

Potasyum İyodür Uygulamasının Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Murat OLGUN¹ Zekiye BUDAK BAŞÇİFTÇİ¹ N. Gözde AYTER¹ Metin
TURAN² Doğan AYDIN¹ Zafer ŞABAN³ Ali Cevat SÖNMEZ³ Onur
KOYUNCU⁴

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eskişehir

² Yeditepe Üni, Mimarlık Mühendislik Fak, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, İstanbul

³ Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tepebaşı / Eskişehir

⁴ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Eskişehir

Sorumlu yazar: molgun@ogu.edu.tr

Geliş tarihi: 24.07.2016, Yayına kabul tarihi: 31.10.2016

Özet: Bu çalışma ile normal koşullar altında yetiştirilen buğdaya uygulanan potasyum iyodürün bitkinin mineral, amino asit ve organik asit yapısında meydana getirdiği değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. KI uygulamasının ekmeklik buğdayda çok iyi bir kuraklık stresi oluşturduğu gerek mineraller ve gerekse amino ve organik asitlerdeki meydana gelen değişimlerden ortaya konmuştur. Bu çalışmada iki farklı ekmeklik buğday çeşidi (Nacibey ve Sönmez) kullanılmış ve tek doz halinde (%0,1) potasyum iyodür uygulanmıştır. Ekmeklik buğday çeşitlerinde Nacibey ekmeklik buğday çeşidi Sönmez ekmeklik buğday çeşidine göre mineral, amino asit ve organik asit değişimi yönünden daha yüksek değerler segilenmiştir. Bitkilerdeki mineral madde, amino asit ve organik asit değişimi stres şartlarına maruz kalan bitkilerde bitkinin performansının ölçülmesinde çok iyi bir belirteçdir. KI uygulaması ile buğday çeşitlerinin strese masuz kalmadan normal gelişme koşullarında kurağa toleranslarının belirlenmesi ve kurağa dayanıklı bitkilerin tespiti mümkün olabilir.

Anahtar kelimeler: Ekmeklik buğday, çeşit, kuraklık, potasyum iyodür, mineral madde, amino ve organik asitler.

Application of Potassium in Biochemical Properties of Bread Wheat

Abstract: The aim of this study was to determine the effect of potassium iodide (KI) application (0,01%) to mimic drought stress on bread wheat genotypes (cv. Nacibey and cv. Sönmez) grown in well conditions. Analyses of minerals, amino and organic acids revealed that KI application well created drought stress in bread wheat genotypes. Cv.Nacibey showed more drought resistance ability than cv. Sönmez for minerals, amino and organic acids. Changes in minerals, amino and organic acids are determined as well indicators to plants induced drought conditions. Besides, KI application could also be successfully used to determine performance of bread wheat genotypes for drought conditions.

Key words: Bread wheat, genotype, drought, potassium iodide, mineral, amino and organic acids

Giriş

Buğday hem dünyada hem de ülkemizde gerek ekim alanı ve gerekse üretim bakımından ilk sırada gelen bitki olup, hızla artan nüfusun beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde tarımsal alanların büyük bir kısmında soğuk kışlar ve kurak yazların görüldüğü karasal iklimin hâkim olup, bu alanlarda 500 mm'den az yağışın düştüğü kuru tarım sistemi uygulanmaktadır. Bu tarım sisteminde buğday üretimi

genellikle nadas-buğday sistemi içerisinde yapılmaktadır. Hızla artan nüfusun beslenmesi, tarıma dayalı sanayinin artan ihtiyacını karşılamak ancak buğday üretimini önemli ölçüde artırmakla mümkündür. Bu da ancak sulu tarım alanlarının artırılmasının yanı sıra biyotik ve abiyotikstreslere dayanıklı çeşitlerin tarımsal üretimde paylarının artırılması ile mümkündür (Kün, 1996; Skovmand et al.,

2001; Burnett and Clarke, 2002; Türksoy ve Özkaya, 2006). Kuraklık, bitkisel üretimi sınırlandıran önemli bir abiyotik stres faktörü olup (Blum, 1983), bitkilerin fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yapısında bir çok değişikliklere sebep olmaktadır. Kurağa bağlı olarak bitkilerde kuraklık stresine tepki olarak gelişmeyi teşvik eden minerallerin, amino asitlerin ve organik asitlerin seviyesinde düşüş meydana gelirken, dayanıklılık oluşturan mineral, amino asit ve organik asitlerin seviyesinde artış meydana gelmektedir (Arora et al., 2002; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Kurak koşullar altında buğdayda meydana gelen değişimlerle ilgili birçok araştırma yürütülmüştür (Lanceras et al., 2004). Özellikle bitkinin ilk gelişme, çiçeklenme ve süt olum döneminde kurağa hassas olduğu ve bu dönemlerde fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal yapıda önemli değişiklikler meydana geldiği, bu değişimlerin belirlenmesinin ıslah programlarında çeşit geliştirme çalışmalarında önemli katkılar sağlayacağı önceki araştırmalarda ortaya konmuştur (Farooq et al., 2009). ıslah programlarında fazla miktarda genotipin seçimi yürütülmekte ve bu seçimler yavaş, uzun zaman alan ve karmaşık bir yapı arz etmektedir (Zhang et al., 1999; Anjum et al., 2003; Lanceras et al., 2004; Çırak ve Esendal, 2006; Farooq et al., 2009). Belirli etkin teknikler uygulanarak bitkilerin kurağa maruz bırakılmadan kurağa toleransları belirlenebilir. Bu tekniklerden bir tanesi potasyum iyodür olup üçte bir tane oluşumu esnasında uygulandığında (yaklaşık %1) bitkinin fotosentetik sistemlerini tahrip ederek gelişme geriliklerine sebep olmaktadır. Bu teknik kuraklığın bitkide meydana getirdiği tahribata benzer bir durum oluşturarak ıslah çalışmalarında kurağa toleranslı bitkilerin seçiminde başarıyla kullanılabilceği belirtilmiştir (Blum, 1983; Turner et al., 1989). Kuraklıkla ilgili yapılan çalışmalar kurak koşulların hakim olduğu lokasyonlarda ya da kurak koşullar oluşturulduğu özel ortamlarda yürütülmekte; bu çalışmalar için bir altyapı ve çaba gerektirmektedir. Oysa, pratik olarak normal koşullar altında kullanılabilen potasyum iyodür uygulaması ile kuraklığın etkisini bitkiler üzerinde

görmek mümkündür (Acevedo, 1987, 1991). Bu çalışma ile normal koşullar altında yetiştirilen buğdaya uygulanan potasyum iyodürün bitkinin mineral, amino asit ve organik asit yapısında meydana getirdiği değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi sera koşullarında (30°32'E 39°46' N, rakım 792 m) 2012–2013 bitki yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Denemede Sönmez ve Nacibey ekneklik buğday çeşitleri kullanılmıştır. **Sönmez:** Ekmeklik buğday, kılçıksız, erkenci, kışlık, kırmızı sert taneli, bitki boyu 100-110 cm, bin tane ağırlığı 40-45 g, hektolitre ağırlığı 80-83 kg/hl, protein oranı %13-14, pas ve sürmeye, yatmaya, kurak ve soğuk stresine dayanıklı bir çeşittir. **Nacibey:** Ekmeklik buğday, kılçıklı, orta erkenci, kışlık, kırmızı yarı taneli, bitki boyu 95-100 cm, bin tane ağırlığı 38-40 g, hektolitre ağırlığı 78-80 kg/hl, protein oranı %12-13, pas ve sürmeye, yatmaya, kurağa ve soğuğa dayanıklı bir çeşittir. Tohumlar 75 kg kapasiteli tınlı toprak içeren PVC (genişlik 0.75 m, uzunluk 1 m ve yükseklik 0.75 m) torbalara (% 33.7 kum, %37.0 silt ve %27.3 kil) ekilmiştir. Torbalarda kullanılan toprağın kimyasal yapısı olarak CaCO₃ %0.41, P₂O₅ 227.1 mmol/kg, K₂O 306.6 mmol/kg, organik madde %2.14, pH 6.11 ve elektriksel geçirgenlik 2.32 dS/m olarak belirlenmiştir. Çalışmada çeşitlere ait tohumlar 475 tohum/m² olacak şekilde Ekim ayının ikinci haftasında ekilmiştir. Bitkiler üç dört yapraklı döneme gelince torbalar açık koşullara alınarak kışı geçirmesi sağlanmış ve yine açık koşullarda bitkilerin büyümesi sağlanmıştır. PVC torbalar kuş zararından korunmak için üzeri ağla kapatılmıştır. Gübre olarak altı kg N da⁻¹ (½ tohum ekimi ile birlikte ve ½ sapa kalkma devresinde) ve altı kg da⁻¹ P₂O₅ (ekimle birlikte) uygulanmıştır (azot için amonyum sülfat, %21; ve fosfor için triple superfosfat, %46). Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak düzenlenmiş olup, normal gelişme koşullarında bitkinin üçtebir tane gelişim döneminde (Feekes 10.54) %0.1 potasyum iyodür (KI) uygulanarak (Blum, 1983)

kuraklık etkisi oluşturulmuştur. Çalışmada mineral olarak, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn ve Zn; amino asit olarak, aspartat, glutamat, asparagin, serin, glutamin, histidin, glisin, tionin, arginin, alanin, tirozin, sistin, valin, methionin, triptofan, fenilalanin, lösin, lizin, hidroksi prolin, sarkozin ve prolin; organik asit olarak, oksalik asit, propionik asit, tartarik asit, bütirik asit, malonik asit, malik asit, laktik asit, sitrik asit, maleik asit, fumarik asit, giberellik asit, salisilik asit, indol asetik asit, absisik asit yönünden potasyum iyodürün (KI) buğday çeşitleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Amino ve organik asitlerin analizi için Tabatabai, (1982), Davies, (1995), Henderson et al. (1999), Sairam and Srivastava, (2002) ve mineral madde analizi için Mertens (2005) tarafından uygulanan yöntemler esas alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Kuraklık gibi stress faktörlerine maruz kalan bitkilerde büyüme ve gelişmede azalma oluşmakta; bitkinin ortama kendini adapte edebilmek mevcut şartlarda gelişebilmek için metabolizmalarında

biyokimyasal tepkimeler, değişimler meydana gelmektedir. Bitkilerde gelişme kaybının yaklaşık %70'i abiyotik streslerden kaynaklanmakta olup, biyokimyasal olaylar için gerekli suyun azalması sonucunda çoğu mineral madde alımında da azalmaya neden olmaktadır (Marschner, 1995).

Potasyum İyodür (KI) Uygulamasının Mineral Kompozisyonuna Etkileri

Kuraklıkla birlikte bitkiler su stresine özellikle çiçeklenme döneminde çok hassas olup, bitki içindeki biyokimyasal olaylar fotosentetik olaylar ve bitkinin kurağa karşı tepkisi olarak içindeki metabolitler karbonhidratlar proteinler amino asitler ve diğer organik bileşikler birlikte kuraklıktan etkilenmektedir. Bitki bir kompleks olarak kuraklığa tepki göstermekte, klorofil pigmentlerinde, stoma geçirgenliğinde transprasyon oranında düşme, biyokimyasal fizyolojik ve morfolojik değişimler mineral madde alımında düşme kendini göstermektedir (Boyer, 1982; Nobel, 1999; Yoo et al., 2009). Potasyum iyodür KI uygulamasına bağlı olarak çeşitlerdeki mineral değişimi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Potasyum iyodür KI uygulamasına bağlı olarak buğday çeşitlerindeki mineral değişimi.

Mineraller/Minerals										
Kontrol/Control	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
Sönmez	2,24	2415	12415	4514	2315	451	124	30,26	14,15	36,52
Nacibey	2,45	2622	13568	5216	2106	340	112	34,15	20,11	30,14
Ortalama (Mean)	2,35	2518,50	12991,50	4865,00	2210,50	395,50	118,00	32,21	17,13	33,33
Sx	0,07	73,40	408,87	248,94	74,11	39,36	4,26	1,38	2,11	2,26
KI uygulama KI application	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
Sönmez	2,1	2213	7541	3865	1865	524	92,63	36,41	22,15	30,24
Nacibey	2,16	2315	8216	4211	1996	452	88,54	42,13	18,62	31,59
Ortalama/Mean	2,13	2264,00	7878,50	4038,00	1930,50	488,00	90,59	39,27	20,39	30,92
Sx	0,02	36,17	239,36	122,70	46,45	25,53	1,45	2,03	1,25	0,48
+ Artma/Azalma	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
Increase/Decrease	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Tablodan görüleceği gibi, Na hariç bütün minerallerde KI uygulamasına bağlı olarak azalma meydana gelmiştir. Nacibey çeşidindeki mineral madde miktarı Sönmeze göre daha yüksek bulunmuştur. Mineraller

ortalaması olarak, KI uygulaması her iki çeşitte de yaklaşık %11 azalışa sebep olurken, Na miktarında Sönmez çeşidinde %14, Nacibey çeşidinde %25 olmuştur. Bitkilerde azot sokuların temel yapıtaşı olup,

proteinlerin enzimlerin, organik ve amino asitlerin, nükleik asitlerin, klorofilin yapısında bulunur (Ergene, 1987; Cárdenas-Navarro et al., 2006; Andriolo et al., 2011). Fosfor bitkide fotosentetik, metabolik olaylarda enerjinin transferi ve depolanması gereken olaylarda, çiçek, meyve ve tohum oluşumu gibi generatif gelişmede, kuru madde oluşumu ve depolanmasında rol oynamaktadır. Fosfor bitkide fotosentetik ve metabolik olaylarda enefjinin transferi ve depolanmasında, çiçek, meyve ve tohum oluşumu ve gelişimi, çeşitli organik ve amino asitlerin yapısında bulunur (Lambers et al., 2003; Geçer ve Yılmaz, 2011). Potasyum bitkinin ozmoregülasyonunda, su alımında, metabolitlerin ve minerallerin taşınmasında, protein sentezi, stoma ayarlanması, hücre bölünmesinde rol alır (Marschner, 1995).

Her üç mineralin de bitlideki miktarları kuraklıkla birlikte azalan bitkisel olaylarla birlikte azalmaktadır (Rosolem and Mikkelsen, 1991; Marschner, 1995). Kalsiyum bitkide gelişme hücre bölünmesi iyon alımı gibi bir çok metabolik olayda görev yaparken kuraklık dahil stress şartlarında Ca bağlı proteinler olan kalmodülinlerin yapısında buşunmakta ve stres şartlarında stres proteinleri için sinyal görevi yapmaktadır. Stres ortamında azalmakla beraber bu azalış diğer mineraller kadar olmaz (Epstein, 1972; Bothwell and Ng, 2005). Bunun yanı sıra maknezium da fosfor gibi fotosentetik enerjinin depolanması, protein sentezi, nükleotit oluşumu, birçok organik bileşiklerin hidrolizi gibi metabolik olayda rol alır. Kuraklıkla birlikte Mg miktarı azalır (Marschner, 1995; Jezek et al., 2014). Sodyum az miktarda bitki hücresinde, özellikle kök hücrelerinde hücre duvarında oznotik ve iyonik düzenleme için gerekli olup, daha yüksek konsantrasyonlarda fizyolojik yapı ve gelişme bozuklukları, vejetatif ve geneatif gelişme gerilikleri, kısırlık, döllenmede gerilikler, meyve oluşumunda gerileme ve bitkinin yavaş yavaş ölümüne sebep olur. Kök hücrelerindeki yüksek tuz konsantrasyonu köklerin giderek yok olmasına sebep olur ve bu yüzden artan kuraklıkla birlikte Na oranı gittikçe artar (Marschner, 1995; Ekmekçi ve

ark., 2005; Munns and Tester, 2008). Demir bitki kuru madde üretiminde hayati öneme sahip olan klorofilin esas maddesi olup, klorofillerde oluşan fotosentez ve buna bağlı enzimatik rekasyonlarda görev alır. Dolayısıyla bitkinin genç kısımlarının gelişimi, kuru madde üretimi Mg miktarı ile yakından ilişkilidir. Kuraklıkla birlikte Mg miktarı da düşmektedir (Jones et al., 1991; Marschner, 1995; Kaya and Higgs, 2002). Bakır bitki gelişiminde belirli bir konsantrasyonda oldukça yararlıdır. Bakır belirli enzimlerin yapısına girerek protein sentezinde rol alır. Belirli hormonlar için sinyal görevi yapan Cu fotosentezde, mitokondriyal respirasyonda rol oynar. Kısaca gelişen bitkide belirgin rol alan Cu miktarında kuraklıkla birlikte düşüş görülür (Marschner, 1995; Wang et al., 2004). Mangan da Cu gibi belirli bir konsantrasyonda bitki gelişimi için önemlidir ve kuraklıkla azalır. İz element olan Mn fotosentez, solunum, enzim aktivasyonunda ve antioksidatif metabolizmada rol oynar (Marschner, 1995; Gür ve ark., 2004; Paschke et al., 2005). Çinko, bitkilerde değişik metabolik olaylarda yer almakla birlikte, yüksek pH'da toprakta tutulur Zn karbonhidrat sentezi, enzimlerin yapısında, membran stabilitesi, fotosentez ve solunum olaylarında protein sentezinde rol oynar. Dolayısıyla artan kuraklık stresiyle birlikte bitkideki miktarı azalır (Marschner, 1995; Rout and Das, 2003; El-Ghamery et al., 2003). Sonuç olarak, minerallerin fonksiyonelliği, alımı ve bitkideki miktarı bitki sağlığı ile çok yakından ilgili olup, bitki gelişimini etkileyen kuraklık aynı şekilde bitkideki mineral miktarını etkilemektedir.

Potasyum İyodür (KI) Uygulamasının Amino Asit Kompozisyonuna Etkileri

Bitki metabolizması gelişimi, stres şartlarına karşı tepkisinde önemli rol oynayan amino asitler bitkide protein sentezi, stress şartlarına dayanıklılık, fotosentetik aktivite, stomaların açılması, çiçek açma, döllenme ve meyve oluşumu gibi bir çok faaliyette rol oynar (Marschner, 1995). Potasyum iyodür KI uygulamasına bağlı olarak çeşitlerdeki amino asit değişimi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Potasyum iyodür KI uygulamasına bağlı olarak buğday çeşitlerindeki amino asit değişimi.

Table 2. Changes in amino acid composition of wheat cultivars by potassium iodide application.

Amino Asitler (Amino Acids)							
Kontrol (Control)	Aspartat <i>Aspartate</i>	Glutamat <i>Glutamate</i>	Asparagin <i>Asparagine</i>	Serin <i>Serine</i>	Glutamin <i>Glutamine</i>	Histidin <i>Histidine</i>	Glisin <i>Glycine</i>
Sönmez	4715	2206	10868	9300	10232	4706	3898
Nacibey	4849	2413	11887	10172	11192	4841	4009
Ortalama/Mean	4781,85	2309,83	11377,94	9736,44	10711,96	4773,33	3953,28
Sx	47,77	73,35	361,32	309,19	340,17	47,68	39,49
	Tionin <i>Thionine</i>	Arginin <i>Arginine</i>	Alanin <i>Alanine</i>	Tirosin <i>Tyrosine</i>	Sistin <i>Cystine</i>	Valin <i>Valine</i>	Methionin <i>Methionine</i>
Sönmez	6857	18184	14963	1285	2423	1138	2558
Nacibey	7052	18703	15390	1322	2493	1171	2798
Ortalama/Mean	6954,45	18443,67	15176,25	1303,56	2458,02	1154,46	2677,99
Sx	69,47	184,23	151,60	13,02	24,55	11,53	85,04
	Triptofan <i>Tryptophan</i>	Fenilalanin <i>Phenylalanine</i>	Lösin <i>Leucine</i>	Lisin <i>Lysine</i>	Hid.Pro. <i>Hyd.Pro.</i>	Sarkozin <i>Sarcosine</i>	Prolin <i>Proline</i>
Sönmez	2296	2106	2839	5336	2155	10112	137
Nacibey	2511	2166	2920	5489	2216	10400	141
Ortalama/Mean	2403,63	2136,39	2879,76	5412,33	2185,38	10255,95	138,96
Sx	76,33	21,34	28,77	54,06	21,83	102,45	1,39
KI uygulama (KI application)	Aspartat <i>Aspartate</i>	Glutamat <i>Glutamate</i>	Asparagin <i>Asparagine</i>	Serin <i>Serine</i>	Glutamin <i>Glutamine</i>	Histidin <i>Histidine</i>	Glisin <i>Glycine</i>
Sönmez	5029	2069	10189	8719	9593	5020	4157
Nacibey	5500	2128	10480	8968	9867	5490	4547
Ortalama/Mean	5264,53	2098,05	10334,76	8843,76	9729,84	5255,15	4352,32
Sx	167,18	20,96	103,23	88,34	97,19	166,88	138,21
	Tionin <i>Thionine</i>	Arginin <i>Arginine</i>	Alanin <i>Alanine</i>	Tirosin <i>Tyrosine</i>	Sistin <i>Cystine</i>	Valin <i>Valine</i>	Methionin <i>Methionine</i>
Sönmez	7314	19396	15960	1371	2585	1214	2398
Nacibey	7999	21215	17456	1499	2827	1328	2467
Ortalama/Mean	7656,43	20305,36	16708,13	1435,14	2706,13	1270,99	2432,46
Sx	243,14	644,82	530,59	45,57	85,94	40,36	24,30
	Triptofan <i>Tryptophan</i>	Fenilalanin <i>Phenylalanine</i>	Lösin <i>Leucine</i>	Lisin <i>Lysine</i>	Hid. Pro. <i>Hyd.Pro.</i>	Sarkozin <i>Sarcosine</i>	Prolin <i>Proline</i>
Sönmez	2153	2247	3028	5692	2298	10786	146
Nacibey	2214	2457	3312	6225	2514	11797	160
Ortalama/Mean	2183,25	2352,04	3170,44	5958,65	2405,97	11291,18	152,99
Sx	21,81	74,69	100,68	189,22	76,40	358,56	4,86
	Aspartat <i>Aspartate</i>	Glutamat <i>Glutamate</i>	Asparagin <i>Asparagine</i>	Serin <i>Serine</i>	Glutamin <i>Glutamine</i>	Histidin <i>Histidine</i>	Glisin <i>Glycine</i>
	+	-	-	-	-	+	+
	Tionin <i>Thionine</i>	Arginin <i>Arginine</i>	Alanin <i>Alanine</i>	Tirosin <i>Tyrosine</i>	Sistin <i>Cystine</i>	Valin <i>Valine</i>	Methionin <i>Methionine</i>
+ Artma /Azalma Increase/Decrease	+	+	+	+	+	+	-
	Triptofan <i>Tryptophan</i>	Fenilalanin <i>Phenylalanine</i>	Lösin <i>Leucine</i>	Lisin <i>Lysine</i>	Hid. Pro. <i>Hyd.Pro.</i>	Sarkozin <i>Sarcosine</i>	Prolin <i>Proline</i>
	-	+	+	+	+	+	+

Glutamat bitki metabolizmasında özellikle karbon ve nitrojen mekanizmasında çok etkilidir. Bitkilerde önemli bir sinyal molekülü olarak görev yapan glutamat kurak koşullarda ozmotik dengenin ayarlanması açısından prolin biyosentezi için önemli bir element olup glutamatın prolindeki artışla

birlikte kuraklıkta glutamatta bir azalış kendini gösterir (Forde and Lea, 2007). Çalışmamızda bitkide glutamat seviyesi stresle birlikte artmıştır. Yine çalışmamızda asparagin seviyesi KI uygulamasıyla birlikte düşmüştür. Çalışmamızla aynı doğrultuda bitkinin genç yapraklarında bol bulunan ve

olumsuz stres şartları ile birlikte seviyesi azalan asparagin hücre büyümesinde, hücrenin genişlemesinde ve şeker ürünlerinin floemle birlikte gövdede depolanmasında önemli rol oynar. Bu araştırmada KI uygulamasıyla aspartat miktarı artmıştır. Aspartat bitkide metabolizma için çok önemli olan trikarnoksilik asit (TCA) döngüsünde önemli bir amino asit olup, enerji harcayan metabolik olayların azalmasına ve savunma sistemlerini harekete geçiren metabolik olayların ve buna bağlı olarak sinyal amino asitlerinin üretilmesine sebep olan olayları tetikleyen bir amino asit olarak stres koşullarında miktarı artmaktadır (Sanchez et al., 1998). Asparagin ve prolin nitrojen birikimini teşvik eden önemli amino asitler olup hücredeki şeker dengesinin ayarlanmasına asparagin önemli rol oynarlar (Haroun et al., 2010). Diğer bir stres amino asiti olan serin bitki dokusunun kuraklığa karşı kendini düzenlemesine yardımcı olur ve serinin kurak koşullarda düşmesiyle birlikte prolin artar. Serinin özellikle bitki dokularında dokular arasında düzenleyici rol aldığı ve stresle normal koşullar arasında ayarlayıcı rol aldığı belirtilmektedir (Ros et al., 2014). Çalışmamızda serin ve histidin miktarlarında KI stresiyle birlikte artış göstermiştir. Histidin abiyotik streslere karşı bitkinin tepkisini gösteren bir stres responsive amino asitidir. Dolayısıyla bu amino asit absisik asitle birlikte kuraklığa karşı pozitif regülör görevi üstlenir ve histidin miktarı bitkide artan kuraklıkla birlikte artmaktadır (Fersht, 1999). Denememizde de azaldığı gibi glutamin stres şartlarında azalan bir amino asittir. Bu amino asit kuraklığın iyi bir stres göstergesi olmakla birlikte özellikle hücredeki N metabolizması ve plastit metabolizmasını ayarlayan markör görevini üstlenmektedir (Mifflin and Habash, 2002). Glisin, tionin ve arginin kuraklık gibi stres ortamlarında bitki bünyesinde seviyesi artan amino asitlerdir.

Benzer şekilde çalışmamızda da bu amino asitlerin miktarı artmıştır. Glisin toksik olmayan suda çözünebilir ve doku tarafından absorbe edilebilir kuraklık, tuz gibi stres koşullarında sentezlenen ve dokuda biriken bir aminoasittir. Bu amino asit kuraklık stresi altında fotosentetik

sistemi korumak fotosentez oranını düşürmemek gibi görevlerin yanı sıra oksijene bağlı serbest radikallerin etkisinin ve düzeyinin azaltılmasında, doğrudan veya dolaylı olarak plazma membranlarını korumak üzere görev yapan bir amino asittir (Chen and Murata, 2008). Tionin bitkilerin mikrobik kontamisyona karşı kendini savunmasına yardımcı olur. Özellikle fitopatojenik bakterilere karşı bitkilerin savunma sisteminde tionin önemli rol oynar. Kuraklıkla birlikte tioninler yapraklarda hücre duvarında bulunmakla birlikte fungal saldırı karşısında hızla miktarını artırmaktadır. Tioninler özellikle Ca la birlikte bitkinin savunma mekanizmalarını harekete geçirici ve artırıcı dolayısıyla bu suretle özellikle patojenin hücre membranından girişini zorlaştırıcı görev yaparlar. Yine tioninler özellikle Mg ve K varlığında bitki savunma sistemini artırıcı rol oynarlar (Thompson, 1988). Arginin bitkide nitrojen kaynağı olup, fizyolojik ve biyokimyasal prosesler, büyüme ve gelişme, stres şartlarına adaptasyon için gerekli olan poliaminler, nitrik oksit biyosentezi için öncü görevi yapar. Arginin poliamin sentezinde rol oynamakla birlikte özellikle bitkilerde stres koşullarında transprasyon oranında düşmede stomaların kapanmasında ve dolayısıyla transprasyonla su kullanımının azaltılmasına rol oynar (Yang and Gao, 2007). Diğer taraftan, alanin, tirozin ve sistin, valin lösin bu araştırmada da belirlendiği gibi stres ortamlarında artmaktadır. Araştırmamızda KI uygulamasıyla oluşturulan kuraklık stresi ile birlikte alanin, tirozin ve sistin artmıştır. Alanin stres ortamlarında bitkilerin özellikle stres koşullarına karşı kendini ayarlamasında rol oynarlar. Alanin özellikle yaprakta ve kökte gövdeye göre daha fazla bulunmakta, stres sırasında nitrojene bağlı birçok metabolik olayın azaltılması ayarlanması, bitkinin su kaybını önleyici sistemlerinin harekete geçirilmesi gibi birçok metabolik olayın düzenlenmesinde katkı yapar. Bu amino asit özellikle prolinin artması ile yakından ilişkili bir amino asittir. Kuraklığa bağlı olarak artan alanin miktarı amino asit protein oluşum mekanizmalarını daha doğrusu bitki biyokimyasal metabolizmasında azalmaya dolayısıyla

bitkinin kendini savunmaya almasında önemli rol oynar (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Tirozin stres koşullarına karşı bitkinin savunma ile ilgili metabolik döngülerinde tetikleyici olarak görev alır, savunma ile ilgili bitki metabolik olayları ve bunların sebebi olan döngülerin oluşmasında tetikleyici ve katalize edici rol oynar (Ghelis, 2011). Ayrıca sistin özellikle bitki gelişiminde etkin rol oynayan bir amino asit olup aynı zamanda tohumda depo proteinleri birikimi, bitkinin yaşlanmaya girmesinde rol oynar. Böylece hem anabolik hem de katabolik olaylarda rol alır. Sistin kuraklık gibi birçok stres koşullarına karşı bitkinin gösterdiği tepki mekanizmalarında uyarı görevini yapar. Kuraklık sistin aktivitesini harekete geçirmekle birlikte sistin miktarı kuraklıkla birlikte artar. Sistin aminoasiti özellikle kuraklık stresinde bitkinin düzenli hücre ölümlerinin oluşmasına ve hücre savunma sistemlerinin gelişmesine katkıda bulunur (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Valin ile lösin özellikle kurak koşullarda oksijene bağlı serbest radikallerin zararının azaltılmasında büyümeye dayalı enzimlerin yapısının bozulmasını önlemede ve yine hücredeki serbest oksijen bazlı radikallerin miktarının azaltılmasında önemli rol oynarlar. Dolayısıyla bu iki amino asit kuraklıkla birlikte bitkilerde artar. Dallanmış bir yapıya sahip olan valin aminoasiti birçok sebepten dolayı özellikle insanların beslenmesinde lösin ve izölösün gibi esansiyel aminoasittir (Singhl and Shaner, 1995; Mikkelsen and Halkier, 2003).

Methionin ve triptofan bitkide gelişme ile ilgili fizyolojik ve metabolik olaylarda rol oynar. Stres olmadan normal gelişimde rol oynadıklarından kuraklık gibi stress şartlarında gerileyen gelişmeyle birlikte bitkide azalır. Bu çalışmada da her iki amino asit miktarı KI uygulamasıyla azalmıştır. Methionin hücre metabolizmasında birçok basamakta örneğin proteinlerin oluşumunda, messenger RNA taşınmasında, S-Adenozilmetionin oluşumunda kullanılmakla birlikte etilen, Vitamin B1, poliaminler ve birçok maddenin metabolizmasında önemli rol almaktadır. Metionin özellikle sülfür içeren bir amino asit olup bitki gelişimi için önemli olan protein sentezinde rol alır ve metionin içeren

bitkiler insan ve hayvan beslenmesinde önemli rol oynarlar. Methionin bitkilerde değişik oranlarda olmak üzere DNA dizilişinin tamamlanması, proteinlerin oluşumu ve bitki gelişimi için bitkilerde birçok döngülerin tamamlanmasında önemli rol oynar. Dolayısıyla bu amino asit kuraklıkla birlikte bir düşüş gösterir (Sairam et al., 2002). Triptofan methionin gibi insan ve hayvan beslenmesinde ve metabolik faaliyetlerde önemli bir amino asit olup özellikle bitkilerde sekonder metabolitlerin (terponoit indol alkaloidler, indol glikosinatlar, indol fitoaleksiner gibi) oluşumunda görev yaparlar. Yine bu sekonder metabolitler özellikle embriyo gelişimi, apikal dominansı ve tropizm gibi bitkide birçok faaliyetin oluşumunda rol alırlar. Triptofan bitki gelişimi ve verim açısından gerekli olan oksinlerin üretiminde rol oynar. Aynı zamanda osmotik dengenin sağlanması, iyon transferi, stomaların açılması ve ağır metallerin uzaklaştırılmasında rol oynar. Dolayısıyla kuraklık ile birlikte azalır (Radwanski and Last, 1995).

Fenilalanin ve lisin önemli metabolik olaylarda rol oynayan ve stresle birlikte artan amino asitlerdir ve bu çalışmada da KI stres uygulamasında nunların miktarı artmıştır. Bazı bitki ve mantarlar ile mayada bulunan fenilalanin karbon ve nitrogen gerektiren katabolik olaylara önemli rol oynamakta ve bitkilerde savunma mekanizmaları için gereklidir. Dolayısıyla fenilalanin lignin flavonoid ve kumarin gibi değişik bileşiklerin oluşumunda öncü görev yapar. Bitkilerde özellikle şikimik asit döngüsü yoluyla üretilmektedir. Şikimik asit döngüsünde üretilen fenilalanin fenil propanoid döngüsü içinde protein sentezi için kullanılmaktadır. Fenil propanoid metabolizması özellikle sekonder metabolitlerin biyosentezi için öncüdür. Fenilalanin metabolizması ve flavonoid biyosentezi bitkilerde biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılıkta önemli bir metabolik olaydır. Dolayısıyla bitkilerin yaralanması, biyotik ve abiyotik streslere maruz kalması durumunda fenilalanin ve tirozin hızla artmaktadır. Fenilalanin artması ile birlikte fotosentez düşmekte ve bitki kendini savunmaya almakta, hücre

membranları su kaybını önleyici yapıya girmektedir (Tohge et al., 2013). Lysin miktarı bitkiden bitkiye değişmekle birlikte aspartat bağlantılı biyosentetik döngüler vasıtasıyla aspartatdan sentezlenmekte, threonin, metionin ve izolösin sentezinde kullanılmaktadırlar. Lysin bitkilerde birçok fonksiyon için kullanılmaktadır. Bitkilerin normal gelişimlerinde önemli rol oynamakta, tohumda diğer organlara daha fazla bulunmaktadır. Lysin bitkide abiyotik ve biyotik streslere karşı bitkinin dayanıklılığını artırılmasında kullanılmakta, yine bunun yanında özellikle glutamat aminoasitinin üretilmesi için ve özellikle bitkinin savunma sistemlerinin hazırlanmasında öncü rol oynayan glutamatın üretilmesinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla kuraklıkla birlikte lysin miktarı artmaktadır (Azevedo and Lea, 2001). Aynı şekilde kuraklığa bağlı olarak bitkide seviyesi artan hidroksi prolin, sarkozin ve prolin miktarları bu çalışmada artmıştır. Hidroksi prolin içeren bitkilerde kuraklığa karşı yüksek dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Hidroksi prolin bitkilerde hücre duvarında, genç yapraklara göre yaşlı yapraklarda bol miktarda bulunmaktadır. Hidroksi prolin hücre büyüme ve genişleme kaybı dokudaki yaşlanma ile birlikte artış gösterir. Etilenle birlikte hidroksi prolinde de artış görülmektedir. Hidroksi prolin bitki hücresinde simplast ve apoplastlarda suda çözülmüş olarak bulunur. Özellikle bitkideki savunmaya yönelik metabolik olayların harekete geçmesine katkıda bulunur. Yine bitki hücresinin özellikle güçlenmesine su kaybının önlenmesinde önemli rol oynar. Hidroksi prolin miktarı kuraklıkla artar (Maclean et al., 2009). Sarkozin, glisin, taurin glutamik asit gibi organik ozmotiklerden bir amino asit olup hücrenin ozmotik dengesinin ayarlanması, savunma sistemlerinin harekete geçirilmesi gibi birçok metabolik olayı katalize eder ve kuraklıkla birlikte miktarı artar (Yancey, 2005). Prolin özellikle olağan üstü stres koşullarında bitkide miktarı hızla artan ve bitkinin olumsuz koşullara dayanıklılığında önemli rol oynayan bir amino asit olup, stres durumunda bitkide nispi olarak prolin artmakta ve bitkiyi stres koşullarına karşı korumada önemli bir rol üstlenmektedir.

Bitkilerin özellikle kuraklık ve tuzluluk stresi altında sitozolelerde birikmekte yine yüksek sıcaklığa karşı ısı geçirgenliğinin düşürülmesi için sitoplazma konsantrasyonunun ayarlanmasında rol oynar. Stres altındaki bitki hücrelerin normal hücrelere göre %20 daha fazla prolin üretmekte, kloroplast ve sitoplazmik bitki faaliyeti %20-25 daha azalmaktadır. Dolayısıyla prolin bitkinin hücre turgoru su alımı su kaybı stoma hücrelerinin kapanması gibi birçok savunma mekanizmasının çalışmasında, hücre sitoplazmasındaki kuru madde miktarının artışında rol oynar (Bhaskara et al., 2015). Sonuç olarak, bitkilerin fizyolojik ve metabolik olaylarında önemli rol oynayan amino asitler değişik fonksiyonlara sahiptirler. Bazı amino asitler büyüme, gelişme ve tohum oluşumunda rol alıp stresle birlikte azalırken; diğer bazı amino asitler savunma amino asitleri olup stresle birlikte artarlar. Nacibey ekmeklik buğday çeşidi Sözmez ekmeklik buğday çeşidine göre amino asit değişimi yönünden daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Potasyum İyodür (KI) Uygulamasının Organik Asit Kompozisyonuna Etkileri

Metabolizmanın önemli bir parçası olan organik asitler enerji üretimi, amino asitlerin sentezinde indikatör, stres şartlarına adaptasyon gibi anabolik ve katabolik reaksiyonlarda hayati önem arzederler (Hoffland et al., 1992). Ayrıca organik asitler sadece nitride karbon metabolizmasında bir ürün olarak rol oynamala kalmaz kuraklık, besin elementi eksikliği, toprak kök bölgesinde bitki-patojen ilişkisi enfeksiyonu gibi olaylarda anahtar rol oynarlar (Salisbury and Ross, 1997; Bucio et al., 2000). Potasyum iyodür (KI) uygulamasına bağlı olarak çeşitlerdeki organik asit değişimi Tablo 3'de verilmiştir. Oksalik asit bitkinin özellikle erken dönemlerinde diğer dönemlere göre daha fazla bulunmakla birlikte bitkinin gelişme dönemleri boyunca oksalik asit bitki bünyesinde bulunmaktadır. Oksalik asit özellikle bitkilerde potasyum, sodyum, amonyum, ca ve mg gibi katyonlar nitrat, Cl, H₂PO₄ ve sülfat gibi anyonlarla bitki hücrelerinde bir denge oluşturmada kullanılmaktadır. Özellikle Ca okzalit bu

iyonik dengenin sağlanmasında önemli rol oynamakla birlikte Ca okzalat aynı zamanda bitkilerin stres koşullarına karşı dayanmasında sinyal görevi görür. Ayrıca bitkide üretilen okzalik asit amonyum gübrelemesi ile azalmakla birlikte nitrat gübrelemesiyle artmaktadır. Kısaca okzalik asit bitkilerde üretildiği zaman özellikle minerallerin hücre içinde dengesini sağlamada bunların hücre membramından kaybını önleme de yanı kısaca kuraklığa karşı dayanımını artırmada önemli rol oynar (Webb et al., 1995). Çalışmamızda KI uygulaması ile birlikte oksalik asit ve propiyonik asit miktarları artmıştır.

Propiyonik asit bir savunma prganik asiti olmakla beraber stres koşullarında sinyal görevi görmekte ve savunmayla ilgili bazı amino asitlerin sentezinde rol oynar. Ayrıca propiyonik asit bazı bitkilerde mikrobiyal saldırılara karşı savunma amino asiti olarak kullanılmaktadır. Bir oksin türü olan indol 3 propiyonik asit köklerde üretilerek antimikrobiyal bileşik olarak bitkilerde savunma savunma amino asiti olarak görev yapmaktadır (Walker et al., 2003). Tartarik asit bitkilerde oldukça yaygın olarak değişik dokularda bulunur ve onun biyosentezi L-askorbik asit (vitamin C) ile başlar.

Tablo 3. Potasyum iyodür KI uygulamasına bağlı olarak buğday çeşitlerindeki organik asit değişimi.

Table 3. Changes in organic acid composition of wheat cultivars by potassium iodide application.

Organik Asitler (Organic Acids)							
Kontrol (Control)	Okzalik Oxalic	Propionik Popionic	Tartarik Tartaric	Bütirik Butyric	Malonik Malonic	Malik Malic	Laktik Lactic
Sönmez	1,18	1,85	2,60	4,10	23,65	2,60	17,87
Nacibey	1,21	1,90	2,68	4,21	24,32	2,68	18,38
Ortalama (Mean)	1,19	1,87	2,64	4,15	23,98	2,64	18,13
Sx	0,04	0,07	0,09	0,15	0,84	0,09	0,63
	Sitrik Citric	Maleik Maleic	Fumarik Fumaric	Gib. Asit Gib.Acid	Sal. Asit Sal.Acid	IAA IAA	ABA ABA
Sönmez	2,65	1,59	0,88	86,58	30,11	2,58	0,18
Nacibey	2,72	1,63	0,91	94,69	32,68	2,82	0,15
Ortalama (Mean)	2,68	1,61	0,89	90,63	31,40	2,70	0,17
Sx	0,03	0,02	0,01	2,88	0,91	0,09	0,01
KI uygulama (KI application)	Okzalik Oxalic	Propionik Popionic	Tartarik Tartaric	Bütirik Butyric	Malonik Malonic	Malik Malic	Laktik Lactic
Sönmez	1,25	1,97	2,78	4,37	25,22	2,78	19,06
Nacibey	1,37	2,16	3,04	4,78	27,59	3,04	20,85
Ortalama (Mean)	1,31	2,06	2,91	4,57	26,40	2,91	19,96
Sx	0,04	0,07	0,09	0,15	0,84	0,09	0,63
	Sitrik Citric	Maleik Maleic	Fumarik Fumaric	Gib. Asit Gib.Acid	Sal. Asit Sal.Acid	IAA IAA	ABA ABA
Sönmez	2,82	1,69	0,94	75,62	39,02	1,86	0,26
Nacibey	3,09	1,85	1,03	78,36	42,68	1,97	0,24
Ortalama (Mean)	2,95	1,77	0,98	76,99	40,85	1,92	0,25
Sx	0,09	0,06	0,03	0,97	1,30	0,04	0,01
+ - Artma /Azalma Increase/Decrease	Okzalik Oxalic	Propionik Popionic	Tartarik Tartaric	Bütirik Butyric	Malonik Malonic	Malik Malic	Laktik Lactic
	+	+	+	+	+	+	+
	Sitrik Citric	Maleik Maleic	Fumarik Fumaric	Gib. Asit Gib.Acid	Sal. Asit Sal.Acid	IAA IAA	ABA ABA
	+	+	+	-	+	-	+

Tartarik asit yapraklarda ve meyvede bol miktarda bulunur. Üzümde tartaric asiti olgunlaşma sırasında meyvede birikmekte ve üzüme lezzet vermede önemli katkı yapısının yanısıra vitamin C'nin üretimine

temel teşkil etmektedir. Ayrıca kurak koşullarda artan tartaric asit olgunlamayı artırmakta, potasyum oranında artışı teşvik etmekte, bitkinin ozmotik dengesine yardımcı olmaktadır (Rivas-Ubach et al.,

2012). Çalışmamızda tartarik asit ve bütirik asit miktarları KI uygulaması ile artmıştır. Bütirik asit indol bütirik asit formunda bitkilerde yapının büyümesi, gelişmesi, hücrelerin bölünmesi, faaliyeti, büyümesi, doku oluşumu, yaprak büyümesi, apikal dominansı, fototropizm ve özellikle kök uzaması ve gelişimini sağlayan bir organik asittir. Bütirik asit sitokininlerin sebep olduğu kök apical dormansisini kırar ve dolaylı olarak, kök üretkenliğini artırır kurağa tolerans için kök gelişikliğini artırır. Bunun yanında Ca gibi bütirik asit miktarı arttıkça prolin sentezini teşvik etmekte ve bitkinin kurağa karşı toleransı artmaktadır (Zolman et al., 2008).

Malonik asit metabolik faaliyet için önemli bir organik asit olup özellikle bitki köklerinde asetil koenzim A karboksilaze vasıtasıyla oluşur ve bitkideki seviyesi bünyedeki azot miktarı ve azot alımına bağlı olarak değişir. Malonik bitkilerde lipid sentezinde önemli rol oynar. Asetil CoA karboksilaz, asetil koenzim A içerisine CO₂'nin dahil olmasını katalize ederek yağ asitlerinin oluşumunu kataliz eden melonil koenzim A'nın sentezine sebep olur. Malonik asit ayrıca bitkide ozmotik potansiyelini ayarlayarak kurak koşullara karşı dayanıklılığını artırdığından stresle birlikte miktarı artar (Greene et al., 1993). Bu araştırmada da malonik asit miktarı KI stresi ile birlikte artmıştır. Malik asit bitkilerde bulunan bir çeşit meyve asidi olup meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunan organik bir bileşiktir. Malik asit, özellikle ekşimsi meyvelerde elma, kayısı, muz, kiraz, üzüm, portakal kabuğu, brokoli, armut, erik, havuç, patates, taze fasulye gibi sebze ve meyvelerde de var olmaktadır. Malik asit her canlının metabolizmasında yer almakta, hayattaki canlı hücrelerin mitokondrilerinde bulunan enerji döngüsü olan Krebs döngüsünün mühim bir basamağında yer almaktadır. Malik asit mitokondrilerde malik enzimince metabolize edilir, oluşan malat kofullarda K ve Ca için önemli anyon görevi yapar. Bu birliktelik bitkide önemli ozmotik düzenleyici görevi yapar. Bu sayede kuraklık stresi ile beraber çalışmamızda arttığı gibi bitkide miktarı artmaktadır (Egle et al., 2003). Laktik asit düşük konsantrasyonda klorofil birikiminde, kök

gelişimi ve kökn miberal alımında artış, gibi bitki gelişimi düzenleyicisi olarak görev yapmasona rağmen yüksek konsantrasyonda gelişmeyi engelleyici rol oynar. Kuraklıkla birlikte miktarı artan laktik asit büyüme azaltmakta, strese karşı bitkiyi düzenleyen döngülerin uyarılması, ozmotik ayarlama, enerji üretimi için solumun ayarlanması görevi yapar ve stres ortamında miktarı artar (Gupta et al., 2016). Sitrik asit limon, portakal gibi turunçgil meyvelerinin en tabii bileşeni olup düşük dozlarda bitki gelişimini etkileyen bir organik asittir. Yine sikkik asit glikoliz, krebs döngüsü ve elektron iletimi gibi üç temel reaksiyonu oluşturan katabolik olaylardan krebs döngüsünün ana bileşenidir. Sitrik asitin bozulması glukoz trasformasyonu ve bitkinin enerji sisteminin bozulmasına neden olur. Stress şartlarında artan sitrik asit seviyesine bağlı olarak bitki gelişimi ve CO₂ asimilasyon oranında azalma, antioksidan asitleri miktarında artışa bağlı olarak bitkinin savunma mekanizmasında yükselme oluşur (Iwasaki et al., 2011). Maleik asit bitki büyümesini düzenleyen bir organik asit olup özellikle bitki gelişimi, biyosentetik aktiviteyi azaltma, hücre bölünmesini geciktirme ve önleme etkisi bulunmaktadır. Ozmotik strese bağlı olarak köklerde seviyesi artan maleik asit kökten rizosfere de salgılanabilmekte ve toprak enzim aktivitesini ayarlayarak kurağa dayanımı artırmaktadır. Çalışmamızda maleik asit ve fumarik asit miktarları KI stresi ile birlikte artmıştır. Maleik asit belirli enzimleri engelleyerek metabolizmayı yavaşlatmakta ve respirasyonu azaltarak metabolik kaybı azaltmaktadır (Cawthray, 2003). Fumarik asit trikarboksilik asitin önemli bir unsuru olup ışık yoğunluğu ve bitkinin yaşına bağlı olarak olumlu olarak değişmektedir. Fumarat C₃ bitkilerinde yüksek miktarda bulunabilir ve pH ayarlaması, mineral alımı, stoma hareketi, trikarboksilik asit döngüsünde rol alan malat sentezinden fumaraz enzim aktivatörlüğünde elde edilir. Stress şartlarında artan sitrik asit seviyesine bağlı olarak suda çözünebilir metabolitleri artırarak bitkinin özellikle köklerde ozmotik dengesini sağlamakta su kaybını önlemekte ve kurağa dayanımını artırmaktadır. Ayrıca fumarik asit iyi bir antimikrobiyal olduğundan artan patojenik

saldırıya karşı fumarik asit seviyesi artmaktadır (Song et al., 2012).

Gibberelinler bitki bünyesinde bulunan tetrasilik ve diterpenoid cileşikleri içeren bitki güyüme düzenleyicilerdir. Gibberelik asit bitkide dormansinin kırılması, hücre bölünmesi, çimlemenin hızlanması, uzama, büyüme, çiçek oluşumu, meyve oluşumu gibi büyümeyle ilgili bit çok faaliyeti yapar. Absisik asit, etilen ve gibberelik asit bitki gelişimini düzenlemektedir. Absisik asit genellikle olgun hücrelerde, etilen ve gibberelik asit ise bölünen ve büyüyen yani gelişen hücrelerde faaliyet gösterir. Böylece her hormoneğişik gelişme devrelerinde işlev görebilen bir sonraki dönemin sinyalini verir ve bitkideki seviyesi azalır. Dolayısıyla olumlu gelişme şartlarında bitkinin gelişme döneminde faaliyet gösteren gibberelik asit olumsuz stres şartlarında bitkide bir sonraki dönemin sinyalini vererek metabolik faaliyetlerin azalmasıyla birlikte bitkideki miktarı azalır (Sponsel, 1995). Zaten çalışmamızda da KI uygulamasıyla birlikte gibberelik asit seviyesi düşmüştür. Bitkilerde salisilik asit oluşumu sinamik asitten benzoik asite oradanda salisilik asit şeklinde olmakta ve bu organik asit kalorienik (O₂ tüketimini artıran) asit olarak birçok bitkide termojeniteye neden olur. Termojenite, mitokondride siyanide dirençli ve fosfor içermeyen elektron taşıma yolundaki artış olup, bunda yüksek solunum oranıyla birlikte oksidazların aktivasyonu, glikolitik ve krebs döngüsü enzimlerinin aktivasyonu şarttır. Salisilik asit çiçeklenme süresinin uzaması, etilen biyosentezinin önlenmesi, tohum çimlenmesi, yaralanmaya karşı tepkinin bloke edilmesi, absisik asit etkisinin ters çevrilmesinde önemli rol oynar. Yine bu asit fenilpropanoid döngüsüne katılarak bitkinin biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılık göstermesinde öncü ve önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla çalışmamızda da KI uygulamasına karşı bitkideki miktarının arttığı gibi stres ortamlarında bitkideki seviyesi artmaktadır (Rivas-San Vicente and Plasencia, 2011)

Kendisi bir oksin olan indol asetik asit bitki tarafından kimyasal olarak oluşturulan veya biyolojik olarak triptofandan sentezlenen bitki büyümesinde önemli rol

oynayan bir organik asittir. Daha çok yapraklarda sentezlenen IAA hücre büyümesi ve bölünmesi, doku farklılaşması, ışığa tepki, etilen sentezinde, meyve oluşumunda, çiçeklenmede etkili olup kuraklıkla birlikte azalan bitki gelişimiyle birlikte bitkideki miktarı azalır (Grunewald et al., 2009). Zaten bu çalışmada IAA miktarı azalırken absisik miktarı artmıştır. Absisik asit karotenoid alkol, zeaksantinden yapraklarda ve terminal tomurcuklarda sentezlenip bitkide floem yoluyla diğer organlara nakledilmektedir. Bu organik asitin işlevlerinin arasında yaprak dökülmesi, bitki gelişiminin yavaşlaması, kış mevsimi boyunca bitki gelişimini engelleyerek bitkide primer ve sekonder büyümenin askıya alınması ve bitkinin sopupktan korunması, abiyotik streslere karşı bitkinin savunma sistemlerinin hareket etmesinin sağlanması, bitkide fotosenteze bağlı sistemlerin faaliyetinin azaltılması, stomaların kapanması, fotosentetik asimilatların tohuma taşınması ve tohumda depo proteinlerinin sentez hızının artırılması sayılabilir. Kurak şartlarda bitki köklerinin su stresi çekmesi durumunda köklerden ksilem yoluyla yapraklara yollanan ABA sentezi için işaretlerle birlikte bitkinin savunma sistemi devreye girerek bitki kendini kurak şartlara hazırlar (Raven et al., 1992). Bu sonuçlar ışığında, organik asitlerin değişiminden bitkinin KI stresine karşı oldukça tepkili olduğu, savunma ile ilişkisi organik asit miktarlarında artışların yanısıra gelişme ile yalnız ilişkili organik asit miktarlarında azalış meydana geldiği gözlenmiştir. Bitkinin strese karşı bütün metabolizmasıyla tepki verdiği görülmektedir. Nacibey ekmeklik buğday çeşidi Sömez ekmeklik buğday çeşidine göre kurağa organik asit değişimi dikkate alındığında daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Sonuç

KI uygulamasının ekmeklik buğdayda çok iyi bir kuraklık stresi oluşturduğu gerek mineraller ve gerekse amino ve organik asitlerdeki meydana gelen değişimlerden ortaya konmuştur. Ekmeklik buğday çeşitlerinde Nacibey ekmeklik buğday çeşidi Sömez ekmeklik buğday çeşidine göre

mineral, amino asit ve organik asit değişimi yönünden daha dayanıklı olarak belirlenmiştir. Bitkierdeki mineral madde, amino asit ve organik asit değişimi stres şartlarına maruz kalan bitkilerde bitkinin performansının ölçülmesinde çok iyi bir belirteçtir. KI uygulaması ile bitkiler strese masuz kalmadan iyi gelişme şartlarında kurağa toleranslı bitkilerin tespitinde başariyla kullanılabilir.

Kaynaklar

- Acevedo, E. 1987. Assessing crop and plant attributes for cereal improvements. In J.P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo & S. Varma, eds. Drought tolerance in winter cereals, p. 303-320. Chichester, UK, Wiley.
- Acevedo, E. 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use yield, morphological and physiological traits. In E. Acevedo, A.P. Conesa, P. Monneveux & P. Srivastava, eds. Physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments, p. 273-305. Montpellier, France, INRA
- Andriolo, J.I., Erpen, L., Cardoso, F.I., Cocco, C., Casagrande, G.S., Janisch, D.I. 2011. Nitrogen Levels in the Cultivation of Strawberries in Soilless Culture. *Horticultura Brasileira*, 29: 516-519.
- Anjum, F., Yaseen, M., Rasul, E., Wahid, A., Anjum, S. 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Pakistan J. Agric. Sci.*, 40: 45-49.
- Arora, A., Sairam, R., K., Srivastava, G.C. 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants, *Current Science*, 82: 1227-1238.
- Azevedo, R.A., Lea, P.J. 2001. Lysine metabolism in higher plants. *Amino Acids*, 20(3): 261-279.
- Bhaskara, G.B., Yang, T.H., Verslues, P.E. 2015. Dynamic proline metabolism: importance and regulation in water limited environments. *Frontiers in Plant Science*, 6: 484. doi: 10.3389/fpls.2015.00484.
- Blum, A. 1983. Genetic and physiological relationships in plant breeding for drought resistance. *Agricultural Water Management*, 7: 195-205.
- Bothwell, J.H.F. Ng, C.K.Y. 2005. The evolution of Ca²⁺ signalling in photosynthetic eukaryotes. *New Phytol.* 166, 21-38.
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218 (4571): 443-448.
- Bucio, J.L., Jacobo, M.F.N., Rodríguez, V.R., Estrella, L. H. 2000. Organic acid metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Science*, 160(1): 1-13.
- Burnett, V., Clarke S. 2002. Organic farming: Wheat production and marketing. *Agriculture Notes*. AG1075. ISSN 1329-8062.
- Cárdenas-Navarro, R., López-Pérez, L., Lobit, P., Ruiz-Corro, R., Castellanos-Morales, V.C. 2006. Effects of Nitrogen Source on Growth and Development of Strawberry Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 1699-1707.
- Cawthray, G.R. 2003. An improved reversed-phase liquid chromatographic method of the analysis of low-molecular mass organic acids in plant root exudates. *J. Chromatogr. A.*, 1011(12): 233-240.
- Chen, T.H., Murata, N. 2008. Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trends of Plant Science*, 13(9): 499-505.
- Çırak, C., Esendal, E. 2006. Soyada kuraklık stresi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(2): 231-237.
- Davies, P.J. 1995. The plant hormones; their nature, occurrence and functions. In: *Plant Hormones*, Davies P.J. (ed.). Boston, MA, USA, Kluwer Academic Publ., 1-39.
- Egle, K., Romer, W., Keller, H. 2003. Exudation of low molecular weight organic acids by *Lupinus albus* L., *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus*

- luteus L. as affected by phosphorus supply. *Agronomie*, 23: 511–518.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T. 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20(3): 118-125.
- El-Ghamery, A.A., El-Kholy, M.A., ElYousser, A. 2003. Evaluation of cytological effects of Zn⁺² in relation to germination and root growth of *Nigella sativa* L. and *Triticum aestivum* L., *Mutation Research*, 537: 29-41.
- Epstein, E. 1972. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. (New York: John Wiley & Sons).
- Ergene, A. 1987. *Toprak Biliminin Esasları*. 370 S. Atatürk Üniv. Yay. No: 635, Erzurum.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.*, 29: 185-212.
- Fersht, A. 1999. *Structure and Mechanism in Protein Science*. W.H. Freeman and Company; New York.
- Forde, B.G., Lea, J.F. 2007. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. *Journal of Experimental Botany*, 58(9): 2339-2358.
- Geçer, M.K., Yılmaz, H. 2011. Van Ekolojik Koşullarında Üretilen Çilek Fidelerinin Meyve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 1(2): 15-22.
- Ghelis, T. 2011. Signal processing by protein tyrosine phosphorylation in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 6(7): 942-951.
- Greene, J.G., Porter, R.H., Eller, R.V., Greenamyre, J.T. 1993. Inhibition of succinate dehydrogenase by malonic acid produces an 'excitotoxic' lesion in rat striatum. *Neurochemistry*, 61: 1151-1154.
- Grunewald, W., Noorden, G.V., Isterdael, G.V., Beeckman, T., Gheysen, G., Mathesius, U. 2009. Manipulation of auxin transport in plant roots during *Rhizobium* symbiosis and nematode parasitism. *The Plant Cell*, 21: 2553–2562.
- Gupta, A., Dixit, S.K., Senthil-Kumar, M. 2016. Drought Stress Predominantly Endures *Arabidopsis thaliana* to *Pseudomonas syringae* Infection. *Front Plant Sci.*, 7: 808.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D. 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu⁺², Pb⁺², Hg⁺², Cd⁺²) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. *F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 177-182.
- Haroun, S.A., Shukry, W.M., El-Sawy, O. 2010. Effect of asparagine or glutamine on growth and metabolic changes in *Phaseolus vulgaris* under in vitro conditions. *Bioscience Research*, 7(1): 01-21.
- Henderson, J.W., Ricker, R.D., Bidlingmeyer, B.A., Woodward, C. 1999. Amino acid analysis using Zorbax Eclipse-AAA Columns and the Agilent 1200 HPLC.
- Hoffland, E., Van Den Boogaard, R., Nelemans, J., Findenegg, G. 1992. Biosynthesis and root exudation of citric and malic acids in phosphate-starved rape plants. *New Phytologist*, 122: 675–680.
- Iwasaki, M., Fukamachi, H., Imai, A., Nonaka, K. 2011. Effects of summer and autumn water stress on fruit quality of medium-late maturing citrus 'Harehime'. *Hort. Res.*, 10: 191-196.
- Jezek, M., Geilfus, C.-M., Bayer, A., Mühling, K.-H. 2014. Photosynthetic capacity, nutrient status, and growth of maize (*Zea mays* L.) upon MgSO₄ leaf-application. *Front. Plant Sci.*, 5: 781.
- Jones, J.B., Jr, Wolf, B., Mills, H.A. 1991. *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*, Micro-Macro Publishing, Athens, GA.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y. 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4): 723-740.
- Kaya, C., Higgs, D. 2002. Improvements in the physiological and nutritional

- developments of tomato cultivars grown at high zinc by foliar application of phosphorus and iron. *Journal of Plant Nutrition*, 25(9): 1881-1894.
- Kün, E. 1997. Tahıllar I. (Serin İklim Tahılları) Üçüncü Baskı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1452.
- Lambers, H., Cramer, M.D., Shane, M.W., Wouterlood, M., Poot, P., Veneklass, E. J. 2003. Structure and Functioning of Cluster Roots and Plant responses to Phosphate Deficiency. *Plant and Soil*, 248: 9-19.
- Lanceras, J.C., Pantuwan, G., Jongdee, B., Toojinda, T. 2004. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice. *Plant Physiology*, 135: 384-399.
- Macleay, A.M., White, C.E., Fowler, J.E., Finan, T.M. 2009. Identification of a hydroxyproline transport system in the legume endosymbiont *Sinorhizobium meliloti*. *Molecular Plant-Microbe Interactions Journal*, 22(9): 1116-1127.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 657-680.
- Mertens, D. 2005. AOAC official method 922.02. In: Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.), *Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis*, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 1-2.
- Mifflin, B.J., Habash, D.Z. 2002. The role of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in nitrogen assimilation and possibilities for improvement in the nitrogen utilization of crops. *Journal of Experimental Botany*, 53(370): 979-987.
- Mikkelsen, M.D., Halkier, B.A. 2003. Metabolic engineering of valine- and isoleucine-derived glucosinolates in *Arabidopsis* expressing CYP79D2 from *Cassava*. *Plant Physiology*, 131(2): 773-779.
- Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Nobel, P.S. 1999. *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*, 2nd Ed. Academic Press, San Diego, pp: 474.
- Paschke, M.W., Valdecantos, A., Redente, E.F. 2005. Manganese toxicity thresholds for restoration grass species. *Environmental Pollution*, 135: 313-322.
- Radwanski, E.R., Last, R.L. 1995. Tryptophan biosynthesis and metabolism: biochemical and molecular genetics. *Plant Cell*, 7(7): 921-934.
- Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. 1992. Regulating growth and development: The plant hormones (in: *Biology of Plants*) pp 545-571, Worth Publishers, New York, USA.
- Rivas-San Vicente, M., Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Experimental Botany*, 62(10): 3321-3338.
- Rivas-Ubach, A., Sardans, J., Perez-Trujillo, M., Estiarte, M., Penuelasa, J. 2012. Strong relationship between elemental stoichiometry and metabolome in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(11): 4181-4186.
- Ros, R., Bertomeu, J.M., Krueger, S. 2014. Serine in plants: biosynthesis, metabolism, and functions. *Trends in Plant Science*, 19(9): 564-569.
- Rosolem, C.A., Mikkelsen, D.S. 1991. Potassium absorption and partitioning in cotton as affected by periods of potassium deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 14: 1001-1016.
- Rout, G.R., Das, P. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie*, 23: 3-11.
- Sairam, R.K., Veerabhadra Rao, K., Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity

- and osmolyte concentration. *Plant Sci.*, 163: 1037-1046.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1997. *Plant Physiology*, Fourth Edition, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, USA, 682 p.
- Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Tenorio, J.L., Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Res.*, 59: 225-235.
- Singh, B.K., Shaner, D.L. 1995. Biosynthesis of branched chain amino acids: From test tube to field, *The Plant Cell*, 7: 935-944.
- Skovmand, B., Reynolds, M.P., Delcay, I.H. 2001. Searching genetic resources for physiological traits with potential for increasing yield. Pages 17-28, in *Application of Physiology in Wheat Breeding*.
- Song, F., Han, X., Zhu, X., Herbert, S.J. 2012. Response to water stress of soil enzymes and root exudates from drought and non-drought tolerant corn hybrids at different growth stages. *Canadian Journal of Soil Science*, 92: 501-507. doi:10.4141/CJSS2010-057.
- Sponsel, V.M. 1995. Gibberellin biosynthesis and metabolism. In: Davies PJ, editor. *Plant Hormones. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, pp. 66-97.
- Tabatabai, M.A. 1982. Sulfur. In: Page A.L., Freney J.R., Miller R.H. (eds.): *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. ASA-CSSA-SSSA, Madison: 501-538.
- Thompson, J.E. 1988. The molecular basis for membrane deterioration during senescence. In: *Senescence and aging in plants*. Nørgaard, L. O. and Leopold, A. C. (Eds.), Academic Press, San Diego, CA. pp. 5183.
- Tohge, T., Watanabe, M., Hoefgen, R., Fernie, A.R. 2013. Shikimate and phenylalanine biosynthesis in the green lineage. *Front Plant Sci.*, 4: 62.
- Türksoy, S., Özkaya, B. 2006. Gluten ve Çölyak Hastalığı. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006.
- Walker, T.S., Bais, H.P., Halligan, K.M., Stermitz, F.R., Vivanco, J.M. 2003. Metabolic profiling of root exudates of *Arabidopsis thaliana*. *Agric. Food Chem.*, 51: 2548-2554.
- Wang, H., Shan, X.Q., Wen, B., Zhang, S., Wang, Z.J. 2004. Responses of antioxidative enzymes to accumulation of copper in a copper hyperaccumulator of *Commoelina communis*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 47: 185-192.
- Webb, M.A., Cavaletto, J.M., Carpita, N.C., Lopez, L.E., Arnott, H.J. 1995. The intravacuolar organic matrix associated with calcium oxalate crystals in leaves of *Vitis*. *Plant J.*, 7: 633-648.
- Yancey, P.H. 2005. Organic osmolytes as compatible, metabolic and counteracting cytoprotectants in high osmolarity and other stresses. *J. Exp. Biol.* 208(Pt. 15): 2819-2830.
- Yang, H.Q., Gao, H.J. 2007. Physiological function of arginine and its metabolites in plants. *Zhi Wu Sheng Li Yu Fen Zi Sheng Wu Xue Xue Bao*, 33(1): 1-8.
- Yoo, S.C., Cho, S.H., Sugimoto, H., Li, J., Kusumi, K., Koh, H.J., Iba, K., Paek, N.C. 2009. Rice Virescent3 and Stripe1 Encoding the Large and Small Subunits of Ribonucleotide Reductase Are Required for Chloroplast Biogenesis during Early Leaf Development. *Plant Physiol.*, 150(1): 388-401.
- Zhang, Y.Q., Roote, J., Brogna, S., Davis, A.W., Barbash, D.A., Nash, D., Ashburner, M. 1999. Stress sensitive B encodes an Adenine Nucleotide Translocase in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 153(2): 891-903.
- Zolman, B.K., Martinez, N., Millius, A., Adham, A.R., Bartel, B. 2008. Identification and characterization of *Arabidopsis* indole-3-butyric acid response mutants defective in novel peroxisomal enzymes. *Genetics*, 180: 237-251.