlar arasındaki fark önemli olmuştur. Ayrıca, hem kök hem de sürgünde Mg miktarı alüminyum konsantrasyonundaki artışa paralel olarak artış göstermiştir (Çizelge 4.15) (Şekil.4.6).



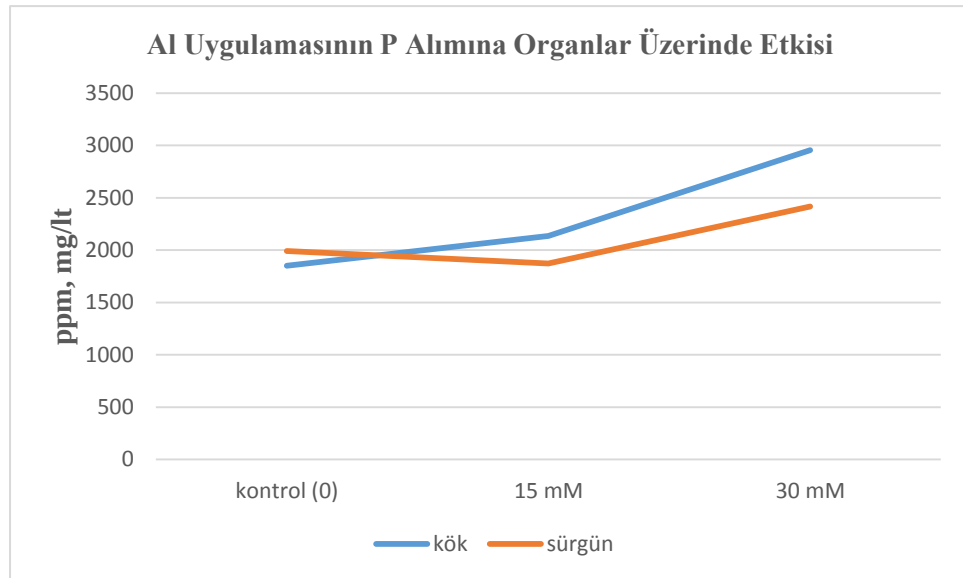
Şekil 4.4. Alüminyumun kök ve sürgündeki Mg (ppm, mg/lt) alımına etkisi

4.3.5. P (ppm, mg/lt) miktarına etkisi

P alımı bakımından organlar arasında fark önemli olmuştur. Konsantrasyonların etkisi önemsiz olmuştur. Kökte alüminyum konsantrasyonlarına göre P miktarı kontrole göre 15 mM ve 30 mM’ da artış belirlenmiştir. Diğer taraftan sürgünde kontrole göre 15 mM’ da azalma olurken, 30 mM’ da artış görülmüştür (Çizelge 4.16) (Şekil.4.7).

Çizelge 4.16. Alüminyumun konsantrasyonunun kök ve sürgündeki P (ppm, mg/lt) alımına etkisi

Organ	Kontrol (ppm)	15 mM (ppm)	30 mM (ppm)	Ortalama (ppm)
Kök	1852	2135	2957	2315
Sürgün	1991	1872	2418	2094
Ortalama	1922	2004	2688	2205
F değeri (Organ)	-	-	-	4.99**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	1.04
F değeri (O*K)	-	-	-	0.82
LSD (0,05) (O)	-	-	-	427,31
LSD (0,05) (K)	-	-	-	-
LSD (0,05) (O*K)	-	-	-	-



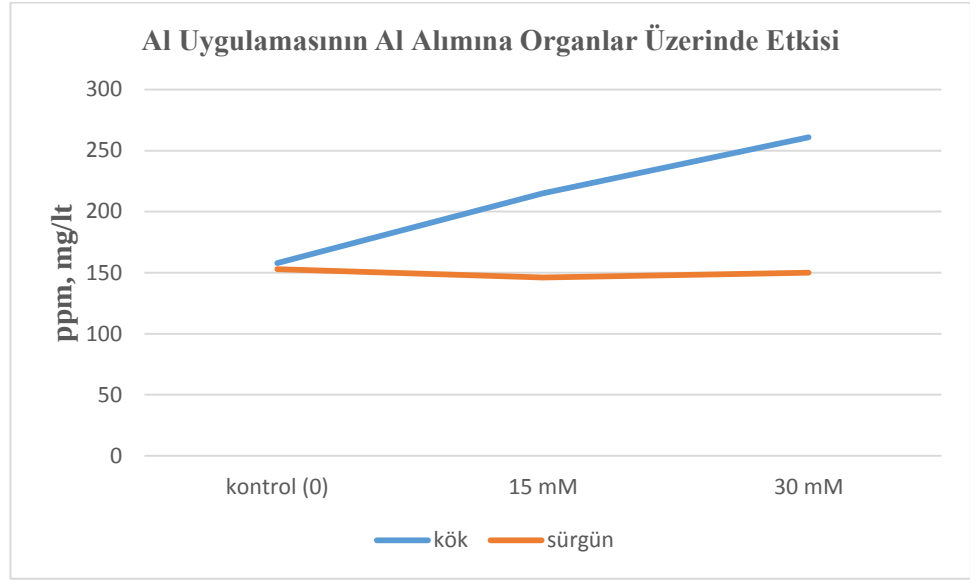
Şekil 4.7. Alüminyumun kök ve sürgündeki P (ppm, mg/lt) alımına etkisi

4.3.6. Al (ppm, mg/lt) miktarına etkisi

Bitkideki alüminyum miktarı üzerine, alüminyum uygulamasının etkisi önemli olmuştur. Organların ortalamasına göre 15 mM ve 30 mM uygulamalarında kontrole göre Al miktarında artış görülmüştür. Yine alüminyum miktarı bakımından organlar arasındaki fark önemli olmuş, kökteki Al miktarı (211 ppm), sürgünden (150 ppm) daha yüksek olmuştur. Bitki organlarının Al miktarı alüminyum konsantrasyonlara göre farklılık göstermesi “organxkonsantrasyon” interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Kontrol uygulamalarında organlar arasındaki alüminyum miktarı bakımından fark önemsizken, 15 mM ve 30 mM konsantrasyonlarda organlar arasında önemli olmuştur. Hem 15 mM’ da hem de 30 mM’ da kökteki alüminyum miktarı sürgünden daha yüksek olmuştur (Çizelge 4.17) (Şekil.4.8).

Çizelge 4.17. Alüminyumun konsantrasyonunun kök ve sürgündeki Al (ppm, mg/lt) alımına etkisi

Organ	Kontrol (ppm)	15 mM (ppm)	30 mM (ppm)	Ortalama (ppm)
Kök	158	215	261	211
Sürgün	153	146	150	150
Ortalama	156	181	206	181
F değeri (Organ)	0,04	11,57	18,13	4.72**
F değeri (Konsantrasyon)	-	-	-	21.23**
F değeri (O*K)	-	-	-	5.33**
LSD (0,05) (O)	-	63,49	51,41	26,26
LSD (0,05) (K)	-	-	-	32.16
LSD (0,05) (O*K)	-	-	-	181,93



Şekil 4.8. Alüminyumun kök ve sürgündeki Al (ppm, mg/l) alımına etkisi

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu araştırma, toplam 64 ekmeklik buğday genotipinin çimlenme oranı, çimlenme hızı, ortalama çimlenme zamanı, kök sayısı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, çim kını uzunluğu, sürgün uzunluğu, sürgün yaş ağırlığı ve sürgün kuru ağırlığı ölçütlerini alüminyum toleransı bakımından değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Ayrıca alüminyum toleransının Ca, P, Na, K, Mg ve Al minarellerinin alımı üzerindeki etkisinin hangi boyutta olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada, alüminyum uygulamasının bitkilerin sürgünlerinde sert, kuru ve elastikiyet özelliğini azalttığı gözlenmiştir. Yine sürgün ve kök yaş ağırlığında azalmalara neden olmuştur. Nitekim, Pietraszewska (2001)'de bitki gövdesinde Al'a karşı meydana gelen tepkilerin yapraklardaki hücrel ve ince yapısındaki değişimler, difüzyon direncinde artma, stoma boşluklarının küçülmesi, yapraklarında klorozis ve nekrozisine yol açan azalan fotosentetik aktivite, yaprak sayısı ve boyutundaki toplam düşüş ve gövde biyokütlesinde azalma olduğunu belirlemiştir. Yaptığımız araştırmada genotiplerin kontrole göre, 15 mM ve 30 mM uygulamalarında sürgünlerin tohumla birleştiği bölgelerde alüminyum uygulaması artıkça hasar oranının da arttığı, dolayısıyla konsantrasyon artıkça sürgünün kırılma özelliğinin arttığı görülmektedir. Yine, alüminyum uygulamasına bağlı olarak yaprak ve kök büyüklüklerinde azalmalar gözlenmiştir.

Horst and Klotz (1990)'da hücre bölünmesi ve hücre uzamasında Al^{+3} 'un etkilerine yönelik yapmış oldukları çalışmada alüminyumun hücre uzamasından ziyade hücre büyümesinde etkili olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada 64 ekmeklik buğday genotipinin kontrole göre 15 mM ve 30 mM alüminyum uygulamalarında kök uzunluğunu ciddi derecede azaldığı belirlenmiştir. Hücre duvarlarında bulunan pektinlerle ve karboksil gruplarıyla Al^{+3} iyonlarının tepkimeye girdiği bilinmektedir. Bunun sonucu olarak hücre bölünmesi azalırken, hücreler geçirgenliklerini ve elastikiyetlerini de yitirmektedirler. Horst and Klotz (1988), yaptıkları çalışmalarda, alüminyum uygulaması altında yetişen bitkilerin kök uçlarının ve yan köklerinin

büyümesinin durduğu, bitki kökünün kısa kalın, kök uçları kırılmış ve çalılışmış bir görünüm aldığını ortaya koymuşlardır.

Çizelge 5.1. 30 mM Al uygulamasına karşı çimlenme parametreleri açısından en iyi cevap veren 10 buğday genotipi

No	Çimlenme oranı	Çimlenme hızı	Ortalama çimlenme hızı
1	Aldane	Dağdaş 94	ES 26
2	İzgi 2001	ES 26	Dağdaş 94
3	Altay 2000	Demir 2000	Süzen 97
4	Dağdaş 94	Harmankaya 99	Tir
5	Demir 2000	İzgi 2001	İzgi 2001
6	Gerek 79	Müfitbey	Bayraktar 2000
7	Karahan 99	Süzen 97	Harmankaya 99
8	Aksel 2000	Tir	Aksel 2000
9	Alparslan	Uzunyayla	Aldane
10	Harmankaya 99	Aksel 2000	Demir 2000

Yapmış olduğumuz araştırmada, köklerde bodurlaşma, kütleşmeye ilave olarak kahverengileşme görülmüştür. Çalışmaya paralel olarak uzun süre alüminyumun uygulanması neticesinde köklerde bodurlaşma ve şişkin kök oluşumu (Huang ve ark., 1993), köklerde genellikle küt ve kolay kırılabilir durum ve kök uçları ile yan köklerde kalınlaşma, renkleri kahverengiye dönmüş bir durum pek çok çalışmada gözlemlenmiştir. (Pietraszewska 2001; Nagy *et al.* 2004). Ayrıca kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerinde buğday genotiplerinin çoğu dayanıksız olduğu belirlenmiştir. Buna karşın alüminyum uygulamasına dayanıklı genotipler kök yaş ağırlığında Karahan 99 ve Kırkpınar 79 genotiplerinde belirlenmiştir. Ancak genotiplerin kök sayısındaki değişim kontrole göre 15 mM ve 30 mM uygulamalarında genotiplerin çoğunda artış gözlenmiştir. Alüminyumun etkisi kök ucu hücrelerinde hücre zarının bütünlüğünün kaybolması neticesinde kök yapısı bozulur, su Emilimi yavaşlar ve kök hücrelerinde ölüm gerçekleşir. Bunun sonucunda kökler, suyu ve besin maddelerinin alımında yetersiz kalırlar (Pietraszewska 2001; Nagy *et al.* 2004). Alüminyum uygulaması çoğu bitkinin köklerinde kalloz oluşmasına neden olur. Alüminyum uygulaması sonucunda köklerde kalloz oluşumu alüminyum hassasiyetinin en belirgin özelliğidir. Kalloz oluşumu kök uzamasıyla ilişkilidir. Hem buğday hem de çavdar bitkilerinin olgun kök

meristem bölgelerinde kalloz oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir. Yine, mısır köklerinde alüminyum birikimi ve kalloz oluşumunun geçici ve uzun sürede ise kalıcı olduğunu belirlenmiştir (Jones *et al*). Kalloz oluşumu alüminyuma duyarlı kök uzamasında görülür ve kalloz oluşumunun kök büyümesini engellediği belirlenmiştir (Tahara *et al*). Araştırmamızda da alüminyum uygulamasının artmasına bağlı olarak kök yapılarında değişmelerin olduğu ve kök büyümesinin yavaşladı gözlenmiştir.

Çizelge 5.2. 30 mM Al uygulamasına karşı kök parametreleri açısından en iyi cevap veren 10 buğday genotipi

No	Kök uzunluğu	Kök sayısı	Kök yaş ağırlığı	Kök kuru ağırlığı
1	Altay 2000	Karahan 99	Kırmızı Kılıçık	Karahan 99
2	Doğu 88	ES 26	Kırkpınar 79	Doğu 88
3	Nacibey	Kate A-1	Karahan 99	Aldane
4	Mızrak	Alparslan	Mızrak	Kate A-1
5	Kırık	Aytın 98	Ak-702	Harmanakaya 99
6	Tir	Doğu 88	Dağdaş 94	Müfitbey
7	İkizce 96	Harmanakaya 99	Gerek 79	Kıraç 66
8	Demir 2000	Kıraç 66	Lancer	Kırık
9	Harmanakaya 99	Sönmez 2001	Müfitbey	Gün 91
10	Aldane	Bağcı 2002	Nacibey	Nacibey

Alüminyumun çimlenme ile kök ve sürgün gelişimini engellediği yaptığımız çalışmada belirlenmiştir. Al hücre duvarındaki pektinlere ve proteinlere tutunmaktadır. Hücre duvarının uzamasını veya hidrolik iletkenliğini yavaşlatır, zara bağlı proteinlere veya lipid tabakalarına tutunarak besin geçişini engellemektedir. Yine, Al kök hücre plazmasının ortasından (simplast) taşınabilir ve nükleer DNA, enzimler, kalmodulin, tubulin, ATP ve GTP gibi hücre öz suyundaki bileşimlerle etkileşime girebilir ve önemli hasarlara neden olabilirler (Dong *et al.* 2002; Meriga *et al.* 2004).

Alüminyum stresi oksidatif strese ve hücre duvarının yapısının değişmesine de neden olmaktadır. Ayrıca redoks hemoostazisini bozarak oksidatif stresin oluşmasına neden olur. Reaktif oksijen çeşitleri hücre ölümüne neden olur örneğin lipidler, proteinler enzimler ve nükleik asitlerin hücre bileşenlerini okside etme özelliğine sahiptirler.

Metaller ROS (Reaktif Oksijen Türleri) üretimini artırmaktadır buda bitkilerde oksidatif stresin hasarının artmasına neden olmaktadır. Bitki hücreleri koruyucu sistemle donatılmıştır. Bu koruyucu sistem enzimatik antioksidanlar katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), guaiakol peroksidaz (G-POX), süperoksit dismutaz (SOD), monodehydroascorbate redüktaz (MDHAR) ve dehydroascorbate redüktaz (dhar) enzimleri ROS toksisitesini azaltmaktadırlar. Al uygulaması sonucunda antioksidan sisteminde ROS zehirinin etkisinde değişiklikler belirlenmiştir. Bezelyede köklerin iki saat Al uygulamasına maruz kalma neticesinde ROS üretimini artırmıştır. Mısır köklerine Al uygulamasının neticesinde 10 dakika içinde her epidermal hücrede ROS üretimi oranındaki artışa neden olmuştur. APX ve SOD aktivitesi hem Al direnci hem de Al hassasiyetinde tritikale çeşitlerinde artmıştır, fakat değişiklikler ilk önce hassas daha sonra dirençli çeşitlerde belirlenmiştir. Mısır köklerinde APX ve SOD aktivitesinde bir artış olduğunu belirlemiştirler (Boscola *et al.* 2003). O_2^- ve H_2O_2 üretimindeki artış Al toksisitesi ile ilgilidir, bu nedenle, SOD ve APX aktivitesi kök büyüme oranına ters orantılı olmuştur.

Çizelge 5.3. 30 mM Al uygulamasına karşı çimlenme parametreleri açısından en iyi cevap veren 10 buğday genotipi

No	Çim kını uzunluğu	Sürgün uzunluğu	Sürgün yaş ağırlığı	Sürgün kuru ağırlığı
1	Bolal 2973	Altay 2000	Lancer	Kılçıksız buğday
2	Altay 2000	Gerek 79	Gerek 79	Müfitbey
3	Aytın 98	Karahan 99	Kırmızı Kılçık	ES 26
4	Kıraç 66	Alparslan	Altay 2000	Altay 2000
5	Yakar 99	ES 26	ES 26	Alparslan
6	Prostor	Aytın 98	Kırmızı Yerli	Karahan 99
7	Sultan 95	Prostor	Alparslan	Bağcı 2002
8	Doğu 88	Bağcı 2002	Bağcı 2002	Gerek 79
9	ES 26	Kate A-1	Doğu 88	Harmankaya 99
10	Kılçıksız buğday	Doğu 88	İzgi 2001	Kıraç 66

Muhtemelen apoplast, Al etkisinin ilk hedef yeridir. Emilen Al'un dağılımı bitki türleri arasında farklıdır ama Al'ın önemli bir kısmı (%30–90) apoplastta bulunur. Apoplastta Al'a duyarlı bölgeler Al'ı tutar ve diğer iyonların bu bölgelere bağlanmasını

engelleyerek kök uzamasının inhibisyonuna neden olur. Ayrıca metal toksisitesi iyon ve su alımını da etkileyerek plazma zarının sertleşmesine sebep olur (Tamas *et al.* 2005).

Alüminyum uygulaması sonucunda köklerin yapısında bozulmalar, hücre duvarında gevşeme ve kök salgılamasının yavaşlaması sonucunda kök büyümesinin durduğu ve ayrıca hücrede Ca taşınması azaldığı belirlenmiştir. Al mineral maddelerin çoğunun alımını, taşımını ve kullanımına müdahale ettiği tespit edilmiştir. Kök uçlarında kalsiyum alımına Al^{+3} 'ün engel olduğu belirlenmiştir (Huang *et al.* 1996, 1997). Arpada yapılan incelemede de Al^{+3} 'ün kalsiyumun alımına müdahale ettiği gözlenmiştir (Nichol and Oliveira 1995). Kök uçlarında kallos birikimi Al toksisitesinin önemli bir belirtisidir. Bu kallos birikimi hücrede çözünmeyen kalsiyumun artışına neden olmaktadır. Mısır bitkisinin kendilenmiş hatlarına konsantrasyonu artırılmış Ca uygulandığında Al toleransının azaldığı görülmüştür (Rhue and Grogan 1978). Alüminyum büyük ölçüde kök dokularında elektron alış verişini artırdığı ancak; fosforun yüksek bağ enerjisini azaltmış ve bezelyede aşırı fosfor birikimine neden olmuştur.

İki önemli katyon olan kalsiyum ve magnezyumun alımını yüksek konsantrasyonlu alüminyum çok fazla etkilemiştir. Asitli topraklarda fosfor eksikliğinin sebeplerinden biri alüminyum fazlalığından kaynaklanmıştır. Sorgumda yüksek Al konsantrasyonu Mg eksikliğine neden olmuştur (DeGraaf *et al.* 1997) . Al stresi arttığı zaman Ca, Mg ve P konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir (Clarkson and Sanderson 1967).

Alüminyum stresine dayanıklı Dayton ile hassas Kearney arpa genotiplerinde P ve Ca alımının azaldığı belirlenmiştir. Alüminyum stresi sonucunda fosfor ve demirin köklerde biriktiği gözlenmiştir. Ancak sürgünlerde ise fosfor ve demirin eksikliği belirlenmiştir (Krizek and Foy 1997). Al toksisitesinin monokotiledon çeneklilere üzerinde fiziksel belirtilerinin olduğu bildirmişlerdir (Wheeler and Dodd 1995). *Triticum aestivum* da metal birikimi üzerinde Al ve Mg' un arasında bir ilişkinin olduğu söz konusudur. Ayrıca kök ve sürgünde Al artışı ile birlikte manganın azaldığı belirlenmiştir (Blair and Taylor 1997).

Sonuç olarak, araştırmada kullanılan genotiplerin çimlenme özellikleri bakımından İzgi 2001, Demir 2000, Harmankaya 2000, Aksel 2000 ve Dağdaş 94 genotipleri, kök uzunluğu ve ağırlıkları bakımından en çok Doğu 88 ve Harmankaya genotipleri, sürgün uzunluğu ve ağırlıkları bakımından ise Altay 2000 ve ES 26 genotiplerinin alüminyuma toleranslı olduğu belirlenmiştir. Araştırmada incelenen tüm özellikler dikkate alındığında Harmankaya 2000 ve ES 26 ekmeklik buğday genotipleri incelenen 11 karakterden yedisinde alüminyum stresine toleranslı 10 genotip içerisinde yer almıştır.

KAYNAKLAR

- Akeson, M.A., Munns, D.N., Burau, R.G. 1989. Adsorption Of Al^{+3} To Phosphatidylcholine Vesicles. *Biochim. Biophys. Acta.* 986 : 33-40.
- Alkuş, 2007. Bazı Türk Arpa Çeşitlerinin Alüminyuma Karşı Olan Toleranslarının Belirlenmesi. 2006/1-7.
- Anonim, 1991. Türkiye'nin Çevre Sorunları Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını S.86- 88 Anonim, 2003 Kastamonu İl Çevre Ve Orman Müdürlüğü Çevre Durum Raporu 2
- Baszynski, T., Wajda, L., Wohiska, D., Krupa, S., Tukendorf, A., 1980. A Photosynthetic Activities Of Cadmium Treated Tomato Plants. *Physiologia Plantarum*, 48, 365-370.
- Başkaya, H., Teksoy, A. 1996. Topraklarda Ağır Metaller Ve Ağır Metal Kirliliği. I.Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa.:763-770
- Bergmann, W., 1992. Nutritional Disorders Of Plants Gustav Fisher. New York.
- Blair L.M., Taylor G.J., The Nature Of Interaction Between Aluminium And Manganese On Growth And Metal Accumulation In *Triticum Aestivum*, *Environ. Exp. Bot.* 37 (1997) 25–37.
- Boscolo, P. R. S., M. Menossi, and R. A. Jorge, “Aluminum- induced oxidative stress in maize,” *Phytochemistry*, vol. 62, no. 2, pp. 181–189, 2003.
- Cargnelutti, D., Tabaldi, L.A., Spanevello, R.M., Jucoski, G.D., Battisti, V., Redin, M., Linares, C.E.B., Dressler, V.L., Flores, E.M.M., Nicoloso, F.T., Morsch, V.M., Schetinger, M.R.C., 2006. Mercury Toxicity Induces Oxidative Stress In Growing Cucumber Seedlings . *Chemosphere* 65, 999-1006.
- Carver, B.F., Ownby, J.D., 1995. Acid Soil Tolerance In Wheat. *Adv. Agron.*, 54:117-173.
- Chen, J., Sucoff, E.I., Stadelmann, E.J. 1991. Aluminum And Temperature Alteration Of Cell Membrane Permeability Of *Quercus Rubra*, *Plant Physiol.* 96 : 644- 649.
- Chugh, Sawhney, S.K., 1999. Effect Of Cadmium On Activities Of Some Enzymes Of Glycolysis And Pentose Phosphate Pathway In Pea. *Biologia Plantarum*, 42 (3), 401-407.
- Clarkson, D.T. 1967. Interactions Between Aluminium And Phosphorus On Root Surfaces And Cell Wall Material. *Plant Soil*, 27:247-256.
- Cumming, J.R., Taylor, G.J., 1990. Mechanisms Of Metal Tolerance In Plants: Physiological Adaptations For Exclusion Of Metal Ions From Cytoplasm. In: *Stress Responses In Plants*. 329-356. Wiley-Liss, New York.
- Degraaf M.C.C., Bobbink R., Verbeek P.J.M., Roelofs J.G.M., Aluminium Toxicity And Tolerance In Three Heathland Species, *Water Air Soil Pollut.* 98 (1997) 229–239.
- Delhaize, E., Hebb, D.M., Richards, K.D., Lin, J.M., Ryan, P.R. & Gardner, R.C., 1999. Cloning And Expression Of A Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Phosphatidylserine Synthase Cdna: Overexpression In Plants Alters The Composition Of Phospholipids. *J. Biol. Chem.* 274:7082.7088.

- Delhaize, E., Craig, S., Beaton, C.D., Bennet, R.J., Jagdish, V.C., and Randall, P.J., 1993. Aluminum Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 103: 685- 693
- Delhaize, E., Ryan, P. R. 1995. Aluminum Toxicity And Tolerance In Plants. *Plant Physiol.*, 107: 315-321.
- Doncheva, S., Nicolov, B., Ogneva, V, 1996. "Effect Of Copper Excess On The Morphology Of The Nucleus In Maize Root Meristem Cells". *Physiologia Plantarum*, 96, 118-122.
- Dong, B., Sang, W.L., Jiang, X., Zhou, J.M., Kong, F.X., Hu, W., Wang, L.S., 2002. Effects Of Aluminum On Physiological Metabolism And Antioxidant System Of Wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Chemosphere* 47,87-92.
- D. L. Jones and L. V. Kochian, "Aluminum interaction with plasma membrane lipids and enzyme metal binding sites and its potential role in Alcytotoxicity," *FEBS Letters*, vol. 400, no. 1, pp. 51-57, 1997.
- Elkoca, E. 1997. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Tuza Dayanıklılık Üzerine Bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 76 s.
- Ezaki, B., Koyanagi, M., Gardner, R.C. & Matsumoto, H., 1997 Nucleotide Sequence Of A Cdna For Gdp Dissociation Inhibitor (Gdi) Which Is Induced By Aluminum (Al) İon Stress 682 T. Mossor-Pietraszewska 2001 In Tobacco Cell Culture (Accession No. Af01-2823)(Pgr 97-133). *Plant Physiol.* 115, 314.
- Fischer, J., Quentmeier, A., Gansel, S., Sabados, V. Ve Friedrich, C. G., Inducible Aluminum Resistance Of Acidophilium Cryptum And Aluminum Tolerance Of Other Acidophilic Bacteria, *Arch. Microbiol.* , 178 (2002) 554-558.
- Fuhrer, J., 1982. Ethylene Biosynthesis And Cadmium Toxicity In Leaf Tissue Of Beans (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Plant Physiology*, 29, 511-566.
- Gabelich, C. J., Ishida, K. P., Gerringer, F. W., Evangelista, R. Ve Kalyan, M., Control Of Residual Aluminum From Conventional Treatment To Improve Reverse Osmosis Performance. 9th World Filtration Congress, April, 2004, New Orleans, La, Usa, 1- 16.
- Gadd, G. M., 2000. Bioremedial Potential Of Microbial Mechanismus Of Metal Mobilization And İmmobilization. *Current Opinion In Biotechnology*, 271- 279.
- Hamilton, Christie Anne, Possible Role For The Vacuolar H ⁺-Atpase And F₀F₁-Atpase In Aluminum Resistance, Doktora Tezi, University Of Alberta, Kanada, 2002.
- Horst, W.J., Klotz, F. 1988. Genotypic Differences In Aluminum Tolerance Of Soybean (*Glycine Max* L) As Affected By Ammonium And Nitrate-Nitrogen Nutrition. *J. Plant Physiol.* , 132 : 702- 707
- Horst, W.J., Klotz, F. 1990. Screening Soybean For Aluminum Toleranca And Adaptation To Acid Soil, In Genetic Aspects Of Plant Mineral Nutrition, 1 St Ed. Bassam, N., Dambroth, M., Loughman, B.C.Eds. Kluwer Academic Publication, The Netherlands, 353-360
- Horst, W.J.; Asher, C.J.; Cakmak, I.; Szulkiewicz, P. And Wissemeier, A.H.: "Short-Term Responses of Soybean Roots To Aluminum", *Journal Of Plant Physiology*, 140 (1992) 174.
- Hossain, M., Zhou, M.X., Mendham, N.J. 2005. A Reliable Screening System For Aluminium Tolerance In Barley Cultivars. *Aust. J. Agric. Res.*, 56:475-482.

- Huang, J.W., Crunes, D.L. And Kochian, L.V., 1993. Aluminum Effects On Calcium (45Ca^{2+}) Translocation In Aluminum-Tolerant And Aluminum-Sensitive Wheat (*Triticum Aestivum* 1.) Cultivars. *Plant Physiol.* 102: 85-93
- Huang, J.W., Pellet, D.M., Papernik, L.A. And Kochian, L.V., 1996. Aluminum Interactions With Voltage-Dependent Calcium Transport In Plasma Membrane Vesicles Isolated From Roots Of Aluminum-Sensitive And -Resistant Wheat Cultivars. *Plant Physiol.* 110: 561-569.
- Huttová, J., Tamás, L., Mistrík, I., 2002. Aluminium Induced Acid Phosphatase Activity In Roots Of Al-Sensitive And Al-Tolerant Barley Varieties. *Rostlinná Výroba*, 48, (12): 556–559.
- Kaçar, B., Katkat, V.A., Öztürk, Ş., 2009. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, No:848, 556s, Ankara.
- Kenzhebaeva, S.S., Yamamoto, Y. And Matsumoto, M., 2001. Aluminum-Induced Changes In Cell-Wall Glycoproteins In The Root Tips Of Al-Tolerant And Al-Sensitive Wheat Lines. *Russian Journal Of Plant Physiology*, Vol. 48, No. 4, Pp. 441–447. Translated From *Fiziologiya Rastanii*, Vol. 48, No. 4, Pp. 514–522.
- Kinraide, T.B., Arnold, R.C., Baligar, V.C., 1985. A rapid Assay for aluminum Phytotoxicity at Submicromolar Concentrations. *Physiol. Plant.*, 65:245-250.
- Kim, B. Y., Baier, A. C., Somers, D. J. Ve Gustafson, J. P., Aluminum Tolerance In Triticale, Wheat, And Rye, *Euphytica* , 120 (2001) 329–337.
- Kinraide, T.B.; Yermiyahu, U. And Rytwo, G.: “Computation Of Surface Electrical Potentials Of Plant Cell Membranes. Correspondence To Published Zeta Potentials From Diverse Plant Sources ”, *Plant Physiology*, 83 (1998) 505.
- Klotz, F., W.J. Horst, 1988. Genotypic Differences In Aluminum Tolerance Of Soybean (*Glycine Max* L.) As Affected By Ammonium And Nitrate-Nitrogen Nutrition. *Journal Of Plant Physiology*, 132, 702–707.
- Kocaçalışkan, İ., 2004. Bitki Fizyolojisi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, No:4, 420s, Kütahya.
- Kochian, L.V., Shaff, J.E., Ryan. P.R. 1991. Microelectrode-Based Investigations Into The Relationship Between Al Toxicity And Root Cell Membrane Transport Process, *Curr. Topics Plant Biochem. Physiol.*, 10: 117-133.
- Kochian, L.V., 1995. Cellular Mechanisms Of Aluminium Toxicity And Resistance In Plants. *Annual Review of Plant Physiology And Plant Molecular Biology*, 46, 237–260.
- Kochian, L.V.; Pineros, M.A. And Hoekenga, O.A.: “The Physiology, Genetics And Molecular Biology of Plant Aluminum Resistance And Toxicity”, *Plant And Soil*, 274 (2005) 175.
- Krizek D.T., Foy C.D., Mirecki R.M., Influence Of Aluminium Stress On Shoot And Root Growth of Contrasting Genotypes Of *Coleus*, *J. Plant Nutr.* 20 (1997) 1045–1060.
- K. Tahara, M. Norisada, T. Hogetsu, and K. Kojima, “Aluminum tolerance and aluminum-induced deposition of callose and lignin in the root tips of *Melaleuca* and *Eucalyptus* species,” *Journal of Forest Research*, vol.10, no.4, pp.325–333, 2005.
- Lazof, D.B., Goldsmith, J.G., Linton. R.W. 1997. The In Situ Analysis Of Intracellular Aluminum In Plants, *Prog. Bot.*, 58:112-149.

- Leskó, K., Sarkadi-Simon, L., 2002. Effect Of Cadmium Stress On Amino Acid And Polyamine Content of Wheat Seedlings. *Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng.* Vol. 46, No. 1–2, Pp. 65–7
- Liu, K.; Luan, S.: “Internal Aluminum Block of Plant Inward K⁺ Channels”, *Plant Cell*, 13 (2001) 1453.
- Ma Jf (2000) Role Of Organic Acids In Detoxification of Al in Higher Plants. *Plant Cell Physiol* 44:482–488
- Ma Jf, Ryan Pr, Delhaize E (2001) Aluminum Tolerance In Plants And The Complexing Role Of Organic Acids. *Trends Plant Sci* 6:273–278
- Ma Jf, Taketa S, Yang Zm (2000) Aluminum Tolerance Genes On The Short Arm Of Chromosome 3r Are Linked To Organic Acid Release In Triticale. *Plant Physiol* 122:687–694
- Ma, J.F., Zheng, J.S., Li, X.F., Takeda, K., Matsumoto, H. 1997. A Rapid Hydroponic Screening For Aluminium Tolerance In Barley. *Plant Soil*, 191:133- 137.
- Marinfield, S., Stelzer, R. 1993. X-Ray Microanalyses In Roots of Al-Treated Avena Sativa Plants. *J. Plant Physiol.*, 141:569-573.
- Matsumoto, H. 2000. Cell Biology of Aluminum Toxicity And Tolerance In Higher Plants, *International Review of Cytology*, 200:1-47.
- Matsumoto, H., Hirasawa, E., Torikai, I.I., Takahashi, E. 1976. Localized Of Absorbed Aluminum In Pea Root And Its Binding To Nucleic Acids. *Plant Cell Physiol*, 17 : 127-137.
- Memon, A.R., Aktopraklıgil, D., Özdemir, A., Vertii A., 2001. Heavy Metal Accumulation And Detoxification Mechanisms In Plants, *Turk J Bot.* 25, 111–121.
- Meriga, B., Reddy, B.K., Rao, K.R., Reddy, L.A., Kishor, P. B. K., 2004. Aluminium-induced production of oxygen radicals, lipid peroxidation and DNA damage in seedlings of rice (*Oryza sativa*). *J. Plant Physiol.* 161. 63–68.
- Miyasaka, S.C., Buta, J.G., Howell, R.K., Foy, C.D. 1991. Mechanism of Aluminum Tolerance In Snapbeans. Root Exudation of Citric Acid, *Plant Physiol.*, 96 :737-743.
- Monni, S., Uhlig, C., Hansen E., Magel, E., 2001. Ecophysiological Responses of Empetrum Nigrum To Heavy Metal Pollution. *Environmental Pollution*, 112, 121-129.
- Mukherjee, K., Response of Near Isogenic Wheat Lines For An Aluminum Tolerance Gene To Variable Levels of Aluminum Stress In A Soil System, Yüksek Lisans Tezi, University Of Alberta, 1997.
- Munzuroğlu, Ö., Geçkil, H., 2002. “Effects of Metals On Seed Germination, Root Elongation, And Coleoptile And Hypocotyl Growth İn Triticum Aestivum And Cucumis Sativus”. *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology*, 43, 203-213.
- Nagy, N.E., Dalen, L.S., Jones, D.L., Swensen, B., Fossdal, C.G., Eldhuset, T.D., 2004. Cytological And Enzymatic Responses To Aluminium Stress In Root Tips Of Norway Spruce Seedlings. *New Phytologist* 163: 595–607.
- Nichol B.E., Oliveira L.A., Glass A.D.M., Siddiqi M.Y., The Effect of Aluminium on The İnflux of Calcium, Potassium, Ammonium Nitrate And Phosphate In An Aluminium-Sensitive Cultivar of Barley (*Hordeum Vul- Gare L.*), *Plant Physiol.* 101 (1993) 1263–1266.

- Nichol, B.E., Oliveira, L.A., 1995. Effects of Aluminium on The Growth And Distribution of Calcium In Roots of An Aluminium-Sensitive Cultivar of Barley (*Hordeum Vulgare*). *Canadian Journal of Botany*, 73, 1849-1858.
- Ouariti, O., Boussama, N., Zarrouk, M.A., Cherif, A., Ghorbal, M.H., 1997. Cadmium And Copper-Induced Changes In Tomato Membrane Lipids. *Phytochemistry*, 47 (7), 1343-1350.
- Özaydın, T., 2001. Bazı Buğday (*Triticum Spp.*) Çeşitlerinin Alüminyuma Karşı Toleranslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 72s.
- Padmaja, K., Prasad, D.D.K., Prasad, A.R.K., 1990. Inhibition Of Chlorophyll Synthesis In *Phaseolus Vulgaris* L. Seedlings By Cadmium Acetate. *Photosynthetica*, 24, 239-405.
- Paivöke, A., 1983. Anatomical Response of The Roots of Pea Seedlings To Lead And Arsenate Ions. *Annales Botanici Fennici*, 20, 307-315.
- Pennazio, S., Roggero, R., 1992. Effect of Cadmium And Nickel on Ethylene Biosynthesis. *Biology Of Plants*, 34, 345-349.
- Phalsson, A.M.B., 1989. "Toxicity of Heavy Metals (Zn, Cu, Cd, Pb) To Vascular Plants", *Water, Air And Soil Pollution*, 47, 287-319.
- Pineros, M.A., Shaff, J.E., Manslank, H.S., Carylho Alves, V.M., Kochian, L.V., 2005. Aluminum Resistance In Maize Cannot Be Solely Explained By Root Organic Acid Exudation. A Comparative Physiological Study *Plant Physiology*, 137:231-241.
- Pietraszewska-Mossor, T., 2001. Effect of Aluminium on Plant Growth And Metabolism. *Acta Biochimica Polonica* Vol. 48, No. 3, 673-686.
- Raman, H., Moron, J.S., Sato, K., Read, B.J., Scott, B.J. 2002. Identification of Aflp And Microsatellite Markers Linked With An Aluminium Tolerance Gene In Barley (*Hordeum Vulgare* L.) *Theor Appl Genet* 105:458-464
- Rhue R.D., Grogan C.O., Stockmeyer E.W., Everett H.L., Genetic Control of Aluminium Tolerance In Corn, *Crop Sci.* (1978) 1063-1067
- Richards, K.D., Schott, E.J., Sharma, Y.K., Davis, K.R., Gardner, R.C., 1998. Aluminum Induces Oxidative Stress Genes In *Arabidopsis Thaliana*. *Plant Physiology*, 116, 409-418.
- Rincon, M. And Gonzales, R.A., 1992. Aluminum Partitioning In Intact Roots Of Aluminum-Tolerant And Aluminum-Sensitive Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Cultivars. *Plant Physiol.* 99, 1021-1028.
- Ryan, P.R. And Kochian, L.V., 1993. Interaction Between Aluminum Toxicity And Calcium uptake At The Root Apex In Near-Isogenic Lines of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Differing In Aluminum Tolerance. *Plant Physiol.* 102: 975-982.
- Ryan, P.R., Delhaize, E., Randall, P.J. 1995. Malate Efflux From Root Apices And Tolerance To Aluminum Are Highly Correlated In Wheat, *Aust. J. Plant Physiol.*, 22 :531-536.
- Ryan, P.R., Ditasmaso, J.M., Kochian, L.V. 1993a. Screening Wheat And Sorghum Cultivars For Aluminum Levels *Journal of Plant Nutrition* 16:2383-2395.
- Ryan, P.R., Ditasmaso, J.M., Kochian, L.V. 1993b. Aluminum Toxicity In Roots: An Investigation of Spatial Sensitivity And The Role of The Root Cap, *J. Exp. Bot.*, 44 : 437-446. Ryan, P.R., Kinraide, T.B., Kochian, L.V. 1994. Al^{3+} - Ca^{2+}

- Interactions In Aluminum Rhizotoxicity. I. Inhibition of Root Growth Is Not Caused By Reduction of Calcium Uptake. *Planta*, 192: 98-103.
- Samuels, T.D., Küçükakyüz, K., Rincon-Zachary, M. 1997. Aluminum Partitoning Patterns As Related To Aluminum Sensitivity And Aluminum Tolerance In Wheat (*Triticum Aestivum*) Roots. *Plant Physiol.*, 113:527-534
- Sasaki, M., Yamamoto, Y., Ma, J.F., Matsumoto, H. 1997. Early Events Induced By Aluminum Stres In Elongating Cells of Wheat Root, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43:1009-1014.
- Sasaki, M., Yamamoto, Y., Matsumoto, H. 1994. Comparison Of The Early Response To Aluminum Stres Between Tolerant And Sensitive Wheat Cultivars: Root Growth, Aluminum Content And Efflux Of K⁺. *J. Plant Nutr.*, 17 : 1275-1288.
- Sasaki, M., Yamamoto, Y., Matsumoto, H. 1996. Lignin Deposition Induced By Aluminum In Wheat (*Triticum Aestivum*) Roots *Physiol. Plant*, 96 : 193-198.
- Schildknecht, P. H. P. A. ve Vidal, B. C., A Role For The Cell Wall In Al³⁺ Resistance And Toxicity: Crystallinity And Availability of Negative Charges, *Int. Arch. Biosci.*, (2002) 1087-1095
- Silva, J.R., Smyth, T.J., Moxley, D.F., Carter, T.E., Allen, N.S. & Rufty, T.W., 2000. Aluminum Accumulation At Nuclei Of Cells In The Root Tip. Fluorescence Detection Using Lumogallion And Confocal Laser Scanning Microscopy. *Plant Physiol.* 123:543.552.
- Stefanov, K., Seizova, K., Yonishlieva, N., Marinova, E., Popov, S., 1999. Accumulation of Lead Zinc And Cadmium In Plant Seed Growing In Metalliferous Habitats In Bulgaria. *Food Chemistry*, 54, 311-313.
- Tabuchi, A.; Matsumoto, H.: "Changes In Cell-Wall Properties Of Wheat Roots During Aluminum-Induced Growth Inhibition", *Physiologia Plantarum*, 112 (2001) 353
- Tamas, L., Simonovicova, M., Huttova, J., Mistrik, I. 2004. Aluminium Stimulated Hydrogen Peroxide Production of Germinating Barley Seeds. *Enviromental And Experimental Botany*, 51:281-288.
- Tice, K.R., Parker, D.R., Demason, D.A. 1992. Operationally Defined Apoplastic And Symplastic Aluminum Fractions In Root Tips Of Aluminum-Intoxicated Wheat. *Plant Physiol.* 100:309-318.
- Vazquez, M.D., Poschenrieder, Ch., Barcelo, J., 1987. Chromium V₁ Induced Structural And Ultrastructural Changes In Bush Bean Plants (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Annals Of Botany*, 59, 427-438.
- Vazquez, M.D.; Poschenrieder, C.; Corrales, I. And Barcelo, J.B.: "Change In Apoplastic Aluminum During The Initial Growth Response To Aluminum By Roots of A Tolerant Maize Variety", *Plant Physiology*, 119 (1999) 435.
- Wheeler D.M., Dodd M.B., Effect of Aluminium on Yield And Plant Chemical Concentrations of Some Temperate Legumes, *Plant And Soil* 173 (1995) 133–145.
- Zengin, F.K. And Munzuroğlu, Ö., 2004. Effects of Lead (Pb⁺⁺) And Copper (Cu⁺⁺) on The Growth of Root, Shoot And Leaf of Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Seedlings. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 17(3): 1-10 (2004)
- Zengin, F.K. And Munzuroğlu, Ö., 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus Vulgaris* L.Strike) Klorofil Ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni²⁺, Co²⁺, Cr³⁺, Zn²⁺) Etkileri. *F. Ü. Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (1), 164–172.

Zhao, X.J., Sucoff, E., Stadelmann, E.J. 1987. Al^{+3} And Ca^{+2} Alternation of Membrane Permeability of *Quercus Rubra* Root Cortex Cells, *Plant Physiol.*, 83: 159-1962.

ÖZGEÇMİŞ

Erzurum İli İspir İlçesi Taşbaşı Köyü'nde 1987 yılında doğdu. İlkokul eğitimini Beypınarı mahallesinde tamamladı. Ortaokul eğitiminin iki yılı Kahramanlar mahallesinde son yılını ise Ilıca'da tamamladı. Lise eğitimini Erzurum'da Erzurum lisesinde tamamladı. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesine başladı. Bu programdan 2011 yılında mezun olup aynı yıl Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde yüksek lisansa başladı.