

Pamuğun vegetatif ve generatif özelliklerinin su stresi ve yapraktan kükürt gübrelemesine tepkisi

The response of vegetative and generative properties of cotton to water stress and foliar sulfur fertilization

Berkant ÖDEMiŞ¹, Yaşar AKIŞCAN², Batuhan AKGÖL³, Deniz CAN³

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Antakya, Hatay, Türkiye.

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Antakya, Hatay, Türkiye.

³Progen Tohum A.Ş. Antakya, Hatay, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Received / Geliş: 22.09.2022 Accepted / Kabul: 17.01.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Pamuk Kükürt Su stresi Evapotranspirasyon Vejetatif ve generatif özellikler</p> <p>Keywords: Cotton Sulfur Water stress Evapotranspiration Vegetative and generative characteristics</p> <p>Corresponding author/Sorumlu yazar: Berkant ÖDEMiŞ bodemisenator@gmail.com</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2023 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> 	<p>Bu çalışma, farklı su stresi düzeylerinin pamuğun (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) vegetatif ve generatif özelliklerine etkisini ve su stresinin etkisinin giderilmesinde yapraktan kükürt uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Denemede, elverişli kapasitenin 3 farklı sulama düzeyinde (I₁₀₀, I₆₆, I₃₃, I₀) ve) yapraktan kükürt uygulamalarının [kükürtsüz (S₀), 150 ml da⁻¹ (S₁), 250 ml da⁻¹ (S₂), 350 ml da⁻¹ (S₃)] etkileri araştırılmıştır. Bitki su tüketimi (ET) kükürt dozları arttıkça ilk yıl bir miktar azalmış, ikinci yıl da ise artmıştır. Kükürt dozları ilk yıl kuru madde miktarında ikinci yıl YAI'nde (yaprak alan indeksi) polinomial artışa neden olmuştur. Ana dal üzerindeki kırmızılık boyu su stresi arttıkça doğrusal olarak artmıştır. Sulama suyu miktarı sulanmayan konuya göre kuru madde, bitki boyu ve yaprak alan indeksi ortalama %112-49, %46-64, %56-360 artırmıştır. S₀ dozu esas alındığında aynı parametreler %14-4, %0.80-28 ve %10-12 arasında artış göstermiştir. Taraklanmadan ilk çiçeğin görüldüğü döneme kadar olan periyodun verim unsurlarını etkileyen en önemli gelişme dönemi olduğu; kuraklığa en duyarlı dönemin çiçeklenme dönemi olduğu gözlenmiştir. Kükürtün yapraktan uygulanması klorofil içeriğini artırsa da vegetatif ve generatif özelliklere önemli bir etkisi belirlenmemiştir.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>This study was carried out to determine the effects of different water stress levels on the vegetative and generative properties of cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) and the effects of foliar sulfur applications on the elimination of the effect of water stress. In the experiment, the effects of foliar applied sulphur [non sulphur (S₀) together with 150 ml da⁻¹(S₁), 250 ml da⁻¹ (S₂) and 350 ml da⁻¹(S₃)] under three different irrigation levels (I₁₀₀, I₆₆, I₃₃, I₀) of available soil water capacity was investigated. Evapotranspiration (Et) decreased slightly in the first year and increased in the second year as the sulfur doses increased. Sulfur doses caused a polynomial increase in biomass in the first year and in LAI in the second year. The redness length on the main branch increased linearly as water stress increased. When compared to control treatment, increasing irrigation water resulted increase in total dry matter, plant length and leaf area index by 112-49%, 46-64 %, 56-360%. The same values for the first and second year were found to be 14-4%, 0.80-28% and 10-12% when compared to those of S₀. The period from combing to the period when the first flower is seen is the most important development period affecting the yield parameter. It has been observed that the most sensitive period to drought is the flowering period. Although the foliar application of sulfur increased the chlorophyll content, it did not have a significant effect on vegetative and generative properties.</p>
Cite/Atf	Ödemiş, B., Akışcan, Y., Akgöl, B., & Can, D. (2023). Pamuğun vegetatif ve generatif özelliklerinin su stresi ve yapraktan kükürt gübrelemesine tepkisi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 28 (2), 256-268. https://doi.org/10.37908/mkutbd.117749

GİRİŞ

Pamuk Malvaceae familyasının *Gossypium* cinsinden bir bitkidir. Dünya genelinde yaklaşık 33.4 milyon hektar alanda tarımı yapılan ve bu alandan yaklaşık 25.8 milyon ton lif üretimi sağlanan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), dünyanın en önemli endüstri bitkilerinden biridir (Anonim, 2017). Türkiye 2021 yılı verilerine göre, pamuk ekim alanı yönünden Dünyada 11., birim alandan elde edilen lif verimi yönünden 4., pamuk üretim miktarı yönünden 7., pamuk tüketimi ve ithalatı yönünden 5. ülkedir. Ülkemizde pamuk; Ege, Çukurova ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yaygın şekilde üretilmektedir. Bununla birlikte önemli pamuk üretim alanlarından biri olan Hatay ilinde 2019-2021 yıllarını kapsayan 3 yıllık dönemde ortalama 400.000 da alanda pamuk ekimi yapılmış ve lif üretimi yaklaşık 219.000 ton olarak gerçekleşmiştir (Özüdoğru, 2021).

Pamuk diğer birçok bitki grubuna göre daha fazla su tüketmektedir. Farklı iklim alanlarında değişmekle birlikte pamuk bir sulama döneminde kurak-yarı kurak bir bölgede yaklaşık 1000 mm'ye kadar su tüketebilir. Büyüme ve gelişme döneminde maruz kalacağı su stresi verimin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır. Su stresinin etkileri, stresin şiddetine ve süresine, stresin yaşandığı gelişme dönemine ve bitkinin genotipine bağlıdır (Loka & Oosterhuis, 2012). Pamukta ekimden ilk tarakların (çiçek tomurcuklarının) görüldüğü zamana kadar geçen dönem vejetatif gelişme dönemi olarak adlandırılır. Generatif gelişme dönemi ise taraklanma, çiçeklenme, koza açma ve hasat olgunluğu dönemlerini kapsamaktadır (Akışcan, 2004). Çoğu bitkide olduğu gibi, pamuk bitkisinin de, çiçeklenme öncesi dönemi kuraklık stresine karşı çok hassastır (Loka, 2012). Bu dönemdeki su stresi verimde önemli kayıplara neden olabilir. Bununla birlikte koza oluşumu döneminde de pamuk su stresine karşı oldukça hassastır (Loka & Oosterhuis, 2012).

Su stresinin etkilerinin azaltılmasında yaprakтан bitki besin elementi uygulamaları son yıllarda araştırılan konulardan biridir. Bu besin elementlerinden biri de kükürttür. Kükürtün fotosentezin gerçekleşmesinde önemli rol oynayan klorofil içeriğinin azalmasını önleyici etkileri olduğu ve stres koşullarında klorofil miktarının artırılması ile ürün veriminde artışlar sağlanabileceği belirtilmektedir (Li-na ve ark., 2005). Su ve kükürt yetersizliğinde klorofilin azalması, etkin fotosentez yapan (fonksiyonel) yapraklarda daha belirgindir (Dietz, 1989). Bu yapraklara kükürt uygulaması ile klorofil miktarı artırılabilir ve abiyotik stresin şiddeti hafifletilebilir (Jie ve ark., 2008; Kazgöz & Ödemiş, 2021). Kükürt, aynı zamanda proteinin yapısını inşa eder ve klorofil yapısında anahtar rol oynayan önemli bir besin elementidir (Duke & Reisenauer, 1986).

Bu çalışmada farklı su stresi düzeylerinin pamuğun vejetatif ve generatif özellikleri üzerinde oluşturduğu zamana bağlı değişimler ile su stresinin etkisinin giderilmesinde yaprakтан kükürt uygulamalarının etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırma, Doğu Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer alan Amik Ovasında 2015 - 2016 yıllarında Carisma çeşidi pamukta yürütülmüştür. Deneme alanına ait toprak özellikleri ve deneme yıllarına ait iklim verileri Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Yapılan analizlerde (Fox ve ark., 1964) toprakta kükürt saptanamamıştır.

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Table 1. Some physical and chemical properties of the soils of the experimental area

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	pH	ECe ($\mu\text{mhos/cm}$)	CaCO ₃ (%)	Organik mad. (%)	Tarla Kapasitesi (g g^{-1})	Solma Noktası (g g^{-1})	Gs (g cm^{-3})
0-30	SiCL	7.55	1124	2.265	0.33	21.3	13.4	1.660
30-60	SiCL	7.62	560	0.680	0.34	24.1	14.2	1.676
60-90	SiCL	7.80	429	0.905	0.38	25.0	14.5	1.540
90-120	SiCL	7.65	400	0.300	0.37	25.2	14.7	1.489

Çizelge 2. Deneme yıllarının iklim verileri (2015-2016)

Table 2. Climatic data of experimental years (2015-2016)

İklim Parametreleri	Yıl	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ort.
Sıcaklık (°C)	2015	21.92	24.59	27.35	28.95	27.60	26
	2016	21.26	26.41	28.39	28.46	25.13	26
Yağış (mm)	2015	19.4	0.00	0.00	1.2	0.00	21
	2016	3.23	14.00	16.00	119.2	0.0	149
Solar Rad. (Wm ⁻²)	2015	278.88	295.92	294.20	261.63	199.99	266
	2016	256.36	305.12	311.56	279.32	234.00	277
Toprak Sıcaklığı (°C)	2015	24.88	27.74	30.17	31.57	30.09	29
	2016	22.44	27.37	30.29	30.63	26.65	27
Rüzgar Hızı (km h ⁻¹)	2015	5.59	8.20	8.39	6.40	4.17	7
	2016		6.19	7.59	6.60	4.06	6

Yöntem

Çalışmaya ilişkin deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Ancak her tekerrür alanından ilk yıl 10 Temmuz, 28 Temmuz, 13 Ağustos, 15 Eylül ikinci yıl 25 Temmuz, 8 Ağustos, 19 Ağustos ve 21 Eylül tarihlerinde olmak üzere her iki yılda 4'er dönemde bitki kesmek tekerrür alanında bitki sayısını azaltacağından vejetatif ölçümler her konunun sadece 2. tekerrüründen örneklenerek yapılmıştır. Denemenin ekimi sulama konuları [elverişli kapasitenin tamamının (I₁₀₀), %33'nün (I₃₃) ve %66'sının (I₆₆) sulandığı konular ve sulanmayan (I₀) ana parsellere, kükürt uygulamaları [topraktan NPK uygulamasına ek olarak yapraktan uygulanan 3 farklı dozda elementel kükürt (S₁:150 ml da⁻¹, S₂: 250 ml da⁻¹, S₃: 350 ml da⁻¹)] ise alt parsellere gelecek şekilde ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Toprak nemi tüm konularda haftalık olarak gravimetrik yöntem ile ölçülmüş ve eşitlik 1 ile hesaplanmıştır.

$$d = (TK - MN) \times As \times D / 10 \quad (1)$$

Eşitlikte; d: Mevcut toprak nemini tarla kapasitesine getirmek için gerekli sulama suyu miktarı (mm), TK: Tarla kapasitesi (%), MN: Mevcut toprak nemi (%), As: Toprak hacim ağırlığı (g cm⁻³), D: Toprak katman kalınlığıdır (mm). Nem içeriklerinin belirlenmesinde profil derinliği 30'cm'lik katmanlara ayrılmış ve etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmıştır. Eşitlik 1'de tek boyutlu (mm) olarak belirlenen gerekli sulama suyu miktarını hacimsel boyuta getirmek için aşağıdaki eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$I = (d \times A \times P) / Ea \quad (2)$$

I: Tam sulama (%100) konusuna uygulanacak sulama suyu miktarı (L), d: gerekli sulama suyu miktarı (mm), A: Parsel alanı (m²), Ea: su uygulama randımanı, (0.95 olarak alınmıştır). P: ıslatılacak alan yüzdesidir. Sulamalarda iki sıraya bir lateral kullanılmış ve ıslatma alanı buna göre hesaplanmıştır (Yıldırım, 2008).

Her sulama konusu 6 sıralı, parsel boyları 15 metre ve tekerrür boyları ise 5 metre olacak şekilde düzenlenmiştir. Bakım işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla parseller arasına 2 m boşluk bırakılmıştır. Denemede bitkiler sıra arası 70 cm sıra üzeri ise 15 cm olarak ekilmiştir.

Araştırma istasyonunda daha önce yürütülen pamuk denemelerinde taraklanma ve çiçeklenme döneminde damla sulama yöntemi ile 5 sulama yapıldığı belirlenmiştir (Akgöl, 2012). Bitki için gerekli mevsimlik gübre miktarı taraklanma ve çiçeklenme döneminde yapılacak sulama sayısına eşit biçimde bölünerek bitkilere uygulanmıştır. Yapraktan gübreleme, iki sulamanın ortasında (sulamadan 3 ya da 4 gün sonra) rüzgârın gübre dağılımını olumsuz etkilemediği sabahın erken saatlerinde (6:00-6:30) yapılmıştır. Ekimden önce dekara 20 kg da⁻¹ 18-46-0 (DAP)

gübre, ekimden sonra ise ilk 4 sulamanın her birinde 4 kg da⁻¹ saf azot uygulananmıştır. Saf azot uygulamalarında fertigasyon yöntemi kullanılmıştır (Burt ve ark., 1995).

Vejetatif ve fenolojik ölçümler: Denemede kükürt dozu ve sulama düzeylerinin etkisini belirlemek için yapılan *vejetatif* ve *fenolojik* ölçümler a) her 10 günde bir ve b) her gelişme döneminde (taraklanma başlangıcı, çiçeklenme başlangıcı ve ortası ile kozaların olgunlaştığı dönemde) olmak üzere iki farklı zaman aralığında belirlenmiştir. Anılan dönemlerde her tekerrürde 0.5 m uzunluğa düşen bitkilerde önce bitki boyu, boğum sayısı, boğum arası mesafe, tarak sayısı, çiçek sayısı, koza sayısı ve kırmızılık (pamuk strese girdiğinde ana dal üzerinde görülen kırmızı bölgenin tepe noktasına olan uzaklığı) parametreleri esas alınmıştır. Her iki yılda da gelişme dönemleri esas alındığından hasat için alan kaybını önlemek amacıyla sadece konuların 2. tekerrürlerinden örnekleme yapılmıştır. Her bitkiden toplanan yapraklar Li-3100C marka/model cihazında yaprak alanları ölçülerek yaprak alan indeksi (YAI) hesaplanmıştır. Kuru madde miktarı bitkilerin 65 °C da sabit kuru ağırlığa ulaşınca (yaklaşık 72 saat) etüvde bekletilmesi ile belirlenmiştir (Bronson ve ark., 2003). Örnekleme dönemlerinde ayrıca her parseldeki 3 bitkiden üstten 3'er yaprak alınarak arazi şartlarında mevcut ağırlıkları daha sonra +4 °C de 12 saat saf suda bekletilerek doymuş ağırlıkları ve en sonunda da kuru ağırlıkları (65 °C' da 72 saat) alınarak, eşitlik 3'de belirtildiği şekilde yaprakların su tutma kapasiteleri belirlenmiştir (Bacelar ve ark. 2006).

$$YNI = [(Ya \text{ (veya } Ma) - Ka) / (Da - Ka)] * 100 \quad (3)$$

Eşitlikte, YNI: yaprak su tutma kapasitesi (veya oransal nem içeriği, %), Ya: yaprak yaş ağırlığı (g), Ma: arazi koşullarında tartılan yaprak ağırlığı (g), Da: Doymuş ağırlık (g) Ka: bitki kuru ağırlığı'dır.

Evapotranspirasyon: Deneme başlangıcından hasata kadar, tüm konuların 2. tekerrürlerinden ve 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinden her sulama öncesi toprak nem değişimi ölçülerek haftalık bitki su tüketimi (Et, mm) belirlenmiştir. Bitki su tüketimi "Toprak Su Bütçesi" yöntemine göre hesaplanmıştır (Eşitlik 4).

$$Et = S + R + Cr - Dp - Rf \pm \Delta S \quad (4)$$

Eşitlikte; Et= Bitki su tüketimi (mm); S= Uygulanan sulama suyu miktarı (mm); R= Düşen yağış (mm); Cr= kapiler yükseliş (mm); Dp=derine sızma (mm) (Sulamalardan yaklaşık 24 saat sonra tam sulama konularınının 120 cm derinliklerinden yapılan örnekleme ölçülmüştür); Rf= yüzey akış (mm); ΔS= Toprak profilindeki nem değişimi (mm/90 cm) değerlerini göstermektedir. Eşitlikte, yağış (R) araştırma alanında bulunan plüviyometreden, ΔS ise gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Sistemde damla sulama kullanıldığı için yüzey akış (Rf) hesaplanmamıştır.

Hasat: Her sulama düzeyi 6 sıradan oluştuğundan hasatta sağ ve soldan 1'er sıra ile her sıranın baş ve sonlarından 1 m kenar tesiri olarak ayrıldıktan sonra geri kalan alanın elle toplanması ve ayrı ayrı tartılması sonucunda dekara toplam kütlü verimi hesaplanmıştır.

Verilerin değerlendirilmesi: Denemede her iki yılda da 4 farklı örnekleme döneminde her konunun 2. tekerrüründen 50 cm uzunlukta toprak üstü aksami kesilen bitkiler değerlendirilmeye alınmıştır. Uygulamaların etkileri hem ortalamaların karşılaştırılması ile hem de regresyon analizlerinin önemlilik seviyeleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Evapotranspirasyon: I_{33} , I_{66} ve I_{100} konularına 2015 ve 2016 da sırasıyla (yağış dâhil, 423-456 mm, 755-771 mm ve 1097-1078 mm sulama suyu uygulanmıştır. I_0 konusuna sulama suyu uygulanmamış ilk yıl 91 mm ikinci yıl 149 mm yağış + can suyu almıştır. Kükürt konularına ilk yıl 591 mm ikinci yıl 613 mm sulama suyu uygulanmıştır. Evapotranspirasyon 2015 ve 2016'da ortalama I_0 'da 299-247 mm, I_{33} 'de 525 – 558 mm, I_{66} 'da 817- 797 mm, I_{100} 'da 1096 -995 mm olarak ölçülmüştür. Konular arasında evapotranspirasyon ve sulama suyu miktarı arasında kuvvetli ilişki olduğu ($r^2=0.95^{**}$), kükürt uygulamaları ile evapotranspirasyon arasındaki ilişkinin ise önemli olmadığı ($r^2=0.08^{ö d}$) belirlenmiştir. Evapotranspirasyon kükürt dozlarında ortalama 681 mm (S_1) ile 655 mm (S_3) arasında değişmiştir. Amik Ovasında sulama suyu gereksinimi ve evapotranspirasyonun zamanla arttığı görülmüştür. Aynı alanda, aynı çeşit ve sulama yönteminde 2012'de 6-7 uygulamada 483-602 mm (Can, 2017) sulama suyu ve 500 mm evapotranspirasyon ölçülürken, 2017'de 10 uygulamada 1135 mm sulama suyu ve 1000 mm evapotranspirasyon saptanmıştır (Kazgöz, 2017). Ovanın geniş bir alana sahip olması rüzgar yönü doğrultusunda kümülatif sıcaklığın yüksek olması diğer alanlara göre daha yüksek evaporasyona neden olmaktadır.

Vegetatif ve generatif özellikler: Araştırmalar pamukta vegetatif gelişmenin verim üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Guin ve ark. (1990), sulamanın yapılmadığı veya yeterli olmadığı koşullarda oluşan su stresinin pamukta tarak ve kozaların dökülmesinde önemli rol oynayan hormonal dengeyi bozduğunu, Pettigrew (2004) sulamanın birim alandaki koza sayısını %30, lif verimini %35 arttırdığını ancak koza kütlü ağırlığını değiştirmedeğini, Pace ve ark. (1999) kurağa dayanıklı çeşit ıslahında bitkinin su gereksiniminin bilinmesinde önemli olduğunu ve kuraklığa maruz kalan bitkilerde vegetatif ve generatif özelliklerin sulanan bitkilere göre önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Kuraklık, yaprak küçülmesi, kök yapısı ve bitki boyu gibi özellikler ile büyümeyi; artan çiçek dökümü, koza küçüklüğü ve daha az çığit gibi özellikleri ile verimi azaltır. Bunun yanısıra pamuk stres altında çiçek ve kozalarını dökme gibi yarı-kurak alanlara adapte olabilecek fizyolojik mekanizmalara da sahiptir.

Bitki boyu: Bitki boyu her iki yılda da su stresi arttıkça azalmıştır (Çizelge 3). Sulama suyu ve evapotranspirasyondaki bir 1 mm'lik artışlar bitki boyunda yaklaşık aynı düzeyde artışa neden olmuştur. I_0 'a göre bitki boyu 2015 ve 2016'da I_{33} 'de %19 - %10, I_{66} 'da %21 - %40, I_{100} 'de %46 - %63 artmıştır. İkinci yıl bitki boyları ortalama olarak daha yüksek saptanmıştır. Zamansal olarak en yüksek bitki boyu her iki yılda da kozaların açıldığı dönemde ölçülmüştür. Kükürt dozları bitki boyunda ikinci yılda anlamlı bir ilişki oluştururken ($r^2=0.96^{**}$) ilk yıl aynı etki görülmemiştir ($r^2=0.55^{ö d}$) (Çizelge 4). İlk yıl S_0 , S_1 ve S_2 dozlarında yaklaşık aynı düzeyde bitki boyu ölçülmüştür (53 cm). S_3 dozunda ise bitki boyu %11 azalmıştır. Her iki yılda da en yüksek bitki boyları yaklaşık aynı tarihlerde belirlenmiştir (14-28 Temmuz). Maksimum bitki boyu 2015'de S_0 , S_1 ve S_2 'de yaklaşık 53 cm, S_3 'de 48 cm, 2016'da S_3 'de 70 cm, S_2 'de 66 cm, S_1 'de 64 cm ve S_0 'da 55 cm olarak ölçülmüştür. S_0 'a göre bitki boyları 2016'da S_3 'de %28, S_2 'de %20 ve S_1 'de %16 artmıştır.

Kuru madde miktarı

Kuru madde miktarı hem sulama suyu miktarı hemde evapotranspirasyona bağlı olarak artmıştır. Sulama suyu miktarındaki 1 mm'lik artış kuru madde miktarının ilk yıl 2.10 kg ha^{-1} ($r^2=0.65^{ns}$), ikinci yıl 2.21 kg ha^{-1} ($r^2=0.91^*$), evapotanspirasyonda ise her iki yılda da ortalama 2.8 kg ha^{-1} 'lik artmasına neden olmuştur. Kuru madde miktarı 2015-2016 yıllarında ortalama en yüksek I_{100} konusunda ($4880-5720 \text{ kg ha}^{-1}$) en düşük I_0 konusunda ($2290 -3820 \text{ kg ha}^{-1}$) ölçülmüştür. I_0 'a göre kuru madde miktarı I_{33} 'de %70-18, I_{66} 'da %39-48, I_{100} 'de %113-49 artmıştır. İkinci yılda I_{66} ile I_{100} konularının kuru madde miktarları arasında çok az fark bulunmuştur (Şekil 1). Taraklanma döneminden hasata kadar en fazla artış I_{100} konusunda ölçülmüştür (%845). Kuru madde miktarı gelişme dönemlerinde farklılık

göstermiş ve en fazla çiçeklenme döneminde belirlenmiştir. Bu dönemdeki kuru madde birikimi hızla artmış ve stresli konularda elmaların açıldığı dönemden itibaren hasata doğru azalmıştır.

Kükürt dozları biyomas değerlerinde kararlı bir artışa neden olmamıştır. Uygulanan dozlar ilk yıl polinomial ve önemli ilişkiye ($r^2=0.95^*$) (artışa) neden olurken ikinci yıldaki ilişkinin önemli olmadığı belirlenmiştir. En yüksek biyomas ilk yıl S_1 , ikinci yıl S_3 dozunda belirlenmiştir. S_0 'a göre ilk yıl S_1 de %14, S_2 de %9, S_3 de %2 artmıştır.

Çizelge 3. Vejetatif ve genaratif özelliklerin sulama düzeylerinde zamana bağlı değişimleri (2015-2016)

Table 3. Time-dependent changes in irrigation levels of vegetative and genarative traits (2015-2016)

Tarih	Sulama Düzeyi	Bitki Boyu (cm)	Kuru Madde Miktarı (kg ha ⁻¹)	YAi (m ² m ⁻²)	YNi (%)	Tarak Sayısı (adet/bitki)	Koza Sayısı (adet/bitki)	Boğum Sayısı (adet/bitki)	Boğum Arası (cm)	Kırmızılık (%)
10.07	I ₀	28	1022	0.82	70	6	-	8	3.02	34
25.7		48	2275	-	68	10	1	11	3.64	59
28.07		51	3291	0.42	88	12	3	10	3.88	69
08.08		50	2819	0.83	64	3	5	10	3.00	56
13.08		49	3280	0.48	67	0.5	5	11	4.12	91
19.08		50	2794	1.14	68	1.0	5	9	3.04	61
15.09		42	1580	0.19	77	-	-	11	3.70	97
21.09		50	7391	0.80	67	-	-	9	3.24	60
10.07		I ₃₃	32	917	0.66	74	7	-	8	3.58
25.7	51		2523	-	73	10	1	10	3.67	51
28.07	60		4868	0.53	89	18	4	11	4.48	62
08.08	53		3866	1.38	69	3	8	10	3.09	55
13.08	60		6097	0.48	72	-	8	12	4.23	60
19.08	57		3842	1.45	73	1	9	10	3.29	60
15.09	51		3728	0.42	81	-	0.5	12	3.84	91
21.09	56		7781	1.31	65	-	1.5	9	3.10	61
10.07	I ₆₆		26	928	0.74	73	5	-	8	3.04
25.7		59	2381	-	79	11	11	11	3.61	48
28.07		54	2600	0.43	91	14	2	10	4.39	61
08.08		68	4842	1.52	70	5	14	11	3.42	55
13.08		64	4622	0.55	77	-	8	11	4.90	70
19.08		70	4991	2.11	78	2	4	12	4.47	66
15.09		61	4602	0.46	80	-	0.5	14	4.61	58
21.09		82	10346	2.39	64	-	-	14	4.03	54
10.07		I ₁₀₀	30	885	0.69	79	8	-	8	3.17
25.7	62		2708	-	83	12	2	10	3.53	46
28.07	70		5151	0.74	84	19	4	13	4.86	49
08.08	84		3817	3.51	80	10	10	14	3.53	60
13.08	73		5994	0.81	80	-	8	13	5.12	47
19.08	87		4357	3.59	78	3	14	14	4.85	42
15.09	74		7488	0.76	82	-	3	14	5.01	49
21.09	92		12012	2.83	65	-	9	15	4.87	40
	I ₀		42	2293	0.48	75	4	2	10	3.68
		49	3820	0.92	66	4	4	10	3.23	59
		51	3902	0.52	79	6	3	11	4.03	64
	I ₃₃	54	4503	1.38	70	5	5	10	3.67	57
		51	3188	0.55	80	5	3	11	4.23	60
	I ₆₆	69	5640	2.00	73	6	9	12	4.09	56
		62	4880	0.75	87	7	4	12	4.54	46
	I ₁₀₀	81	5724	3.31	76	8	9	13	4.29	47

*Birinci ve ikinci satırlar sırasıyla 2015 ve 2016 yılı verilerini göstermektedir.

Çizelge 4. Vejetatif ve generatif özelliklerin kükürt dozlarında zamana bağlı değişimleri (2015-2016)

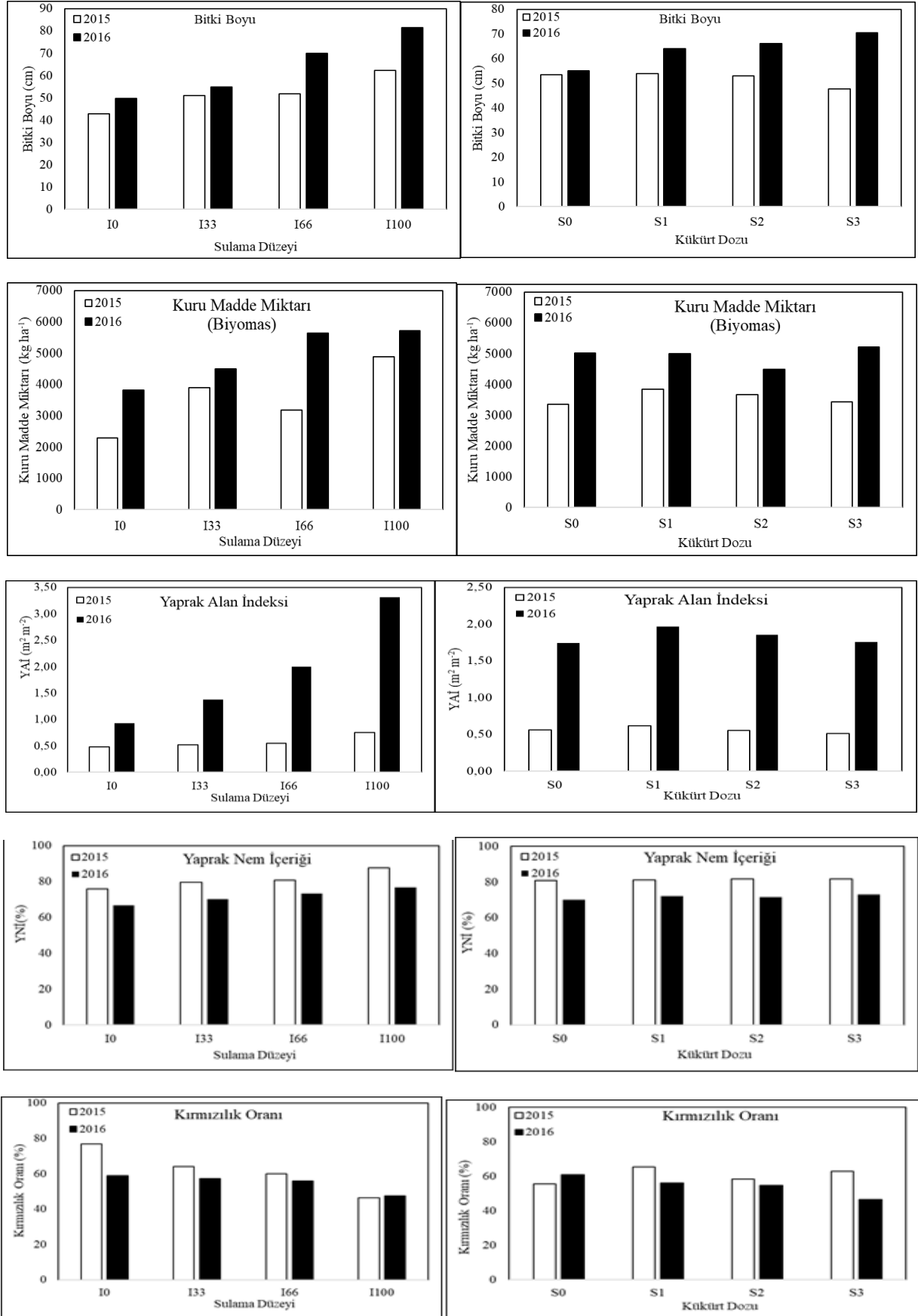
Table 4. Time-dependent changes in irrigation levels of vegetative and generative traits (2015-2016)

Tarih*	Kükürt Dozları	Bitki Boyu (cm)	Kuru Madde Miktarı (kg ha ⁻¹)	YAI (m ² m ⁻²)	YNI (%)	Tarak Sayısı (adet/bitki)	Koza Sayısı (adet/bitki)	Boğum Sayısı (adet/bitki)	Boğum Arası (cm)	Kırmızılık (%)
10.07	S ₀	27	794	0.67	70	7	-	8	3.09	32
25.7		56	2407	1.81	76	10	-	10	3.55	50
28.07		70	4665	0.66	87	2	4	13	4.83	58
08.08		57	3979	2.07	67	6	8	11	3.28	66
13.08		61	4968	0.53	72	0.5	7	13	4.46	54
19.08		56	3835	1.83	73	2.0	10	10	3.50	61
15.09		55	2988	0.39	83	-	1	13	4.28	64
21.09		52	9804	1.27	65	-	4	10	3.36	64
10.07	S ₁	33	1174	0.87	75	7	-	9	3.66	27
25.7		66	2618	1.66	75	12	1	11	3.57	44
28.07		58	4031	0.49	98	14	4	11	4.28	62
08.08		65	3690	2.24	72	2	12	12	3.24	58
13.08		64	5514	0.56	74	-	7	12	4.71	70
19.08		66	4056	2.32	78	2	12	12	3.34	58
15.09		60	4620	0.54	77	-	1	12	4.27	84
21.09		59	9597	1.65	64	-	6	11	3.38	65
10.07	S ₂	29	968	0.76	75	6	-	8	3.14	41
25.7		67	2373	1.65	76	11	2	11	3.58	41
28.07		63	3531	0.55	99	18	3	11	4.59	53
08.08		74	3853	2.40	72	7	8	12	3.19	52
13.08		62	4780	0.52	73	-	7	11	4.65	64
19.08		61	4121	1.96	72	2	9	10	3.27	66
15.09		57	5365	0.39	79	-	1	12	4.39	66
21.09		63	7613	1.40	67	11	5	11	3.11	61
10.07	S ₃	28	817	0.60	73	7	-	8	2.92	31
25.7		72	2490	1.51	76	-	-	11	3.75	37
28.07		45	3680	0.42	93	12	3	9	3.90	67
08.08		66	3823	1.95	73	6	7	11	3.32	48
13.08		59	4728	0.53	77	-	8	11	4.57	72
19.08		72	3974	2.33	75	2	10	12	3.54	50
15.09		57	4457	0.50	83	-	1	13	4.22	65
21.09		71	10520	1.23	68	-	6	12	3.41	50
	S ₀	53	3354	0.56	81	7	3	12	4.16	56
		55	5006	1.75	70	6	7	10	3.42	60
	S ₁	53	3835	0.62	81	5	3	11	4.23	65
		64	4990	1.97	72	5	7	11	3.38	56
	S ₂	53	3661	0.56	81	6	2	11	4.20	58
		66	4490	1.85	72	7	6	11	3.28	55
	S ₃	47	3420	0.51	81	4	3	10	4.19	63
		70	5201	1.76	73.12	7	7	12	3.51	46

*Birinci ve ikinci satırlar sırasıyla 2015 ve 2016 yılı verilerini göstermektedir.

Yaprak alan indeksi

Sulama suyu miktarı arttıkça YAI doğrusal olarak artmıştır. Artış oranları 2015 ve 2016'da I₃₃'de %9-%50, I₆₆'da %14-%117, I₁₀₀'de %56-%260 olarak gerçekleşmiştir. Her iki yılda da en fazla YAI çiçeklenme sonu ve koza oluşum dönemi başlangıcında belirlenmiştir (Çizelge 3). Kükürt dozları YAI üzerine etkisi polynomial ilişki şeklinde olmuştur ($r^2=0.89^*$) (Çizelge 4). Kükürt dozları YAI'nde her iki yılda da önemli farklar oluşturmuştur. En düşük ve en yüksek YAI ilk yıl S₁ ve S₃ konularında ölçülmüştür. YAI S₁ dozunda %10 artmış, S₂'de ve S₃'de sırasıyla %1 ve %9 azalmıştır.



Şekil 1. Ölçülen parametrelerin sulama seviyesine ve kükürt dozlarındaki değişimi

Figure 1. Variation in irrigation level and sulfur doses of measured parameters

En fazla YAİ her iki yılda da S_1 dozundan ($1.97 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) belirlenmiştir (Şekil 1). Sulama suyu x kükürt dozu interaksiyonunda en yüksek YAİ $I_{100}S_0$ ($3.59 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) ve $I_{100}S_3$ ($3.59 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) konularında çiçeklenme başlangıcında ve çiçeklenme ortası dönemlerde belirlenmiştir. I_0S_3 ($0.49 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) konusunun YAİ diğer konulara göre daha düşük gerçekleşmiştir. Bitkilerde ürünün oluşmasında en önemli organ yapraklardır. Yaprak gelişimi, yaprak ve topraktaki su eksikliklerine fotosentez hızından daha fazla duyarlılık gösterir (Turner ve ark., 1986). Su stresi ya da diğer unsurlara bağlı olarak yaprak gelişiminin engellenmesi, karbon ve enerji tüketimini azaltır ve bitki asimilantlarının büyük bir bölümünü kök sistemine dağıtır. Bu nedenle kök sistemi kuraklığa karşı vejetatif aksamdan daha az etkilenmiş olur (McMichael ve ark., 1999).

Yaprak nem içeriği

Yaprak nem içeriği (YNI) hem sulama suyu miktarından hemde evapotranspirasyona bağlı olarak doğrusal artmıştır ($r^2=0.98^{**}$). En düşük ve en yüksek yaprak nem içeriği I_0 ve I_{100} konularında ölçülmüştür (Çizelge 3). İlk yıl I_{33} , I_{66} ve I_{100} konularında YNI sırasıyla %5, %6 ve %15 oranında artmıştır. İkinci yılda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Her iki yılda da en yüksek YNI çiçeklenme ve koza oluşumunun başladığı dönemlerde saptanmıştır. I_{100} 'de YNI hasat dönemi hariç tüm gelişme dönemlerinde yaklaşık aynı değerlerde ölçülmüştür. En düşük YNI tüm konularda hasat döneminde ölçülmüş ve yaşlanma sürecinde olmaları nedeniyle konular arasındaki farklar hasata yaklaştıkça azalmıştır.

Susuz konudaki S_2 dozu YNI'nde oransal olarak daha önemli bir farka neden olsada genel olarak kükürt dozlarındaki artış her iki yılda da YNI'de istatistiksel olarak bir artışa neden olmamıştır (Çizelge 4).

Kırmızılık

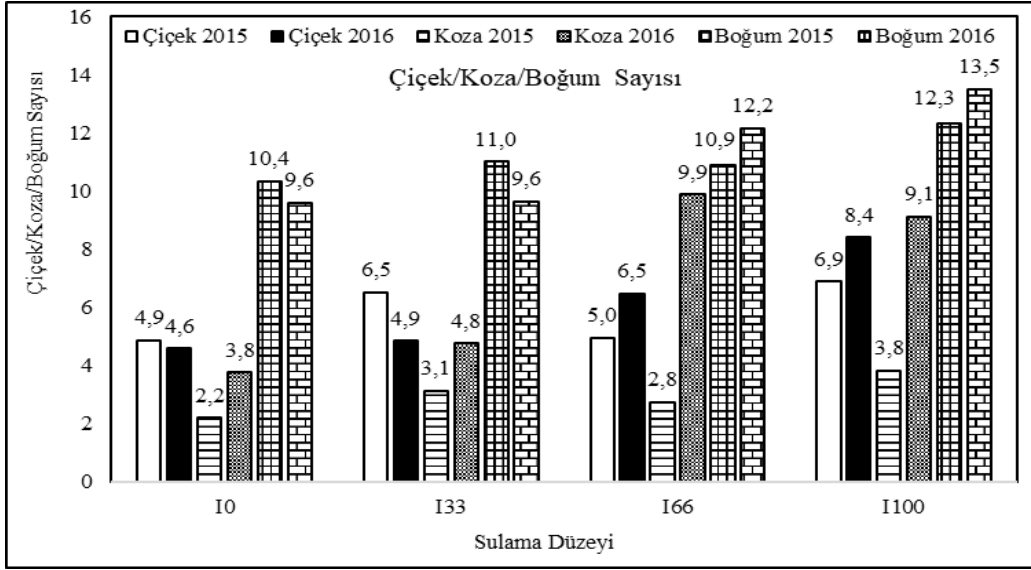
Pamuk bitkisinde su stresi ve yaşlanma nedeniyle ortaya çıkan belirtilerden biri de kırmızılıktır. Kırmızılık ana dal üzerinde kök boğazından bitkinin büyüme noktasına (yukarıya) doğru su stresi ve yaşlanmaya bağlı olarak artan fizyolojik bir süreçtir. Araştırmamızda kırmızılık rengi su stresi arttıkça doğrusal olarak artmıştır. İlk yıl ana dal üzerindeki kırmızı kısmın uzunluğunun bitki boyuna oranı sulama düzeylerine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Kırmızı mesafenin uzunluğu ve bu mesafenin bitki boyuna oranları I_0 , I_{33} , I_{66} ve I_{100} konularında ilk yıl sırasıyla %77, %64, %69 ve %46, ikinci yıl %59, %57, %56 ve %47 olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak 10 Temmuz ile 28 Temmuz arası dönemde kırmızı kısmın uzunluğu ve bitki boyuna oranlarının strese maruz kalma süresinin ve kısmende yaşlanmanın etkisiyle hızlı bir şekilde arttığı görülmüştür. En yavaş artış I_{100} konusunda belirlenmiştir (Çizelge 3).

Kükürt dozlarında kırmızılık değerleri ilk yıl en yüksek 35 cm (%65) ile S_1 dozunda belirlenmiştir. S_0 , S_2 ve S_3 dozlarında sırasıyla 30 cm (%56), 31 cm (%58) ve 30 cm (%63) olarak ölçülmüştür (Çizelge4). Anılan değerler ikinci yılda aynı sırasıyla 33 cm (%61), 36 cm (%56), 36 cm (%55) ve 32 cm (%47) olarak gerçekleşmiştir. Bitki su tüketimi ile kırmızılık oranı arasında beklenildiği gibi su tüketimi arttıkça kırmızılık oranı azalmıştır.

Tarak ve çiçek sayısı

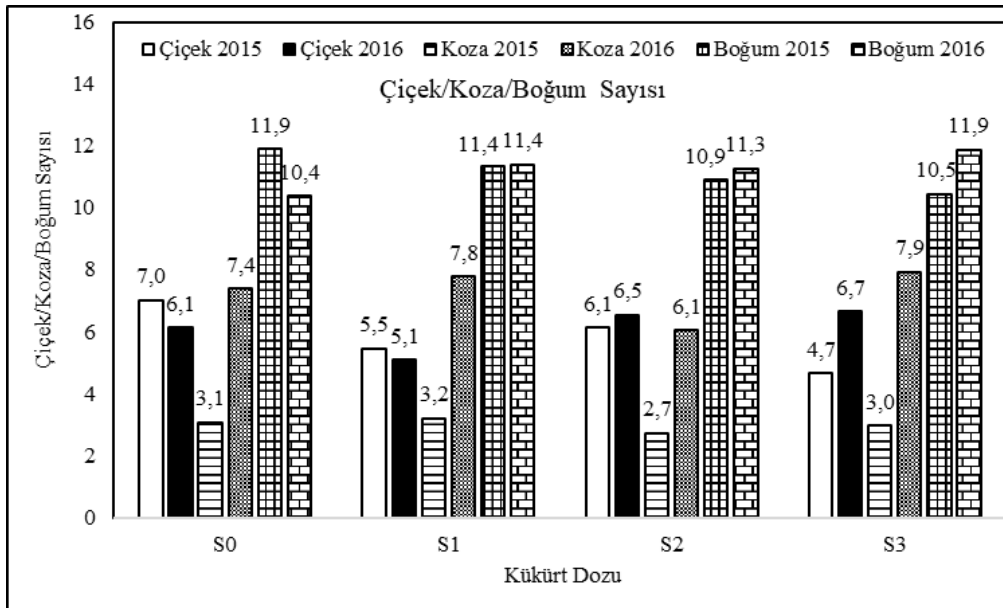
Tarak sayısı her iki yılda da I_{100} konusunda yaklaşık aynı tarihlerde (28 Temmuz- 25 Temmuz) en yüksek seviyeye ulaşmış ve ilk yıl 13 Ağustosta ikinci yılda 19 Ağustosta tarak varlığı sona ermiştir. Stresin yoğun olduğu konularda taraklanma yerini kısa bir sürede çiçeklenmeye bırakmıştır. Çiçeklenme dönemi ile taraklanma dönemi benzer özellikler göstermiştir. Tarak ve çiçek sayısı sulama suyu miktarı ile artmış ($r^2=0.89^*$) kükürt dozlarından etkilenmemiştir. Su kısıtı yüksek olan konularda çiçeklenmenin erken başladığı ve diğer sulama düzeylerine göre daha kısa bir çiçeklenme evresi gerçekleştiği görülmüştür. I_{100} konusuna göre ilk yıl I_0 'da %52, I_{33} 'de %41, I_{66} 'da %27 ikinci yıl I_0 'da %35, I_{33} 'de %32, I_{66} 'da %15 daha az çiçek görülmüştür (Şekil 2 ve 3). En yüksek tarak ve çiçek sayısı $I_{100}S_3$ konusundan elde edilmiştir. Araştırmalar taraklanmadan ilk çiçeğin görüldüğü döneme kadar olan periyodun verim unsurlarını etkileyen en önemli gelişme dönemi olduğunu; kuraklığa en duyarlı dönemin çiçeklenme (taraklanma ve çiçeklenme başlangıcı) dönemi olduğunu göstermektedir. Bu dönemde oluşacak su stresi verimde

çok büyük azalmalara neden olmaktadır (Krieg, 1997). Bununla birlikte vejetatif gelişme döneminde ve kozaların açılması döneminde yapılan su kısıtlarının diğer dönemlere göre verimde azalmayı kısmen engellemektedir.



Şekil 2. Meyve tutumu ve boğum sayısının sulama suyu miktarına bağlı değişimi

Figure 2. Variation in irrigation level of flower, boll and node number



Şekil 3. Çiçek, Kopa ve boğum sayısının kükürt dozlarına bağlı değişimi

Figure 3. Variation in sulfur doses of flower, boll and node number

Su stresi koza sayısını azaltırken en düşük koza sayısı ilk taraklanma, ilk çiçeklenme, maksimum çiçeklenme dönemlerinde sırasıyla %18, %33 ve %53 oranında azalmıştır (Zonta ve ark., 2017).

Denemede yukarıda verilen örnekleme tarihleri dışında her iki yılda da 0.35 m² (0.5 m*0.7 m) alandaki bitkilerde 10 gün aralıklarla yapılan ölçümlerde ilk yıl bitki boyu 4 Ağustos'ta, tarak sayısı 22 Temmuz'ta, çiçek sayısı 1 Ağustos'ta, koza sayısı 26 Ağustos'ta, açılan koza sayısı 3 Eylül'de maksimum değerlere ulaşmıştır. Koza oluşum dönemi tarak-çiçek oluşumundan sonra gerçekleştiği için koza oluşumunda da sulama düzeylerinde ve kükürt dozlarında benzer değişimler görülmüştür.

Boğum sayısı ve boğum arası mesafe

Boğum sayısı ile sulama suyu miktarı arasında ilk yıl önemsiz ikinci yıl önemli ve doğrusal ilişkiler bulunmuştur ($r^2=0.90^*$). Boğum sayısında en fazla artış %40 ile I_{100} konusunda görülmüştür. Her iki yılda en uzun boğum arası I_{100} konusundan yaklaşık aynı düzeyde belirlenmiştir (4.63 cm-4.29 cm). Gelişme dönemlerinde en yüksek boğum arası mesafe I_{100} konusunda çiçeklenme başlangıcında 5.03 cm-3.53 cm, çiçeklenme ortası dönemde 5.27 cm-4.85 cm olarak gerçekleşmiştir. I_{33} konusu her iki yılda taraklanma döneminde en yüksek boğum arasının belirlendiği konu olmuştur (3.63 ve 3.67 cm).

Kükürt dozları, boğum sayılarının ilk yıl azalmasına ikinci yıl S_1 'de %10, S_2 'de %9, S_3 'de %14 artmasına neden olmuştur. En uzun boğum arası ilk yıl S_2 (4.30 cm) ikinci yıl S_3 (3.51 cm) dozundan ölçülmüştür. Kükürt dozlarında boğum arası uzunluğu taraklanma döneminde S_1 (3.73 cm), çiçeklenme döneminde S_0 (5.11 cm), çiçeklenme ortası ve koza oluşum dönemlerinde ise sırasıyla 4.67 ve 4.47 cm değerleri ile S_2 dozunda görülmüştür. Bitki gelişiminin son dönemlerine yaklaştıkça boğum arası uzunluklarda farklılıklar azalmaya başlamıştır (Şekil 2 ve 3).

Sonuç olarak, bitkiler abiyotik stres (su stresi, sıcaklık stresi vb) koşullarına kendilerine özgü tepkiler verseler de genel olarak benzer morfolojik tepkilere sahiptirler. Bitki boyunun kısalması, yaprak alanının daralması, yaprak sayısının azalması, kök sisteminin yeterince gelişmemesi, renk değişimi belirgin ve yaygın tepkilerdir. Pamuk büyüme ve gelişme dönemlerinde suyu seven bir bitkidir. Ekimden hasada kadar gelişme dönemlerinin herbirinde pamuğun suya olan tepkisi birbirinden farklıdır. Özellikle taraklanma ve çiçeklenme dönemlerinde oluşabilecek su stresi vejetatif aksam başta olmak üzere generatif özelliklerde belirgin bir değişime neden olur (Cook & El-Zik, 1993; Lacape ve ark., 1998). Bu çalışmada, su stresinin pamuğun incelediğimiz özellikleri üzerine olumsuz olarak büyük bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Bitki boyu, kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi, yaprak nem içeriği, tarak sayısı ve boğum arası uzunluğu değerlerinin artan stres ile azaldığı, kırmızılık değerlerinin ise stres arttıkça arttığı belirlenmiştir. İncelenen özelliklerin özellikle çiçeklenme dönemi sonunda maksimuma ulaştığı, hasata doğru azalma eğilimine girdiği görülmüştür. Stresli konularda çiçek oluşumu ve dökümleri erken dönemde gerçekleşmiş buna karşın stressiz (I_{100}) konuda maksimum çiçeklenme Temmuz sonunda ekim tarihinden yaklaşık 75 gün sonra gerçekleşmiştir.

Su stresinin belirgin etkisine karşın stresin etkisini azaltacağını düşündüğümüz yapraklardan kükürt uygulamasının bitkinin vejetatif ve generatif özelliklerinde belirgin bir iyileşmeye neden olmadığı gözlemlenmiştir. Kükürt dozlarının incelenen özelliklere etkisi her parametrede farklı düzeylerde olmuş ancak anlamlı bir farklılık gerçekleşmemiştir. Bu durumun kükürtün elementel formda olması nedeniyle yaprağa yeterince diffüze olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlar ışığında kükürtün bitki tarafından daha kolay alınabilirliğini sağlayacak formlarda uygulanmasının daha başarılı sonuçlar vereceği kanaatine varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2140254 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar makalede herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Akgöl, B. (2012). Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim, kalite ve kuraklığa dayanıklılık özelliklerinin kalıtımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Akışcan, Y. (2004). Amik ovası koşullarında, bazı pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerinin gelişme dönemlerine göre sıcaklık isteklerinin gün-derece ünitesi olarak belirlenmesi. Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Hatay.
- Anonim (2017). http://www.cukobirlik.com.tr/?tekd=777&ikid=1&syf=*PAMUK*23.03.2017 16:19 (Erişim Tarihi: 10.09.2022).
- Bacelar, E.A., Santos, D.L, Moutinhopereira, J.M, Goncalves, B.C, Ferreira, H., & Correia, C.M. (2006). Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, 170 (3), 596-605. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.10.014>
- Bronson, K.F., Chua, T.T., Booker, J.D., Keeling, J.W., & Lascano, R.J. (2003). In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton: ii. leaf nitrogen and biomass. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1439-1448. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1439>
- Can, D. (2017). Pan ve toprak nem açığına bağlı sulama suyu gereksinimini kurağa dayanıklı ve duyarlı pamuk çeşitlerinde kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- Cook, C.G., & El-Zik, K.M. (1993). Fruiting and lint yield of cotton cultivars under irrigated and non-irrigated conditions. *Field Crops Research*, 33, 411-421.
- Dietz, K.J. (1989). Recovery of spinach leaves from sulphate and phosphate deficiency. *Journal of Plant Physiology*, 134, 551-557. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(89\)80146-4](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(89)80146-4)
- Duke, S.H., & Reisenauer, H.M. (1986). *Roles and requirements of sulfur in plant nutrition*. (Ed. Tabatabai, MA) Sulfur in Agriculture, Agronomy Monographs, 27, 123-168.
- Fox, R.L., Olson, R.A., & Rhoades, H.F. (1964). Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. *Soil Science Society of America Journal*, 28, 243-246. <https://doi.org/10.2136/sssaj1964.03615995002800020034x>
- Guin, G., Dunlap, J.R., & Brummett, D.L. (1990). Influence of water deficit on the abscisic acid and indole- 3- acetic acid contents of cotton flower buds and flowers. *Plant Physiology*, 93, 1117-1120. <https://doi.org/10.1104/pp.93.3.1117>
- Jie, X., Dong, Q., & Zhou, L-N. (2008). Effects of sulfur nutrition on the chlorophyll content of maize leaf under zinc and drought stress. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 32, 25-33.
- Kazgöz, D.C. (2017). Yapaktan uygulanan farklı kükürt dozlarının pamuk bitkisinin (*Gossypium hirsutum* L.) değişik gelişme dönemlerindeki su stresinin azaltılması üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- Kazgöz, D.C., & Ödemiş, B., (2021). Pamuk bitkisinde yapaktan kükürt uygulamalarının uzun süreli su stresi koşullarında stoma iletkenliğine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (1), 171-182. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.806526>
- Krieg, D.R. (1997). Genetic and environmental factors affecting productivity of cotton. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production-Mechanization Conference*, pp. 1347. <https://www.cotton.org/beltwide/proceedings/1997/abstracts/553.cfm>
- Lacape, M.J., Wery, J., & Annerosa, D.J.M. (1998). Relationship between plant and soil water status in five field-growing cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. *Field Crops Research*, 57, 29-43. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00111-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00111-1)

- Li-Na, Z., Dong, Q., Li-Li, S., & Wei-Jie, Y. (2005). Effects of sulfur fertilization on the contents of photosynthetic pigments and mda under drought stress. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1-8.
- Loka, D.A., & Oosterhuis, D.M. (2014). Water-deficit stress effects on pistil biochemistry and leaf physiology in cotton (*Gossypium hirsutum*, L.). *South African Journal of Botany*, 93, 131-136. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.03.019>
- Loka, D.A. (2012). Effect of water-deficit stress on cotton during reproductive development. Ph.D. Dissertation, University of Arkansas, Fayetteville.
- Loka, D.A., & Oosterhuis, D. (2012). Water stress and reproductive development in cotton. Department of Crop, Soil, and Environmental Sciences University of Arkansas, 5, 51-62.
- McMichael, B.L., Oosterhuis, D.M., Zack, J.C., & Beyrouthy, C.A. (1999). Growth and development of root system, (Eds. JM Stewart, Oosterhuis DM, J Heitholt). Cotton physiology.
- Özüdoğru, T. (2021). Durum ve Tahmin Pamuk 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Çankaya, Ankara.
- Pace, P.F., Cralle, H.T., El-Halawany, S.H.M, Cothren, J.T., & Senseman, S.A. (1999). Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. *Journal of Cotton Sciences*, 3, 183-187. <https://www.cotton.org/journal/1999-03/4/upload/jcs03-183.pdf>
- Pettigrew, W.T. (2004). Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Sciences*, 44, 1265-1272. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1265>
- Turner, N.C., Hearn, A.B., Begg, J.E., & Constable, G.A. (1986). Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). physiological and morphological responses to water deficits and their relationship to yield. *Field Crops Research*, 14, 153-170. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL8602280>
- Yıldırım, O. (2008). *Sulama Sistemlerinin Tasarımı*. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yay. No: 1565. Ankara.
- Zonta, J.H., Brandão, Z.N., Rodrigues, J.I.S., & Sofiatti, V. (2017). Cotton response to water deficits at different growth stages. *Mossoró*, 30 (4), 980-990. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n419rc>