

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YABANİ NOHUT GENOTİPLERİNİN KURAKLIK STRESİNE
TEPKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Fatma BAŞDEMİR

DOKTORA TEZİ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DIYARBAKIR
Eylül-2018

T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Fatma BAŞDEMİR tarafından yapılan “Yabani Nohut Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkisinin Belirlenmesi” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı

Adı Soyadı

Başkan: Prof. Dr. Behiye Tuba BİÇER.....

Üye : Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Vedat PİRİNÇ.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KAHRİMAN.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nefise EREN ÜNSAL.....

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 21/09/2018

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../09/2018

Doç.Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

‘‘Hiçbir iş en bağışlayıcı, en hayırsever ve en merhametli yüce Allah (c.c)’ın lütfu olmadan tamamlanamaz.’’

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve engin tecrübelerinden istifade ettiğim, sonsuz sabrı ve toleransı için kıymetli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM’a şükranlarımı sunarım. Doktora eğitimimin boyunca teorik ve pratik açıdan faydalandığım üzerimde büyük emekleri olan ve manevi desteğini her zaman hissettiren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Behiye Tuba BİÇER’e en içten şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın konusunun ve alt yapısının oluşmasını sağlayan ve uluslararası yürütülen Global Crop Diversity Trust kuruluşu tarafından desteklenen ‘‘Phenotyping for climate resiliency in chickpea’s wild progenitor species’’ projesine beni dahil ederek bana dünya kapılarını açan Sayın Prof. Dr. Bekir BÜKÜN’e, Sayın Prof. Dr. Douglas R. COOK’a, Sayın Vincent VADEZ ve Jens BERGER’e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmada kullanılan genetik kaynağın temin edilmesini sağlayan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KAHRİMAN ve ekibine teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütüldüğü yarı kontrollü sera koşullarının sorumlusu olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Vedat PİRİNÇ’e teşekkür ederim.

Bu süreçte beni yalnız bırakmayan başta Arş. Gör. Önder ALBAYRAK ve Dr. Öğr. Üyesi Neşe ÜZEN olmak üzere tüm ziraat fakültesi personeline teşekkür ederim.

Bilimsel çalışmaların resmi protokolleri ile yoğun bir şekilde çalışarak bizlere kolaylaştıran ve doğru yönlendirme yapan başta Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü ve tüm idari personele teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamın fiziki çalışma kısmından tez yazma sürecine kadar sürekli yanımda olan ve beni destekleyen, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalında doktora yapan kıymetli arkadaşlarım A.İsmail ÖZKAN’a, Feysel ÇAKMAK’a, Veysi Ortakaya’ya teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi zorlu doktora sürecinde de maddi ve manevi olarak beni sabırla destekleyen ve yanımda olan kıymetli Annem, Babam ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütülmesinde finansal destek sağlayan Global Crop Diversity Trust kuruluşuna teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	VI
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİL LİSTESİ.....	XI
KISALTMA VE SİMGELER.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
2.1. Nohutta Fizyolojik Çalışmalar.....	7
2.2. Diğer Tarla Bitkilerindeki Çalışmalar.....	41
3. MATERYAL VE METOT.....	61
3.1. Materyal.....	61
3.1.1. Bitki Materyali Kaynağı.....	61
3.2. Metot.....	62
3.2.1. Tohum Hazırlığı, Ekim ve Bakım İşlemleri	69
3.2.2. Vpd (Vapor Pressure Deficit) Uygulaması ve İncelenen Özellikler.....	70
3.2.2.1. VPD.....	70
3.2.2.2. Transpirasyon.....	71
3.2.2.3. Yaprak Alanı.....	72
3.2.2.4. Transpirasyon Hızı.....	73
3.2.2.5. Stoma İletkenlik İndeksi.....	73
3.2.3. Kurağa Maruz Bırakma.....	74
3.2.3.1. NTR (Normalisation Transpiration Rate) Hesaplaması.....	75
3.2.3.2. FTSW (Fraction Transpirable Soil Water) Hesaplaması.....	76
3.2.3.3. TE (Transpirasyon Etkinliği) Hesaplaması.....	76
3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi.....	77
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	79
4.1. Birinci Yıl Fizyolojik Ölçümleri.....	79
4.1.1. Çiçeklenme Öncesi Artan VPD’de Transpirasyon Ölçümleri.....	79
4.1.2. Birinci VPD.....	79
4.1.2.1. Transpirasyon (g H ₂ O saat).....	79
4.1.2.2. Yaprak Alanı (cm ²).....	82

4.1.2.3.	Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2 \text{ dak}^{-1}$).....	84
4.1.3.	İkinci VPD.....	89
4.1.3.1.	Transpirasyon ($\text{g H}_2\text{O saat}$).....	89
4.1.3.2.	Yaprak Alanı (cm^2).....	92
4.1.3.3.	Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2 \text{ dak}^{-1}$).....	94
4.1.4.	Erken Gelişim Dönemi Kurağa Maruz Bırakma.....	100
4.2.	İkinci Yıl Fizyolojik Ölçümleri.....	112
4.2.1.	Çiçeklenme Öncesi Artan VPD'de Transpirasyon Ölçümleri.....	112
4.2.1.1.	Transpirasyon ($\text{g H}_2\text{O saat}$).....	112
4.2.1.2.	Yaprak Alanı (cm^2).....	115
4.2.1.3.	Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2 \text{ dak}^{-1}$).....	118
4.2.1.4.	Çiçeklenme Öncesi Stoma İletkenlik Göstergesi.....	124
4.2.2.	Bakla Dolum Dönemi VPD Ölçümleri.....	127
4.2.2.1.	Transpirasyon ($\text{g H}_2\text{O saat}$).....	127
4.2.2.2.	Yaprak Alanı (cm^2).....	130
4.2.2.3.	Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2 \text{ dak}^{-1}$).....	132
4.2.2.4.	Bakla Dolum Dönemi Stoma İletkenlik Göstergesi.....	140
4.2.3.	Bakla Dolum Döneminde Kurağa Maruz Bırakma.....	142
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	155
5.1.	VPD Değerlendirmeleri.....	155
5.1.1.	Transpirasyon Değerlendirmeleri.....	155
5.1.2.	Yaprak Alanı Değerlendirmeleri.....	156
5.1.3.	Transpirasyon Hızı Değerlendirmeleri.....	157
5.1.4.	Stoma İletkenlik İndeksi Değerlendirmeleri.....	159
5.2.	Kurağa Maruz Bırakma Değerlendirmeleri.....	160
5.2.1.	FTSW (Transpire Edilebilen Toprak Nemi Eşiği) Değerlendirmeleri.....	160
5.2.2.	Sap Ağırlığı, Tane Ağırlığı, Biyomas, ve Hasat İndeksi Ölçümlerinin ve Transpirasyon Etkinliğinin Değerlendirilmesi.....	161
6.	KAYNAKLAR	165
	ÖZGEÇMİŞ	183

ÖZET

YABANİ NOHUT GENOTİPLERİNİN KURAKLIK STRESİNE TEPKİSİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Fatma BAŞDEMİR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

2018

İklim değişikliğinin etkisiyle artan kuraklık stresinin nohut üretim alanlarını kısıtlayacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Kurağa dayanıklı nohut çeşitleri geliştirilmesi ülkemizde gıda güvenliğinin devamı açısından büyük önem arz etmektedir. Bu açıdan ıslahçıların hedeflerine ulaşabilmesi için ellerinde geniş bir genetik çeşitliliğe sahip başlangıç materyalinin bulunması gerekmektedir. Bu çalışmada klasik ıslah yöntemleriyle geliştirilmiş kültür çeşitlerinde kuraklığa dayanıklılık yönünden daralmış olan genetik çeşitliliğin genişletilmesi için yabancı nohut genotiplerinin transpirasyonla ilişkili fizyolojik ölçümler yönünden taranması amaçlanmıştır. Çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden toplanan 20 *C. reticulatum* 6 *C. echinospermum* genotipi ve kontrol amaçlı 4 kültür genotipi kullanılmıştır. Transpirasyonla ilgili farklılıkları ortaya koyabilmek için atmosferik buhar basıncı açıklığı (VPD) ve kurağa maruz bırakma çalışmaları olmak üzere iki farklı deneme yürütülmüştür. VPD çalışmasında dereceli sıcaklık artışı ve azalan nem koşullarında vejetatif ve generatif gelişme dönemlerinde yaprak alanı ve transpirasyon hızı ölçülmüştür. Kurağa maruz bırakma denemesinde bitkiler ilk yıl çiçeklenme başlamadan hemen önce, ikinci yıl ise bakla dolum döneminde dereceli su stresine maruz bırakılarak günlük transpirasyon miktarı ölçümüne dayanan Fraction Transpirable Soil Water (FTSW-transpire edilebilen toprak nemi eşiği), Normalisation Transpiration Rate (NTR- Normalleştirilmiş Transpirasyon Hızı), Transpirasyon Etkinliği (TE) hesaplanmış ve sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksi değerleri belirlenmiştir. Her iki yılda ve her iki dönemde kültür çeşitlerinin yaprak alanının yabancı genotiplerden daha fazla olduğu ve vejetatif dönemden generatif döneme kadar olan süreçte yaprak alanı artış oranı yabancı genotiplerde kültür çeşitlerine göre 3 kat daha fazla olduğu bulunmuştur. Artan VPD koşullarında ölçülen transpirasyon hızı yönünden her iki yılda ve her iki dönemde kültür çeşitlerinin daha az transpirasyon hızına sahip olduğu ve hızın tüm genotiplerde kırılma noktası olmayan doğrusal artışla devam ettiği belirlenmiştir. Kurağa maruz bırakma denemesinde FTSW değerleri yönünden transpirasyonu erken kısıtlayan ve kültür genotiplerinden daha yüksek değere sahip olan yabancı genotiplerin bulunduğu belirlenmiştir. Sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksi değerleri yönünden hem sulu hem de su stresli koşullarda genotipler arasında önemli farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yabancı genotiplerin su stresli koşullarda her iki yılda yüksek hasat indeksi ve ikinci yılda ise tane sayısı değerleri ile ön plana çıkarak stresli koşullarda tane üretebilme kabiliyetlerinin yüksek olduğu bulunmuştur. Sulu ve

su stresli koşullarda genotipler arasında TE farklılıkları oluşmuş ve sulu koşullarda bazı yabancı genotiplerin költür çeşitlerinden üstün olduğu bulunmuştur. Transpirasyon özellikleri üzerinden yabancı nohut genotipleri VPD stresine tepkisi bakımından değeriendirildiğinde *C.reticulatum* türünde şirnak 060, Savur 063, Derei 072 ve Besev 075 genotiplerinin, *C.echinospermum* türünde Karab 092 ve Ortan-066 genotiplerinin ön plana çıktığı ve ıslah çalışmalarında başlangıç materyali olarak kullanılabilieceğı öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Transpirasyon, Yabancı nohut, Yaprak alanı, Transpirasyon Etkinliğı, Buhar Basınç Açıklığı, Transpire edilebilen toprak nemi eşiğı.



ABSTRACT

DETERMINATION OF RESPONSE TO DROUGHT STRESS OF WILD TYPE CHICKPEA GENOTYPES

PhD THESIS

Fatma BAŞDEMİR

DEPARTMENT OF FIELD CROPS
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2018

It is an inevitable that increasing drought stress caused by climate change, will limit the production areas of chickpea. The development of drought tolerance chickpeas varieties is of great importance in terms of the continuation of food security in Turkey. In order to reach breedings goals, a starting material with a wide genetic diversity must be available. In this study, it was aimed to screen wild chickpea genotypes for physiological measurements related to transpiration to enhance the genetic diversity which is narrowed in cultivated chickpea by classical breeding affords. In this study we used 20 *C. reticulatum*, 6 *C. echinospermum* wild species which is collected from Southeastern Anatolia Region and for control purposes 4 cultivated chickpea genotypes. In order to demonstrate the differences in transpiration, two different trials which are a) atmospheric vapor pressure deficient (VPD) and b) drydown experiments were carried out. In the VPD study, leaf area and transpiration rate were measured during vegetative and generative growth periods with increasing temperature and decreasing humidity conditions. In the drydown experiments, the plants were exposed to gradual water stress, in the first year starting immediately before the beginning of flowering and the second year of the pod filling period. Based on the daily amount of transpiration measurement the Fraction Transpirable Soil Water (FTSW), Normalisation Transpiration Rate (NTR), Transpiration Efficiency (TE) were calculated and the values of stem weight, grain weight, biomass and harvest index were determined. It has been found that the leaf area of cultivar varieties is higher than the wild genotypes in both years and both periods and that the rate of increase of leaf area till from vegetative period to generative period is 3 times higher in wild genotypes compare to cultivars. In terms of the transpiration rate measured under increasing VPD condition it has been determined that cultivar varieties have lower transpiration rates in both years and both periods and that the rate of transpiration continues with a linear increase in all genotypes without breakpoints. In the drydown experiment, it has been determined that there are wild genotypes that have early inhibition of transpiration in terms of FTSW values and have higher values than culture genotypes. It has been determined that there is a significant difference between genotypes in terms of stem weight, grain weight, biomass and harvest index values in both well water and water stress conditions. In water stress conditions, wild genotypes have high harvest index in both years and high grain number in the second year and this findings shows that their ability of grain production under stressful conditions is high. TE differences

were found between genotypes Under well water and water stress conditions, and it was found that some wild genotypes were superior than cultivars in well water conditions. When the wild chickpea genotypes were evaluated for response to VPD stress based on transpiration traits, it was predicted that Şirnak 060, Savur 063, Derei 072 and Besev 075 genotypes of *C.reticulatum* species and Karab 092 and Ortan-066 genotypes of *C.echinospermum* species are superior and could be used as starting material in breeding studies.

Key Words: Drought, Transpiration, Wild chickpea, Leaf area, Transpiration Efficiency, Vapour Pressure Deficiet, Fraction Transpirable Soil Water.



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1.	Nohut türleri için tanımlanan gen havuzu	3
Çizelge 3.1.	Denemede kullanılan genotip ve kaynak bilgileri	61
Çizelge 3.2.	Yabani nohut genotiplerinin toplandığı bölgelere ait bilgiler	62
Çizelge 3.3.	Sera koşullarında ölçülen sıcaklık, nem (RH) ve VPD değerleri	71
Çizelge 3.4.	Kontrollü koşullarda ölçülen sıcaklık, nem (RH) ve VPD değerleri	71
Çizelge 4.1.	Birinci VPD ölçümünde genotipler ve türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızı kareler ortalaması değerini gösteren varyans analiz sonuçları	79
Çizelge 4.2.	Birinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri	80
Çizelge 4.3.	Birinci VPD ölçümünde türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerler	81
Çizelge 4.4.	Birinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri	85
Çizelge 4.5.	İkinci VPD ölçümünde genotipler ve türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızı kareler ortalaması değerini gösteren varyans analiz sonuçları	89
Çizelge 4.6	İkinci VPD ölçümünde türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerler	89
Çizelge 4.7.	İkinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri	90
Çizelge 4.8.	İkinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri	96
Çizelge 4.9.	Erken gelişim dönemi nohut genotiplerinin azalan toprak nemi ile transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları toprak nemi eşik değerleri	101
Çizelge 4.10.	Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları	105
Çizelge 4.11.	Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanmayan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait ortalama değerler	106

Çizelge 4.12.	Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stresli bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları	107
Çizelge 4.13.	Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait ortalama değerler	109
Çizelge 4.14.	Erken gelişim dönemi su stresli ve sulu koşullardan elde edilen transpirasyon etkinliğine ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları ve FTSW ile ilişkilerine ait değerler	110
Çizelge 4.15.	Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz ve stressli bitkilerin Transpirasyon Etkinliği (TE) ve Standart Hata (SH) değerleri	111
Çizelge 4.16.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde genotipler ve türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları	112
Çizelge 4.17.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerler	113
Çizelge 4.18.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri	114
Çizelge 4.19.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri	119
Çizelge 4.20.	Çiçeklenme öncesi VPD süresince genotiplerin transpirasyon değerlerine ait regresyon eğim (slope) ve kesişim değerleri (Y-X intercept) ile doğruluk payı (R square)	123
Çizelge 4.21.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen Bitki Sıcaklığı (BS) ve ilişkili hesaplanan Bitki Örtüsü Serinliği (BÖS) ve Stoma İletkenlik İndeksi (<i>Ig</i>)	125
Çizelge 4.22.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde genotipler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları	127
Çizelge 4.23.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde türlerin transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerleri	127
Çizelge 4.24.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri	128
Çizelge 4.25.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri	133

Çizelge 4.26.	Bakla dolum dönemi VPD süresince genotiplerin transpirasyon değerlerine ait regresyon eğim (slope) ve kesişim değerleri (Y-X intercept) ile doğruluk payı (R^2)	139
Çizelge 4.27.	Bakla dolum dönemi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen Bitki Sıcaklığı (BS) ve ilişkili hesaplanan Bitki Örtüsü Serinliği (BÖS) ve Stoma İletkenlik İndeksi (lg)	140
Çizelge 4.28.	Generatif dönemdeki nohut genotiplerinin azalan toprak nemi ile transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları toprak nemi eşiği değerleri	143
Çizelge 4.29.	Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları	147
Çizelge 4.30.	Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanmayan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait ortalama değerler	148
Çizelge 4.31.	Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stresli bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları	149
Çizelge 4.32.	Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait ortalama değerler	150
Çizelge 4.33.	Bakla dolum dönemi su stresli ve sulu koşullardan elde edilen transpirasyon etkinliğine ait kareler ortalaması varyans analiz sonucu ve FTSW ile ilişkilerine ait değerler	152
Çizelge 4.34.	Bakla dolum dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz ve stressli bitkilerin Transpirasyon Etkinliği (TE) ve Standart Hata (SH) değerleri	153

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	Bitki yetiştirme ortamının hazırlanışı	63
Şekil 3.2.	2016 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık değerleri	65
Şekil 3.3.	2016 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum nem değerleri	66
Şekil 3.4.	2017 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık değerleri	67
Şekil 3.5.	2017 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum nem değerleri	68
Şekil 3.6.	Yabani genotiplerin düzgün çıkış yapmalarını sağlamak amacıyla ekim öncesi petri kaplarında çimlendirilmesi	69
Şekil 3.7.	VPD ölçümü için saksıların sera koşullarından bitki büyütme odasına taşınması ve düzenlenmesi	72
Şekil 3.8.	Transpirasyon ölçümü yapılan bitkilerin HP Scanjet 3400C tarayıcıdan taranıp Winfolia 2003a,b programından yaprak alanı ölçümü	73
Şekil 3.9.a.	Erken gelişim dönemindeki bitki topluluğundan thermal kamera ile sıcaklık ölçümü	73
Şekil 3.9.b.	Generatif gelişim dönemindeki bitki topluluğundan thermal kamera ile sıcaklık ölçümü	73
Şekil 3.10.	Bakla dolum dönemindeki yabani genotiplerin tane fırlatmalarını engellemek için kurağa maruz bırakma öncesi tülle kaplanması	75
Şekil 4.1.	Nohut genotiplerinin Birinci VPD gününde transpirasyon ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	81
Şekil 4.2.	Nohut genotiplerinin Birinci VPD gününde yaprak alanı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	83
Şekil 4.3.	Birinci VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı ilişkisini gösteren regresyon grafiği	84
Şekil 4.4.	Birinci VPD ölçümünde yabani nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri	86
Şekil 4.5.	Birinci VPD ölçümünde yabani nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin VPD süresince transpirasyon hızları	87
Şekil 4.6.	Birinci VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi	88
Şekil 4.7.	Nohut genotiplerinin İkinci VPD gününde transpirasyon ve standart hata	91

	barlarına ait grafik gösterimi	
Şekil 4.8.	Nohut genotiplerinin İkinci VPD gününde yaprak alanı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	93
Şekil 4.9.	İkinci VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı ilişkisini gösteren regresyon grafiği	94
Şekil 4.10.	İkinci VPD ölçümünde yabancı nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin VPD süresince transpirasyon hızları	97
Şekil 4.11.	İkinci VPD ölçümünde yabancı nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri	98
Şekil 4.12.	İkinci VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi	99
Şekil 4.13.	Erken gelişim dönemi nohut genotiplerinin azalan toprak nemi süresince gösterdikleri transpirasyon tepkileri	102
Şekil 4.14.	Nohut genotiplerinin çiçeklenme öncesi VPD gününde ölçülen transpirasyon ve standart hata barları	115
Şekil 4.15.	Nohut genotiplerinin çiçeklenme öncesi VPD gününde ölçülen yaprak alanı ve standart hata barları	116
Şekil 4.16.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği	117
Şekil 4.17.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan transpirasyon hızı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	120
Şekil 4.18.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde yabancı nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri	121
Şekil 4.19.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi	122
Şekil 4.20.	Çiçeklenme öncesi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen sıcaklık değerleri ile ilişkili hesaplanan stoma iletkenlik indeksi	126
Şekil 4.21.	Nohut genotiplerinin bakla dolum dönemi ölçülen VPD gününde transpirasyon ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	129
Şekil 4.22.	Nohut genotiplerinin bakla dolum dönemi VPD günü sonunda ölçülen yaprak alanı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	130
Şekil 4.23.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği	132
Şekil 4.24.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan transpirasyon hızı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi	135

Şekil 4.25.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde yabani nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri	136
Şekil 4.26.	Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi	137
Şekil 4.27.	Bakla dolum dönemi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen sıcaklık değerleri ile ilişkili hesaplanan stoma iletkenlik indeksi	141
Şekil 4.28.	Nohut genotiplerinin generatif yetiştirme döneminde azalan toprak nemi süresince gösterdikleri transpirasyon tepkileri	144
Şekil 4.29.	Vejetatif dönem kurağa maruz bırakma denemesinde sulu ve su stresli bitkilerin genel görüntüsü ve bazı genotiplerin hasat dönemi	154

KISALTMA VE SİMGELER

ABA	: Absisik asit
BS	: Bitki sıcaklığı
BÖS	: Bitki Örtüsü Serinliği
cm	: santimetre
cm ²	: santimetrekare
dak ⁻¹	: dakika
DNA	: Deoksiribonükleik asit
ESTs	: Expressed Sequence Tags
FTSW	: Fraction Transpirable Soil Water (Transpire edilebilen toprak nemi eşiği)
g	: gram
ha	: hektar
HI	: Hasat indeksi
IAA	: İndol asetik asit
<i>I_g</i>	: Stoma iletkenlik indeksi
kg	: kilogram
kPa	: kilopaskal
mg	: miligram
mm	: milimetre
MPa	: Megapaskal
NTR	: Normalisation Transpiration Rate (Normalleştirilmiş Transpirasyon Hızı)
OA	: Ozmotik ayarlama
PSII	: Fotosistem II
RH	: Nispi nem
R ²	: Doğruluk payı
SH	: Standart hata
SKE	: Su Kullanım Etkinliği
QTLs	: Quantitative Trait Locus
T	: Transpirasyon
TE	: Transpirasyon Etkinliği
TH	: Transpirasyon Hızı
VPD	: Vapour Pressure Deficit (Atmosferik Buhar Basınç Açıklığı)
YA	: Yaprak Alanı
°C	: Sıcaklık

1. GİRİŞ

Son dönemdeki başlıca gıda ürünlerinin fiyatlarındaki artışın yanı sıra iklim değişikliği tarımsal kalkınmanın ana konusu haline gelmiştir (Tubiello ve ark. 2008; Fedoroff ve ark. 2010). İnsanlık, ekilebilir arazilerin küçülerek bozulması, gıda alışkanlıklarının daha yoğun kalorili (bitkiden hayvan yemine geçiş) hale gelmesi, su ve besin maddelerinin giderek azalması, ek gıda üretiminin gerekli olduğu yarı kurak tropik bölgelerde iklim değişikliğinin gıda üretimine gittikçe düşman olduğu koşullarda gelecek 50 yıl içinde ek 3 milyar insan için yaklaşık % 50 daha fazla gıda üretilmesi gibi büyük bir güçlükle karşı karşıyadır (Cooper ve ark. 2009).

İklim değişikliği ile ilgili tüm tahmin modelleri gelecek yüzyılda 2-4°C'lik bir sıcaklık artışını öngörmektedir. Bu durum günümüzde zaten sorunlu olan su kıtlığı ve kuraklık araştırmalarına baklagil ürün yönetimine yeni bir karmaşıklık ekleyecektir. Kuraklık aslında şu anda birçok üründe özellikle baklagillerde verimi sınırlayan en yaygın abiyotik strestir. Bu nedenle iklim değişikliğinde ürün adaptasyonuna ilişkin çok sayıdaki çalışmanın öncelikli konusu bitkileri su sınırlamasına uyarlamaktır (Vadez ve ark. 2012a).

İklim değişikliğinin etkisiyle artan kuraklık olayı, ürün yetiştirme sezonunda yağış miktarı ve dağılımı, buharlaşma ve toprağın mevcut nemi koruma kapasitesi gibi etkenlere bağlı olduğundan çoğunlukla tahmin edilemeyen bir durumdur. Kuraklık olayının şiddeti, zamanı ve süresi yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Bu durum bir yıl başarılı olan kültür çeşidinin diğer yıl başarısız olmasına yol açmaktadır. Ayrıca kuraklık stresi nadiren tek başına gerçekleşmekte, sıklıkla diğer stres koşulları ile birlikte özellikle sıcaklık stresi ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kuraklık stresi dayanıklılık ıslah çalışmaları daha karmaşık hale gelmektedir (Imtiaz ve ark. 2011).

Kuraklık stresi dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar üzerinde %26'lık oranla bitkilerde büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın çevresel streslerden biridir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005). Değişen iklim senaryoları ile sürekli nüfus artışından dolayı yüksek verimli kuraklığa toleranslı nohut çeşitleri geliştirmeye büyük ihtiyaç vardır (Purushothaman ve ark. 2017).

Nohut (*Cicer arietinum* L.) kendine döllen bir diploid ($2n=2x=16$) baklagil bitkisi olup genellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde yetiştirilmektedir. Gen merkezi Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup buralardan daha sonra Hindistan ve Avrupa'ya yayılmıştır (Ladizinsky ve Adler, 1976a).

Nohut, 10.000-12.000 yıl önce Verimli Hilal'de diğer buğday, arpa, çavdar, bezelye, mercimek, keten, fiğ bitkileri ve koyun, keçi, domuz ve sığırla birlikte kültüre alınmıştır (Redden ve Berger 2007). Monofiletik kökenli yabani *C. reticulatum* atalardan oluştuğu bildirilmektedir (Millán ve ark. 2015). Yabani türlerin yararlı özelliklerinden yararlanmak amacıyla sistematik toplama ve değerlendirilmeler yapılmış ve biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılık için çeşitli gen havuzları ortaya çıkarılmıştır (Singh ve ark. 2008).

Nohut gelişmekte olan ülkelerde milyonlarca insan için önemli bir besin kaynağıdır. Nohut Dünya ekim alanı 12.6 milyon ha ve üretimi 12.1 milyon ton'dur (FAOSTAT, 2016). Türkiye nohut ekim alanı 352 bin hektar ve üretimi 455 bin ton'dur.

Nohut yüksek protein içeriğine (%20-22) ek olarak, zengin lif ve minerallere (fosfor, kalsiyum, magnezyum, demir ve çinko) ve yüksek doymamış yağ asidise sahip bir baklagil bitkisidir (Upadhyaya ve ark. 2010). Nohut genetik mühendisliği yoluyla elde edilen 'altın prinç' te olduğu gibi β karoten ve çok miktarda karotenoid içerir (Abbo ve ark. 2005). Nohut aynı zamanda zengin protein içerdiği için hayvan yemi ve yeşil biyokütlesi ile saman olarak kullanılmaktadır.

Nohut hektara 140 kg azot bağlayabilmekte ve simbiyotik azot fiksasyonundan azot ihtiyacının %80'nini karşılayabilmektedir. (Saraf ve ark. 1998). Ancak son kırk yılda nohut ekim alanının yerini, yüksek girdili sulu koşullarda daha fazla ürün ve istikrarlı verim alınan buğday (*Triticum aestivum* L.) gibi ürünlere bırakmıştır ve nohut ekim alanları azalmıştır (Kelly ve Rao 1994). Nohut ekim alanları, düşük ve istikrarsız ürün veren değeri düşük alanlara kaydırılmıştır.

Kültür bitkilerinin genetik çeşitliliği genellikle, kültüre alma ve ıslahtan kaynaklanan populasyon darboğazları nedeniyle yetersizdir (von Wettberg ve ark. 2018). İslahta bazı arzu edilmeyen karakterleri hariç yabani *Cicer* türleri biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılık sağlayan özelliklere sahiptir (Robertson ve ark. 1997). Kültür nohutlarının aksine yabani *Cicer* türleri çoklu streslere karşı dayanıklılık

kaynağına sahiptir (Singh ve ark. 1998; Croser ve ark. 2003a).

Çeşitli biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılık sağlayacak yeni ıslah hatlarının geliştirilmesinde yabancı *Cicer* türlerinden faydalanılmaktadır. Tek yıllık yabancı *Cicer* türlerinin kültür nohutları ile çaprazlanmasına dayanarak kültür nohutlarından farklılıklarını yansıtan gen havuzları oluşturulmuştur (Harlan ve De Wet 1971). Nohut türleri için Ahmad ve ark. (2005) tarafından tanımlanan bu gen havuzu Çizelge 1.1’de verilmiştir (Andersson ve De Vicente 2010).

Çizelge 1.1. Nohut türleri için tanımlanan gen havuzu (Ahmad ve ark. 2005)

Türler	Kökeni ve Dağılışı
Birincil Gen Havzuzu	
<i>C. arietinum</i> L.	Kültür nohutu
<i>C. reticulatum</i> Ladiz.	Sadece Türkiye’nin Güneydoğu’suna endemik
İkincil Gen Havuzu	
<i>C. echinospermum</i>	Türkiye, Irak
Üçüncül Gen Havzuzu	
<i>C. bijugum</i> Rech. f.	Irak, Suriye, Türkiye
<i>C. judaicum</i> Boiss	İsrail, Lübnan, Filistin, Türkiye
<i>C. pinnatifidum</i> Jaub & Spach	Kıbrıs, Irak, Türkiye, Suriye, Lübnan, Ermenistan
<i>C. cuneatum</i> Hochst. ex A. rich.	Kuzey ve Kuzeydoğu Afrika (Mısır, Eritre, Etiyopya, Sudan)
<i>C. yamashitae</i> Kitam	Afganistan’a endemik
<i>C. chorassanicum</i> (Bunge) Popov	Afganistan, İran
Çok yıllık <i>Cicer</i> türleri	

Nohut üretiminin yaklaşık %90’ı verimi önemli ölçüde sınırlayan terminal kuraklık ve sıcaklık stresi altında (Johansen ve ark., 1994), yağışa dayalı alanlardan elde edilir (Kumar ve van Rheenan 2000). Bu yağışa dayalı bölgeler düşük çığ yağışı ve düzensiz yağış ile ilişkili iklim değişikliğinden dolayı risk altındadır. Yine çığ yağışı nohutun biyokütle üretiminde erken çiçeklenme için oldukça faydalıdır (Basu ve ark 2009).

Nohut yetiştirildiği bölgelerde çoğunlukla büyüme sezonu boyunca ya çok az ya da hiç yağmur alamaz. Bu durumda su ihtiyacını bir önceki yağmur sezonunda toprakta depolanan nemden alarak büyüyen bir üründür. Örneğin Güney ve Güneydoğu Asya’nın kurak ve yarı kurak tropikal çevrelerinde yağmur sezonundan sonraki kış sezonunda

yetiştirilmektedir. Benzer şekilde Akdeniz çevrelerinde, nohut ilkbaharda ekilmekte kıştan itibaren erken ilkbahara kadar düşen yağmur suyunun toprakta depolanan neminde yetiştirilmektedir. Her iki çevrede de, bitki büyüme ve gelişimi devam ederken kritik bakla doldurma ve tane gelişim aşamalarında topraktaki nem azalarak toprak tabakasının derinliklerine kadar inmektedir (Gaur ve ark. 2008a; Siddique ve ark. 2000).

Nohutta terminal kuraklıktan dolayı ürün kaybı genel olarak %20 ile %50 arasında değişmekte hatta bazen daha fazla olabilmektedir. Dönem sonu kuraklık (ürünün bakla gelişim ve tane dolum aşamasında mevsim sonunda oluşan şiddetli toprak nemi stresi) yağmur sezonu sonrası yağmur suyuyla beslenen çoğu üründe olduğu gibi küresel nohut ekim alanlarının %80'inden daha fazlasında nohut üretimini büyük ölçüde kısıtlamaktadır. Kuraklığa toleranslı çeşit geliştirme ıslah çalışmalarında seleksiyon kriteri olarak kullanılan verim, kuraklık belirtisinin anlaşılmasındaki eksiklikten dolayı faydalı olmamıştır (Gaur ve ark. 2008a). Son yıllarda birkaç çalışma kuraklık toleransı ile ilişkili morfolojik ve fizyolojik özelliklerin belirlenmesine odaklanmıştır.

Bitkiler su stresi şartlarına dayanmada farklı mekanizmalara sahiptir. Bitki ıslahçıları bu mekanizmaları genelde üç grupta değerlendirmektedirler: (1) kuraklıktan kaçma, (2) kuraklıktan kaçınma, (3) kuraklığa dayanma. Bazı bitki fizyologları su eksikliğinin bitkinin hidrasyonunu etkilediği için kuraklıktan kaçınma mekanizmasını dehidrasyonu erteleme olarak kabul etmektedir (Gaur ve ark. 2008b).

Farklı kuraklığa direnç mekanizmalarının birlikte değerlendirilmesi kuraklığa direncin seviyesini artırmak için potansiyel bir stratejidir. Geniş kök özelliği ile birkaç yaprakçık birleştirilerek çalışmalar yapılmış ve bu özellikler birlikte değerlendirilerek ıslah hatları geliştirilmiştir (Upadhyaya ve ark. 2010). Erken çıkış, kök yapısı, çiçeklenme zamanı, karbon izotop ayrımı, bitki örtüsü serinliği, absisik asit, ozmotik ayarlama, klorofil yoğunluğu, yeşil kalma, geciktirilmiş yaprak ölümü, suda çözünabilir karbonhidratların taşınımı, stoma iletkenliği ve su kullanım etkinliği kuraklık çalışmalarında kullanılan bazı özelliklerdir.

Erken gelişime dönemi boyunca (kısa süreli) kuraklıktan kaçınma nohutta en başarılı ıslah stratejisi olmuştur (Gaur ve ark. 2008a). Bunu uygulamak için ekimden çiçeklenme başlangıcına kadar geçen gün sayısı kolayca kaydedilebilmektedir. Bu

özellikler birbiriyle bağlantılı olduğu için, yapılan kayıtlar sonraki fenolojik özellikler (baklaşma ve olgunluk) için iyi bir gösterge olmaktadır.

Stomatal iletkenlik, kök özellikleri, su kullanım etkinliği ve ozmotik ayarlama (OA) kuraklıktan kaçınmada seleksiyona izin veren bazı önemli mekanizmalardır. Bitki kuraklık stresi altında stomatal iletkenliğin transpirasyon aktivitesini düzenlemesiyle su kaybını en aza indirebilir. Bitki sıcaklığı stoma iletkenliğinin bir sonucu olması nedeniyle stoma aktivitesinin tahmininde kullanılabilir. Bitki topluluğu sıcaklık farklılıkları bir infra-thermo kamera kullanılarak sayısallaştırılabilir. Bu farklılıkların pirinç, patates, buğday ve şeker pancarı gibi bitkilerde transpirasyonla çok iyi bir şekilde ilişkili olduğu ortaya konmuştur (Upadhyaya ve ark. 2010).

Su kullanım etkinliği (SKE) birçok üründe kuraklık toleransı için seleksiyonda kullanılmaktadır (Farquhar ve ark. 1982; Wright ve ark. 1988). Kurak ortamlarda SKE genotiplerde geliştirilmesine rağmen bu genotiplerden her zaman daha iyi tohum verimi alınamamıştır. Ancak SKE biyokütle üretimini geliştirebilmektedir (White ve ark. 1990). Nohut bitkisinde SKE için fenotipleme saksı kültüründe gravimetrik metodlar kullanılarak başarılabılır. Bu yaklaşımla, saksıda büyüyen bitkiler direk buharlaşmadan kaçınmak için polietilen poşet ile kaplanır ve herbir bireyin kaybettiği transpirasyonu tahmin etmek için denemenin başında ve sonunda saksı ağırlıkları ölçülür (Krishnamurthy ve ark. 2007). SKE deneme boyunca elde edilen bitki ağırlığı ve transpirasyon miktarı verileri kullanılarak tahmin edilebilir.

Bazı nohut genotiplerinin yüksek buhar basıncı açıklığında (vapour pressure deficit- VPD) transpirasyonu sınırlama yetenekleri kurak ve sıcak şartlar altında toprak neminin korunması (Devi ve ark. 2010) ve agronomik kuraklık toleransı ile ilişkilidir (Zaman-Allah ve ark., 2011a, 2011b). Aşırı seviyede su kısıtlamasına maruz kaldıktan sonra transpirasyonu sınırlayabilen genotipler, kurak koşullarda topraktaki nem eşliğini daha fazla korumaya sahiptir (Zaman-Allah ve ark. 2011a).

Yabani nohut genotiplerinde bazı kuraklık stresine tolerans mekanizmaları ve bunların verimle ilişkilerini belirlemek amacıyla, nohut ıslah programlarında genetik çeşitliliği artırmada katkı sağlayabilecek olan: (i) yüksek buhar basıncı açıklığında transpirasyonla ilgili özellikler ve (ii) kademeli su stresinde topraktaki nem azalışına bağlı olarak bitkilerin transpirasyonlarını sınırlayabilme özellikleri incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Nohutta Fizyolojik Çalışmalar

Ladizinsky ve Adler (1976a), *Cicer arietinum* kültür nohutunun kökeni ile ilgili yaptıkları *C.echinospermum* ve *C. reticulatum* yabani türlerinin melezlenmesi ve melezlerinin sitolojisini inceledikleri çalışmada, *C.echinospermum* türlerinin kültür türlerinden tamamen farklı olduğu ve melezlerin verimsiz olduğunu belirlemişlerdir. *C. reticulatum* yabani türlerinin kültür türleri ile kolayca melezlendiği ve melez döllerinin verimli olduğunu bu nedenle yabani *C.reticulatum* türlerinin kültür nohutlarının atası olabileceğini bildirmişlerdir.

Ladizinsky ve Adler (1976b), kültür nohutunu da kapsayan *Cicer* cinsinin tek yıllık 6 türü arasındaki genetik ilişkiyi araştırmışlardır. Farklı melezleme grubunda yer alan türlerin melezlenmesinden verimsiz tohum elde edilmiştir. Kültür nohutuyla melezleme için atası olan *C.reticulatum* ve ikinci gen havuzunda bulunan *C.echinospermum* türlerinin düşünülebileceğini belirlemişlerdir. *C.reticulatum* yabani türünün kültür nohutunun atası olduğu bilgisini yinelemişlerdir.

Siddique ve Sedgley (1986), nohutun su kullanımında bitki yetiştirme tekniklerindeki değişikliklerin etkisini araştırdıkları çalışmada, kış sezonunda doğrudan toprak yüzeyinin daha fazla örtülmesi, örneğin kuru otların örtülmesi, erken gelişen bitki topluluğuyla topraktan evaporasyonun azaltılma veya bahar sezonunda yüksek hasat indeksine ihtiyaç duyulan az gelişen bitki topluluğu ile transpirasyonu azaltma gibi yöntemlerle su kullanım etkinliğinin artırılabilceğini bildirmişlerdir.

Van der Maesen (1987), nohutun kökeni, tarihi ve sınıflandırmasını yaptığı çalışmada *Cicer* cinsinin morfolojik özellikleri, yaşam döngüsü ve coğrafik dağılımına dayanarak 43 tür içerdiğini ve *Monocicer*, *Chamaecicer*, *Polycicer* ve *Acanthocicer* olarak 4 kısma ayrıldığını bildirmiştir. 43 *Cicer* türünden 9 tanesinin tek yıllık gelişme gösterdiği bunların 8 tanesinin *Monocicer* kısmında sınıflandırıldığını, sadece *C. chorassanicum* türünün *Chamaecicer* kısmında yer aldığını bildirmiştir. Geri kalan 33 türün çok yıllık olduğunu, bir türün ise tanımlanmamış yaşam döngüsü olduğunu bildirmiştir.

Singh ve Pundir (1991), kültür nohutu ve *Cicer reticulatum*, *C. judaicum*, *C.*

bijugum, *C. pinnatifidum*, *C. yamashitae*, *C. cuneatum* ve *C. echinospermum* yabancı türlerinin amino asit bileşimi ve protein içeriğini belirlemeye çalışmışlardır. Kültür bitkilerinde kükürt içeren amino asitlerin oranının mevcut methionine seviyesinden dolayı daha yüksek olduğu bulunmuştur. Treonin ve valin değerlerinin belirgin bir farklılık göstermediği belirtilmiştir. Tanedeki toplam protein içeriğinin yabancı türlerde daha yüksek olduğu, %25.2'lik kontrol ile kıyaslandığında *C. bijugum*'un %32.7 ile en yüksek protein içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. *C. bijugum* ve *C. reticulatum* türlerinin yüksek tohum proteinin aktarılmasında umut verici ebeveynler olduğu ve aynı zamanda iyi bir tohum büyüklüğüne sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Silim ve Saxena (1993), nohut çeşitlerinin kuru koşullara adaptasyonunu ve sulu koşullara tepkisini araştırmışlardır. Sulu koşulların verim potansiyeli ile yüksek ilişkili olduğu buna karşın sulu ve kuru koşullardaki verim arasında önemli bir ilişki olmadığı bulunmuştur. Nohut çeşitlerinin sulu koşullarda yüksek verim verdiği ve kuru koşullara adaptasyon sağlamak için erken fenoloji ve yüksek hasat indeksi gösterdiği, derin kök sistemi ve kuraklık öncesi yüksek yaprak su potansiyeli ile geniş adaptasyon yeteneğine sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Robertson ve ark. (1997), tek yıllık yabancı *Cicer* türlerinin morfolojik çeşitliliklerini araştırmışlardır. Kültür çeşitleri ile yabancı türler arasında özellikle yaprak alanı, büyüme şekli, bitki yüksekliği, ilk bakla yüksekliği, bakla çatlaması ve 100 tane ağırlığı yönünden büyük farklılıklar olduğu bulunmuştur. *C. arietinum* kültür nohutlarının yabancı türlere kıyasla harika morfolojik çeşitlilik gösterdiği, yabancı türler arasından *C. reticulatum*, *C. echinospermum* ve *C. bijugum* türlerinin kültür çeşidine yakın ve geniş değişkenlikte morfolojik özelliğe sahip oldukları bulunmuştur. Tek yıllık yabancı *Cicer* türlerinin nohutun agronomik özelliklerini geliştirecek doğrudan bir genetik avantajı olmadığını, buna rağmen; *C. bijugum* ve *C. reticulatum*'un çok dallanma, *C. judaicum*'un erken çiçeklenme, *C. chorassanicum*'un geniş yaprakçıklara sahip olma özelliklerinin olduğunu tanımlamışlardır.

Singh ve Ocampo (1997), nohutta verimin artırılması için yabancı *Cicer* türlerinin ıslahta kullanılmasına yönelik çalışma yürütmüşlerdir. *C. echinospermum* ve *C. reticulatum* türlerinden geliştirilmiş melez hatların daha fazla verimli olduğunu, bu hatların sadece yüksek verim sağlamadığı aynı zamanda yabancı türlerin büyüme habitü,

bakla çatlaması ve heterojen olgunlaşma gibi istenmeyen özelliklerinin de aktarıldığını ve kalite özelliklerinden tohum şekli, türü, rengi, ağırlığı ve testa dokusu, protein içeriği, pişirme süresinin kültür ebeveynelerine benzediği bulunmuştur. Hem *C. echinospermum* hem de *C. reticulatum* türlerinin verimi arttırmaya katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (1998), toprak nemindeki düşüşün arttığı Vertisol özellikteki topraklarda nohut genotiplerinin kök uzunluk/ağırlık oranını araştırmışlardır. Genotipler benzer büyüme süresine sahip olduğu için genotipler arasında kök uzunluk/ağırlık oranı önemsiz bulunmuştur. Bitki yaşı ilerledikçe kök uzunluk/ağırlık oranı 0-10 cm derinlikteki toprakta dereceli olarak azalırken 10-30 cm derinlikteki toprak tabakasında neredeyse değişmediği bulunmuştur. Kök uzunluk/ağırlık oranının diğer ürünlerde yapılan gözlemlerin aksine 30-135 cm toprak derinliğinde bariz bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Uzunluk/ağırlık oranının toprak yüzeyine yakın bölgede en düşük değer gösterdiği bulunmuştur. Bitki gelişiminin tüm aşamalarında kök bölgesinin yarısından daha azındaki uzunluk/ağırlık oranı ve mevcut toprak nemi arasında negatif bir ilişki olduğu, bu durumun toprakta bulunan aşırı suyun neden olduğu oksijen eksikliğinden kaynaklanabileceği tespit edilmiştir. Kök morfolojisinin aşırı derinliklerdeki değişimi Vertisol özellikteki topraklarda zayıf toprak havalanmasının kök uzunluk/ağırlık oranını azalttığını göstermiştir.

Singh ve ark. (1998), tek yıllık yabani nohut türleri ve kültür çeşitlerinin antraknoz, fusarium solgunluğu, yaprak sineği, tohum böceği, nematot ve soğuğa dayanıklılık gibi nohutta en çok verim kaybına sebep olan abiyotik ve biyotik streslere tepkilerini değerlendirmişlerdir. Yabani kaynaklardan *C.bijugum*, *C. pinnatifidum* ve *C.echinospermum* türlerinin her stresten en az birine direnç gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak *C. bijugum* türlerinin yüksek direnç kategorisinde olduğu bunu sırasıyla *C. pinnatifidum*, *C. judaicum*, *C. reticulatum* ve *C. echinospermum* türlerinin izlediği bulunmuştur. Altı biyotik ve abiyotik stres arasındaki çift-yönlü korelasyonlar bu dirençleri birleştirme olasılığının olduğunu ve çoklu dirence sahip kaynakların ağırlıklı olarak Türkiye kökenli olduğunu bildirmişlerdir.

Leport ve ark. (1999), Akdeniz ikliminde sınırlı su koşullarında yetişen nohut genotiplerinin dönem sonu kuraklığında fizyolojik tepkilerini belirlemek amacıyla iki

yıl süreyle desi ve kabuli tipi nohutla yaptıkları çalışmada yaprak su potansiyeli, bakla oluşumundan sonra kuru madde dağılımı, verim bileşenleri, bakla oluşumundan önce gelişim periyodu, bakla su potansiyeli ve yaprak ozmotik ayarlaması gibi fizyolojik tepkileri ölçmüşlerdir. Ozmotik ayarlamasının genotipler arasında önemli değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Su eksikliği durumunda tohum sayısı ve tohum ağırlığı düşüşü tohum verimini %50-80 arasında azalttığı bulunmuştur. Bakla dolum dönemi boyunca gövde ve yapraklardaki kuru madde dağılımının genotipler arasında %0-60 arasında değiştiğini ve bu özelliğin nohutta yüksek hasat indeksi ve tohum verimi için önemli olabileceğini önermişlerdir.

Anwar ve ark. (1999), nohutta su kullanım etkinliğine sulama ve ekim tarihinin etkisini araştırmışlardır. Nohutun çıkışından çiçeklenmeye kadar sürede yapılan 197 mm sulama ile sulama yapılmayan uygulamaya göre daha yüksek tane verimi elde edildiğini belirtmişlerdir. Nohut su kullanımının tam sulama uygulamasında 426 mm olduğu ve hiç sulama yapılmayan uygulamada 175 mm olduğu belirlenmiştir. Erken ekimlerde su kullanımı ile toplam kuru madde miktarı ve tane verimi arasında önemli pozitif ilişki olduğu fakat geç ekimlerde olmadığı bulunmuştur. Toplam kuru madde miktarı ve tane veriminin topraktaki su eksikliğine bağlı olarak doğrusal bir azalma gösterdiği bildirilmiştir.

Anwar ve ark. (2000), nohut çeşitlerinin, farklı gelişim aşamalarında farklı sulama uygulamalarının su kullanım etkinliği ve verime etkisini belirlemeye çalıştıkları araştırmada; çiçeklenme döneminde veya sonrasında sulama uygulamalarının önemli tane verimi artışı sağladığını ve en iyi su kullanım etkinliği gösterdiğini belirlemişlerdir. Su kullanımı ve tane verimi arasında önemli ilişki olduğu ve su kullanım etkinliğinin nohutta tane verimini belirlemede önemli bir parametre olduğunu bildirmişlerdir.

Zhang ve ark. (2000), nohut ve mercimeğin Akdeniz koşullarında su kullanımı ve su kullanım etkinliğini araştırmışlardır. Kurak çevrelerde nohut ve mercimeğin tane verimi ve su kullanımını en güçlü belirleyen faktörün yağış miktarı ve yağışın dağılımının olduğunu belirlemişlerdir. Mevsimler arasında hava koşullarındaki büyük dalgalanmaların su kullanımında ve baklagillerin üretiminde daha büyük dalgalanmalarla sonuçlandığını belirtmişlerdir. Mevsimsel evapotranspirasyon ve mevsimsel yağış arasında hem nohut hem de mercimek için önemli ilişki olduğu tespit

edilmiştir. Ölçülen 12 yetiştirme mevsiminde ortalama evapotranspirasyonun nohutta 268 mm, mercimekte ise 259 mm olduğu bulunmuştur. Nohutun ortalama 120 cm ve mercimeğin 80 cm derinlikten su alabildiği bulunmuştur. 12 yıl boyunca nohutun ortalama 125 mm derinlikteki, mercimeğin 90 mm derinlikteki topraktan su alabileceği belirlenmiştir. Mercimeğin toplam kuru madde ile su kullanım etkinliğinin 13.7 kg/ha.mm, tane ağırlığı ile su kullanım etkinliğinin 3.8 kg/ha.mm olduğu, nohutun toplam kuru madde ile su kullanım etkinliğinin 8.7 kg/ha.mm ve tane ağırlığı ile su kullanım etkinliğinin 3.2 kg/ha.mm olduğu bulunmuştur. İlave bir sulama yapmanın nohut ve mercimekte verimi önemli bir şekilde artırabileceğini bununla birlikte yağışlı sezonda kuru sezona kıyasla tane veriminde az bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Toprak evaporasyonunun mercimek için 80 mm nohut için 105 mm olduğu tahmin edilmiştir. Ortalama transpirasyon etkinliğinin mercimekte 7.1 kg/ha.mm ve nohutta 6.4 kg/ha.mm olduğu bulunmuştur. Tohum verimi için tahmin edilen potansiyel transpirasyon etkinliğinin mercimekte 11.8 kg/ha.mm ve nohutta 12.2 kg/ha olduğu belirtilmiştir. Mercimek ve nohutta hem ortalama su kullanım etkinliğinin hem de transpirasyon etkinliğinin tahıllardan daha düşük olduğunu buna rağmen ekim nöbetinin faydaları ve ekonomik getirisinin yüksek olması, bu baklagillerin nadasın yerini alması ve bölgelerin tarım sisteminde sürekli tahıl ekiminde araya girmesi için potansiyel olarak sağladığını bildirmişlerdir.

Soltani ve ark. (2001), nohutun yarı kurak alanlarda kısıtlı sulamaya tepkisini araştırmışlardır. Nohutta terminal kuraklığın çiçeklenme başlangıcı ile tane doldurma başlangıcı arasında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Terminal kuraklık stresinin tane verimini %67'ye kadar azalttığı bulunmuştur. Kısıtlı sulama uygulamasıyla tane veriminin kuru koşullara kıyasla önemli artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Tane verimindeki artışın tam sulu koşullarda %60.0, 75.0 ve 90.0'a ulaştığı gösterilmiştir. Tane dolum başlangıcında bir kısıtlı su uygulaması ile iki ya da üç kısıtlı uygulaması; biri çiçeklenmede, diğeri (topraktan transpire edilebilen su miktarı 0.5'e düştüğü zaman) kök bölgesine bir ya da iki kısıtlı su uygulamasının tane verimini yükselttiğini belirlemişlerdir. Su kullanım etkinliğinin; kısıtlı su uygulamasıyla arttığı bulunmuştur. Kısıtlı su uygulama sisteminde iki ya da üç sulamayla suyu daha etkin kullanma ve suyu tutma için yüksek bitki yoğunluğuna ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir.

Amede ve Schubert (2003), nohut, fasulye, bakla ve bezelye'de kuraklığa

direnci artırmak için kurak şartlar altında çözünmüş madde birikimi, türlerin aktif ozmotik kapsamı ve alternatif mekanizmaları belirlemeye çalışmışlardır. Toprak su potansiyeli -0.64 MPa'ya eşdeğer olduğu kurak şartlarda sırasıyla bakla, bezelye, fasulye ve nohutta yaprak su potansiyelinin -1.67, -1.83, -0.34, 1.32 MPa olduğu ve kuru madde veriminin %36.4, %23.9, %17.6, %14.5 azaldığı bulunmuştur. Nohut ve fasulye'nin kurak şartlarda turgoru devam ettirerek daha yüksek verime sahip olduğu bulunmuştur. En düşük çözünür madde birikimine rağmen fasulyenin en yüksek turgor basıncına sahip olduğu ve böylece ozmotik basınç azalışının baklagillerde turgoru devam ettirmek için tek yöntem olmadığını belirlemişlerdir. Nohut hariç diğer bitkilerde büyümenin engellenmesi ve hücrelerde su kaybı sonucunda çözünmüş maddelerde artış olduğu belirtilmiştir. Bol miktarda bulunan iyonların çoğunun kuraklık altında ozmotik ayarlamaya katkısı olmadığını belirtmişlerdir. Kuraklığa dirençli çeşitlerin ıslahı için bir seçim kriteri olarak çözünmüş madde konsantrasyonunu dikkate almadan önce, kontrol bitkilerinin hücre su hacmini kullanarak, aktif ozmotik ayarlamamanın bir konsantrasyon etkisi olarak çözünen madde birikiminin ayrıştırılmasının önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Croser ve ark. (2003a), nohut ıslahında yabani türlerin kullanım olanaklarını belirlemeye çalışmışlardır. Protein ve DNA'nın detaylı analizleri, karyotipleme ve melezleme çalışmaları tek yıllık *Cicer* türleri arasındaki ilişkilerin açığa çıkarılmasında önemli bir ilerleme sağlarken çok yıllık türlerin toplanma, çoğaltılma ve değerlendirme zorluklarından dolayı daha az ilgi gördüğünü bildirmişlerdir. Bu değerlendirme ile *Cicer* türleri arasındaki genetik ilişkilerin anlaşılması ve yabani *Cicer* türlerinden kültür türlerine genlerin aktarılması konusundaki ilerlemeyi tartışmışlardır.

Croser ve ark. (2003b), kültür ve yabani nohut genotiplerinde düşük sıcaklık stresinin etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, nohutun dayanıklılığını artırmak için kültür ve yabani gen kaynaklarını karşılaştırmışlardır. Dayanıklılığı arttırmak için yeni ıslah teknolojilerini önermişlerdir. Kültür ve yabani türlerinin üstün dayanıklılık kaynaklarını tanımlamak için daha fazla incelenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (2003), nohut gen kaynaklarının erken gelişim aşamasında kuraklıktan kaçınmada farklı kök gelişim sistemlerini tanımlayabilmek için yabani akraba türleri ve kültür çeşitlerini kıyaslayarak genetik çeşitliliğin kapsamını

belirlemeye çalışmışlardır. Kök ve biyomas özelliklerinin önemli farklılık gösterdiği, yabani türlerin kök ve biyomas gelişmesinin kültür çeşitlerinden daha zayıf olduğu, bununla birlikte *C.reticulatum* türlerinin kültür çeşitlerine yakın ve iyi olduğu bulunmuştur. *C.reticulatum* türleri hariç yabani türlerin kök derinliğinin 73-91 cm, *C.chorassanicum* türlerinin 62 cm derinliğe sahip olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu bulunmuştur. *C.reticulatum* türleri hariç yabani türlerin toplam kuru kök kütlesinin maksimum değerini yaklaşık üçte biri kadar olduğunu belirtmişlerdir. Kök ağırlığı ile yaprak alanı dahil toplam biyomas arasında yakın bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin genotiplerin toprak üstü biyomasına görsel olarak bakılarak daha az iş yüküyle daha fazla kök özelliğinin taranmasına olanak sağlaması açısından değerli olduğunu bildirmişlerdir.

Oweis ve ark. (2004), Akdeniz çevrelerinde sulama destekli kışlık nohut ekiminin su kullanım etkinliğini araştırmışlardır. Erken ekim ve sulama ile nohut veriminin arttığı ancak ek sulama yapılan alanda erken ekimde evapotranspirasyon miktarının artmasından dolayı su kullanım etkinliğinin azaldığı bulunmuştur. Nohut için en uygun su kullanım etkinliğinin 2/3 destekli sulama koşullarında olduğu bulunmuştur. Sulama uygulanmadan yapılan nohut ekiminde en yüksek su kullanım etkinliğinin Ocak ayının ortalarında yapılan tarihlerde olduğu belirlenmiştir. Hem sulanan hem de sulanmayan koşullarda kışlık ekimle yüksek su kullanımı etkinliği ile nohut veriminin artırılabilceğini bildirmişlerdir.

Serraj ve ark. (2004), terminal kuraklık stresi altında yetişen nohut genotiplerinde kök özelliklerinin genetik çeşitliliğini ve bu kök özellikleri ile biyokütle ve tane verimi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ekimden 35 gün sonra çiçeklenme öncesi ölçümler yapılmış ve büyük kök sistemi ve iyi agronomik özellik gösteren türler arasında yapılan melezlemeden türetilen hatlarda kök yoğunluğu, kök kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, tane verimi ve biyokütle için önemli genetik varyasyon olduğu bulunmuştur. Kök kuru ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı arasında ekimden 35 gün sonra doğrusal ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Genotipler arasındaki kök yoğunluğu ve kök kuru ağırlığı varyasyonundaki genel dağılımından dolayı bu özelliklerin birçok genin kontrolünde olabileceğini belirtmişlerdir. Biyomasın kalıtım derecesinin, kök kuru ağırlık ve kök yoğunluğunun kalıtım derecesine kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur. Genotiplerin kök büyüklüğü ve tane verimi arasında geniş bir kombinasyon

göstedikleri, birkaç genotipin büyük kök sistemi ve yüksek tane verimine sahip olduğu, bununla birlikte tane verimi ve kök büyüklüğü yönünden bir ilişki olmadığı bulunmuştur. Yüksek biyokütle ve hasat indeksinin genotiplerin yüksek tane verimine katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir. Terminal kuraklık stresi altında verim stabilitesini artırmada sadece kök özellikleri için değil aynı zamanda biyokütle ve hasat indeksi için de moleküler markörlerin geliştirilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Ahmad ve ark. (2005), yabani nohut türlerinin nematot ve tohum böceğine dirençli tek kaynak olarak bulunduğunu, yabanilerin fusarium solgunluğu, yaprak sineği, kök çürüklüğü, kuraklık, antraknoz, bezelye çizgi virüsü ve soğuk streslerine kültür çeşitlerinden daha yüksek seviyede dirence sahip olduğu Robertson ve ark. (1996) tarafından belirtilmiştir. Singh ve ark. (1994, 1998) tarafından özellikle *C. reticulatum*, *C. echinospermum*, *C. bijugum*, *C. judaicum* ve *C. pinnatifidum* un genetik olarak 4 veya 5 farklı strese direnç için umut verdiğini, genel olarak *C.bijugum*, *C.pinnatifidum* ve *C.judaicum* türlerinin birçok stres için en yüksek seviyede dirence sahip gen kaynaklarını kapsadığını bildirmişlerdir. Tek yıllık yabani *Cicer* türlerinin çeşitli morfolojik özelliklerinin değerlendirildiği bir katalog Robertson ve ark. (1995) tarafından hazırlanmıştır.

Blum (2005), su sıkıntısı olmayan koşullarda maksimum su kullanma potansiyelinin önemli olduğunu bildirmiştir. Azaltılmış su kullanımına dayanarak geliştirilmiş su kullanım etkinliğinin, sınırlı ve bilinen bir toprak nemi rezervine karşı sadece ürün su kullanımının dengelenmesi gerektiğinde su sınırlı koşullar altında geliştirilmiş verimle ifade edildiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte ürünlerin öngörülemeyen mevsimsel yağışlara bağlı olduğu çoğu kurak bölgelerde, toprak nemi kullanımının en üst düzeye çıkarılmasının genellikle düşük su kullanım etkinliğinden kuraklık direncinin (kaçınma) önemli bir bileşeni olduğunu belirtmiştir. Tek bir “kuraklık uyarlanabilir” geninin suyla sınırlı ortamlarda ürün performansı üzerindeki etkisinin yalnızca ürün potansiyeli, kuraklık direnci ve su kullanım etkinliği açısından tüm sistem birlikte dikkate alındığında değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Kashiwagi ve ark. (2005), nohut gen kaynaklarının kök özelliklerinin kuraklıktan kaçınmada genetik değişkenliğini araştırmışlardır. En büyük genetik değişkenliğin ekimden 35 gün sonra ölçülen kök yoğunluğunda olduğu ve bunu bitki

kuru ağırlığının izlediği bulunmuştur. *C.reticulatum* genotipleri hariç yabani nohutun kök gelişiminin kültür nohutuna kıyasla nispeten daha zayıf olduğu belirlenmiştir. Nohut gen kaynaklarından ICC 8261'in maksimum kök yoğunluğu ve en derin kök sistemine sahip olduğu belirtilmiştir. Nohutta kuraklıktan kaçınmada tanımlanmış ICC 4958 genotipinin çok verimli ve derin kök sistemine sahip olduğunu doğrulamışlardır. Akdeniz ve Batı Asya bölgelerinden toplanan yerel nohut çeşitlerinin kök yoğunluğunun Güney Asya çeşitlerinden daha fazla olduğu bulunmuştur. Kurak iklim şartları olarak karakterize edilen Orta Asya'dan gelen yerel çeşitlerin nispeten daha fazla kök yoğunluğu gösterdiği tespit edilmiştir. Nohut kök özelliklerinin genetik çeşitliliğinin bilinmesinin kuraklıktan kaçınma için ıslah ve sonraki seleksiyon süreçlerinde değerli temel kaynak sağladığını bildirmişlerdir.

Singh ve ark. (2005), nohut verimliliğini artıracak ve çeşitli hastalıklara direnç sağlayan allel genlerin yabani *Cicer* türlerinden kültür çeşitlerine aktarılmasını araştırmışlardır. Yabani türlerin kültür çeşitleri ile melezlenmesinden elde edilen ve ön verim denemesine alınan hatların kontrol çeşidine göre %16.9, ana olarak kullanılan ebeveyne göre %25.2 daha fazla verim verdiği bulunmuştur. Bu geliştirilen hatların solgunluk, dip çürüklüğü ve kök çürüklüğüne karşı yüksek direnç gösterdiği ve en iyi kontrol çeşidine göre % 6.1-17.0 arasında tane veriminde artış sağladığı bildirilmiştir.

Kalefetoğlu (2006), kuraklık stresine dayanıklı ve farklı çevre koşullarına uyum sağlayabilecek nohut çeşit ve hatlarını belirlemek için kuraklığın bitki büyümesi üzerindeki etkisi ile kuraklığa karşı oluşturulan içsel savunma mekanizmaları (prolin içeriği ile antioksidant enzim aktivitelerindeki değişim) arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çimlenme ve erken fide evresinde uygulanan kuraklık stresinin tüm nohut çeşit ve hatlarında çimlenme yüzdesini, kök ve epikotil uzunluklarını azalttığını, epikotil uzamasının kök uzamasına göre daha çok kısıtlandığını bulmuştur. Çimlenme evresinde dayanıklı bulunan çeşit ve hatların büyüme evresinde uygulanan kuraklık stresinde gövde büyümesi, yaprak sayısı, taze ve kuru ağırlık ile nispi ve gerçek su içeriğinin olumsuz etkilendiği, kullanılan genotipler arasından Gökçe çeşidinin en az etkilenen genotip olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık stresinin artmasıyla bütün genotiplerin yapraklarındaki malondialdehit ve antosiyanin içeriklerinin arttığı bulunmuştur. Kuraklık stresinin Gökçe çeşidi hariç diğer genotiplerin toplam klorofil içeriğini azalttığını, hiçbir genotipin karotenoid içeriğini etkilemediğini, PSII (fotosistem II)'nin

fotokimyasal aktivitesini önemli ölçüde etkilediğini fakat bu etkinin genotiplerin hiçbirinde tamamen durduracak seviyede olmadığını belirlemiştir. Klorofil floresans parametreleriyle yapılan değerlendirmeye göre Gökçe çeşidinin kurağa en dayanıklı genotip olduğu ve kuraklık stresinin artışına bağlı olarak askorbat peroksidaz, peroksidaz ve glutatyon redüktaz enzimlerinin aktivitelerinde artış olduğu bulunmuştur. Zamanla artan kuraklık stresıyla prolin içeriğinde önemli seviyede artış olduğunu fakat kuraklık stresine karşı oluşturulan cevap sisteminde prolin birikimi bakımından önemli bir fark olmadığını belirlemiştir.

Kashiwagi ve ark. (2006), nohutta kuraklık stresi altında kök yoğunluğunun değişkenliği ve bu özelliğin tane verimine katkısını araştırmışlardır. Tarla denemelerinde ekimden 35 gün sonra ölçülen ortalama kök yoğunluğunun verimle önemli pozitif ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde 15-30 cm toprak derinliğindeki kök yoğunluğunun tane veriminde önemli pozitif etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Kuraklığın daha şiddetli olduğu dönemde 30-60 cm toprak derinliğinde kök yoğunluğu ile tane verimi arasında önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Terminal kuraklıkla mücadelede köklerin önemini ve aynı zamanda nohut genotiplerinin kök yoğunluğunu belirleme çalışmalarında silindir boru sistemlerinin daha kolay bir prosedür olduğunu bildirmişlerdir.

Leport ve ark. (2006), terminal kuraklık stresinin nohutta kuru madde üretimi, tane verimi ve onun bileşenleri olan bakla verimi ve bakla dökülmesine etkisini araştırmışlardır. Tohum büyüklükleri farklı olan iki desi ve iki kabuli tipi kültür nohutuna bakla bağlamanın başında, ortalarında ve sonlarında uygulanan su stresi çalışmasında bakla duvarının gelişiminin bir kolon örneği izlediği ve genotipler arasında erken tohum gelişiminde (bakla bağlama başı) farklılık oluşturmadığı bulunmuştur. Bakla bağlama zamanının tüm stres uygulamalarında verim bileşenlerini etkilediğini, geç oluşan baklaların daha küçük olduğu, bakla içinde az ve küçük tohum bulunduğu, fakat birinci ve ikinci dallarda aynı günde oluşan baklalar arasında önemli bir farklılık gözlenmediği bildirilmiştir. Erken dönemde uygulanan stresin biyomas ve tane verimini geç dönem uygulanan stresten daha fazla etkilediğini ve tüm stres uygulamalarında ikinci dalların birinci dallardan daha fazla etkilendiğini belirlemişlerdir. Erken dönem kuraklık stresinin bakla üretimini her iki kültür çeşidinde de geç dönem kuraklık stresine göre daha fazla etkilediğini, bakla dökmeninin kabuli tipi

kültür çeşidinde desi çeşidine göre daha fazla olduğunu fakat dönem sonundaki tohum büyüklüğünün son dönem kuraklık stresi altında bakla dökümünde belirleyici olmadığı bulunmuştur. Bakla canlılığı ve üretiminin su stresi başlar başlamaz etkilendiği bulunmuştur. Terminal kuraklığa maruz kalan nohutun bitki fenolojisindeki farklılıklara bakılmaksızın tane veriminde etkili en önemli özelliğin bakla dökümü olduğunu, ilk bakla oluşumundan sonraki kısa su eksikliğinde kabulî çeşitleri bakla dökümünün desi çeşitlerinden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Sabaghpour ve ark. (2006), terminal kuraklıktan kaçma mekanizmasına sahip erken olgunlaşan nohut hatlarını belirlemeye çalışmışlardır. Kuraklığa tolerans ölçümünde verim ve kuraklığa dayanıklı hatlar arasında önemli ilişki olduğu bulunmuştur. Kuraklığa adaptasyon sağlamış toleranslı hatların daha erken olgunlaştığı ve daha büyük tohuma sahip oldukları bildirilmiştir.

Toker ve ark. (2006), yabancı nohut genotiplerinin içsel hormon konsantrasyon çeşitliliğini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada yabancı nohutların içsel hormonlarında büyük bir çeşitlilik olduğu ve bu verilerin çeşitli özellikler için seçimi destekleyebileceğini bildirmişlerdir.

Basu ve ark. (2007), nohutta farklı ozmotik ayarlama sahip genotiplerin melezlenmesinden elde edilmiş ileri ıslah hatları ile onların ebeveynlerinin kurak şartlarda ozmotik ayarlama, yaprak karbonhidrat bileşimi ve yaprak gaz değişiminin ilişkisini araştırmışlardır. Su potansiyelinin düşük olduğu durumda ozmotik ayarlama yönünden varyasyonun gaz değişim oranı ve karbonhidrat bileşimindeki değişimle ilişkili olmadığı bulunmuştur. Avusturalya’da yağmur korunağı altındaki şartlarda ozmotik ayarlaması farklı olan genotiplerin ozmotik ayarlamasının arazi şartlarında aynı olmadığı belirlenmiştir. Ozmotik ayarlamanın; stres seviyesi, bitkinin bulunduğu fizyolojik aşama ve konum itibarıyla zayıf istikrar gösterebileceği belirtilmiştir. Ozmotik ayarlamasının nohut ıslah programlarında kuraklığa dirençlilik özelliği için değerli bir seçim kriteri olmadığını bildirmişlerdir.

Toker ve ark. (2007), çok yıllık yabancı *Cicer* türlerini kuraklığa direnç için değerlendirmişlerdir. *C. anatolicum*, *C. microphyllum*, *C. montbretii*, *C. oxydon* ve *C. songaricum* gibi çok yıllık türlerini *C. echinospermum*, *C. pinnatifidum* ve *C. reticulatum* tek yıllık yabancı ve beş kültür nohutu ile kıyaslamışlardır. Bütün çok yıllık

yabani türlerin tek yıllık yabani türlerden ve en iyi kuraklığa toleranslı kültür çeşidi (ICC 4958) dahil tüm kültür çeşitlerinden önemli ölçüde üstün olduğunu bulmuşlardır. Çok yıllık yabani türlerin yüksek sıcaklıklara da dayanıklılık gösterdiği belirtilmiştir. Çok yıllık yabani türlerin kültür çeşitleri ile melezlenemedikleri, *C. anatolicum*'un ilk melezleme grubuna diğerlerinden daha yakın olmasından dolayı uzun dönem ıslah programlarında dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Turner ve ark. (2007), terminal kuraklığa maruz kalan nohut genotiplerinde ozmotik ayarlamının su sınırlı çevrelerde verime katkısının olup olmadığını incelemişlerdir. Ozmotik ayarlaması farklı olan nohutların melezlenmesinden elde edilen hat ve ebeveynlerinin kullanıldığı çalışmada terminal kuraklık stresinde ozmotik ayarlamadaki farklılığın verime olumlu katkısının olmadığı bulunmuştur. Ozmotik ayarlamının nohut verimine katkısının yetersiz olduğu ve kuraklığa dirençli nohut ıslah programlarında seçilebilir bir özellik olmadığını bildirmişlerdir.

Vadez ve ark. (2007), nohut genotiplerinin tuzluluk stresi altında tane verimi yönünden dayanıklılığını ve potansiyel dayanıklılık mekanizmalarını belirlemeye çalıştıkları araştırmada; stresli koşullardan elde edilen tane verimi ile stressiz koşullardan elde edilen tane verimi arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Tuzluluk stresine desi tipi nohutların kabulü tipi nohutlardan daha dayanıklı olduğu bulunmuştur. Tuzluluk stresi altında hassas ve dayanıklı genotiplerin tane büyüklüğünün benzer olduğu, tuzluluğa dayanıklılığın Na^+ ve K^+ konsantrasyonları ile ilişkili olmadığı belirlenmiştir.

Cattivelli ve ark. (2008), bitkilerin kuraklığa dayanıklılığının geliştirilmesinde klasik ıslah ve genomik yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Kuraklığa meyilli çevrelerde gerçek verim ve verim potansiyeli arasındaki farkın kuraklıkla ilgilenen ıslahçıların geliştirdiği yeni yöntemler, moleküler genetikçilerin geliştirdiği kantitatif özellik bölgeleri ve moleküler biyolojinin sağladığı faydalı genler ile azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Islahçıların kuraklık stresi altında verimi devam ettiren özellikler hakkında tüm bilgileri ve verim potansiyeli üzerine zararlı etkileri olmayan genleri bir araya getirmelerinin yüksek verim potansiyeline ve yüksek verim stabilitesine sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesine yol açacağını böylece kurak ortamlarda üstün performans ile sonuçlanacağını bildirmişlerdir.

Gaur ve ark. (2008b), nohutta kuraklıktan kaçınma için kök özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmanın ön değerlendirmesinde; nohutun kök dağılımını toprakta bulunan mevcut neme bağlı olarak toprak derinliği boyunca değiştirme yeteneğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Nohutun bakla dolum döneminin ortalarında sulama yapıldığında; kök sisteminin, toprak tabakasının üst yüzeyinde 2-3 kat daha yoğun olmasına ve bu durumun olgunlukta 2-3 kat daha yoğun biyokütle elde edilmesi şeklinde sonuçlandığı bulunmuştur. Tek yıllık yabani nohut türlerinin kök özellikleri değerlendirilmiş ve kültür çeşidine en yakın özellik gösteren *C.reticulatum* türü hariç yabani kaynakların kök sistemlerinin kültür çeşitlerinden daha küçük olduğu bulunmuştur. Nohutta kuraklıktan kaçınmada kök özelliklerinin önemi iyi tanımlanmış olmasına rağmen kuraklık stresi ile mücadelede bitkinin diğer mekanizmalarının iyi anlaşılmadığını, kuraklığa toleransı kapsayan bu özelliklerin tanımlanması ve onların kök özellikleriyle birleşimininden faydalanabilmek için daha çok arazi denemesi yapılmasının önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Kashiwagi ve ark. (2008), nohutta kuraklıktan kaçınmada kök özelliklerinin tanımlanması için gen etkilerini belirlemeye çalıştıkları araştırmada, melezlenen hatların ebeveynlerinin gen etkisiyle daha tutarlı ve artan kök büyümesine sahip olduğu bulunmuştur. Kök özelliklerinin seçimindeki zorluklar göz önüne alındığında, markör destekli seleksiyonun nohuttaki kök özelliklerinin genetik olarak iyileştirilmesi için daha uygun bir yol olduğu önerilmiştir.

Prasad ve ark. (2008), kuraklık ve sıcaklık stresinin ürün verim sürecine etkisini değerlendirdikleri çalışmada; çoklu streslerle ilişkili özellikleri, dayanıklılık mekanizmasını ve bu etkilerin anlaşılmasının geliştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Farklı abiyotik streslerin birleşimlerine ve özellikle kuraklık, yüksek sıcaklık ve küresel değişimlere dayanıklılığı artırmaya yönelik özel araştırma programları geliştirmeye ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Kuraklık ve sıcaklık stresinin etkilerinin farklı olduğu ve aynı zamanda dayanıklılık mekanizmalarının farklı olabileceğini bildirmişlerdir. Geniş bir ürün modelleme yaklaşımı olduğunu ve bunların büyüme, gelişme, verim ve verim kalitesiyle ilişkili özelliklerde stresin etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Modelleme sisteminin geliştirilmesinin ürünün gelecekteki iklimlere karşı performansı konusundaki anlayışı artırabileceğini ve aynı zamanda stress koşulları altındaki çevrelerde daha yüksek ve istikrarlı ürün verimi elde etmek için geliştirilecek potansiyel

özelliklerin belirlenebileceğini bildirmişlerdir.

Singh ve ark. (2008), nohut gelişiminde yabani türlerin ve genetik markörlerin rolünü açıkladıkları çalışmada; resesif homozigot allellere sahip genotiplerin mevsim sonu kurak şartlarda sabit tohum verimi sağladıklarını ve ıslah çalışmalarında erken olgunlaşma ve moleküler haritalama için resesif allel genlerin önemli olduğunu, bu genlerin geri melezleme metodu ile yerel adaptasyon çeşitlere daha etkili aktarılmasının nohut ıslah çalışmalarına yardım edeceğini bildirmişlerdir.

Bağcı (2009), Türkiye’de üretimi yapılan nohut çeşitlerinin kuraklık stresi altında oluşturdukları ve kuraklıkta seleksiyon kriterleri olarak kullanılan verim ve verim öğeleri, kuraklık hassasiyet indeksi, yaprak su tutma kapasitesi, yaprak nispi nem içeriği, nispi klorofil, membran geçirgenliği, prolin miktarı, H₂O₂ birikimi, lipid peroksidasyonu, bitki örtüsü sıcaklığı, enzimatik olmayan antioksidanlar ve antioksidan enzimlerden süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri gibi bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ile kuraklığa toleranslarını belirlemeye çalışmıştır. Kuraklık stresi ile bitki örtüsü sıcaklığının arttığı, H₂O₂ birikimi ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonunda artış olduğu, enzimatik antioksidanlardan süperoksit dismutaz enziminin azaldığı, katalaz ve askorbat peroksidaz enziminin arttığı bulunmuştur. Gökçe, Sarı ve Uzunlu-99 nohut çeşitlerinin kuraklığa toleransının yüksek olduğu bildirilmiştir.

Canci ve Toker (2009a), tek yıllık yabani *Cicer* türlerinin kuraklık ve sıcaklık streslerine dayanıklılığını araştırmışlardır. *Cicer bijugum*, *C. chorassanicum*, *C. cuneatum*, *C. echinospermum*, *C. judaicum*, *C. pinnatifidum*, *C. reticulatum*, and *C. yamashitae* tek yıllık yabani türleri ile kuraklığa toleranslı ICC 4958 ve FLIP 87-59C, erken çift bakla oluşturan ICCV 96029 ve kuraklığa hassas ILC 3279, 8617 hatlarını değerlendirmişlerdir. Kuraklık ve sıcaklık stresinden dolayı verim kaybının bazı yabani kaynaklar ve hassas genotiplerde %100’e ulaştığı bulunmuştur. Dört *C. reticulatum* ve bir *C. pinnatifidum* yabani kaynaklarının en iyi kontrole göre kuraklık ve sıcaklık stresine (41.8 °C’den fazla) toleranslı olduğu belirlenmiştir. *C. reticulatum* türlerinin kültür nohutu ile melezlenebilmesinden dolayı kısa süreli ıslah programlarında dikkate alınmasını gerektiğini bildirmişlerdir.

Canci ve Toker (2009b), kuraklık ve sıcaklık stresleri direncine sahip nohut genotiplerinin seleksiyonu ve uygun seleksiyon kriterini belirlemeye çalışmışlardır. Kuraklık ve sıcaklık stresinde dirençlilik ölçümü için kullanılan 1'den 9'a kadar derecelendirilen görsel ölçüm skalası kullanılmıştır. Kontrol amaçlı kuraklığa hassas, kuraklığa dirençli ve erkenci çift bakla oluşturan genotipler kullanılmıştır. Hassas genotiplerin erken ölüme gittiği ve bu genotiplerde verim kaybının %100 olduğu kaydedilmiştir. Desi tip nohutların kuraklık ve sıcaklık stresine kabuli tip nohutlardan daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Tohum ağırlığının kötü çevre şartlarından en az etkilenen özellik olduğu ve kalıtımının yüksek olmasıyla ıslahta erken seleksiyon unsuru olarak kullanılabileceği bulunmuştur. Nohutta kuraklık ve sıcaklık direnci için yapılacak ıslah çalışmalarında ilk çiçeklenme ve olgunlaşma zamanı, hasat indeksi, biyolojik verim, bitki başına bakla sayısının verimi artırmak için düşünülebileceğini ve bunların kuraklık ve sıcaklık stresinden kaçmada diğer birçok fenolojik özellikten önce değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir.

Farooq ve ark. (2009), kuraklık direncine karşı bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve moleküler temel mekanizmalarını tanımlamışlardır. Su eksikliğinin bitkinin büyüme ve gelişmesini azalttığı, çiçek üretimi ve tane dolumuna engel olduğu ve organların küçük kalmasına yol açtığını ve tane dolumunun azalmasının sukroz ve nişasta sentezleyen enzimlerin birikiminin azalmasından dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Kuraklığı takiben net fotosentez ve su kullanım etkinliğindeki paralel azalışla stomaların aşamalı bir şekilde kapandığını, stoma iletkenliğinin yalnızca topraktaki su içeriğiyle değil içsel ve dışsal faktörlerin karmaşık bir etkileşimle kontrol edildiğini bildirmişlerdir. Reaktif oksijen türevlerinin üretiminin kuraklık stresi altında bitki büyüme ve gelişimin bozulmasından sorumlu büyük bir faktör olduğunu, kuraklık stresinin etkilerinin uygun genotip seçimi, tohum hazırlama, bitki büyüme düzenleyicileri, ozmotik koruyucuların kullanımı, silikon ve diğer bazı stratejilerin üretilmesiyle yönetilebileceğini bildirmişlerdir.

Macar ve Ekmekçi (2009), kuraklık stresi altında iki kültür nohut çeşidinin (Gökçe ve Canitez) bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin yanı sıra fotokimyasal ve fizyolojik aktivitelerindeki değişimlerini araştırmışlardır. Kuraklık uygulamasının sadece Canitez çeşidinin sap uzamasını azalttığı, kuraklık uygulamalarının her iki kültür çeşidinde de yaprak üretimi ve biyomas değerlerini

azalttığını, ancak bu azalmanın Canitez çeşidinde daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Her iki kültür çeşidinde malondialdehid, prolin ve antosiyanin birikiminin önemli bir şekilde arttığı, buna karşın nispi su içeriğinin kuraklık stresi altında azaldığını belirtmişlerdir. Gökçe çeşidinin toplam klorofil ve karotenoid içeriğinin kuraklık stresinden etkilenmediği, Canitez çeşidinin klorofil içeriğinin büyük oranda arttığı bulunmuştur. Klorofil floresans ölçümü kullanarak yapılan uzatılmış kuraklık uygulamasının her iki çeşitte de PSII (fotosistem II) aktivitesinin fotoinhibisyonuna neden olduğu ancak bunun özellikle şiddetli kuraklıkta Canitez çeşidinde daha fazla olduğu bulunmuştur. Canitez çeşidinin kuraklık stresinden daha çabuk iyileşmesi ve kuraklık stresinin üstesinden gelmek için iyi bir yetenek göstermesine rağmen antioksidan enzimlerinin artışı, prolin ve antosiyanin birikimi gibi koruma mekanizmalarının aktif olmasıyla Gökçe çeşidinin kuraklık stresine Canitez çeşidinden daha toleranslı olduğunu bildirmişlerdir.

Varshney ve ark. (2009), nohutta kuraklık ve tuzluluğa karşı gen keşfi ve marker geliştirmek için EST (ifade edilmiş dizi etiketleri) yöntemi üzerine yaptıkları kapsamlı kaynak çalışmasında, nohut ıslah çalışmalarını kolaylaştırmaya yardımcı olacak kuraklığa dayanıklılıkla ilişkili fonksiyonel markörlerin gelişimi ve gen keşfi için yüksek kalitede transkript kaynağı elde etmişlerdir.

Fang ve ark. (2010), terminal kuraklık stresinin desi (Rupali) ve kabulü (Almaz) tip nohutta çiçeklenme, çiçek dökme, bakla oluşturma, bakla dökme ve tohum bağlama üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bakla oluşumu sırasındaki su eksikliğinin küçük tohumlu desi tipi kültür çeşidi Rupali ve iri tohumlu kabulü tipi kültür çeşidi Almaz'ın fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyelinin azalmasına sebep olduğunu belirlemişlerdir. Su stresi uygulamasında çiçek bağlama yeteneğinin kontrollü koşullara kıyasla yaklaşık üçte ikisi kadar azaldığı bulunmuştur. İyi sulu koşullarda çiçek dökmenin yaklaşık %15, bakla dökmenin Rupali'de %42 Almaz'da %67 olduğu, su stresi uygulamasında çiçek dökmenin %37 ve %56, bakla dökmenin %54 ve %73 olduğu, sulu koşullarda Rupali ve Almaz'da sırasıyla verimin %33 ve %15'nin tane verimi olarak sonuçlandığını bildirmişlerdir. Rupali çeşidinin yapay ortamda polen canlılığı ve çimlenmesinin su stresi uygulamasında %50 ve 89 oranında azaldığı ve doğal ortamda su stresi uygulanan bitkiden alınan polenin stres uygulanmayan stigmaya yerleştirildiğinde polen çimlenmesinin %80'e kadar azaldığı bulunmuştur. Sulu

koşullarda döllenmiş polen tüplerinin %37'si ovaryuma ulaşırken stresli koşullarda %22'sinin ovaryuma ulaştığı, su stresi uygulanan bitkinin stigmaına yerleştirilen stressiz veya stresli polenlerin %3'den daha az polen tanesinin ovaryuma ulaştığı belirlenmiştir. Nohutta terminal kuraklıkta bakla dökümünün yanı sıra çiçek dökümünün de verimi sınırlandıran önemli bir faktör olduğunu ve su eksikliğinin dışı organı polenden daha fazla etkilediğini bildirmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (2010), nohutta kuraklığa toleranslı gen kaynaklarını araştırmışlardır. Genotiplerin %50 çiçeklenme zamanı, olgunlaşma zamanı, sap büyümesi ve tane verimlerinin kurak şartlarda geniş varyasyon gösterdiği bulunmuştur. Kuraklık tolerans indeksinin kalıtım derecesinin verimden biraz daha az olmasına rağmen fenoloji ve verimin potansiyel etkilerinden bağımsız bir şekilde terminal kuraklığa toleransı kendi başına temsil ettiğini bildirmişlerdir.

Ganjeali ve ark. (2011), nohut genotiplerinin bazı morfo-fenolojik özellikleriyle kurak koşullara adaptasyonunu ve en iyi kuraklık tolerans göstergesini belirlemeye çalışmışlardır. Stres şartlarında verim ve çiçeklenme zamanı arasında negatif ve çok yüksek önemli ilişki olduğu bulunmuştur. Kuraklık stresinin tüm genotiplerde bitki başına yaprak alanını önemli derecede azalttığı bulunmuştur. Stresli ve stressiz koşullarda yaprak alanının hassas genotiplerde kuraklığa toleranslı genotiplerden daha fazla olduğu, böylece kuraklık stresi geliştiğinde toleranslı genotiplerin; azaltılmış yaprak büyümesi ve daha küçük yaprak boyutuyla daha az transpirasyon ile su kaybını azaltmaya katkıda bulunabileceğini bildirmişlerdir.

Gökmen (2011), bitkiler tarafından kuraklık stresi altında oluşturulan bazı fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar kullanılarak nohut genotiplerinin kuraklık stresine dayanıklılığını belirlemeye çalışmıştır. Nohut genotiplerinin gerçek su içeriği, klorofil, peroksidaz, süperoksit dismutaz ve prolin miktarları ölçülmüştür. Genotiplerin yapraklarındaki enzim aktiviteleri incelendiği zaman; genotipler arasından Çumra YP, Canıtez, Küsmen-99, 22117 ve 22223 genotiplerinin kuraklık stresine dayanıklılık ıslah çalışmalarında kullanılabileceğini bildirmiştir.

Krishnamurthy ve ark. (2011), nohut gen kaynakları içerisinde sıcaklık stresine dayanıklılık sağlayan gen kaynaklarını taramak için yeni bir method geliştirmeye ve sıcaklık stresi altında tane verimi ile ilişkili özellikleri belirlemeye çalışmışlardır.

Sıcaklığa dayanıklılık indeksi, fenoloji, verim ve verim bileşenlerinin geniş ve önemli değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Sıcak stresi altında zayıf bakla oluşumunun sonucu olarak kısmi büyüme hızının en çok etkilenen özellik olduğu belirlenmiştir. Sıcaklığa toleranslı genotiplerin çoğunun aynı zamanda kuraklığa toleranslı olduğu bildirilmiştir.

Mafakheri ve ark. (2011), nohut genotiplerinde; kuraklık stresinin etkilerini ve kuraklık stresinden sonraki iyileştirmede protein, karbonhidrat içeriği, katalaz ve peroksidaz aktivitelerini araştırmışlardır. Vejetatif gelişme ve çiçeklenme boyunca uygulanan kuraklık stresinin çözünebilir protein içeriğini önemli derecede azalttığı, suda çözünebilir karbonhidrat konsantrasyonunu arttırdığı bulunmuştur. Kuraklığa toleranslı genotiplerin hassas genotiplerden daha fazla çözünebilir karbonhidrat biriktirdiği bulunmuştur. Çiçeklenme dönemindeki kuraklık stresinde peroksidaz aktivitesinin vejetatif dönemdeki kuraklık stresine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Stres uygulamasından sonra uygulanan iyileştirme koşullarında çözünebilir protein içeriğinde önemli artış olduğu fakat tüm çeşitlerde peroksidaz aktivitesinde azalış olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlarla nohutta kuraklık stresine karşı katalaz ve peroksidaz aktivitelerinin başlıca koruyucu bir rol oynadığı bildirilmiştir. Oksidatif stres koşullarında peroksidaz enziminin nohut yapraklarında önemli bir antioksidan enzim gibi davrandığı tespit edilmiştir. Peroksidaz enziminin stres şartlarındaki aktivitesi kültür nohutlarında tolerans için bir değerlendirme göstergesi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Öztürk (2011), yabani nohut kaynaklarının çeşitliliğinden yararlanılabilmesi için morfolojik, palinolojik, sitolojik, moleküler filogeni, tohum ve toprak element analizleri ile taksonlar arasındaki genetik çeşitlilik ve filogenetik ilişkileri belirlemiştir. Elde edilen sonuçlar ülkemiz için önemli olan bu baklagilin hastalıklara karşı direnç, iklim ve çevre şartlarına adaptasyon yeteneği sağlayacak taksonların belirlenmesi ve ürün miktarı ile besin kalitesinin artırılmasına yönelik yapılacak çalışmalar için daralan gen havuzunun genişletilmesine ve bitki ıslahı için yeni ve farklı genotiplerin tespit edilmesine katkıda bulunmuştur.

Rahbarian ve ark. (2011), hassas ve toleranslı nohut genotiplerinin stresli ve kontrol koşullarında; kuraklığa dayanıklılıkla ilişkili fizyolojik ve morfolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Kuraklığa toleranslı genotipleri tanımlamada en iyi

seçim kriterini belirlemek için kuraklık stresinin büyüme, su ilişkileri, fotosentez, klorofil floresans ve klorofil miktarının çimlenme, erken çiçeklenme ve tane bağlama dönemlerinde etkilerini değerlendirmişlerdir. Kuraklık stresinin tüm genotiplerde biyoması, karbondioksit asimilasyon oranını, transpirasyon hızını ve PSII (fotosistem II)'nin fotokimyasal etkinliğini önemli derecede azalttığı bulunmuştur. Kuraklık stresinde fide gelişim ve bakla doldurma dönemlerinde toleranslı genotiplerin PSII (fotosistem II) fotokimyasal etkinliğinin hassas genotiplerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kuraklık stresinde; su kullanım etkinliği ve karbondioksit asimilasyon oranının incelenen gelişim dönemlerinin tümünde toleranslı genotiplerde hassas genotiplerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Su kullanım etkinliği, karbondioksit asimilasyon oranı ve PSII (fotosistem II) fotokimyasal etkinliğinin kuraklık stres çalışmalarında ve kuraklık stresine uyumlu nohut çeşitlerinin taranmasında faydalı belirteçler olabileceğini bildirmişlerdir.

Upadhyaya ve ark. (2011), nohut genotiplerinden tane verimi ve verimle ilişkili özelliklerine dayanarak sıcaklık stresine toleranslı genotipleri ve önemli özelliklerdeki varyasyonu açıklayan model için en az sayıda belirleyici değişken tanımlamaya çalışmışlardır. Sıcaklık stresinin genel olarak bitki büyüklüğünü ve farklı bitki özelliklerini farklı genotiplerde %21-74 oranında azalttığı bulunmuştur. Genotipler arasında sıcaklık stresi arttıkça verim kaybının %10-15 arasında değiştiği bulunmuştur. Sıcaklık stresinin hektara 20 kg azot uygulaması ve sulama ile hafifletilebileceğini bildirmişlerdir.

Zaman-Allah ve ark. (2011a), kuraklık stresi altında karşılaştırılabilir fenolojik özelliklere ve tohum verimine sahip nohut genotiplerinde bitki su kullanımı ile ilgili (i) dereceli su stresinde bitki gelişimi, (ii) kanopi iletkenliği ve artan buhar basıncı açıklığında kanopi iletkenliğinin tepkisi, (iii), termal görüntüden kanopi iletkenliğini değerlendirmek için bir yöntemin geliştirilmesi ve test edilmesi ve vejetatif ve yeniden üretim aşamalarında kanopi iletkenlik farklılıklarının ölçülmesi, (iv), toleranslı genotipleri hassas genotiplerden ayırt edecek özelliklerin derecesini belirlemek için yürüttükleri çalışmada, toleranslı genotiplerin sulu koşullarda vejetatif gelişim döneminde daha düşük kanopi iletkenliğine sahip olduğu fakat erken bakla doldurma döneminde daha yüksek kanopi iletkenliğine sahip olduğu bulunmuştur. İki hassas genotipin daha yüksek erken gelişim gücüne ve yaprak gelişimine sahip olduğu,

dereceli toprak kuruluşunda toleranslı genotiplerin hassas genotiplerden daha düşük gelişim eğiliminde olduğu, nemli topraklarda hassas genotiplere kıyasla toleranslı genotiplerin transpirasyonlarının bir düşüş gösterdiği bulunmuştur. Bu çalışma ile bazı özelliklerin, kuraklığa toleranslı nohutta bitki büyüme ve gelişiminin sınırlanmadığı sulu koşullarda toprakta suyu korumaya katkıda bulunabileceğini önermişler ve bu suyun tane dolum ve generatif dönemlerinde kullanılabileceğini varsaymışlardır. Terminal kuraklık stresi altında 3 önemli mekanizma belirlemişlerdir, (i) vejetatif gelişim aşamasında su sıkıntısı yokken düşük yaprak iletkenliği yani yüksek bitki sıcaklığı, (ii) topraktaki nem miktarının azalışında yüksek FTSW değeri, (iii) mevcut suyun bitki büyüme ve gelişimini sınırlamadağında su sıkıntısı olmayan koşullarda düşük yaprak gelişiminin kurağa dayanma için önemli mekanizmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Zaman-Allah ve ark. (2011b), lisimetrik sistem kullanarak nohut genotiplerinin kuraklık stresi altında su kullanım şekli ve kök derinliği/yoğunluğunu ve bunların verimle ilişkisini belirlemişlerdir. Vejetatif dönemde kuraklığa toleranslı genotiplerin hassas genotiplerden daha az su aldığı ve daha düşük stoma iletkenlik indeksine sahip olduğu buna karşın çiçeklenmeden sonra kuraklığa toleranslı genotiplerin hassas genotiplerden daha fazla su aldığı bulunmuştur. Kök büyüme bileşenlerindeki (derinlik, uzunluk yoğunluğu, kuru ağırlık) varyasyon büyüklüğünün toleranslı genotiplerle hassas genotipler arasında ayırd edici olmadığı belirlenmiştir. Tane veriminin herhangi bir toprak tabakasında kök uzunluk yoğunluğuyla anlamlı bir ilişki göstermediği buna karşın tane verimi ile su alımı arasında ekimden 23-38 gün sonra negatif, ekimden 48-61 gün sonra pozitif ilişki gösterdiği bulunmuştur. Kurak koşullar altında nohutun kuraklığa dayanıklılıkta en önemli bileşeninin erken gelişim döneminde suyu korumalı kullanmasının generatif dönemde toprakta daha fazla su bulunmasını sağladığını böylece daha yüksek üretim başarısıyla sonuçlandığını, bu durumun kısmen daha düşük kanopi iletkenliğinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Keskin (2012), kurak şartlar altında nohutun dayanıklılığını sağlayan, kuraklık stresinin nohuttaki fizyolojik (taze ve kuru ağırlık, bağıl ve gerçek su miktarı) ve biyokimyasal (enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidantların miktarı, malondialdehit, toplam protein ve bitki hormonlarının miktarları) etkilerini araştırmıştır. Kuraklık stresi altında hem malondialdehit hem de toplam protein miktarlarında artış

olduğu, kuraklığa maruz bırakılan bitkilerde glutatyon redüktaz ve katalaz enzimlerinin aktivitesinin arttığı buna karşı guaiakol peroksidaz ve superoksit dismutaz enzimlerinin aktivitelerinin azaldığı bulunmuştur. Bununla birlikte kuraklık stresi boyunca indol asetik asit (IAA) ve absisik asit (ABA) miktarlarının tüm bitki dokularında arttığı, salisilik asit, gibberellik asit ve jasmonik asit miktarlarının belli dokularda arttığını tespit etmiştir. Bitkinin kuraklık toleransında bu özelliklerin önemli bir rol oynadığını bildirmiştir.

Kumar ve ark. (2012), kuraklık stresine tepkileri farklı olan nohut genotiplerinin normal ve kuru koşullarda morfo-fizyolojik karakterleri ile ilişkili kök sistemi özellikleri yönünden mevcut genetik varyasyonun kapsamını değerlendirmişlerdir. Kök derinliğinin kuru koşullarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kök derinliği, kök/gövde oranı, fotosentez ve transpirasyon hızı, fotokimyasal etkinlik ve bitki su içeriği, stoma iletkenliği, gövde, yaprak, kök, nodül kuru ağırlığı ve bitki başına üretilen toplam kuru ağırlık özelliklerinin kuru koşullarda maksimum tane verimi ile doğrudan ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Pouresmael ve ark. (2012), yabani *Cicer* türlerini kuraklık toleransı açısından değerlendirmiş ve farklı türlerin kuraklık stresi ile başa çıkmalarına yardımcı olan fizyolojik özellikleri belirlemişlerdir. *C. reticulatum* ve *C. echinospermum* türlerinin nispi su içeriğinin, stres uygulamasının 3 ve 5. haftalarında azaldığı, buna karşın *C. judaicum* türlerinde neredeyse değişmediği bulunmuştur. Çeşitli türlerin kuraklığın yıkıcı etkilerini azaltmak için farklı mekanizmalara sahip olduğunu belirlemişlerdir. *C. echinospermum* ve *C. reticulatum* türlerinde yüksek fotokimyasal etkinliğin devam etmesiyle radyasyon (ışık) kullanım etkinliğinin yüksek olması, *C. judaicum* ve *C. reticulatum* türlerinde daha fazla klorofil içeriğinin korunarak birim yaprak alanı başına daha fazla fotosentezin sağlanmasının kuraklığa dayanıklılık için olası mekanizmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Soltani ve Sinclair (2012a), nohutta uyarlanmış fenolojinin günümüzde ve gelecekteki iklim koşullarında (+4°C sıcaklık artışı, %15 daha az yağış ve 700 $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{CO}_2$) iki farklı sınırlı su ortamında (Tabriz ve Gonbad) potansiyel faydalarını araştırmışlardır. Ortalama verimin gelecek iklim şartlarında Tabriz’de %42, Gonbad’da %21 arttığı gösterilmiştir. Tabriz’deki bu harika verim artışının gelecekteki iklim

şartları altında ekimin daha erken tarihte (21 gün) yapılmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Çıkıştan çiçeklemeye kadar olan vejetatif gelişme döneminin %20 daha kısa sürmesinin sonucu olarak daha erken olgunlaşmanın hem günümüz koşullarında (%13-14) hem de gelecekteki iklim şartlarında (%18-20) verim artışı sağladığını ancak tane dolum döneminin daha kısa olduğu erken olgunlaşmanın verim artışıyla sonuçlanmadığı bulunmuştur. Vejetatif gelişim döneminin %20 kısaldığı tane dolum döneminin %20 uzadığı bir birleşmenin hem günümüz hem de gelecek iklim şartlarında daha fazla verime (%17-24) yol açacağını bildirmişlerdir.

Soltani ve Sinclair (2012b), su sınırlı çevrelerde nohut verimini artıracak bitki özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Toprak su potansiyeli azaldığında stomaların kapanmasındaki gecikmenin verim düşüşüyle sonuçlandığını belirlemişlerdir. Yaprak gelişim hızının daha yavaş olmasının verimi artırmaya yol açmadığını tespit etmişlerdir. Toprağın derin tabakalarından su alımının artmasının en fazla verim artışı sağlayan özellik olduğunu bildirmişlerdir. Yavaş büyüme hızının (biyokütle üretimi) verim artışında ikinci önemli özellik olduğunu ve 120 cm derinlikteki topraklarda %6-8, 80 cm derinlikteki topraklarda %21 verim artışıyla sonuçlandığını belirtmişlerdir. Ürün verimi artışındaki diğer özelliklerin önceliğinin toprak derinliğine bağlı olduğu bulunmuştur. 120 cm toprak derinliğinde maksimum transpirasyon hızındaki azalmanın ürün verimini % 5-7 oranında artırdığı bulunmuştur. Toprak kurumasıyla erken stoma kapanmasının sonucu olarak verim artışı $\leq 3\%$ olduğu, bununla birlikte 80 cm derinlikte toprak kurumasıyla erken stoma kapanmasının verim artışında (%13-16) üçüncü faydalı kuraklık özelliği olduğunu belirtmişlerdir. Maksimum transpirasyon hızının azalışı 80 cm toprakta Tabriz'de %3 ve Gonbad'da %6 verim artışına yol açtığı bulunmuştur. Terminal kuraklık ile sınırlı su çevrelerinde nohutun genetik gelişimini ilerletmede derin kök, yavaş büyüme hızı, erken stoma kapatma ve maksimum transpirasyon hızını azaltmanın önemli özellikler olduğunu bildirmişlerdir.

Vadez ve ark. (2012b), nohutun terminal kuraklığa adaptasyonunu artırmak için kök ile ilişkili özelliklerin olası faydalarını göstermeye çalışmışlardır. Kök uzunluğu artışının günlük 17 mm taban çizgisinden 30 mm'ye kadar artmasının beklenin aksine tüm durumlarda verimde %4-6 azalmaya, özellikle az yağmur düşen dönemlerde %15'lik verim kaybına yol açtığını belirlemişlerdir. Kök uzunluğunun aksine toprak özelliklerinin değiştirilmesi, büyüme sezonunun sonlarında daha fazla mevcut su

oluşmasını sağlayacak etkin su alım derinliğini 1000 mm'den 1200 mm'ye çıkarmanın tüm durumlarda verimde %8-12'lik artışa yol açtığı bulunmuştur. Topraktaki daha yüksek derinlikten etkin su alımının ürün yetiştirilmesinde bazı faydaları ortaya çıkaracağını, bunun çok düşük yağışlı ortamlarda daha hızlı kök büyümesi gerektirebileceğini ancak en yüksek verim faydasının tohum gelişiminde ılımlı bir sulamadan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kashiwagi ve ark. (2013), nohutta kuraklık stresi altında verimi artırmak için uygun özellikleri araştırmışlardır. Kuraklık cevap indeksinin ürün büyüme hızı ile pozitif, su kullanım etkinliğiyle negatif ilişki gösterdiği, hasat indeksi ve kısmi büyüme hızının şiddetli kuraklık stresi altında kuraklık cevap indeksi ile yakın pozitif bir ilişki gösterdiği bulunmuştur. Verimle ilişkili olan kısmi büyüme hızının kuraklıkla ilişkisinin şiddetli kuraklık altında daha yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Kuraklığa tolerans ıslah çalışmaları için bu uyarlanabilir ifadenin (kısmi büyüme hızı) önemli bir özellik olarak düşünülebileceğini bildirmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (2013), nohutta kuraklığa dayanıklılığa katkıda bulunan bir özellik olan kısmi büyüme hızının önemini araştırmışlardır. Kurak şartlar altında bitki büyüme hızı ve kısmi büyüme hızının verime doğrudan büyük oranda olumlu bir katkısı olduğu fakat generatif dönemi kısaltmasının verime negatif katkısı olduğu bulunmuştur. Generatif dönemin uzunluğunu azaltan terminal kuraklık şartlarında ıslah için kısmi büyüme hızının harika bir seçim kriteri olduğunu önermişlerdir.

Niharika (2013), sıcaklık stresinde nohut bitkisinin çiçeklenme öncesi ve sonrasında polen canlılığı, polen tüpünün gelişimi, çiçek sayısı, bakla dökümü ve bakla oluşumu üzerine çiçek gelişiminin etkisini araştırmışlardır. Yüksek sıcaklıkların polen canlılığını azaltma ve çiçek dökülme yüzdesini artırma etkisiyle bakla oluşumunu azalttığı bulunmuştur. ICC 3325 ve JG 21 sıcaklığa toleranslı genotiplerin polenlerinin tam canlılık gösterdiğini belirlemiştir. Bu çalışmayla polen canlılığı gibi fizyolojik özelliklerin nohutun sadece sıcaklığa toleransını iletirmek için değil aynı zamanda iklim değişikliği altında ürün verimini artırmak için kullanılabileceğini ve ek olarak bakla ve çiçek dökümünün nohutta verimi kısıtlayan önemli bir faktör olduğunu bildirmiştir.

Pouresmael ve ark. (2013), kuraklık stresinin nohut genotiplerinin önemli

fizyolojik özelliklerinde sebep olduğu değişiklikler ve bu değişikliklerin kuraklık toleransı için nohut genotiplerinin taranmasında bir araç olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Nispi su içeriği, fotosistem II'nin fotokimyasal etkinliği ve stoma iletkenliğinin kuraklık toleransına daha fazla katkı sağlayan fizyolojik özellikler olduğunu, bu nedenle bu özelliklerin nohut genotipleri için kuraklık tolerans seçimlerinde birçok özellikten önce değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir.

Talebi ve ark. (2013), nohut genotiplerinin %50 çiçeklendiği zaman nispi su içeriği, klorofil ve karotenoid konsantrasyonu, iyon (Na^+ ve K^+) birikimi gibi özelliklerin kuraklık stresine fizyolojik tepkilerini araştırmışlardır. Kuraklık toleransını belirlemek için kuraklık hassasiyet indeksini kullanmışlardır. Nohut genotipleri arasında kuraklık stresine toleransın geniş bir varyasyon gösterdiği bulunmuştur. Kuraklığa tolreanslı genotiplerin nispi su içeriği ile klorofil ve karotenoid konsantrasyonun daha yüksek olduğu, K^+ iyon birikiminin Na^+ iyonuna göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Kuraklık hassasiyet indeksi ile nispi su içeriği, klorofil ve karotenoid konsantrasyonu, Na^+ ve K^+ iyon alımı arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerin nohutun kuraklık toleransı ıslah çalışmalarında güvenilir ve kullanışlı göstergeler olduğu sonucuna varılmıştır.

Vadez ve ark. (2013), geleneksel ıslah yöntemleri su stresine daha iyi uyum sağlayan su temini ve talebine uyan, su stresinden kaçan, erken olgunlaşan kültürler geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. Fakat ilerleyen süreçlerde çoğu arazi çalışmasında çeşitlerin genotip çevre etkileşimleri yüzünden su stresi ile mücadelede engellendiğini, bu nedenle su stresiyle uyumlu kaynakların gelişimini yeniden canlandıracak daha kapsamlı yaklaşımlara ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. Son yirmi yıldır su stresi altında ürün verimliliğini ilerletmek için transgenik ve aday gen yaklaşımları önerilmiş fakat gerçek başarısının sınırlı olduğunu, bu yöntemlerin en büyük dezavantajının biyoteknolojik deneyler tasarlarken gerçekçi su kısıtlamaları ve bunların verim bağlantılarının dikkate alınmayışı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma ile daha iyi, koruyucu ve kısmen artan toprak suyu kullanımı ile ilişkili genetik yönler değerlendirilmiştir. Bununla birlikte bu özelliklerin ürün gelişim dönemi boyunca aktif olduğu, birbirleriyle ve çevre ile etkileşim içinde olduğu, bu nedenle su stresi altında dirençli başarılı çeşit yetiştirmede bunların karşılıklı ve çevre ile etkileşimlerinin iyi anlaşılması kadar su eksikliği altında verimi etkileyen bitki özelliklerinin

anlaşılmasında gerektiği bildirilmiştir.

Yaqoob ve ark. (2013), nohut genotiplerinin kurak şartlar altında solgunluk, iyileşme yüzdesi ve tane verimi özellikleriyle kuraklık stresine tepkisini ve verim performansını araştırmışlardır. Nohutta çiçeklenme öncesi su stresinin bitkide ölümcül etki yaptığı, su stresinin sonlandırılıp tekrar iyileştirmeyele %50'den fazlasının iyileşmediği belirlenmiştir. Kabuli tipi nohut hatlarının desi tipi nohut hatlarından daha fazla su ve sıcaklık stresinden etkilendiğini ve daha az verim ürettiğini bildirmişlerdir.

Yazar ve ark. (2013), Akdeniz iklim koşulları altında damla sulama ile uygulanan çeşitli sulama stratejileri ve farklı ekim tarihlerinin nohutun vejetatif büyüme döneminde su kullanım etkinliği ve verim bileşenlerine etkilerini araştırmışlardır. Üç ekim sezonu yürüttükleri çalışmada ikinci ekim sezonunda sulama uygulamasının tane veriminde önemli bir etkisi olmadığı ancak farklı ekim tarihinin önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte üçüncü ekim sezonunda hem sulama uygulamalarının hem de farklı ekim tarihlerinin tane veriminde önemli etkiye sahip olduğu ve aynı dönem sulama ile farklı ekim tarihi etkileşimi önemli bulunmuştur. Kuru koşullarda yüksek sıcaklık ve su stresi kışlık ekilen nohuta kıyasla yazlık ekilen nohutun verimini ve bitki gelişimini önemli derecede azalttığı bulunmuştur. En iyi verimin tam sulanan koşullardan ve en yüksek su kullanım etkinliğinin her iki ekim tarihinde de kuru koşullarda olduğu belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının ve farklı ekim tarihlerinin yaprak alan indeksinde önemli etki gösterdiğini ve sulamanın yaprak alanını kışlık ekilen nohutta yazlık ekilen nohuttan daha fazla arttırdığını belirlemişlerdir. Kurak yıllarda çiçeklenme ve tane doldurma başlangıcı arasında uygulanacak sulamanın nohutun tane verimini önemli derecede artırabileceğini belirtmişlerdir. Kışlık ekimin tohum ağırlığı, ilk bakla yüksekliği, bitkide tane sayısı, bitki başına bakla sayısı ile birlikte verim bakımından yazlık ekime göre daha üstün olduğu sonucuna varmışlardır. Uzun dönem ortalama yağışlardan daha az yağışlı yıllarda kışlık ekimle daha yüksek verim elde etmek için kısıtlı açık sulama yapılabileceğini bildirmişlerdir.

Esfahani ve ark. (2014), kuraklığın nohutta simbiyotik azot fiksasyonunda yarattığı olumsuz etkisi verim potansiyelinde sınırlamaya yol açmaktadır. Bu çalışmada kuraklık stresinin nohut ile *Mesorhizobium ciceri* arasındaki simbiyotik ilişki

incelenmiştir. Kuraklığın nitrojenaz enziminin etkisini azalttığı bulunmuştur. Kuraklık stresi amino asitlerin birikimini teşvik ettiği, asparjinin nodullerde (yapraklarda değil) hücre redoks dengesizliğine yol açtığı, aynı zamanda nodüllü kök solunumunun azalması ile çakışan organik asitlerin özellikle malat'ın nodüllerde biriktiği bulunmuştur. Nohut ve muhtemelen diğer baklagil ürünlerinin veriminde kuraklığın etkisini azaltmak için simbiyotik azot fiksasyonunun etkisinin geliştirilmesine dayanan genetik mühendisliğin uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Jha ve ark. (2014), nohutun verimini kısıtlayan büyük abiyotik stresler ve olumsuz etkilerini çeşitli geleneksel ıslah stratejileri ile değerlendirmişlerdir. Şiddetli küresel iklim değişikliği; tahmin edilemeyen yağış değişimine ve sıcaklığın artması kurak koşullara yol açmaktadır. Bunun sonucu yüksek evapo-transpirasyon ve su eksikliğinin yer altı sularının tükenmesine ve böylece tuzluluk probleminin oluşmasına yol açtığı belirtilmiştir. Özellikle, küresel iklim değişikliğinin ağır baskısı ve gıda üretimine yönelik artan talep nedeniyle, geleneksel üretim planlarını her zaman destekleyecek yüksek verimlilik ve uygun maliyetli tekniklerin uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle araştırmacılar, (i) abiyotik stres toleransı için mevcut germplazmın araştırılması ve karakterizasyonu, (ii) yüksek verimlilik ve sağlam tarama tekniklerine kolay erişim, (iii) çeşitli adaptasyon ve fizyolojik özellikler için seçim kriterleri standardizasyonu, (iv) faydalı allelleri keşfetmek için genom çapındaki DNA işaretleme sistemlerinin ve sıralama tekniklerinin kullanılması, (v) hem kontrollü hem de stresli koşullar altında çok bölgeli ve çok yıllık testler yapılması ve (vi) son olarak, çeşitli abiyotik kısıtlamalara karşı direnç koşullarında birkaç özelliğin birleştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Nohut üretimindeki zorlukları hafifletmek için yabani türlerden 'treasuring genes' in ortaya çıkarılmasının iklim koşullarına dayanıklı değerli genleri barındıran bir genotipe uyarlanmasına yol açacağını bildirmişlerdir.

Pasandi ve ark. (2014), Kabuli tipi nohutların farklı sulama yönetimlerine genotipik tepkisini araştırmışlardır. Bitki yüksekliği, bitki topluluğu alanı, birincil ve ikincil dallar, klorofil içeriği, olgunlaşma zamanı, tane verimi ve verim bileşenlerinin sulama rejimlerinden önemli bir şekilde etkilendiği bulunmuştur. Genotiplerin tane veriminin tam sulama yapılan şartlarda sulama yapılmayan şartlara kıyasla %58 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir. Tane verimi ve kuraklık direnç göstergelerinin araştırmasında FLIP 98-106C ve Arman genotiplerinin kuru alanlar için en dayanıklı

genotip olarak seçilebileceğini açıklamışlardır. Genellikle yarı kurak şartlarda ve bazı su kaynaklarının sınırlı olduğu yerlerde nohut veriminde kritik generatif dönem boyunca toprak nem stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek için ilave sulamanın etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Suzuki ve ark. (2014), bitkilerin maruz kaldığı çeşitli abiyotik ve biyotik streslerin birlikte oluşturdukları etkileri değerlendirmişlerdir. Bitkilerin antioksidan savunma mekanizmalarının stres kombinasyonlarına karşı dayanıklılıkta önemli bir yol olduğunu ve son yapılan çalışmalarda yüksek antioksidan kapasitesi veya daha düşük reaktif oksijen türleri birikimiyle dayanıklılığın ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bitkilerin farklı stres kombinasyonlarına maruz kaldıklarında birkaç farklı sinyal yolu ile transkriptom, metabolom ve proteom analizlerini özel olarak aktive ettiği ortaya çıkarılmıştır. Bitkilerin farklı stres kombinasyonlarına tepkisinin bu farklı yol ve sinyallerin koordinasyonu ile düzenlenebileceğini ve moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar hakkında daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir.

Vadez ve ark. (2014), su kullanım etkinliğinin genetik bir bileşeni olan transpirasyon etkinliğinin buhar basıncı açıklığı (VPD), su kullanımı ve karbon izotop ayrımı ile ilişkisini değerlendirmişlerdir. Gravimetrik ölçüm yöntemiyle farklı su rejimleri, çeşitli genotipler ve türler arasında toplam su kullanımı ile transpirasyon etkinliği arasında ilişki bulunmadığını açığa çıkarmışlardır. Bu nedenle yüksek transpirasyon etkinliğinin daha düşük bir üretim potansiyeline yol açabileceği yönündeki iddaların reddedildiğini belirtmişlerdir. Karbon izotop ayrımını değiştirebilen birçok faktör olduğunu ve ekofizyolojik önemi anlaşılmadıkça pratikte bu yöntemin kullanılma olanağının az olduğunu bildirmişlerdir. Birçok genotipte transpirasyon etkinliğindeki büyük farklılıklar ile bitkilerin yüksek VPD şartları altında su kayıplarını kısıtlamalarını sağlayan özellikleri arasında sıkı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Bu özelliğin özellikle bitki hidroliği açısından transpirasyon etkinliğinin genetiğine yeni bir bakış açısı sağladığını ve bu özelliğe odaklanan ıslah yoluyla genetik ilerleme sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Acharya ve ark. (2015), kuru koşullarda yetiştirilen nohut genotiplerinde ilave sulamanın etkisini araştırmışlardır. Uygulanan sulama yöntemlerinin tane verimi açısından önemli farklılık gösterdiği fakat çiçeklenme ve olgunlaşma zamanına etkisi

olmadığı bulunmuştur. Vejetatif gelişme dönemi, çiçeklenme ve bakla dolum dönemlerinde uygulanan ek sulama ile en yüksek tane veriminin vejetatif gelişim döneminden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Azimi ve ark. (2015), kuraklık stresi altında kültür nohutlarının gelişimini araştırmışlardır. Farklı stres seviyeleri uygulanmış ve kuraklık stresinde yaprak alan indeksi, ürün büyüme hızı, kısmi büyüme hızı ve net asimilasyon oranının azaldığı bulunmuştur. Sulu koşulların büyümeye ve nohutta verim ve kuru madde birikiminin artmasına yol açtığı bulunmuştur. Sulanmayan koşullarda maksimum yaprak alan indeksi, yaprak alan oranı ve ürün büyüme hızına ekimden sonra 56. günde, sulu koşullar altında ekimden 76 gün sonra ulaşılmıştır. Kuraklık stresinin nohutun büyüme ve tane verimini azalttığı bildirilmiştir.

Langridge ve Reynolds (2015), kuraklığa dayanıklılık ıslah çalışmalarında genomik araçlar kullanmışlardır. Genomik çalışmaların ıslah programlarıyla ilişkili olabilmesi için ortamdaki kuraklık stresinin dikkate alınması gerektiği ve arazi koşulları ile ilgili bitki materyali ve fenotipleme tekniklerinin kullanılması gerektiğini önermişlerdir.

Öz (2015), kuraklık stresine dirençleri farklı olan kültür ve yabani nohut türünün stress altında oluşturdukları protein içerikleri ile morfolojik ve fizyolojik tepkilerini incelemiştir. Kuraklık stresi altında her iki türde de sürgün boyunun değişmediği, kök boyu, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriğinin azaldığı ve bu azalmanın kültür nohutunda daha fazla olduğu bulunmuştur. Stres altındaki türlerin prolin miktarlarında artış olduğu ve yabani türlerin prolin miktarının kültür nohutuna göre 4 kat daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Türlerin protein ifadelerindeki değişim incelenmiş ve her iki türün değişik yollarla strese cevap oluşturdukları, kültür nohutunun oluşan reaktif oksijen türlerinin yarattığı sinyallerden kaynaklanan bir yanıt oluşturduğu yabani nohutun ise hücre sel suyun korunması üzerine bir proteom yanıtı oluşturduğunu bildirmiştir.

Pouresmael ve ark. (2015), kuraklık stresinin nohutun fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kuraklığa toleranslı genotiplerin strese farklı tepkiler verdiği bulunmuştur. Katalaz aktivitesinin ICVV2'da arttığı, FLIP9855C' de azaldığı bulunmuştur. Genel olarak nohut hatlarında önemli

değişikliğine rağmen düşük askorbat peroksidaz aktivitesi, yüksek peroksidaz aktivitesi ve daha yüksek fotokimyasal etkinliğinin nohutta kuraklığa tolerans göstergeleri olarak test edilebileceğini bildirmişlerdir.

Pushpavalli ve ark. (2015), kuraklık stresine toleransı farklı olan nohut genotiplerinin generatif gelişme döneminde kontrollü su stresi altında yüksek verim sağlayacak değişkenleri araştırmışlardır. Kuraklık stresinin; tane verimini, tane ve bakla sayısını azalttığı fakat çiçek-bakla-tohum dökme yüzdesi ile 100 tane ağırlığını azaltmadığı bulunmuştur. Stres şartları altında nohutun tane verimindeki farklılıkların özellikle kuraklık stresinin erken aşamasında çok sayıda çiçek ve tohum oluşturma kapasitesiyle yüksek ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Chen ve ark. (2016), nohut gen kaynaklarının kök özelliklerindeki genotipik değişkenliği araştırmışlardır. Çalışmada yarı hidrofonik bir fenotipleme sistemini kullanmışlar ve genotiplerin köklenme modelleri ve dallanma tarzlarında büyük değişiklikler gösterdiği bulunmuştur. Kök ile ilgili 30 özellik tanımlamışlardır. Bu çalışma ile nohut genotiplerinin çok farklı kök özelliklerine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Bu genotiplerin sera ve arazi çalışmaları, moleküler markör çalışmaları, gen haritalama, modelleme simülasyonları, kuraklık ve diğer özel çevre koşullarına kök özellikleri ile adaptasyonu geliştirmek için ıslah kaynakları çalışmalarında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Gupta ve ark. (2016), nohutun yabani atalarından *C. reticulatum* türlerinin polimorfik sekans kaynaklarını araştırmışlardır. Nohutun agronomik özelliklerini geliştirme çalışmaları için yabani *Cicer* gen kaynaklarının kullanımını önermişlerdir.

Kahraman ve ark. (2016), kuraklığa dirençli genotiplerin seleksiyonunda kullanılan stres kuraklık hassasiyet indeksi, kuraklık toleransı, ortalama verim, azalan verim oranı, verim indeksi, stress tolerans indeksi, harmonik ortalama, geometrik ortalama ve verim stress indeksi göstergeleriyle nohut gen kaynaklarının kuraklık direnç indekslerini araştırmışlardır. 96 nohut genotipinin değerlendirildiği çalışmada Derebucak, Hadim, Aziziye, Ahirli, Canitez ve Cumra yerel genotipleri ile birlikte 22261, 22213, 22243, ILC, 222147 ve 22128 gen kaynaklarının kuraklık toleransı için umut verici genotipler olarak düşünülebileceğini bildirmişlerdir.

Lake ve Sadras (2016), nohut genotiplerinin kuraklık stresi altında kuraklığın

bitki büyüme hızındaki değişimine ve tane verimine etkisini araştırmışlardır. Kurak şartlar altında bitki büyüme hızı ile verim arasında stressiz koşullar altında daha güçlü ilişki olduğu bildirilmiştir.

Pushpavalli ve ark. (2016), tuz stresine dayanıklı ve hassas nohut genotiplerinin fenolojik ve verim parametreleriyle ilişkisini ve dokularda iyon birikiminin dayanıklılıkla ilişkisini araştırmışlardır. Tuz stresinin çiçeklenmeyi geciktirdiği ve bu gecikmenin hassas genotiplerde daha fazla olduğu bulunmuştur. Dokularda Cl^- , Na^+ ve K^+ iyonlarının konsantrasyonları ölçülmüş ve hiçbirinin toksik etki yapmadığını, yapraklarda biriken Na^+ iyonlarının çiçeklenmeyi geciktirdiğini ve bunun hassas hatlarda generatif başarının daha düşük olmasında rol oynadığını bildirmişlerdir.

Purushothaman ve ark. (2016), nohutta terminal kuraklık stresinde toprak üstü biyokütle özelliklerini ve bu özelliklerin kuraklıkla ilişkilerini araştırmışlardır. Farklı ekim zamanlarında üretilen biyokütle, spesifik yaprak alanı ve yaprak alan indeksi özellikleri, generatif gelişim döneminin ortalarında bitki örtüsü serinliği, gelişme süresi ve bazı morfolojik ve analitik verim bileşenlerinin geniş bir varyasyona sahip olduğu bulunmuştur. Kurak şartlarda tane veriminin; bakla dolum aşamasının ortalarında kısmi büyüme hızı, ürün büyüme hızı, bitki örtüsü serinliği, fenoloji, yaprak alanı indeksi, generatif gelişim aşamasında biyokütle üretimi, fizyolojik olgunlukta spesifik yaprak alanı ve metrekaresindeki bakla sayısı ile yakın ilişkili olduğu bulunmuştur. Kuraklık toleransında kısmi büyüme hızı, ürün büyüme hızı, bitki örtüsü serinliği, gelişme süresi ve diğer ilişkili özelliklerin en önemli özellikler olduğu belirtilmiştir. Generatif gelişme döneminin ortalarında yaprak alan indeksi ve spesifik yaprak alanının, olgunlukta birim alan başına bakla sayısının nispeten daha az önemli olduğu tespit edilmiştir. Nohutta terminal kuraklığa toleransı artırmada doğru fenoloji ile ıslah için kısmi büyüme hızı ve ürün büyüme hızının birleştirildiği teknik olduğunu bildirmişlerdir.

Adak ve ark. (2017), *Cicer reticulatum* genotiplerinin kültür nohutundaki kalitatif ve kantitatif özelliklerine gen etkisini araştırmışlardır. Kalitatif özelliklerden mor çiçek rengi, pigmentasyon ve tek bakla özelliklerinin *C. reticulatum* türlerinde dominant tek bir gen tarafından kontrol edildiği bulunmuştur. Kantitatif özellik olarak çift bakla oluşturma geninin tek bakla oluşturanlara göre verime yüksek etkisi olduğu bulunmuştur. Çift bakla özelliğinin ekspresyon ve penetrasyonunun *C. reticulatum* x

C.arietinum melezlemesinden türeyen döllerde üstün olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre faydalı heterosisin residual heterosisden daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir. Nohut gelişiminde türler arası geçişin yeni potansiyel genetik çeşitlilik kaynağını temsil etmesi bakımından önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Awasthi ve ark. (2017), nohut genotiplerinde kuraklık ve sıcaklık stresinin ayrı ayrı ve birleştirilmiş olarak tane dolumu boyunca oksidatif metabolizmaya etkisini değerlendirmiştir. Kuraklık ve sıcaklık streslerine dayanıklılık veya hassasiyette farklılık gösteren genotipler arasından oksidatif metabolizmada genetik varyasyonu belirlemek için yaptıkları araştırmada hem birleştirilmiş hem de ayrı ayrı kuraklık ve sıcaklık streslerinin membranlara zarar verdiği, PSII (fotosistem II)'yi ve yaprak klorofil içeriğini azalttığı, bu etkilerin birleştirilmiş streste daha fazla olduğu bulunmuştur. Oksidatif moleküllerin (malondialdehyde ve H_2O_2) tüm stres uygulamalarında özellikle sıcaklık ve kuraklık stresinin birleştirildiği genotipler arasında kontrol bitkilerine göre yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrı uygulanan kuraklık ve sıcaklık stres koşullarında oksidatif metabolizmaya ilişkili enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanların arttığı fakat birleştirilmiş stress koşullarında azaldığı belirlenmiştir. Yapraklarda oluşan oksidatif zararın tohumlardan daha fazla olduğu ve bunun muhtemelen fotosentez etkinliğini engellediğini tespit etmişlerdir. Kuraklık stresinin sıcaklık stresinden daha fazla verim azalmasına sebep olduğu, en düşük verimin kuraklık ve sıcaklık stresinin birlikte uygulandığı koşullardan elde edildiği bulunmuştur. Tüm stres uygulamalarında sıcaklığa ve kuraklığa toleranslı genotiplerin hassas genotiplerden daha az zarar gördüğü ve daha yüksek verime sahip olduğu belirlenmiş ve bu genotiplerde dayanıklılık için kısmi melezleme önerilmiştir. Kuraklığa toleranslı genotiplerden ICC8950'nin birleştirilmiş stres altında diğer genotiplerden yüksek verimli olduğunu ve bu durumun yaprak ve tohumda oluşan düşük oksidatif stresle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Farooq ve ark. (2017), terminal kuraklığın baklagillerde yaprak gelişimi, karbon fiksasyonu, tane verimi ve fizyolojik direnç mekanizmalarına etkisini değerlendirmişlerdir. Net fotosentez hızındaki azalma, zayıf tane oluşturma ve zayıf tane gelişiminin terminal kuraklık stresinde verim kaybının ana sebepleri olduğunu bildirmişlerdir. Baklagillerde fotosentetik aktivitenin tane veriminde başlıca belirleyici kriter olduğu, yeşil kalma özelliğinin baklagillerde kuraklıkla mücadelede önemli

olduğunu belirtmişlerdir. Su sıkıntılı çevrelerde hem azot parçalama hem de azot bağlamanın engellenmesi tanede protein birikimini azalttığını bununda baklagillerde tane kalitesinin azalmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Baklagillerde kuraklığa karşı dirençli birçok aday genin tanımlandığını bildirmişlerdir. Gelecekteki çalışmalarda yabani akrabaları ve yerel çeşitlerinden kuraklığa dirençlilik çalışmalarına katkıda bulunabilecek daha fazla aday genlerin tanımlanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Korkmaz ve Durmaz (2017), bitkilerde stresin tanımını yapmışlardır. Farklı bitki gruplarının birçok abiyotik stres faktörüne karşı geliştirdikleri stres tepkileri açıklanmıştır. Bitkilerin stres etkeni olarak algıladıkları tüm abiyotik çevresel faktörlere karşı geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz farklı cevaplar geliştirerek hayatta kalmaya çalıştıklarını, geliştirilen cevapların stres faktörünün boyutuna ve bitkinin genetik ve ontojenik özelliklerine göre değiştiğini, böylece bitkilerin geliştirdikleri stres tepkileri sayesinde hayatta kalmak için yaşadıkları çevrenin faktörlerine karşı uyum sağlayabildiklerini belirtmişlerdir.

Maqbool ve ark. (2017), nohutta kuraklığa dayanıklılığı iletirmek için farklı ıslah tekniklerinin avantajları, durum ve önemini vurgulamışlardır. Kuraklık stresine karşı nohut gen kaynaklarının geliştirilmesinde; melezleme, mutasyon, markör destekli ıslah ve omik teknikleri gibi ıslah yöntemlerinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Mohammed ve ark. (2017), kuru koşullarda Etiyopya'nın kuzeydoğusunda değişen iklim şartlarında nohut verimine ekim zamanı ve genetik yapının etkisini incelemişlerdir. Erken ekimin bazı bölgelerde erkenci çeşitlerde bazı bölgelerde ise geçici çeşitlerde tane veriminde artış sağladığını belirlemişlerdir. Ayrıca nohut tane veriminde yüksek artışların erken ekim ve uygun çeşitlerin birleştirilerek sağlanabileceğini, geçiktirilmiş ekimin Etiyopya'nın kuzeydoğusunda yarı kurak alanlarda verimi önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir.

Pang ve ark. (2017), üretimde birbirinden farklı verime sahip iki nohut genotipini terminal kuraklığa maruz bırakarak yaprak su potansiyeli, fotosentezle ilişkili karakterleri ve generatif gelişimini karşılaştırmışlardır. Erken bakla bağlama döneminde uygulanan kuraklık stresinin her iki genotipte biyoması, generatif gelişimi, hasat indeksini ve tane verimini azalttığı bulunmuştur. Terminal kuraklık stresinin boş bakla sayısını, çiçek ve bakla dökümü yüzdelerini en az iki kat arttırdığı belirlenmiştir.

Kuraklık stresi uygulamasındaki topraktan transpire edilebilen su kısmı (FTSW) 0.18'den aşağı düştüğü zaman polen canlılığı ve çimlenmesinde azalış olduğu bununla birlikte her bir çiçekteki en az bir polen tüpünün yumurtalığa ulaştığı bulunmuştur. Stress koşullarındaki bitkilerin çiçeklerden gelişen genç baklalarının FTSW değeri 0.50 olduğu zaman canlı embriyoya sahip olduğunu fakat sulu koşullardaki bitkilerden daha fazla absisik asit (ABA) konsantrasyonu içerdiği ve tüm baklaların kuraklık uygulaması sonunda boşa çıktığı tespit edilmiştir. ABA sinyallerinin, tohum oluşturma başarısızlığına ya direk bakla veya tohumların gelişimini kesmesiyle ya da dolaylı olarak tohumların fotosentez ve kaynak özümlemesini azaltmasıyla ABA'nın arttığı ve stomaların kapanmaya başladığı, aynı toprak nemi içeriğinde tohum oluşumunun kesintiye uğramasında bir rol oynadığını güçlü bir şekilde ortaya konmuştur.

Purushothaman ve ark. (2017), nohut genotiplerinin kurak ve sulu koşullarda topraktaki kök dağılımı ve su kullanımındaki genetik değişiklikler ile onların kuraklığa dayanıklılıktaki etkilerini araştırmışlardır. Kök dağılımının kuraklığa tepki olarak toprak yüzeyinde azaldığı, buna karşın 30 cm'den aşağı toprak derinliklerinde arttığı bulunmuştur. Topraktan su alımının kurak koşullarda maksimum 45-60 cm toprak derinliğinde olduğu, buna karşın sulanan koşullarda maksimum 15-30 ve 30-45 cm toprak derinliğinde dallanma gösterdiği bulunmuştur. Kuraklıkta toplam su alımının uygun sulamadaki su alımından 1 kat daha az olduğunu belirtmişlerdir. Toprakta kullanılmadan arta kalan su miktarının tüm su uygulamalarında aynı olduğu bildirilmiştir. Tüm kuraklığa hassas nohut genotiplerinin kök dağılımı ve su alımının düşük olduğu fakat su alım zamanının kuraklığa toleranslı genotipler arasında değiştiği bulunmuştur. Çoğu aşamada su alımı ve toplam su kullanımındaki üstünlüğün en iyi adaptasyon olduğunu belirlemişlerdir. 15-30 cm toprak derinliğinde su kullanımının düşük derinliklerden iyi su alımı sağladığı ve 90-120 cm'den su kullanımının en iyi kuraklık adaptasyonu için kritik önemde olduğu bildirilmiştir.

Sharma (2017), nohut, güvercin bezelyesi ve yer fıstığı gibi yemeklik tane baklagillerinde ıslahta genetik ilerleme için yabani türlerin kullanım olanaklarını değerlendirmişlerdir. Yabani türlerin sahip olduğu yararlı genlerin aktarılmasının daha iyi agronomik özelliklere sahip yeni gen havuzlarının gelişmesine yol açtığı bulunmuştur. Yabani türlerden türetilcek genetik çeşitliliğin ıslah hatlarına stres şartlarında dayanıklı çeşit geliştirmek için kolayca kullanılabilen sürekli kaynak

sağlayacağını bildirmiştir.

Sinclair ve ark. (2017a), su noksanlığı neredeyse tüm tarla koşullarında bitki verimi üzerindeki en büyük kısıtlamadır. Deneysel gözlemler dışında, bitkilerde kuraklık için tanımlanmış özel fizyolojik özelliklerin gelişmesinde çok az ilerleme kaydedilmiştir. Kuraklığın verimi hangi koşullar altında ve ne ölçüde etkilediği hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Ancak, son yıllarda su noksanlığında bitki büyümesini ve verimini arttırmak için yüksek atmosferik buhar basıncı eksikliği altında transpirasyonu sınırlama özelliğinin anlaşılmasında ve geliştirilmesinde hızlı bir gelişme vardır. Bu çalışma ile aquaporin aktivitesi ile ilişkili düşük bitki hidrolik iletkenliğinin sonucu olarak transpirasyonu sınırlama özelliğinin fizyolojik temelini incelemişlerdir. Bununla birlikte yüksek buhar basıncı açıklığında transpirasyonu sınırlama ifadesinin durağan olmadığı diğer çevresel faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir. Transpirasyonu sınırlama özelliğinin mekanizmasının anlaşılması verim tepkilerinin artması beklenen çevrelerin tanımlanmasında coğrafi analizlere izin verdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak bu özelliğin kalitatif olarak davranmasının yetersiz olduğu fakat bitki ortamı tarafından sürekli modüle edilen bir özellik olarak tercih edilebildiğini, bununla birlikte, genotipler arasında değişken yanıtların ürün verimini artırma olasılığını en üst düzeye çıkarması ve bölgeye özgü bitki ıslahı için bir fırsat sunduğunu bildirmişlerdir.

Sivasakthi ve ark. (2017), farklı çıkış gücüne sahip nohut genotiplerinin yüksek buhar basıncı açıklığında (VPD) transpirasyon hızı ve hidrolik iletkenliğini araştırmışlardır. Yüksek çıkış gücüne sahip genotiplerin yüksek VPD koşullarında transpirasyon hızını kısıtladığı ve erken çıkış gücüne sahip genotiplerin geç çıkış gücüne sahip genotiplerden daha düşük transpirasyon hızına sahip olduğu bulunmuştur. Sağlam bitkilerde su iletim yolunun engellenmesinin; erken çıkış gücü/düşük transpirasyon hızına sahip genotiplerde, geç çıkış gücü/yüksek transpirasyon hızına sahip genotiplerden daha düşük transpirasyon inhibisyonuna yol açtığı bulunmuştur. Erken çıkış gücüne sahip genotiplerin geç çıkış gücü/yüksek transpirasyon hızına sahip genotiplerden daha düşük kök hidrolik iletkenliğine sahip olduğu bulunmuştur. Kuraklığa eğilimli ortamlarda ıslah çalışmaları için adaptasyon yönünden bu özelliklerin farklı 'dozajı' ile genotipleri uyarlamanın bir fırsat oluşturacağını bildirmişlerdir.

Farooq ve ark. (2018), desi ve kabuli tipi nohut genotiplerinde kuraklık toleransının fizyolojik temelini araştırmışlardır. Doğal ve kontrollü (büyüme kabini) olmak üzere iki farklı koşulda su stresi uygulamışlardır. Doğal koşullarda uygulanan kuraklık stresinin biyomas ağırlığını, spesifik yaprak alanını ve transpirasyon etkinliğini kullanılan her iki nohut tipinde de önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. Kontrollü koşullarda uygulanan kuraklık stresi büyüme, fotosentezi, su ilişkilerini, α -amilaz aktivitesini, şeker metabolizmasını, prolin ve fenolik bileşiklerin birikimini, azot ve potasyum kullanımını değişen derecelerde azaltmıştır. Kuraklık stresi altında desi genotiplerinin daha iyi çimlendikleri ve daha yüksek trehalose, toplam ve indegeyici şekerler, sukroz, α -amilaz aktivitesi, fotosentez, büyüme ve mineral konsantrasyonunun kabuli genotiplerinden daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Böylece desi genotiplerinin kuraklık stresinde kabuli genotiplerinden daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Kumar ve ark. (2018), nohutta terminal kuraklık toleransına katkıda bulunan önemli özellikleri araştırmışlardır. Kuraklığa hassas, toleranslı ve melez F₃ hatlarının terminal kuraklık stresi altında kök ve fizyolojik özelliklerini ölçmüşler ve bu özellikler için geniş varyasyon olduğu bulunmuştur. Tane verimi ve su potansiyeli; nispi su içeriği, fotosistem II arasında önemli pozitif ilişki olduğu, buna karşın tane verimi ile kök özellikleri arasında pozitif ilişki olmadığı bulunmuştur. Fizyolojik parametrelerin nohutta terminal kuraklık toleransının taranması için güvenilir araçlar olabileceğini bildirmişlerdir.

2.2. Diğer Tarla Bitkilerindeki Fizyolojik Çalışmalar

Day ve ark. (1981), arpada kuarklıkla ilgili olarak, su potansiyeli ve stoma direncini ölçmüşlerdir. Çıkıştan hasata kadar değişen aralıkta farklı su stratejileri uygulamışlardır. Uygulamaların yaprak su potansiyeli ve ozmotik potansiyelin kurağa dayanım üzerinde etkisinin küçük olduğu, ozmotik ayarlamaların bu ürünün kuraklığa tepkisinde bir katkı sağlamadığı bulunmuştur. Uygulamalar arasında stomatal direncin belirgin farklılıklar gösterdiği bulunmuştur. 8 yaprağın (bayrak yaprak hariç) yaprak su potansiyeli ve çevresel değişkenler için; ışık şiddeti, su buhar basıncı açıklığı (VPD) ve sıcaklık dirençleri ölçülmüştür. Kuraklığa direnç mekanizması ile yaprak su potansiyeli veya sıcaklığın önemli bir bağlantısının olmadığı, fakat VPD ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir.

Sinclair ve Ludlow (1986), soya, börülce, siyah mercimek ve güvercin bezelyesinin su eksikliğine tepkisini belirlemişlerdir. Topraktaki nemin azalmasıyla ürünlerin nispi transpirasyon hızında benzer bir azalış olduğu bulunmuştur. Düşük epidermal iletkenliğin, düşük stoma iletkenliğinin aksine, ortalama veya ortalamanın üstünde yağışlı mevsimde dezavantaj olmayacağını, diğer bir ifadeyle bu koşullar altında verim ve gelişim için yüksek dehidrasyon dayanıklılığın zararı ve sonucunun bilinmediğini bildirmişlerdir.

Clarke ve ark. (1991), buğday genotiplerinin kuraklık stresi altında su kullanımı, su kullanım etkinliği ve yaprak su durumu residual transpirasyon ile ilişkisini araştırmışlardır. Çiçeklenme dönemi bayrak yaprak residual transpirasyonu, stoma iletkenliği, nispi su içeriği ve ozmotik potansiyel ölçümleri yapılmış ve su kullanımının residual transpirasyonla ilişkili olmadığı bulunmuştur. Residual transpirasyon hızının bitki su içeriği ile ilişkili olmadığı bildirilmiştir.

Ray ve Sinclair (1998), su eksikliği stresinde saksı hacminin mısır ve soya fasulyesinin büyümesi ve transpirasyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Saksı hacminin azalmasının stresli ve stressiz koşullarda hem mısır hem de soya fasulyesinin sap ağırlığı ve transpirasyon miktarını önemli derecede azalttığı bulunmuştur. Transpirasyonu sınırlamaya başladıkları toprak nemi eşiğinde (Mısır için FTSW#:0.31 ve soya fasulyesi için #:0.35) saksı hacimleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı, su eksikliğine tepkide transpirasyon hızı ile topraktaki nem içeriğinin ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık stresine transpirasyon cevabını belirleyen faktörün saksı veya bitki hacminden bağımsız bir şekilde topraktaki su içeriğinin olduğu bildirilmiştir.

Zaharieva ve ark. (2001), buğday gelişimi için yabani buğday *Aegilops geniculata* genotiplerinin kuraklık ve sıcaklık stresine tepkisini araştırdıkları çalışmada iki adaptasyon stratejisi ayırt etmişlerdir. Sert çevre koşullarından gelen popülasyonların yüksek su kullanım etkinliği ile düşük biyokütle ve tane ürettiği, bunların düşük klorofil içeriği, yüksek sıcaklık ve düşük residual transpirasyona sahip olan erken, küçük ve kalın yapraklarının olduğu bulunmuştur. Bu popülasyonların yapraklarındaki klorofil içeriği azlığının güçlü güneş ışığından gelen enerjiyi kısıtlayabileceğini önermişlerdir. Hafif Akdeniz iklimine sahip bölgelerden gelen popülasyonlarda yaprağın ısı düzenlemesinin transpirasyona bağlı olabildiğini, yüksek

karbon izotop ayırım değerleriyle önerildiklerini, ayrıca bu popülasyonların yüksek klorofil içeriği, yaprak alanı ve yüksek biyokütle üretimi ile karakterize edildiği belirtilmiştir. Buğdayda abiyotik streslere karşı dayanıklılığının geliştirilmesinde *Aegilops geniculata*'nın potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Cabuslay ve ark. (2002), çeltikte (*Oryza sativa L.*) fide aşamasında su eksikliğine dayanıklılık sağlayan fizyolojik özellikleri belirlemek, su eksikliğine tolerans için hızlı fakat güvenilir indeksler tanımlamak ve kurak ekosistemlerde kullanılan pirinç çeşitlerini karakterize etmeyi amaçlamışlardır. Su eksikliğinde yaprak alanının kuru madde birikiminden daha fazla azaldığı bulunmuştur. Su eksikliğinde oluşan hasarı değerlendirmek için görsel puanlamanın güvenilir bir dayanıklılık ölçütü olduğu bulunmuştur. Hafif su stresine toleranslı kültür çeşitlerinin yüksek nispi transpirasyona, düşük başlangıç yaprak alanına, yaprakta yüksek karbon izotop ayırımına ve düşük özgül yaprak ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu faktörlerin kontrole göre stresli bitkilerde toleranslı kültürlerin yaprakta yüksek nemi devam ettirme ve daha fazla yaprak alanına sahip olma, gövdede kuru madde, dokularda şeker ve nişasta devam ettirmesi için olanak sağladığı, hafif su eksikliğinin stresli bitkilerde su kullanım etkinliğini arttırdığı bildirilmiştir.

Diaz ve ark. (2002), arpada kuraklık ve atmosferik buhar basıncı açıklığının (VPD) verim, gaz değişimi, ve karbon izotop bileşenlerine etkisini araştırmışlardır. Farklı fakat sabit VPD aralığında su stresi uygulanmış ve yüksek VPD koşullarında büyüyen bitkilerin hem sulu hem de su stresi koşullarında düşük VPD koşullarında büyüyen bitkilerden daha yüksek tane verimi ve tane dolum hızına sahip olduğu bulunmuştur. Su stresinin tane verimi ve herhangi bir VPD'de bireysel tane kuru madde birikimini azalttığı belirlenmiştir. Tane dolumu boyunca kullanılan toplam su miktarının yüksek VPD'ye tepki olarak değişmediği buna karşın transpirasyon etkinliğinin azaldığı, her iki VPD sisteminde su stresi altında bayrak yaprakların net fotosentez hızında önemli azalma olduğu bulunmuştur. Orta dereceli yüksek sıcaklık ve kuraklığın verim üzerindeki zararlı etkilerinin yüksek VPD seviyesinde azaltıldığı bunun ana fotosentez organı olan başağın kuraklık stresi altında tane dolumu için asimilasyon sağlayan yüksek kapasitesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Ray ve ark. (2002), farklı buhar basıncı açıklığında (VPD) kurağa maruz

bırakılan mısır hibritlerinin toprak su iletkenliğinin sınırlandırıldığı toprak nemi eşiği (FTSW) farklılıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Artan VPD'ye karşılık FTSW eşiğinde küçük bir değişim olduğu bulunmuştur. FTSW eşiğinin toprak kuruluşuna sabit bir cevap oluşturduğunu, VPD değişikliğine çok az hassasiyet gösterdiğini bildirmişlerdir.

Anyia ve Herzog (2004), kurak şartlarda börülce genotiplerinin su kullanım etkinliği, yaprak gaz değişimi ve yaprak alanını araştırmışlardır. Su stresi uygulamasının su kullanımını ortalama %21 azalttığı ve bunun genotipler arasında %11-40'tan fazla biyokütle azalmasına sebep olduğu bulunmuştur. Su eksikliğinin iki genotipin su kullanım etkinliğini yaklaşık %20 arttırdığı fakat çoğu genotipte düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin bazılarında stoma kapanması ve yaprak alanının azaltılması ile yaprakların yüksek nispi su içeriğinin devam ettiği belirlenmiştir. Kuraklıktan kaçınmayı sağlayan yüksek yaprak su içeriğinin yaprak alanı ve spesifik yaprak alanıyla negatif ilişkili olduğu bulunmuştur. Su eksikliği altında yüksek asimilasyon oranının yüksek nispi su içeriği ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Asimilasyon oranındaki düşüşün esas olarak stoma kapanmasına bağlı olduğu, ancak stoma düzenlemesinin dışında bazı kanıtlar bulunduğunu bildirmişlerdir.

Sinclair ve ark. (2005), sorgum genotiplerinde maksimum transpirasyon hızının verim ve su kullanım etkinliğine potansiyel faydalarını araştırmışlardır. Sınırlı maksimum transpirasyon hızına verimin tepkisi su kullanım etkinliğindeki bir artış ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Maksimum transpirasyon hızının verime olumlu etkileri olacağını ve aynı zamanda suyu koruma ve daha yüksek transpirasyon etkinliğine yol açacağını bildirmişlerdir. Yetiştiricilerin risk tutumuna bağlı olarak, kurak yıllar içinde verimi artırmak ve su kullanım verimliliğini ve mahsul verim stabilitesini geliştirmek için sorgum çeşitlerinde maksimum transpirasyon hızı özelliklerinin kullanılmasının arzu edilebileceğini önermişlerdir.

Devi ve ark. (2009), sınırlı su şartları altında yer fıstığı genotiplerinin verimi artırma ile ilişkili özelliklerinin tanımlanması amacıyla yaptıkları çalışmada, dereceli su stresi altında transpirasyon etkinliği (TE) ve topraktan transpire edilebilen su kısmı (FTSW) özelliklerini ölçmüşlerdir. Sulu koşullar altında genotipler arasında TE bakımından farklılık olmadığı ancak topraktaki nemin dereceli azaldığı koşullarda

(kuruyan toprak) genotipler arasında önemli farklılık olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kuruyan toprak ile TE'nin kuruyan toprakta su kaybıyla ilişkili özelliklerle bağlantılı olabileceğini bildirmişlerdir. Maksimum TE için FTSW'nin 0,55 olduğu, fakat bu değerin bitkinin TE'ni etkileyen çevre şartlarına bağlı olarak değişebileceği bildirilmiştir.

Songsri ve ark. (2009), yer fıstığı genotiplerinin farklı toprak nemi seviyelerinde su kullanım etkinliği, hasat indeksi, kök kuru ağırlığı, spesifik yaprak alanı ve klorofil metre ölçümlerinin genetik çeşitliliğini ve azalan toprak nemi seviyelerinde su kullanım etkinliği ile kök kuru ağırlığı, spesifik yaprak alanı ve klorofil metre ölçümlerinin ilişkilerini değerlendirmişlerdir. Kuraklığın su kullanım etkinliği, kök kuru ağırlığı ve hasat indeksini azalttığı bulunmuştur. Kök kuru ağırlığının sulu koşullar ve orta dereceli kuraklıkta su kullanım etkinliğine büyük bir katkı sağladığı bulunmuştur. Şiddetli kuraklık altında spesifik yaprak alanının su kullanım etkinliğine diğer özelliklerden daha önemli katkısının olduğu belirlenmiştir. Büyük kök sistemi ve küçük spesifik yaprak alanına sahip genotiplerin su stresi şartları altında nispeten yüksek su kullanım etkinliğini sürdürebildiğini bildirmişlerdir.

Bahar ve Yildirim (2010), kuraklık tolerans indeksi ve kuraklık hassasiyet indeksi kriterlerini kullanarak bazı yazlık ekmeklik buğday genotiplerinin kuraklık direncini araştırmışlar ve hem kuraklık tolerans indeksi hem de kuraklık hassasiyet indeksinin yüksek varyasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yüksek kuraklık tolerans indeksi ve düşük kuraklık hassasiyet indeksine sahip genotipleri kuraklığa dirençli, düşük kuraklık tolerans indeksi ve yüksek kuraklık hassasiyet indeksine sahip genotipleri kuraklığa hassas genotipler olarak değerlendirmişler ve Croc 1/*Aegilops squarrosa*, Genc 99, Weawer/WL 3926, Oasis/Kauz//4 Bcn, Punjab 96 genotiplerini kuraklığa dirençlilik için genetik kaynak olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Devi ve ark. (2010), topraktaki nemin dereceli azaldığı koşullarda farklı transpirasyon etkinliğine sahip olduğu bilinen 17 yer fıstığı genotipinin değişen buhar basıncı açıklığında (VPD) transpirasyon hızını belirlemeye çalışmışlardır. Genotipler arasında varyasyon olduğu bulunmuştur. 17 genotipten dokuzunun yaklaşık 2.2 kPa VPD'de bir kırılma noktası ile transpirasyonlarını sınırladıkları ve daha yukarı VPD koşullarında transpirasyon hızında ya çok az ya da hiç artış olmadığı belirlenmiştir. Bu

nedenle bir kırılma noktasına sahip olan bu genotiplerin VPD 2.2 kPa aştığı zaman toprak suyunu koruma olasılığına sahip olduklarını belirtmişlerdir. 17 genotipten kalan sekizinin ise ölçülen VPD aralığı boyunca transpirasyon hızı tepkisinin doğrusal olduğu bulunmuştur. Artan VPD ile transpirasyon hızındaki değişimin arazi koşullarında kullanılan toprak suyunun oranının belirlenmesinde önemli olabileceğini bildirmişlerdir.

Gholipoor ve ark. (2010), sorgum genotiplerinin yüksek buhar basıncı açıklığında (VPD) transpirasyon hızı tepkisini belirlemeye çalışmışlardır. Sorgum genotipleri arasında VPD'ye transpirasyon hızı yanıtında belirgin varyasyon olduğu bulunmuştur. Genotiplerin 1.6 ile 2.7 kPa aralığındaki VPD'ye tepkisinde bir kırılma noktası gösterdikleri ve bu VPD'den sonra transpirasyonlarında ya hiç artış olmadığı ya da çok az artış olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle bir kırılma noktasına sahip bu genotiplerin, gün içi döngüsü sırasında VPD kırılma noktasını aştığı zaman toprak sularını koruma olasılığına sahip olduğu ve bu özelliğin su eksikliği mevsimlerindeki verimi arttırmak için daha az nemli ortamlarda tercih edilebileceğini bildirmişlerdir.

Kholova ve ark. (2010a), inci darının tam sulu koşullarda terminal kuraklığa tolerans ile ilişkili su kaybını kontrol eden suyu koruma mekanizmalarını araştırmışlardır. Su stresi uygulamasında kuraklığa toleranslı genotiplerin hassas genotiplere kıyasla daha düşük transpire edilebilen toprak nemi eşiğinde (FTSW) transpirasyonlarını kısıtladıkları bulunmuştur. Sulu koşullar altında toleranslı genotiplerin transpirasyon hızlarının hassas genotiplerden daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Genotipler arasındaki transpirasyon hızı farklılıklarının stoma yoğunluğu ile ilişkili olmadığı bulunmuştur. Sulu şartlar altında yapraklardan su kaybını kontrol eden temel özelliklerin inci darının terminal kuraklığa dayanıklılığı ile ilişkili olduğunu ve bu tür özelliklerin terminal kuraklık stresi altında tane dolumu boyunca daha fazla su bulunmasına yol açabileceğini bildirmişlerdir.

Kholova ve ark. (2010b), kuraklığa toleranslı genotiplerin sulu koşullarda düşük transpirasyon hızına sahip olmasının yüksek buhar basıncı açıklığında (VPD) transpirasyon hızı konsantrasyonu ve yaprak absisik asiti (ABA) ile ilişkisini ve bunların transpirasyon etkinliğinde (TE) farklılıklara yol açıp açmadığını araştırmışlardır. Sulu koşullar altında toleranslı genotiplerde ABA seviyesinin hassas genotiplerden daha yüksek olduğu ve su stresi altında artmadığı bulunmuştur. Sulu

koşullar altında tüm VPD seviyelerinde kuraklık stresine toleranslı genotiplerin transpirasyon hızının hassas genotiplerin transpirasyon hızından daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Sulu koşullar altında kuraklığa toleranslı inci darının (i) yaprak ABA içeriği ile ilişkili olduğu düşünülen düşük VPD’de bile düşük transpirasyon hızı, (ii) hidrolik sinyallerin etkilediği yüksek VPD’ye duyarlı transpirasyon hızını daha fazla kısıtlayan iki su koruma mekanizmasının kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Her iki özelliğin de TE de farklılıklara yol açmadığı, kuru ağırlık artışıdaki farklılıklardan dolayı görülen mutlak su tasarrufuna katkıda bulunabileceğini bildirmişlerdir. Tane dolumu boyunca önemli olan bu korunan suyun terminal kuraklık stresine toleranslı hatların ıslahında dikkate alınabileceğini belirtmişlerdir.

Yıldırım ve Bahar (2010), dört buğday genotipi ve onların 6 yarım diallel F_2 melezlerinin verim ve bazı agronomik özelliklerine sıcaklık ve tuz stresinin etkilerini araştırmışlardır. Stressiz ve sıcaklık stresi altında tane verimi yönünden genotipler arasında önemli farklılık olduğu, tuz stresinden dolayı %12.6 verim azalması olduğunu belirlemişlerdir. Tuz stresi altında sıcaklık stresi daha az iken biyokütledeki azalmanın tane verimindeki azalmadan daha fazla olduğu, tane veriminin stressiz, sıcaklık ve tuz stresi koşullarında başak ağırlığı, hasat indeksi, biyolojik verim ve bitki başına tane sayısı ile pozitif ilişkili olduğu bulunmuştur. Kullanılan genotiplerden yüksek verim kapasitesi ile hem sıcaklık hem de tuzluluk stresine toleranslı genotiplerin seçilmesinin mümkün olmadığını bununla birlikte sıcaklık veya tuzluluğa toleranslı genotiplerin genotipler arasındaki genetik çeşitlilikten dolayı seleksiyon ıslahı ile geliştirilebileceğini bildirmişlerdir.

Bahar ve ark. (2011), ekmeklik buğday genotiplerinin sıcaklık stresi altında stoma iletkenliği, bitki sıcaklığı, bitki örtüsü serinliği ve yeşil kalma süresi gibi bazı morfo-fizyolojik özelliklerini araştırmışlardır. 1) genotipler arasında önemli farklılık olmamasına rağmen ölçülen zamanlar arasında stoma iletkenliğinin yüksek değer gösterdiği, 2) bitki sıcaklığı ve tane verimi arasında önemli ters ilişki olduğu, 3) genotipler arasında önemli farklılık olmamasına rağmen bitki örtüsü serinliği ve tane verimi arasında güçlü pozitif ilişki olduğu, 4) genotiplerde herhangi bir istatistik farklılık göstermemesi gerçeğine rağmen, yeşil kalma süresi ile bitki sıcaklığı arasında önemli negatif ilişki olduğu fakat tane verimi ile önemsiz pozitif ilişki olduğu bulunmuştur. Tüm fizyolojik özelliklerin değerlendirilmesiyle bazı genotiplerin sıcaklık

stresi koşullarında bile yüksek verim verdiği ve bunların sıcaklık stresine toleranslı buğday yetiştirme ıslah programlarında gen havuzu olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Vadez ve ark. (2011), darı gen kaynaklarının lisimetrik sistem kullanarak verim, transpirasyon etkinliği ve topraktan su alma kapasitesini dönem sonu su stresi ve sulu koşullarda araştırmışlardır. Stres koşullarında tane veriminin 10 kat, transpirasyon etkinliğinin 2 kat ve topraktan su alma kapasitesinin 1.25 kat değiştiği bulunmuştur. Transpirasyon etkinliği ve topraktan su alımı arasında genotip ve su uygulamaları arasında geniş etkileşimin yansıması olarak stresli ve stressiz koşullarda zayıf ilişki olduğu bulunmuştur. Yapılan çoklu regresyon analizi sonuçları tane dolumu boyunca topraktan su alımının önemli olduğunu göstermiştir. Transpirasyon etkinliği ve topraktan su alımı yönünden geniş genetik çeşitliliğin ıslahta iyi bir şans sunduğunu bildirmişlerdir.

Belko ve ark. (2012), terminal kuraklık stresine tepkileri farklı olan börülce genotiplerinin dereceli toprak kuruma koşullarına tepkilerindeki farklılığı araştırmışlardır. Bu amaçla farklı atmosferik buhar basıncı açıklığında (VPD) büyüme ve kanopi iletkenliğini ölçme, toleranslı ve hassas genotiplerin dereceli kuraklık stresinde büyüme tepkilerindeki farklılıkları değerlendirme, genotip ve çevrelere karşı transpirasyonun azaldığı toprak nemi eşiğinde (FTSW) varyasyon olup olmadığını belirlemeye çalışmışlardır. Vejetatif ve erken bakla dolum aşamasında sulu koşullar altında bitki kütlesi ve yaprak alanının düşük VPD koşullarında daha büyük olduğu ve genellikle toleranslı genotiplerde hassas genotiplerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Birkaç kuraklığa toleranslı hattın yüksek VPD şartları altında sulu koşullarda transpirasyon hızını sınırlamayla hassas hatlardan daha düşük transpirasyon hızına sahip olduğu belirlenmiştir. Stres şartları altında toleranslı hatların hassas hatlardan daha düşük FTSW'de transpirasyonlarını azalttığı, aynı zamanda kuraklığa toleranslı hatların şiddetli stres şartlarında daha yüksek transpirasyon hızı ve bitki örtüsü sıcaklığını devam ettirdiği bulunmuştur. Stres şartlarında transpirasyon etkinliğinin toleranslı hatlarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Farklı su sistemleri altında transpirasyon hızı, transpirasyon etkinliği, bitki örtüsü serinliği ve FTSW arasında önemli ilişki olduğu tespit edilmiştir. Düşük kanopi iletkenliğinin bitki büyüme ve su kullanımını sınırladığı ve toleranslı hatların şiddetli stres şartları altında transpirasyon hızını daha

yüksek olmasını ve toprak kuruyana kadar stressiz bir bitki gibi davranmasını sağladığı bildirilmiştir.

Kumar ve ark. (2012), mercimekte kuraklığa dayanıklılık sağlayan özelliklerin fenotiplemesini araştırmışlardır. 65 günlük bitkilerde ortalama kök uzunluğunun 42-83 cm aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. İki genotipin (EC 208362 ve VKS 16/11) kısa kök uzunluğu ve az kuru kök ağırlığına sahip olduğunu, üç genotipin (DPL 53, JL 1 ve IPL 98/193) uzun kök uzunluğu ve fazla kök kuru ağırlığına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Kuru koşullarda kök uzunluğu ile tane verimi arasında ilişki olmadığını tespit etmişlerdir. Kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığı ile SPAD değerleri arasında önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Kök fenotip özelliklerinin ölçülmesinin zor olduğu arazi koşullarında SPAD'ın seçim kriteri olarak kullanılabileceği bulunmuştur. Kuraklığa meyilli ortamlarda, erken çiçeklenme ve olgunlaşma, fide gücü, yüksek SPAD değeri, biyolojik verim ve hasat indeksi özelliklerini mercimekte daha yüksek tane verimi için önemli özellikler olarak tanımlamışlardır. Mercimek genotiplerinde bu özellikler için önemli genetik değişkenlik olduğunu belirlemişlerdir. Hindistan kaynaklı genotiplerin uzun kök ve daha fazla kök kuru ağırlığına sahip olarak kuru ortamlara daha iyi uyum sağladıklarını belirlemişlerdir. Süper kök özelliğine sahip olduğu tanımlanan üç genotipin (DPL 53, JL 1 ve IPL 98/193) ya orijinalde ya da kökenlerinden en az bir ebeveynin kuru koşullara adaptasyon yeteneğine sahip olduğu bulunmuştur. Mercimekte kuraklığa dayanıklılık ve yüksek verimli çeşitlerin markör destekli ıslah çalışmaları ve bu özelliklerle ilişkili QTLs tanımlamak için popülasyon haritalamanın geliştirilmesinde bu genotiplerden faydalanılabileceğini bildirmişlerdir.

Schoppach ve Sadok (2012), Güney Avustralya koşullarında yetiştirilen elit buğday hatlarının yüksek buhar basıncı açığında (VPD) ve toprak su eksikliğinde transpirasyon hızı duyarlılığının genetik değişkenliğin derecesini araştırmışlardır. Genotipler arasında VPD'ye verilen transpirasyon hızı yanıtlarının değişkenlik gösterdiği, bazı genotiplerin 2.4-3.9 kPa VPD aralığında transpirasyonlarını kısıtladıkları, bazı genotiplerin ise transpirasyonlarını hiçbir VPD seviyesinde kısıtlamadıkları doğrusal bir eğim gösterdiği bulunmuştur. Dereceli su stresine maruz bırakılan genotiplerin 0.43-0.52 transpire edilebilen toprak nemi (FTSW) eşiklerinde transpirasyonlarını azaltmaya başladıkları belirlenmiştir. VPD ve FTSW arasında fenotipik ilişki olduğunu ortaya çıkarmışlar ve farklı elit buğday hatları arasında yüksek

VPD ve su stresine transpirasyon hızı tepkilerinde önemli bir varyasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2012), sıcaklık ve buhar basıncı açıklığının (VPD), stoma iletkenliğini etkileyen önemli faktör olduğunu belirtmişler ve mısırdaki buhar basıncı açıklığında transpirasyon tepkisine sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. İncelenen tüm melezler için VPD arttıkça transpirasyon hızında artış olduğu, bunun iki segmentli doğrusal regresyonla iyi tanımlandığını bildirmişlerdir. VPD kırılma noktasından sonra VPD artışıyla transpirasyonda biraz daha fazla artış olduğu bulunmuştur. Yüksek VPD’de transpirasyonu sınırlama özelliğinin mısırdaki kuraklığa toleransı arttırmak için ıslah programlarında kullanılabilecek bir özellik olduğu bildirilmiştir.

Belko ve ark. (2013), kuraklık stresine toleranslı ve hassas bürülce genotiplerinin terminal kuraklık stresi için yüksek buhar basıncı açıklığında (VPD) ve sınırlı su şartlarında transpirasyon hızını sınırlama özelliğindeki farklılıkları araştırmışlardır. Genel olarak bitkilerin yaprak alanının düşük VPD koşullarında yüksek VPD koşullarından daha fazla olduğu ve toleranslı genotiplerin daha düşük bitki biyokütlesi oluşturma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Toleranslı genotiplerin hassas genotiplere kıyasla özellikle en yüksek VPD’de önemli derecede daha düşük transpirasyon hızına sahip olduğu belirlenmiştir. Su kaybının kontrol edilmesinin toleranslı ve hassas genotiplerde ayırt edici olduğu bu nedenle terminal kuraklık stresine dayanıklılıkta güvenilir bir gösterge olabileceğini bildirmişlerdir.

Kholova ve ark. (2013), inci darının kuraklığa toleransta önemli agronomik özelliklerle biyokimyasal süreçlerini araştırmışlardır. Fotosentetik pigmentler (klorofiller a, b ve karotenoidler), antioksidatif izoenzimler (süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz ve katalaz), fizyolojik özellikler (mevcut toprak nemi, normalleştirilmiş transpirasyon, yeşil kalma süresi ve su ekstraksiyonu), biyokütle ve verim arasındaki genotipik çeşitlilik ve ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Biyokimyasal özelliklerin stresli koşullarda birbiriyle sıkıca ilişkili olduğu fakat sulu koşullarda olmadığı belirlenmiştir. Hem verim hem de biyokimyasal özelliklerin stres koşullarında bitki/toprak su ilişkisiyle yakın ilişkili olduğu, buna karşın verim ve biyokimyasal göstergelerin biri hariç ilişkili olmadığı bulunmuştur. Biyokimyasal özelliklerin verime direk etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır.

Koolachart ve ark. (2013), terminal kuraklık stresine verim tepkileri farklı olan yer fıstığı genotiplerinin biyolojik ve ekonomik verimle ilişkili kök kuru ağırlığı ve kök yoğunluk yüzdesini araştırmışlardır. Hasatta kök kuru ağırlığı, kök yoğunluk yüzdesi, stoma iletkenliği, su kullanım etkinliği, bakla verimi, biyokütle ve hasat indeksini ölçmüşlerdir. Kuraklık stresinin bakla verimi, biyokütle ve hasat indeksini önemli derecede azalttığı bulunmuştur. Genel olarak genotiplerin terminal kuraklığa verim cevabında kök kuru ağırlığı ve kök yoğunluk yüzdesinin ilişkili olmadığı, bununla birlikte bazı genotipler için terminal kuraklık stresi altında kök kuru ağırlığı ve kök yoğunluk yüzdesi arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Büyük kök sistemi ve yüksek stoma iletkenliği, su kullanım etkinliği, biyokütle ile genotiplerin terminal kuraklık stresi altında daha yüksek bakla verimi sağladığı bulunmuştur. Kuraklığa karşı direnci geliştirmek için kök yoğunluk yüzdesinin iyi bir seçim kriteri olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Berger ve Ludwig (2014), düşük ve yüksek yağışlı ortamlardan elde edilen yabani ve kültür lupin türlerinin zıt çevre koşullarında kuraklık stresine adaptasyon stratejilerini araştırmışlardır. Yüksek yağışlı uzun dönem ortamlarının rekabet için gecikmiş fenoloji, yüksek toprak üstü/altı biyokütle, verimlilik ve doğurganlık seçimleri yaptığı ve bunun yüksek su kullanma ve erken stres başlanıncına yol açtığını, kuraklığa meyilli ortamlarda kuraklıktan kaçma/kaçınma özelliklerinin seçildiğini ve bunun üretim potansiyelini azalttığını belirtmişlerdir. Bu çalışma ile yüksek yağışlı ekotiplerin su stresi altında daha düşük kritik yaprak su potansiyeli oluşturarak daha yüksek nispi su içeriği ürettiği bulunmuştur. Yabani genotiplerden uygun rekabetçi özelliklerin seçilerek aktarılması ile ürün üretim aralığının genişletilebileceğini bildirmişlerdir.

Kenney ve ark. (2014), çiçeklenme zamanı ve su kullanım etkinliğinin (SKE), bitki kuraklık yanıtı için önemli olan iki ekolojik özellik olduğunu, *Arabidopsis thaliana*'da çiçeklenme süresi, SKE ve SKE plastisitesindeki doğal genetik varyasyonun evrimsel önemini anlamak için; 1) ekofizyolojik özelliklerin farklı toprak nemi ortamları içinde ve arasında genetik olarak nasıl ilişkili olduğu, 2) erken çiçeklenme ve kuraklık kaçışı özelliklerinin terminal kuraklığa karşı seçimi, 3) SKE plastisitesi kuraklığa uyarlanabilirliği ve/veya maliyetini araştırmışlardır. SKE ve çiçeklenme zamanının genetik bakımdan sürekli positif ilişkili olduğu bulunmuştur. SKE'nin SKE plastisitesi ile bağlantılı olduğu fakat bağlantı yönünün uygulamalar

arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Erken çiçeklenme ve düşük SKE'nin genel olarak avantajlı olduğu, kuraklıkta erken çiçeklenme ve SKE'nin sulu koşullardan daha anlamlı avantaja sahip olduğu bulunmuştur. SKE ve çiçeklenme zamanı arasındaki güçlü genetik korelasyon kuraklık kaçışının gelişimini kolaylaştırabileceğini veya bu özelliklerin bağımsız gelişimini sınırlayabileceğini bildirmişlerdir. Periyodik kuraklığa sahip ortamlardaki SKE plastisitesinin tamamen kararlı gelişimden yana olabileceğini bildirmişlerdir.

Rosas-Anderson ve ark. (2014), yer fıstığı genotiplerinde aşırı su stresinden sonra iyileştirmenin genotipler arasındaki transpirasyon ve yaprak onarımına etkisini ölçtükleri çalışmada hem transpirasyon hem de yaprak onarımı için genotipler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiş ve her iki özellik için de üstün genotipler belirlemişlerdir.

Beggi ve ark. (2015), inci darı genotiplerinin; su ve fosfor stresinin birlikte etkisi altında transpirasyon ve nihai verim arasındaki ilişkiyi ve bunun altında yatan mekanizmayı anlamak ve ıslah programlarını geliştirmek için yürüttükleri çalışmada, düşük fosfor içeriğinin çiçeklenmeyi geciktirdiği ve bu gecikmenin hassas genotiplerde daha fazla olduğu ve hassas genotiplerdeki çiçeklenme gecikmesinin bitkiyi terminal su stresine hassaslaştırdığı bulunmuştur. Fosfor eksikliği topraklarda, düşük fosfora dayanıklı ve hassas genotiplerin benzer miktarlarda su kullandığı, bununla birlikte dayanıklı hatların çiçeklenme öncesi daha az transpirasyon yaparak tane dolumu için daha fazla su bıraktığı buna karşın hassas genotiplerin çiçeklenme öncesi daha fazla su kullanarak tane dolumu için daha az su bıraktığı bulunmuştur. Tane veriminin çiçeklenmeden sonra su alımı ile pozitif ilişkili olduğu, fosfor desteğiyle özellikle hassas hatlarda transpirasyon etkinliğinin arttığı ve düşük fosforlu toprak şartları altında dayanıklı genotiplerin hassas genotiplerden daha yüksek transpirasyon etkinliğine sahip olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak düşük fosfora dayanıklı inci darı bitkilerinin düşük fosforlu toprak yüzünden oluşan çiçeklenme gecikmesine daha dirençli olduğu ve daha yüksek transpirasyon etkinliği sunduğunu bildirmişlerdir.

Choudhary ve ark. (2015), yüksek buhar basıncı açıklığında (VPD) farklı transpirasyon tepkisine sahip hibrit mısırların tüm bitkinin ve bitkiden ayrılan yapraklarının aquaporin inhibitörlerine tepkisini belirlemeyi ve transpirasyon hızlarının

VPD'ye tepkisini ölçmede yapılacak olan testlerdeki hatların sayısını azaltmak için bir inhibitör kullanarak bir başlangıç tarama yöntemi geliştirmeyi araştırmışlardır. Bu amaçla beş inhibitör gümüş (AgNO_3), altın (HAuCl_4), çinko (ZnCl_2), civa (HgCl_2) ve sikloheksimid (CHX) kullandıkları çalışmada, mısırdaki yapraklara gümüş uygulamasını yüksek VPD altında transpirasyonu sınırlama özelliğinin ifadesi için potansiyel olarak yararlı bir fizyolojik tarama unsuru olabileceğini bildirmişlerdir.

Durmuş ve ark. (2015), mısırın kısıtlı ve tam sulama koşulları altında su kullanım etkinliği ile ilişkili bazı fizyolojik parametreleri incelemek için yürüttükleri çalışmada, toplam tane verimi, tek bitki kuru ağırlığı, bin tane ağırlığı, transpirasyon miktarı ve kanopi içi evaporasyon miktarları, su kullanım etkinlikleri ve prolin içeriklerini ölçmüşlerdir. Kısıtlı sulama uygulamasında çeşitlere ait tane verimi, toplam kuru ağırlık ve bin tane ağırlıklarında istatistik önemli bir farklılık olmadığı bulunmuştur. Her iki sulama uygulamasının çeşitlerin transpirasyon miktarlarına etkisinin önemsiz olduğu, fakat evaporasyon değerleri arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur. % 20'lik su kısıtlaması uygulamasının hem transpirasyona dayalı hem de sulama miktarına dayalı su kullanım etkinliği değerlerinde artış sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışmada kısıtlı su uygulamasının prolin akümüasyonu açısından bir fark oluşturmadığı, bu aminoasidin daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde stres koşullarının daha etkili olduğu durumlarda bu fonksiyonu oluşturduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir.

Halilou ve ark. (2015), su stresinin börülce ve yer fıstığında su kullanımı, transpirasyon etkinliği ve verime etkisini araştırmışlardır. Börülcenin yer fıstığından daha az suya ihtiyaç duyduğu, yer fıstığının veriminin su stresine börülceden daha hassas olduğu ve aynı zamanda stresli koşullarda börülcenin transpirasyon etkinliği, hasat indeksi ve bakla veriminin yer fıstığından daha kararlı olduğu bulunmuştur. Stresli koşullarda her iki türün residual verim (hasat indeksi tarafından açıklanmayan verim) değişkenliğinin başlıca belirleyicisinin transpirasyon etkinliği olduğunu ve genellikle su kullanımı, transpirasyon etkinliği ve hasat indeksi için her iki türde de su rejimi ve sezona karşı genetik değişiklik olduğunu belirlemişlerdir. Yağışlı mevsimlerde yer fıstığının su kullanımında ve transpirasyon etkinliğinde varyasyon olmamasının önemli bir istisna olduğunu ve börülcenin evapotranspirasyonun yüksek olduğu mevsimde etkili su kullanımı ve daha az su ihtiyacı göstermesinin bu türün su kısıtlı ve yüksek

evapotranspirasyon koşullarına yer fıstığından daha dirençli olduğunu bildirmişlerdir.

Messina ve ark. (2015), Amerika Birleşik Devletleri'nde bölgesel ölçekte mısırın verim performansında transpirasyon hızını sınırlamada genotipin olası etkisini değerlendirmek için bir simülasyon çalışması yürütmüşlerdir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki farklı çevre şartlarında yetiştirilen mısırdaki verim kaybının su eksikliğinden kaynaklandığını, verimde su eksikliğinin etkisinin ürün yönetim sistemi ve hibritlerin fizyolojik karakterine bağlı olduğu belirtilmiştir. Hibrit mısırlar arasındaki genetik çeşitlilik, yüksek buhar basıncı açıklığına (VPD) transpirasyon tepkisinde transpirasyonu sınırlama özelliğinin mısırdaki verim ve kuraklığa toleransı geliştirmeye katkıda bulunabilir bir özellik olduğu gösterilmiştir. VPD'de bir VPD eşiğinin üzerinde transpirasyonu sınırlama özelliği günlük transpirasyon etkinliğini ve mevsim sonunda kullanılacak mevcut suyu artırabileceği belirtilmiştir. Transpirasyonu sınırlama özelliğinin kuraklığa eğilimli çevrelerde mısır performansını geliştirebileceğini ve mısır üretiminde bu özelliğin etkisinin coğrafya, çevre tipi, özelliklerin ifadesi ve bitki yoğunluğu ile değişebileceğini göstermişlerdir. Su sıkıntısı olmayan çevrelerde küçük bir verim kaybı simüle edilirken kuraklığa eğilimli çevrelerde en yüksek ortalama verim artışı simüle edilmiştir.

Riar ve ark. (2015), düşük sıcaklıkta (31°C) transpirasyonu sınırlama yeteneğine sahip sorgum genotiplerinin yüksek sıcaklıkta (37°C) transpirasyonu sınırlama ifadesini araştırmışlardır. 16 genotipten sadece 3 tanesinin 37°C'de transpirasyonu sınırlama ifadesini devam ettirdiği bulunmuştur. Bu sonuçlar, sıcaklığın genellikle 37°C'ye ulaşabileceği ya da aşabileceği ortamlarda sorgum genotiplerinin transpirasyonu sınırlama özelliğini kaybederek yüksek sıcaklığa uyum sağlamanın avantajlı olduğunu belirlemişlerdir. Ürünü tehdit eden yüksek sıcaklıklarda transpirasyonlarını sınırlama özelliğini kaybeden genotiplerin bu sıcaklıklarda transpirasyon hızlarının artması yaprakların soğumasına yol açabilmesi nedeniyle daha fazla istenebileceğini bildirmişlerdir.

Barutcular ve ark. (2016), kurak ve sıcaklık stresi altındaki çevre koşullarında yüksek kalite özellikleri ile üstün buğday çeşidini belirlemek ve tane kalite özelliklerini değerlendirmişlerdir. Genotip ve çevrenin tüm kalite parametrelerine önemli etkisi olduğu bulunmuştur. Kuru koşulların tanenin protein ve kuru gluten içeriği hariç tane

kalite özelliklerinde, sıcaklık stresinin tane ağırlığı, tane nişasta içeriği, hektolitre ağırlığı, gluten içeriği ve tahıl un içeriğinde önemli bir azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yüksek sıcaklıkla ilişkili geciktirilmiş ekimin protein içeriği, kuru gluten içeriği ve zeleni testinde genel olarak artışa neden olduğu bildirilmiştir. İnqilab-91, Cham-6, Adana-99 ve Meta-2002 genotiplerinin olumsuz koşullara tane kalitesi bakımından daha sağlıklı ve iyi tepki veren genotipler olduğunu, bu genotiplerin Türkiye'nin sıcaklık ve su stresi çevrelerinde ekim için iyi adaylar olacağını bildirmişlerdir.

Fuentealba ve ark. (2016), farklı çim türlerinin kuraklık stresi altında sulu ve su stresli koşullarda transpirasyon tepkisini belirlemeye çalışmışlardır. Sulu koşullarda farklı evapotranspirasyona sahip olan tür içindeki genotiplerin kurağa maruz bırakmada transpirasyonlarını topraktaki nem miktarı 0.25-0.41 arasında iken kısıtlamaya başladıkları bulunmuştur. Kırılma noktası değerleri ile stres süresi arasında ilişki olmadığı bulunmuştur. Böylece sıcak mevsim çim türlerinin sulu koşullarda evapotranspirasyon ve kırılma noktasındaki çeşitliliğin önemli olduğunu ve kuraklık tepkilerinin daha iyi anlaşılmasında ve su korumasına katkıda bulunabileceğini bildirmişlerdir.

Ryan ve ark. (2016), mısır genotiplerinin su kullanım etkinliğinde genetik çeşitliliğin tanımlanması ve gravimetrik fenotipleme ile atmosferik buhar basıncı açıklığına (VPD) tüm bitkinin transpirasyon tepkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada sulu koşullardaki bitkilerin su kullanım etkinliğinde 2 kat varyasyon olduğu bulunmuştur. Yüksek su kullanım etkinliğine sahip genotiplerin transpirasyonlarını kısıtlamadan önce önemli ölçüde daha düşük bir VPD'ye ihtiyaç duydukları belirlenmiştir. Yüksek su kullanım etkinliğine sahip genotiplerin kırılma noktasından sonra VPD'ye yanıt olarak düşük su kullanım etkinliğine sahip genotiplere kıyasla önemli ölçüde daha düşük transpirasyon hızına sahip oldukları bulunmuştur. Kırılma noktası değerlerinin VPD'ye duyarlı stoma ile önemli derecede pozitif ilişkili olduğu bulunmuştur. Stomaların VPD'ye tepkisinde bir kırılma noktası olmasının bazı genotiplerin sera veya arazi koşulları altında ölçülmesine bağlı olarak neden çelişkili su kullanım etkinliği sıralaması gösterdiğini açıklamaktadır. Yüksek VPD koşulları altında transpirasyonu sınırlama özelliğine sahip seçilen genotiplerin tüm bitki su kullanım etkinliğini önemli bir şekilde arttırabileceğini bildirmişlerdir.

Tiryaki (2016), Yoncada (*Medicago sativa L.*) kuraklık stresi ve tolerans mekanizması üzerine çalışmışlardır. Bitkilerin şimdiye kadar kuraklığa toleransı ile ilgili ya toleranslı bitkiler ile hassas bitkiler arasındaki fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler farklılıkların belirlenmesi ya da mevcut genotipler arasından kuraklığa daha iyi dayanabilen genotiplerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda başarı elde edilmesinin gen kaynağına, çeşitliliğine ve tarama yönteminin başarısına bağlı olduğunu belirtmiştir. Kurağa toleransın düşük kalıtım değerine sahip olması, birçok gen tarafından kontrol edilmesi, epistatik ve çevresel etkilere maruz kalması mevcut genotiplerden doğrudan seleksiyon yoluyla toleranslı bitkilerin belirlenmesinde başlıca önemli sorunlar olduğunu belirtmiştir.

Vadez ve Ratnakumar (2016), yer fıstığı genotiplerinin değişen buhar basıncı açıklığı (VPD), sulu koşullar ve aralıklı su stresi şartlarında transpirasyon, transpirasyon etkinliği ve hasat indeksinin verime katkısını araştırmışlardır. Su stresi altında düşük ve yüksek VPD dönemlerinde transpirasyon etkinliği için genotipler arasında büyük varyasyon olduğu fakat yüksek VPD döneminde düşük VPD dönemine göre genotipler arasında daha büyük aralık olduğu bulunmuştur. Su stresi altında hasat indeksinin her iki VPD döneminde de verimle ilişkisi olduğu fakat transpirasyon etkinliğinin verimle sadece yüksek VPD döneminde doğrudan ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Hasat indeksinin verim üzerindeki doğrudan etkisini kaldırdıktan sonra düşük VPD sezonunda aykırı olmasına rağmen transpirasyon etkinliğinin her iki VPD sezonunda kalan verimdeki farklılığın büyük bir kısmına açıklık getirdiği, buna karşın genotipler arasında farklılık gösteren topraktan alınan su miktarının ne doğrudan bakla verimi ne de hasat indeksi tarafından açıklanmayan residual verimle ilişkisinin olmadığı bulunmuştur. Yüksek VPD ortamlarında yer fıstığındaki verim farklılıklarının açıklanmasında transpirasyon etkinliğinin önemli bir faktör olduğunu, daha önce önerilen yüksek fotosentez hızından ziyade transpirasyon etkinliğinin daha önemli olabileceğini, yüksek VPD koşullarında yürütülen ıslah çalışmalarının yer fıstığının geliştirilmesinde yeni fırsatlar açacağını bildirmişlerdir.

Guiguitant ve ark. (2017), Güney Asya'da mercimek genotiplerinin kontrollü ve doğal çevre koşullarında yüksek VPD'de transpirasyonu sınırlama özelliğini araştırmışlardır. Doğal koşullar altında ölçülen hiçbir genotipin transpirasyonu sınırlamadıkları tüm genotiplerin VPD arttıkça transpirasyon miktarlarının da arttığı

buna karşın kontrollü koşullarda yaklaşık olarak 3.4 kPa VPD’de genotiplerin transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları ve kırılma noktası gösterdikleri bulunmuştur. Yapılan çalışmayla kuraklık şartlarını temsil eden simülasyon hazırlanmış ve ileriye dönük mercimek genetik gelişimi için düşük VPD şartlarında kırılma noktası gösterecek mercimek gen kaynağının araştırılmasına ihtiyaç duyulacağını bildirmişlerdir.

Lu ve ark. (2017), mısırın kuraklık stresi ile başa çıkma ve kurak koşullarda verim ve su kullanma etkinliğini artırmada bir yetiştirme stratejisi olan ekim tarihini ayarlamının etkisini araştırmışlardır. Ekim tarihinin ertelenmesiyle mısırın gelişme süresinin kısaldığı bulunmuştur. Verimin ekim tarihi süresince toprak nemi içeriği, koçan püskülünden önceki yağış, koçan püskülünden sonraki toplam sıcaklığın etkisi ve koçan püskülünden sonra ve bin tane ağırlığının koçan püskülünden sonraki ışıklanma süresiyle yüksek ilişkili olduğu belirlenmiştir. Erken ekimlerde mısır verimini etkileyen ana faktörün birim alan başına koçan sayısı ve fide çıkış oranını azaltan düşük toprak nemi içeriği olduğunu, geç ekimlerde koçan püskülünden sonra daha az kuru madde birikimi ve daha düşük bin tane ağırlığı üretmesine yol açan üretken dönem boyunca güneş ışığı süresinin kısa olması ve toplam sıcaklığın az olmasının verimi etkileyen ana faktör olduğunu bildirmişlerdir. Uygun ekim zamanında koçan püskülünden sonra kuru madde birikimi ve hektar başına asıl koçan sayısının, su kullanım etkinliği ve verimin arttığı bulunmuştur. Sonuç olarak kuzey Çin ve benzer alanlardaki tarımsal ekosistemde bahar mısırında etkili ekim tekniğiyle kuraklık stresinin engellenebileceğini bildirmişlerdir.

Medina ve ark. (2017), farklı fasulye türlerinin sulu koşullarda değişen buhar basıncı açıklığında (VPD) stoma kapatma özelliğini değerlendirmişler ve ortalama stoma iletkenliğinde genotipik bir varyasyon bulunduğunu fakat fasulye türlerinin değişen VPD şartlarında stomalarını kapatmalarının çok düşük olduğu bulunmuştur. Çoğu fasulye türlerinde sulu koşullar altında kayda değer stoma kapatması beklenmediğini, bununla birlikte düşük VPD koşulları altında tür ve genotiplerin stoma iletkenliğinde yapısal genetik varyasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Medina ve ark. (2017), kurak ve sulu koşullarda inci darı genotiplerinin suyu kontrollü kullanmasına etki eden özellikleri araştırmışlardır. Düşük yağışlı alanlara

adaptasyon sağlamış hibrit hatların transpirasyona tepki eğiminin yüksek yağış alan bölgelerden daha yüksek olduğu fakat toprak kuruluşuna transpirasyon tepkisinde değişiklik göstermediği bulunmuştur. Düşük buhar basıncı açıklığında (VPD) sera koşullarında yetiştirilen yüksek yağışlı bölgeler için ıslah genotiplerine kıyasla düşük yağışlı bölgeler için ıslah edilen genotiplerin daha az yaprak alanı, kuru madde, kalın yapraklar, kök gelişimi ve transpirasyona sahip olduğu fakat bu genotiplerin ne kök uzunluğu ne de kök/gövde indeksinde farklılık olmadığı, tersi durumda yüksek VPD’de açık ortam koşullarında yetiştirildiğinde, düşük yağışlı ortamların hibritleri en yüksek yaprak, kardeş ve biyokütle gelişimine sahip olduğu bulunmuştur. Düşük yağışlı alanların genotipleri toprak kuraklığında, yüksek yağışa uyumlu genotip ve hibritlere kıyasla ebeveyn hatlardan daha az biyokütle biriktirdiği bulunmuştur. Sonuç olarak, yüksek yağışlı bölge hibritlerinin yüksek buhar basıncı açıklığında transpirasyonlarını kısıtladıkları fakat düşük yağışlı bölge hibritlerinin transpirasyonlarını kısıtlamadıkları ve daha sonra yüksek buhar basıncı açığı altında geniş bir bitki topluluğu devam ettirme yeteneğinde olduğunu bildirmişlerdir. Düşük yağışlı bölgelerdeki hibritlerin bu özelliklerinin, mevcut olduğu zaman maksimum su kullanımının düzensiz ve düşük yağışlı bölgeler için uyum stratejisinin bir parçası olduğu, seleksiyon ıslah süreçlerine ıslahın bir parçası olarak bu özelliklerin eklenmesinin iyi bir fırsat açacağını bildirmişlerdir.

Sermons ve ark. (2017), kamışsı yumak bitkisinde değişen buhar basıncı açıklığı (VPD) ile üç farklı sıcaklıkta büyümeyi engelleyici büyüme düzenleyicileri (trinexapac-ethyl) ve düşük beslenme ile su kaybındaki farklılıklarını incelemişlerdir. Düşük beslenme ve büyüme düzenleyici uygulamalarının kırpma kütlelerini büyük ölçüde etkilediği, fakat su kaybının benzer kaldığı bulunmuştur. Hidrofonik deneylerde kırpma kütlelerini değiştiren uygulamaların toplam bitki büyümesini zorunlu olarak değiştirmede bulunmuştur. Bu nedenle bu çimlerin transpirasyonunu tahmin etmek için tüm bitki büyümesinin kullanılması yerine sadece kırpılan kısımların verilerinden büyümenin doğru bir şekilde belirlenebileceğini belirtmişlerdir. Özellikle her bir sıcaklık içinde transpirasyonun VPD ile pozitif ilişkili olduğunu, fakat daha yüksek sıcaklık uygulamalarının transpirasyon üzerinde bitkinin kontrolünün azalmasına neden olan belirtiler olduğu bulunmuştur. Transpirasyon hızlarını tahmin etmede, transpirasyon üzerindeki fizyolojik kontrolün dengesizliğinden dolayı potansiyel

kısıtlamalar olduğunu bildirmişlerdir.

Tekdal ve Yıldırım (2017), makarnalık buğday genotiplerinde sıcaklık stresine toleransta kullanılabilecek kolay ve hızlı ölçülebilen bazı morfo-fizyolojik özelliklerden bitki örtüsü sıcaklığı, klorofil içeriği, tane dolum süresi, tane dolum hızı, mumsuluk, yaprak dikliği ve tane verimini araştırmışlardır. Sıcaklık hassasiyet indeksinin hesaplandığı çalışmada düşük bitki örtüsü sıcaklığı ve tane dolum hızının sıcak stresine toleransla ilişkili olduğu, yaprak klorofil içeriği, yaprak dikliği ve mumsuluk değerleri ile sıcaklık stresine tolerans arasında ilişki olmadığı fakat bu özelliklerin yüksek verimli genotiplerin seçiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Rashid ve ark. (2018), buğday çeşitlerinin kuraklık stresi ve sulu şartlar altında sıcaklığın doğrudan ve dolaylı (buhar basıncı açıklığını (VPD) artırarak) olarak bitki gelişimi, fizyolojisi ve verime etkisini incelemişlerdir. Yüksek VPD koşullarında transpirasyonun %2-22 oranında arttığı ve fotosentetik su kullanım etkinliğinin %24-64 azaldığı bulunmuştur. Bununla birlikte verim ve verim bileşenlerinin sulu koşullarda etkilenmediği bu durumun (i) fotosentez, stoma iletkenliği ve rubisko karboksilasyon etkinliğinin yüksek sıcaklık ve VPD'ye alışması, (ii) stres döneminden sonra gövde/yapraklardan taneye asimilatların taşınmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Sadece beş günlük yüksek sıcaklık stresinin yeşil yaprak alanını, tane doldurma süresini (5 gün) ve bin tane ağırlığını (%17) azalttığı böylece sonunda tane verimini %17 azalttığı bulunmuştur. Kuraklık stresinin başlıca yeşil yaprak alanını etkilediği, tane doldurma süresi ve tane verimini sulu koşullara karşı %7 azalttığı bulunmuştur. İki buğday çeşidinin sadece yeşil yaprak alanının ve fotosentetik su kullanma etkinliğinin farklı olduğu bunun VPD'deki sıcaklığa bağlı artışın, yeterli toprak nemi varsa büyüme ve verim üzerinde çok az etkiye sahip olduğunu gösterdiğini, çünkü alıştırma ve tolerans mekanizmalarının stres etkilerini hafifletme eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir.

Song ve ark. (2018), mısırdaki kuraklık döneminin ve yeniden sulamanın fotosentez kapasitesi ve klorofil floresansı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, bitki gelişimi, yaprak morfolojik özellikleri ve fotosentez süreçlerine hem vejetatif hem de generatif döneminde özellikle daha uzun süren kuraklık süresi ile geç gelişme döneminde aralıklı kuraklığın etkilerinin ciddi bir şekilde dikkat çektiğini, kuraklığa

maruz bırakıldıktan sonra tekrar sulanan bitkilerin yaprak fonksiyonel özelliklerinin yeterli ve normal su durumundaki bitkilerle kıyaslandığında tam olarak iyileşmediği ve iyileşme gücünün kuraklık öncesi dönemlerin sürekliliğiyle orantılı olduğu bulunmuştur. Çalışmanın sonuçlarının mısırın özelliklerinin kuraklık dönemine tepkilerini ve tekrar sulamanın anlaşılması için yeni bir bakış sağladığını ve kuraklıktan etkilenen mahsullerin gelecekteki iklim değişikliği ile başa çıkmasına yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2018), yarı kurak ortamlarda kuraklığa toleransta farklı özellikler gösteren mısır melezlerinin farklı toprak profillerinde vejetatif ve tane dolum aşamasında evapotranspirasyon dinamikleri, verim ve su kullanma etkinliğini araştırdıkları çalışmada sulu koşullara kıyasla su stresinin mevsimsel evapotranspirasyonu %22-41, tane verimini %30-48 ve verim bileşenlerini %6-41 azalttığı; bununla birlikte su kullanım etkinliğini sadece %8 oranında azalttığı bulunmuştur. Geleneksel hibritlerle kıyaslandığında iki kuraklığa toleranslı hibritin vejetatif aşamada daha az toprak suyu çıkardığı bununla birlikte, üreme aşamasında melezler arasında topraktan su alımında önemli farklılıklar olmadığı bulunmuştur. Bu çalışma ile tane dolum döneminde toprak suyunun etkili kullanılmasının sınırlı su şartları altında yüksek verimin muhafaza edilmesi için önemli olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde, 2015 Eylül - 2017 Eylül tarihleri arasında 2 yıl süre ile yarı kontrollü sera koşullarında, tam kontrollü (istenildiği gibi ayarlanabilen sıcaklık, ışık ve nem kontrollü) bitki yetiştirme odasında ve fizyoloji laboratuvarında yürütülmüştür.

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali Kaynağı

Çalışma materyali Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin 2013 yılının Mayıs-Haziran ayları arasında yabancı nohut populasyonu içerdiği bilinen 60.000 km²'lik 24 alandan (materyal bilgisi; GBIF.org ve genesis-pgr.org) toplanan 26 yabancı nohut genotipi ve 4 nohut çeşidinden oluşmaktadır. 26 yabancı nohut genotipinin 20 tanesi *Cicer reticulatum*, 6 tanesi *Cicer echinospermum* türü içinde yer almaktadır.

Araştırmada kullanılan çeşitler Güneydoğu Anadolu Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi'nden (GAPUTAEM) temin edilmiştir (Çizelge 3.1).

USAID projesi ile toplanan 26 yabancı genotipe ait tohum materyalleri Harran Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Kahraman'dan temin edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan genotip ve kaynak bilgileri

Çeşit ismi	Tür	Bio-tip	Hat	Kaynak	İslah yöntemi
Çağatay	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-89-7-C	ICARDA	İntrodüksiyon
Dikbaş	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-85-58	ICARDA	İntrodüksiyon
Diyar-95	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-83-47-C	ICARDA	İntrodüksiyon
Gökçe	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-87-8-C	ICARDA	İntrodüksiyon

3. MATERYAL VE METOT

Çizelge.3.2. Yabani nohut genotiplerinin toplandığı bölgelere ait bilgiler

Genotip	Tür	Biyotip	Enlem	Boylam	Yükseklik
Deste_080	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.78	39.17	738.86
Gunas_062	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	38.01	39.37	841.60
Karab_092	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.82	39.76	1264.41
Ortan_066	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.47	39.56	861.33
Cermik_075	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	38.05	39.42	770.30
S2Drd_065	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.82	39.64	1125.82
Egil_065	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.27	40.06	987.44
Egil_073	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.27	40.06	988.06
Kalka_064	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.16	40.09	841.85
Kesen_075	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.20	39.61	890.61
Besev_075	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.52	40.85	902.23
Besev_079	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.52	40.86	902.06
Derei_070	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.54	41.02	992.83
Derei_072	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.54	41.02	992.42
Kayat_077	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.52	40.94	1086.14
Sarik_067	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.55	41.02	1002.58
Savur_063	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.55	40.91	914.56
Bari1_092	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.49	41.37	976.17
Bari2_072N2	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.46	41.38	961.33
Bari3_072C	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.47	41.39	960.62
Bari3_100	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.47	41.39	950.74
Bari3_106D	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.47	41.39	952.13
Oyali_084	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.73	37.80	940.23
CudiB_022C	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.43	42.50	1366.59
CudiA_152	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.43	42.49	1285.94
Sirnak_060	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.54	42.45	1658.92

3.2. Metot

Araştırma başlıca VPD ve kurağa maruz bırakma olmak üzere iki ana deneme şeklinde yürütülmüştür.

Kurağa maruz bırakma (drydown) ve atmosferik yüksek buhar basınç açıklığı (VPD: Vapor Pressure Deficit) denemeleri için yarı kontrollü sera koşullarında bitki yetiştirme amaçlı 6 inç (18.5 cm tavan çapı, 15.5 cm taban çapı ve 16 cm yükseklik)

ebatında saksılar kullanılmıştır. Denemede vertisol özellikteki toprak kullanılmış, topraklar 1.0 cm'den büyük taş ve atık maddelerden ayıklanmış ve hassas terazi (0.01 gr hassasiyetli Mettler Toledo ML4002/01) ile ~3,750 kg olacak şekilde tartılarak saksılara doldurulmuştur. Toprak aşırı killi olduğundan tarla kapasitesine ulaşmak için tüm saksılar ekimden önce doygun hale getirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Bitki yetiştirme ortamının hazırlanışı

Bitkiler yarı kontrollü sera koşullarında yetiştirme dönemi boyunca bitki seviyesinden sıcaklık ve nem bilgileri her 5 dakikada kaydedilerek ölçülmüştür (cihaz; Illuminance UV Recorder TR-74Ui).

VPD'de ölçülen biyomas ağırlığı ikinci denemede başlangıç kuru ağırlığı olarak kullanılmıştır.

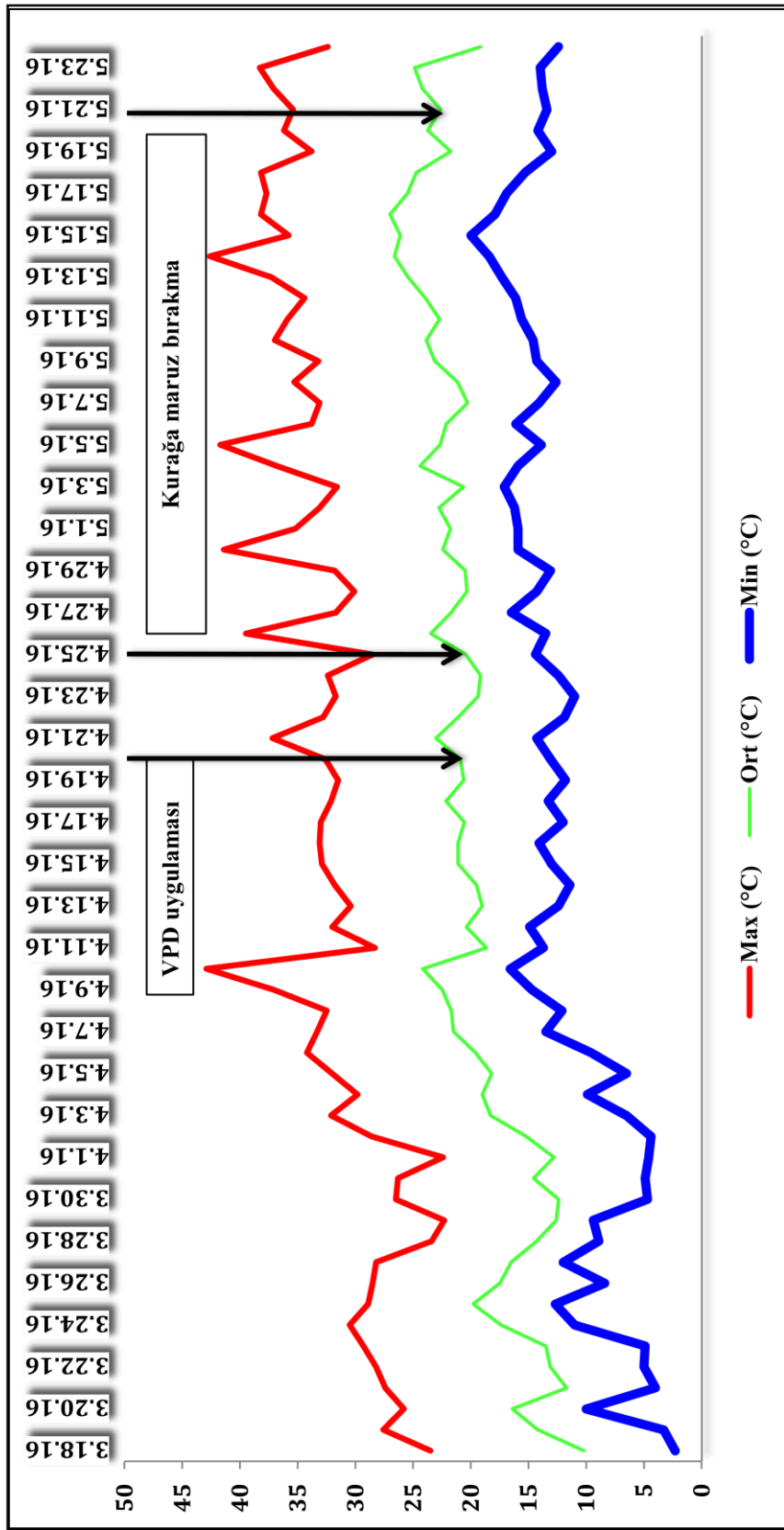
Denemenin birinci yılı VPD ve kurağa maruz bırakma uygulamaları vejetatif gelişme döneminde (çiçeklenme öncesi) ölçülmüştür. VPD ekimden 32 gün sonra 601°C sıcaklık toplamında ölçülmüştür.

Kurağa maruz bırakma denemesi ekimden 36 gün sonra 684°C sıcaklık toplamında başlatılmıştır. Bu tarihten sonra deneme sulu (stressiz) ve su stresli olmak üzere iki koşulda yürütülmüştür. Stresli bitkilerde günlük transpirasyon değerleri stressiz bitkilerin değerinin $\leq 10\%$ olduğunda deneme sonlandırılmıştır.

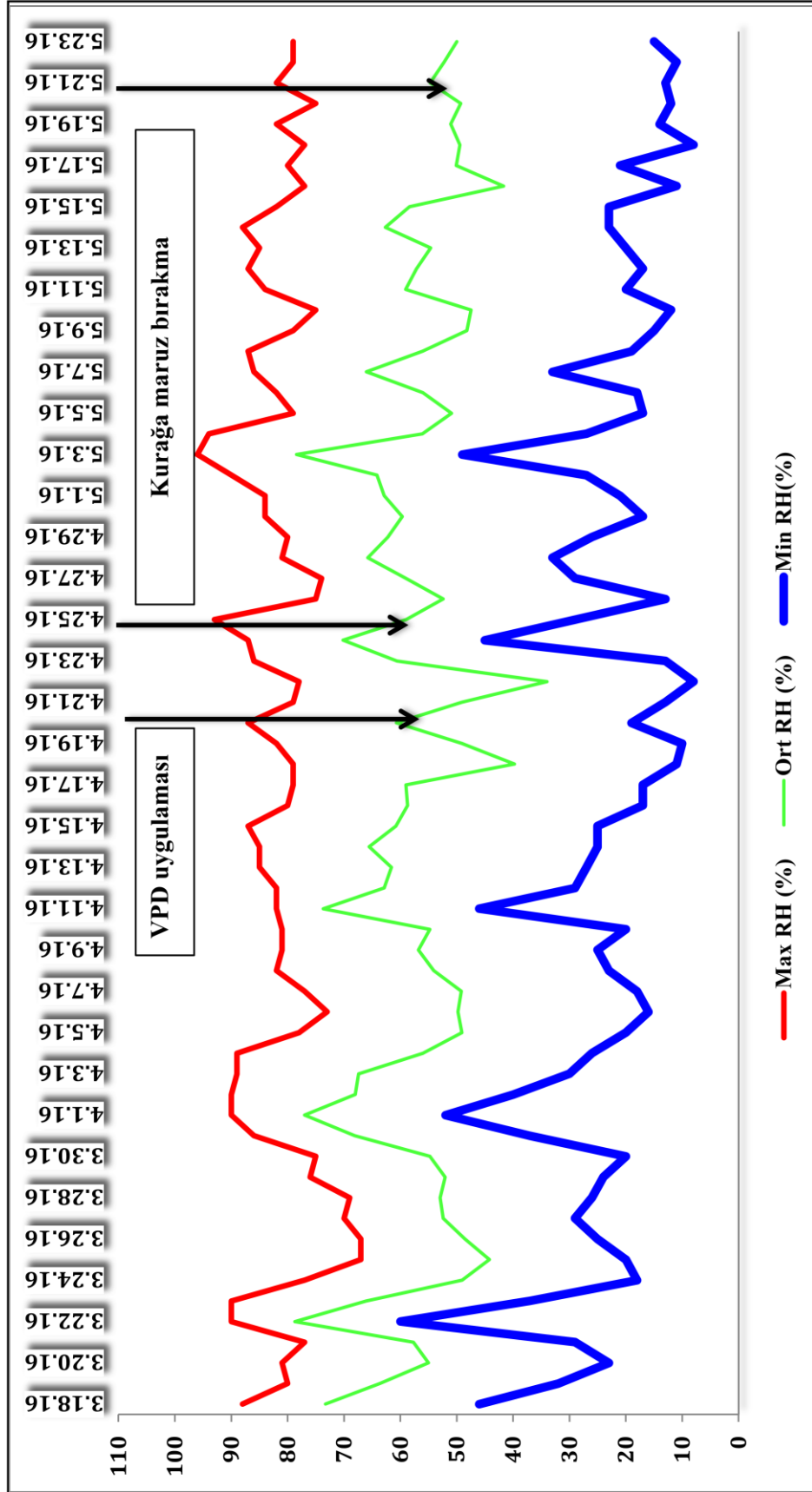
Denemenin ikinci yılı VPD ölçümü bitkilerin vejetatif gelişim döneminde (çiçeklenme öncesi) ekimden 64 gün sonra 920 °C sıcaklık toplamında ve bakla dolum döneminde ekimden 92 gün sonra 1475 °C sıcaklık toplamında olmak üzere iki kez ölçülmüştür.

Kurağa maruz bırakma ölçümü bitkilerin bakla dolum döneminde ekimden 107 gün sonra 1823 °C sıcaklık toplamında başlatılmış ve birinci yılda olduğu gibi stresli bitkilerde günlük transpirasyon değerleri stressiz bitkilerin değerinin $\leq 10\%$ olduğunda deneme sonlandırılmıştır.

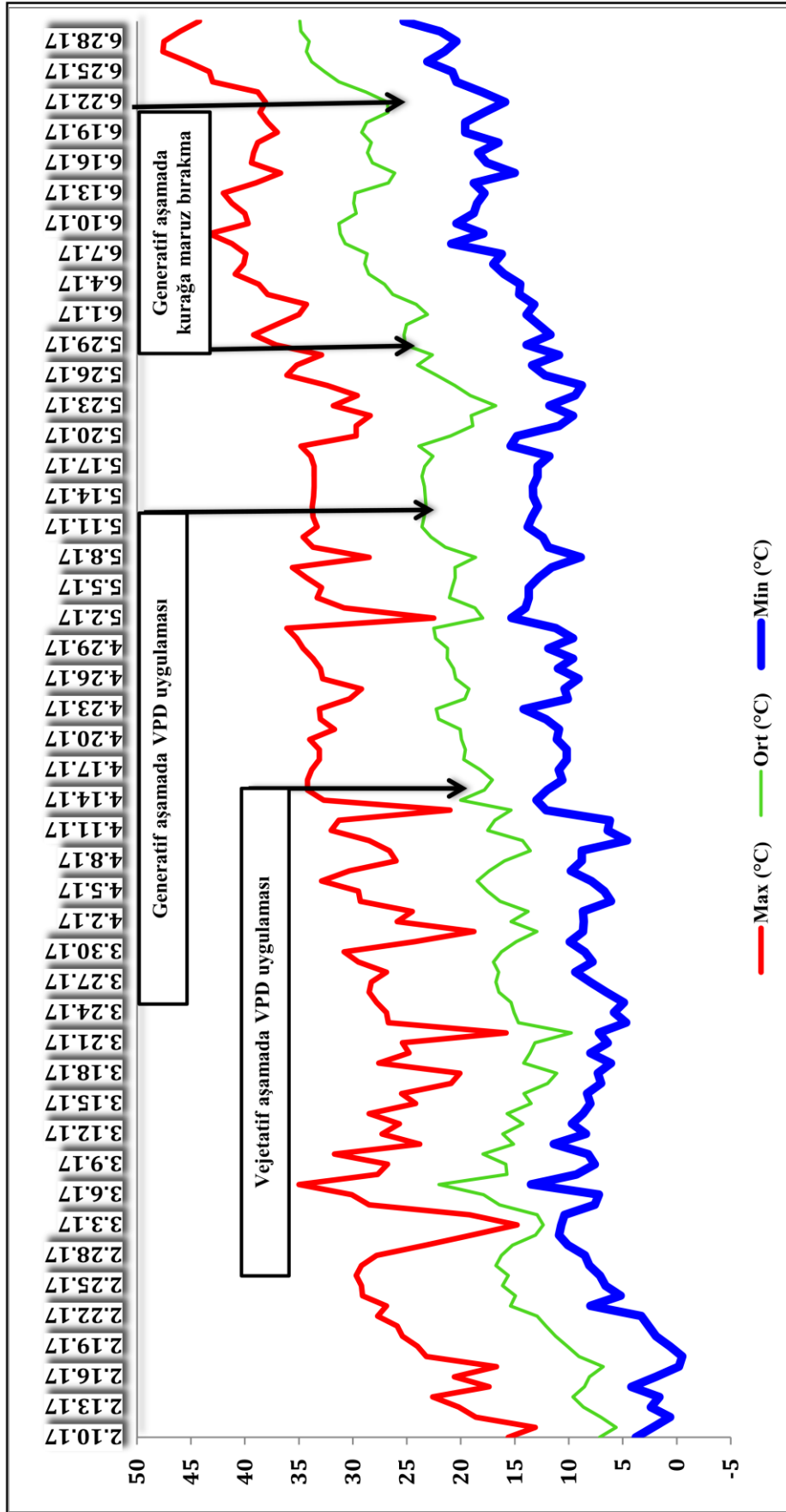
2016 ve 2017 yılına ait sera içinde kaydedilen sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 3.2 ve Şekil 3.4'te ve nem değerleri ise sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



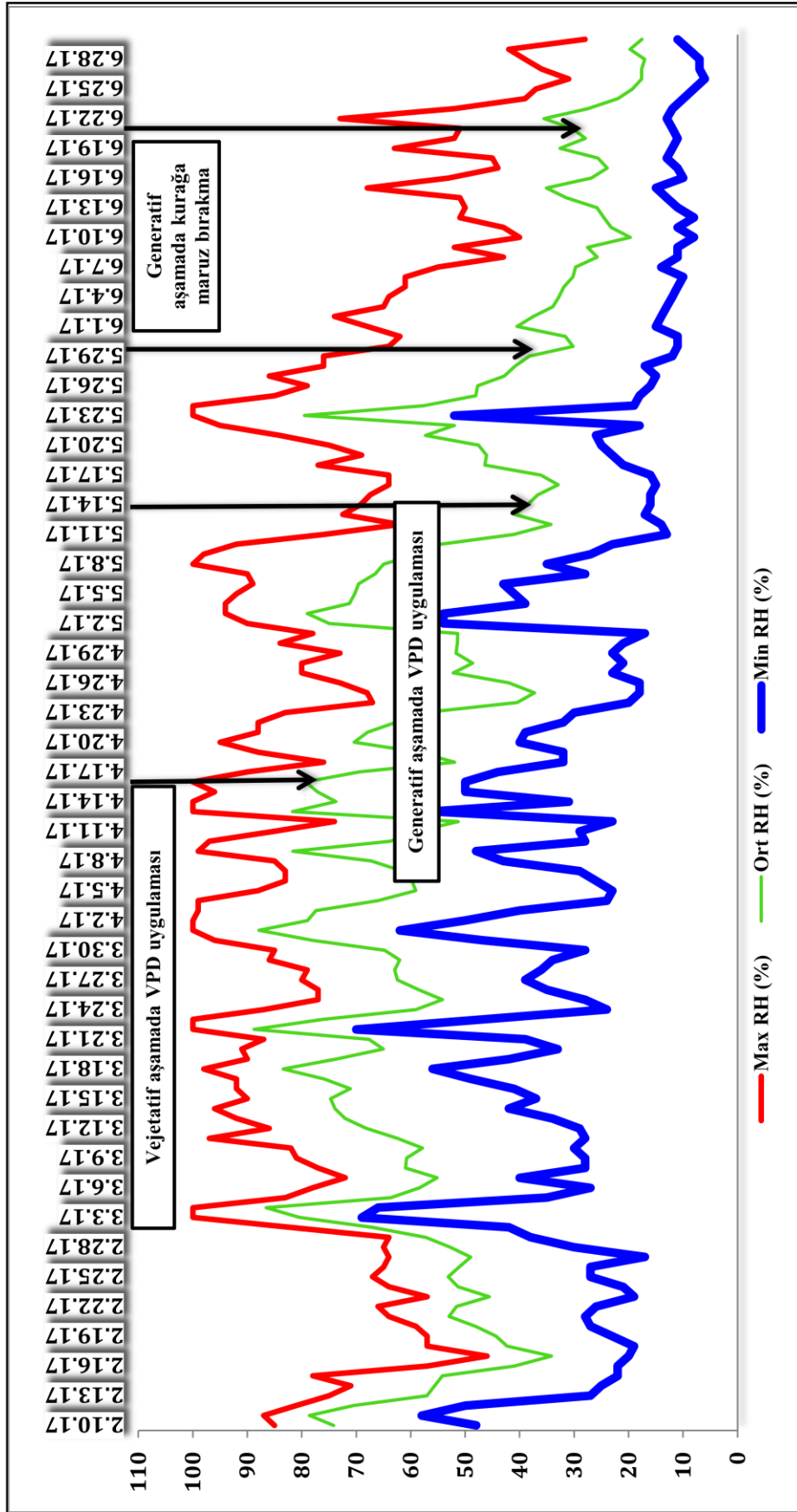
Şekil 3.2. 2016 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık değerleri



Şekil 3.3. 2016 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum nem değerleri



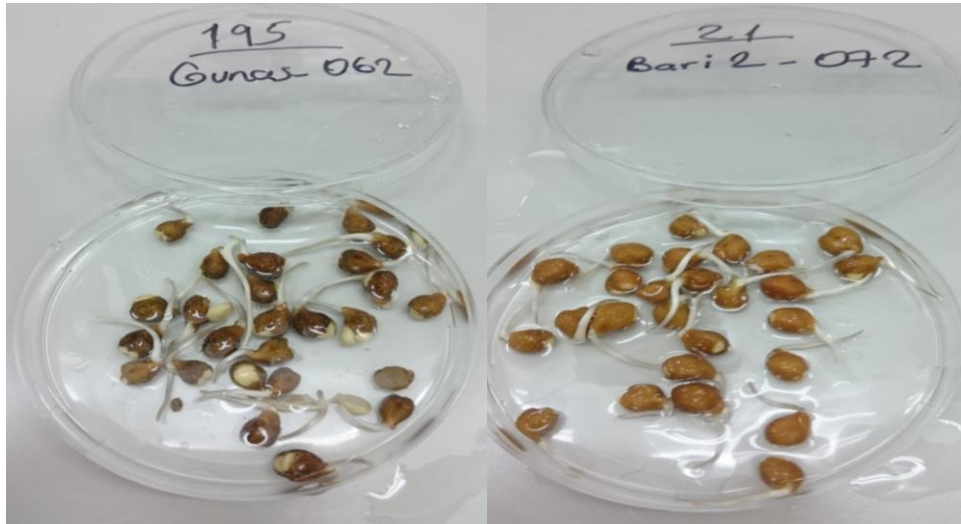
Şekil 3.4. 2017 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık değerleri



Şekil 3.5. 2017 yılında ekimden hasata kadar deneme yapılan dönem boyunca sera içinde kaydedilen maksimum, ortalama ve minimum nem değerleri

3.2.1. Tohum Hazırlığı, Ekim ve Bakım İşlemleri

Yabani nohut genotiplerinin yabanilik özelliği olarak tohum kabuğunun aşırı sert olması tohumların farklı zamanlarda çimlenerek farklı zamanlarda çıkış yapmalarına sebep olmaktadır. Bitkilerin çıkış zamanlarının farklı olmasıyla birlikte gelişim dönemleride farklılık göstermektedir. Tüm genotiplerde eş zamanlı stres uygulamasına başlayabilmek ve genotipler arasında görülen bu farklılıkları en az seviyeye indirmek için ekimden önce yabani nohut genotiplerinin tohum kabuğu kırma işlemi yapılmıştır. Tohum kabuğu kırılan tohumlar ön çimlendirmesini sağlamak için steril petri kaplarında saf su içinde 25°C’de 3 gün süre ile karanlık koşullarda çimlendirmeye alınmıştır. Petri kaplarındaki saf su hastalık ve diğer zararlı etkenlerin bulaşmasını engellemek için 12 saatte bir yenilenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yabani genotiplerin düzgün çıkış yapmalarını sağlamak amacıyla ekim öncesi petri kaplarında çimlendirilmesi

Araştırmanın ilk yılı kurağa maruz bırakma ve VPD denemeleri için yarı kontrollü sera koşullarında 18 Mart 2016 tarihinde, araştırmanın ikinci yılı 10 Şubat 2017 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre saksılar düzenlenmiştir.

Çimlendirilmiş ve ilk kökçük çıkışı sağlanmış tohumlar kökçüklerine zarar vermemek için önceden toprakta uygun gözenekler açılarak her bir saksıya 4 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Ekim yapıldıktan hemen sonra saksılara tohum çıkışını sağlamaya yetecek kadar su verilmiştir.

Toprağın aşırı killi olması toprağın çatlamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle deneme başlangıcına kadar bitkilerin çıkışını takiben toprak çatlamasını önlemek ve

herhangi bir stres oluşmasına izin vermemek için tüm saksılara düzenli su verilerek bitkilerin gelişimi sağlanmıştır.

Ekimden iki hafta sonra saksılarda birbirine eşit ve sağlıklı bitkiler kalacak şekilde seyreltme yapılmış ve her saksıda iki bitki bırakılmıştır.

Bitkinin köklerinin toprakta iyi gelişmesini sağlamak için metal bir kazıyıcıyla bitkinin köklerine zarar vermeyecek şekilde toprak havalandırılması yapılmıştır. Bitkilerin sera içinde eşit koşullarda değerlendirilebilmesi için saksıların yeri ölçümler başlayana kadar 3-4 kez değiştirilmiştir.

Araştırmanın ilk yılı stres uygulamaları bitkilerin vejetatif gelişim döneminde çiçeklenme öncesi ölçüleceğinden dolayı bitki gelişimleri günlük olarak izlenmiş ve ilk çiçek tomurcuklarının oluşumundan önce stres uygulamaları için saksılar hazırlanmaya başlanmıştır.

Evaporasyonu önlemek için tarla kapasitesine getirilen saksılar bitki gövdesinin etrafından toprak yüzeyinin tümü şeffaf plastik poşetler ile kapatılmış ve ardından 3-4 cm plastik boncuklar eklenmiştir. Deneme başlangıcında tüm saksılar tarla kapasitesine getirilmek için bir gece öncesi tam doygun hale getirilerek gece boyunca fazla suyun süzülmesine izin verilmiştir.

3.2.2. VPD (Vapor Pressure Deficit) Uygulaması ve İncelenen Özellikler

Araştırmanın ilk yılı tam kontrollü bitki büyütme odaları mevcut olmadığı için VPD denemesi yarı kontrollü sera koşullarında yürütülmüştür.

VPD uygulamasında incelenen özellikler:

3.2.2.1. VPD

3.2.2.2. Transpirasyon

3.2.2.3. Yaprak Alanı

3.2.2.4. Transpirasyon Hızı

3.2.2.5. Stoma İletkenlik İndeksi

3.2.2.1. VPD

VPD için Illuminance UV Recorder TR-74Ui cihazıyla her 5 dakikada bir sıcaklık ve nem değerleri kaydedilerek aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$VPD = ((100-RH)/100*SVP), SVP (Pascals) = 610.7*107.5T / (237.3+T)$$

Araştırmanın birinci ve ikinci yılında ölçülen sıcaklık, nem ve bunlara göre hesaplanan VPD değerleri sırasıyla Çizelge.3.3 ve Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Sera koşullarında ölçülen sıcaklık, nem (RH) ve VPD değerleri

Tarih	Sıcaklık	RH	Birinci	Tarih	Sıcaklık	RH	İkinci
21/04/2016	(°C)	(%)	VPD	22/04/2016	(°C)	(%)	VPD
			(kPa)				(kPa)
08:30	26.93	47.83	1.85	09:00	27.34	13.75	3.14
09:30	29.51	40.22	2.47	10:00	25.45	12.92	2.83
11:00	32.95	30.33	3.49	11:00	26.35	12.08	3.02
12:00	32.20	27.92	3.47	12:00	28.31	10.25	3.45
13:00	33.14	21.67	3.97	13:00	29.98	8.92	3.86
14:00	35.05	15.25	4.78	14:00	32.13	8.00	4.41
15:00	30.33	20.33	3.44	15:00	31.95	8.08	4.36

Çizelge 3.4. Kontrollü koşullarda ölçülen sıcaklık, nem (RH) ve VPD değerleri

Tarih	Sıcaklık	RH	Vejetatif	Tarih	Sıcaklık	RH	Generatif
16/04/2017	(°C)	(%)	Dönem	13/05/2017	(°C)	(%)	Dönem
			VPD (kPa)				VPD (kPa)
08:00	28.00	71.0	1.10	08:00	28.00	71.0	1.10
09:30	31.00	59.0	1.84	09:30	31.00	62.0	1.71
11:00	32.00	55.0	2.14	11:00	32.00	57.0	2.04
12:30	34.00	50.0	2.66	12:30	34.00	52.0	2.55
14:00	35.00	47.0	2.98	14:00	35.00	49.0	2.87
15:30	37.00	44.0	3.51	15:30	37.00	45.0	3.45
17:00	37.80	40.0	3.93	17:00	38.00	42.5	3.80

3.2.2.2. Transpirasyon

Araştırmanın birinci yılı VPD denemesi 6 tekerrürlü 180 saksının ilk 3 tekerrürüne ait 90 saksı 21 Nisan 2016 tarihinde, diğer 3 tekerrüre ait 90 saksı 22 Nisan 2016 tarihinde sabah 08.⁰⁰'den akşam saat 16.⁰⁰'a kadar her saatte düzenli aralıklarla (Radwag WLC 20/A2) tartılarak bitkilerin transpirasyon miktarı ölçülmüştür.

Araştırmanın ikinci yılında VPD denemesi, hem vejetatif hem de generatif dönemde ölçülmüş, her dönem için farklı saksılar kullanılmıştır. VPD ölçümünde 180 saksı vejetatif dönemde 14 Nisan 2017'de, generatif dönemde 12 Mayıs 2017 tarihinde yarı kontrollü seradan tam kontrollü bitki büyütme odalarına taşınmıştır. Bitkiler bir tam gün normal iklim koşullarında (gece/gündüz 24/31°C 80/60 %RH) bekletilmiştir (Şekil 3.7). Bir tam gün iklimleştirmenin sonunda gün içinde düzenli aralıklarla saksı ağırlığı tartılarak transpirasyon ölçümleri yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Transpirasyon miktarları her ölçüm aralığı için saksılar tartılarak ayrı ayrı hesaplanmış ve aşağıdaki formül kullanılmıştır.

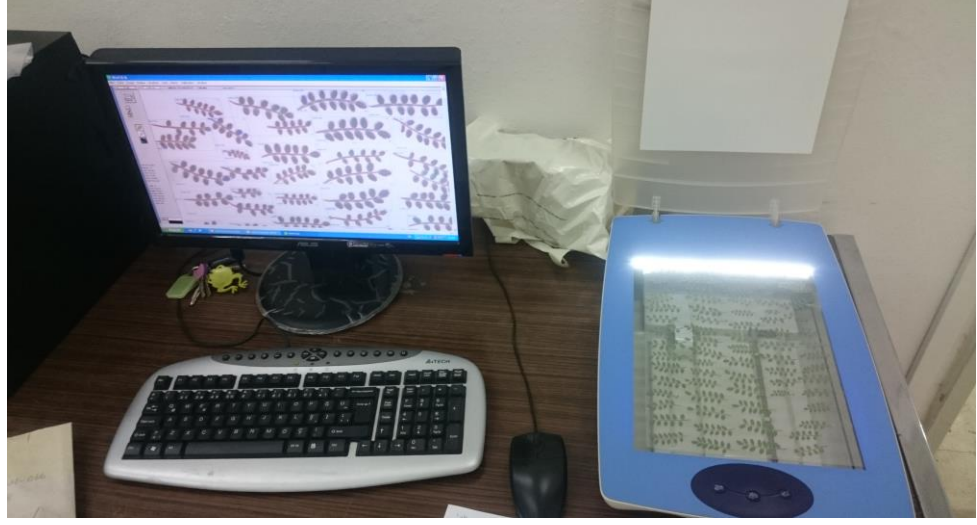
$$\text{Transpirasyon} = \text{İlk ölçüm ağırlığı} - \text{İkinci ölçüm ağırlığı}$$



Şekil 3.7. VPD ölçümü için saksıların sera koşullarından bitki büyütme odasına taşınması ve düzenlenmesi

3.2.2.3. Yaprak Alanı

Transpirasyon ölçümlerinden sonra yaprak alanı ve kuru ağırlık ölçümleri için bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerin tüm yaprakları makasla kesilerek dizilmiş, HP Scanjet 3400C tarayıcıdan taranarak ve Winfolia 2003a,b yazılım programı ile yaprak alanları ölçülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Transpirasyon ölçümü yapılan bitkilerin HP Scanjet 3400C tarayıcıdan taranıp Winfolia 2003a,b programından yaprak alanı ölçümü

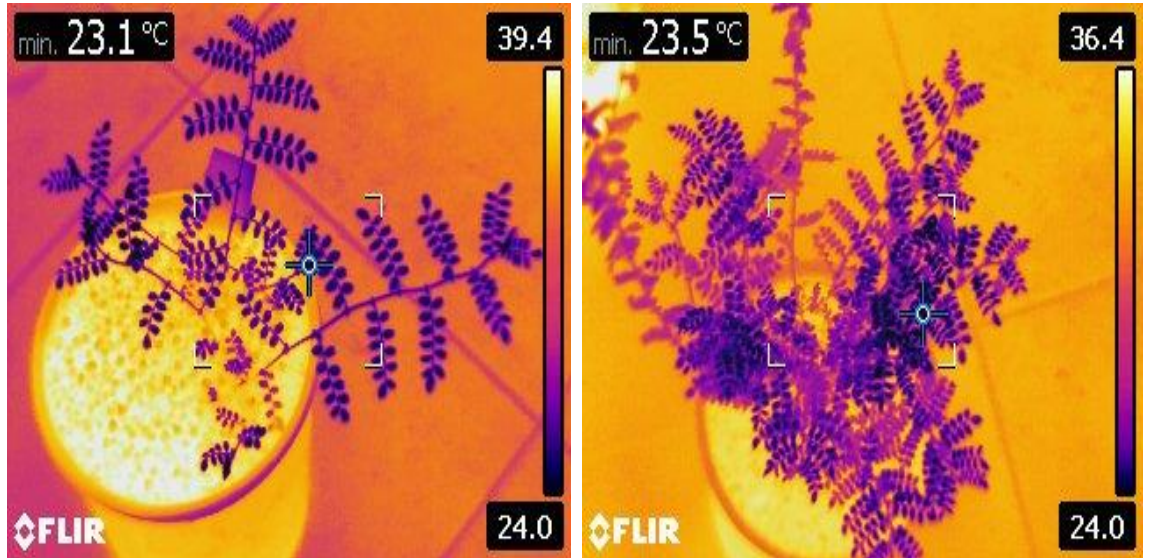
3.2.2.4. Transpirasyon Hızı

Her genotipe ait Transpirasyon Hızları (TH) ölçüm aralıkları ve toplam olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$TH (mg H_2O cm^2 dak^{-1}) = ((Transpirasyon (g)/Yaprak alanı (cm^2)*1000))/60(d)$$

3.2.2.5. Stoma İletkenlik İndeksi

Günün en yüksek VPD değerinde harici optik iletkenliği 1, emisyonu 0.95 olan FLIR E60 thermal kamera ile bitkilerin sıcaklıkları ölçülmüştür (Şekil 3.9 a ve b).



Şekil 3.9.a. Erken gelişim dönemindeki bitki topluluğundan thermal kamera ile sıcaklık ölçümü
b.Generatif gelişim dönemindeki bitki topluluğundan thermal kamera ile sıcaklık ölçümü

Bitki topluluğu sıcaklığından stoma iletkenliği indeksini belirlemek için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$I g = \frac{T_{kuru} - T_{bitki}}{T_{bitki} - T_{yaş}}$$

Tyaş: turgor halindeki bitki sıcaklığı, *Tkuru*: transpirasyon yapmayan kuru yaprak yüzey sıcaklığı ve *Tbitki*: infrared kamera ile ölçülen bitki sıcaklığıdır. *Tyaş* 5 dakika boyunca su içinde bekletilerek turgor haline getirilen bitki yüzeyinden, *Tkuru* 48 saat boyunca fırında kurutulan yaprak yüzeyinden ölçülmüştür.

Yaprak alanı ölçümü bittikten sonra bitkilerin sap ve yaprakları 60 °C’de 48 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulan bitki kısımları hassas terazi ile tartılmış, elde edilen kuru ağırlık değerleri kurağa maruz bırakma denemesinde başlangıç kuru ağırlığı olarak kullanılmıştır.

3.2.3. Kurağa Maruz Bırakma

Kurağa maruz bırakma denemesi tesadüf blokları deneme desenine göre 6 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ana faktör sulama uygulaması sulu (well water (WW)) ve su stresi (water stress (WS)), alt faktör ise genotiplerden oluşmaktadır.

Kurağa maruz bırakma denemesinde tohum kaybını önlemek amacıyla saksılar tülle kaplanmıştır (Şekil 3.10).

Tarla kapasitesine getirilen tüm saksılar sabah 06.⁰⁰-07.⁰⁰ saatleri arasında tartılmıştır. Stres denemesi sonlandırılana kadar hergün tüm saksılar aynı saatlerde tartılmış ve günlük transpirasyon miktarları iki günün saksı ağırlığı farkı alınarak hesaplanmıştır.

Kurağa maruz bırakma denemesinde incelenen özellikler:

3.2.3.1. Normalisation Transpiration Rate-Normalleştirilmiş Transpirasyon Hızı (NTR),

3.2.3.2. Fraction Transpirable Soil Water-Transpire Edilebilen Toprak Nemi Eşiği (FTSW)

3.2.3.3. Transpirasyon Etkinliği (TE)



Şekil 3.10. Bakla dolum dönemindeki yabancı genotiplerin tane fırlatmalarını engellemek için kurağa maruz bırakma öncesi tülle kaplanması

3.2.3.1. NTR (Normalisation Transpiration Rate) Hesaplaması

Kuraklık stresine maruz bırakma denemesi için hazırlanmış olan saksıların yarısı sulu koşullarda yarısı su stresine maruz bırakılacak şekilde ayrılmıştır. Saksıların günlük olarak ağırlık tartımı yapılarak sulu koşullara ait saksılar %80 tarla kapasitesinde olacak şekilde kaybettiği su kısmı geri verilerek sürdürülmüştür. Su stresi için saksılar dereceli su stresine maruz bırakılmıştır.

Dereceli su stresi uygulaması için bitkinin yaptığı transpirasyondan başlangıçta 50 ml su kesintisi yapılmıştır. Bitkinin 50 ml'den fazla yaptığı transpirasyon miktarı saksıya geri verilmiştir. Bir hafta sonra su stresinin derecesi artırılarak 70 ml'e çıkarılmıştır. Bitkinin 70 ml'den fazla yaptığı transpirasyon miktarı geri verilerek devam ettirilmiştir. Su stresli her bitkiye ait transpirasyon miktarı sulu koşullardaki aynı bitkilerin yaptığı transpirasyondan $\leq 10\%$ ($NTR \leq 0.1$) az olduğu zaman deneme sonlandırılmıştır.

NTR hesaplamasında transpirasyon değerlerini karşılaştırmayı kolaylaştırmak için transpirasyon miktarları iki aşamada normalleştirilmiştir. İlk olarak her bir genotipe ait bitkinin transpirasyonunun, sulu koşullardaki o genotipin ortalama transpirasyonuna bölünmesiyle birinci normalleştirme hesaplanmıştır. Genotipler arasındaki stres başlangıcından önceki farklılığı azaltmak için birinci normalleştirmeye ait transpirasyon

miktarlarının ilk 3-5 günlük (yani stres başlamadan önceki gün sayısı kadar) ortalaması alınmıştır. İkinci normalleştirme, birinci normalleştirmeye ait transpirasyon miktarlarının ilk 3-5 güne ait ortalama transpirasyon miktarına oranlanarak hesaplanmıştır.

3.2.3.2. FTSW (Fraction Transpirable Soil Water) Hesaplaması

NTR'ye göre sonuçlanan bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerin gövde üstü kısımları, sap, tane ve toplam biyomas ağırlıkları hesaplanmak üzere fırında 60 °C'de 48 saat kurutulmuş ve hassas terazi ile tartılmıştır.

Kurağa maruz bırakma denemesinde su stresli gruptaki bitkilerde transpire edilebilen su kısmı (FTSW) her gün için ayrı ayrı hesaplanmıştır. FTSW hesaplamasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$FTSW = \frac{Ağırlık_{günlük} - Ağırlık_{son}}{Ağırlık_{başlangıç} - Ağırlık_{son}}$$

Ağırlık_{günlük}: İlgili günde ölçülen saksı ağırlığı

Ağırlık_{başlangıç}: FTSW hesaplanmasında tarla kapasitesine getirilen saksının başlangıç ağırlığı

Ağırlık_{son}: denemenin sonlandırıldığı gündeki bitkili saksı ağırlığı

Elde edilen NTR ve FTSW değerleri regresyon analizine tabi tutulmuştur.

3.2.3.3. TE (Transpirasyon Etkinliği) Hesaplaması

Transpirasyon etkinliği kurağa maruz bırakma denemesinde transpire edilen su miktarı başına üretilen biyomas miktarı olarak sulu ve su stresli bitkilerde ölçülmüştür. Transpirasyon etkinliği için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$TE = (Son\ biyomas - İlk\ biyomas) / Transpire\ edilen\ su$$

Son biyomas: Kurağa maruz bırakma denemesi sonlandırıldığında elde edilen biyomas değeridir.

İlk biyomas: VPD denemesinden elde edilen bitkilerin kuru ağırlığı kurağa maruz bırakma öncesi ilk biyomas miktarı olarak değerlendirilmiştir.

Transpire edilen su: kurağa maruz bırakma süresince ölçülen günlük transpirasyon miktarlarının toplamıdır.

3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Bitkilerin yaprak alanı Winfolia 2003 a,b analiz programı kullanılarak ölçülmüştür.

Bitkilerin stoma iletkenliği hesaplaması için FLIR E60 kullanılmış ve FLIR software ile analizleri yapılmıştır. NTR ve FTSW değerlerinin kırılma noktası hesaplanmasında, TE, VPD denemelerinin Transpirasyon, Yaprak alanı ve Transpirasyon Hızına ait verilerin ANOVA analizleri SAS Institute Inc., 1998 programı kullanılarak analizi yapılmıştır. Kırılma noktası değeri SAS istatistik programında threshold analizine göre bulunmuştur. VPD denemesine ait slope ve intercept değerleri GRAPHPAD PRISM programı kullanılarak analizi yapılmıştır. Kurağa maruz bırakma denemesinde NTR-FTSW regresyonuna ait grafikler GRAPHPAD PRISM programında yapılmıştır. VPD denemesine regresyon analizleri GENSTAT 12.0 (VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK) kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Birinci Yıl Fizyolojik Ölçümleri

4.1.1. Çiçeklenme Öncesi Artan VPD’de Transpirasyon Ölçümleri

Araştırmanın ilk yılı transpirasyon ölçümleri için hazırlanmış olan 6 tekerrürün ilk 3 tekerrürü (Birinci VPD) 21 Nisan 2016 tarihinde geri kalan 3 tekerrürü (İkinci VPD) 22 Nisan 2016 tarihinde ölçülmüştür. VPD gün içindeki sıcaklık ve nem değişimine bağlı olduğundan iki günün VPD değerleri arasında farklılık belirlenmiş bu nedenle her iki günün ölçümleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1.2. Birinci VPD

Birinci VPD denemesi 21 Nisan 2016 tarihinde sera koşullarında saat 08:³⁰-15:⁰⁰ arasında 1.85 kPa ile 4.78 kPa arasında değişen VPD koşullarında yürütülmüştür (Çizelge 3.3). Saksılar düzenli aralıklarla 7 kez tartılmış ve her ardışık tartım arasındaki farktan transpirasyon değerleri hesaplanmıştır.

4.1.2.1. Transpirasyon (g H₂O saat)

Genotiplerin ve türlerin transpirasyon değerlerine ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, genotiplerin ortalama transpirasyon değerleri ile standart hata değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Genotipler arasında transpirasyon değerleri yönünden istatistik olarak farklılıkların önemsiz, türler arasında önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Birinci VPD ölçümünde genotipler ve türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızı kareler ortalaması değerini gösteren varyans analiz sonuçları

	SD	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
Tekerrür	2	168.407	44762**	0.237***
Genotip	29	173.953	15528*	0.053**
Tür	2	539.2*	74780***	0.027
Hata	58	140.463	8390	0.025
CV		35.595	43.177	35.818
R2		0.397	0.525	0.574

***P≤ 0.001, **P≤0.01 ve *P≤0.05 seviyesinde önemlidir

SD: Seerbestlik Derecesi, T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Türlerin transpirasyon değerlerine ait ortalama değerler tablosu Çizelge 4.3’de verilmiştir. *Cicer arietinum* türlerinde 42.11 g H₂O saat olan ortalama transpirasyon miktarının sırasıyla 31.72 g H₂O saat ve 32.00 g H₂O saat olan transpirasyon değeri ile *Cicer echinospermum* ve *Cicer reticulatum* türlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 Birinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri

Genotipler	Transpirasyon (g H ₂ O saat) ± Standart Hata	Yaprak Alanı (cm ²) ± Standart Hata
<i>Cicer reticulatum</i>		
Bari1-092	28.50 ± 4.39	142.6 ^{c-d} ± 23.15
Bari2-072N2	48.07 ± 14.43	294.4 ^{a-c} ± 92.82
Bari3-072C	37.00 ± 9.31	189.0 ^{b-d} ± 46.68
Bari3-100	36.90 ± 4.51	237.5 ^{a-d} ± 28.03
Bari3-106D	27.53 ± 8.15	187.1 ^{b-d} ± 40.34
Besev-075	39.27 ± 4.20	238.8 ^{a-d} ± 28.51
Besev-079	35.13 ± 4.72	220.0 ^{a-d} ± 25.22
CudiA-152	29.93 ± 0.39	179.9 ^{b-d} ± 15.91
CudiB-022C	37.30 ± 1.59	289.4 ^{a-c} ± 17.40
Derei-070	30.97 ± 5.06	216.5 ^{a-d} ± 40.92
Derei-072	28.30 ± 2.80	260.4 ^{a-d} ± 20.85
Eğil-065	34.20 ± 0.66	228.7 ^{a-d} ± 20.67
Eğil-073	23.17 ± 4.86	146.7 ^{c-d} ± 21.90
Kalka-064	25.33 ± 5.01	92.35 ^d ± 2.24
Kayat-077	39.50 ± 9.47	253.1 ^{a-d} ± 61.13
Kesen-075	30.57 ± 8.39	255.6 ^{a-d} ± 63.41
Oyali-084	31.07 ± 9.41	189.5 ^{b-d} ± 27.61
Sarik-067	29.93 ± 2.34	194.8 ^{b-d} ± 32.61
Savur-063	24.70 ± 4.05	142.1 ^{c-d} ± 24.03
Şirnak-060	22.70 ± 5.42	87.52 ^d ± 37.67
<i>Cicer echinospermum</i>		
Çermik-075	45.07 ± 13.05	282.2 ^{a-c} ± 47.21
Deste-080	31.50 ± 6.17	112.9 ^{c-d} ± 15.44
Gunas-062	22.83 ± 4.47	132.0 ^{c-d} ± 31.16
Ortan-066	28.23 ± 2.75	190.1 ^{b-d} ± 26.77
Karab-092	41.73 ± 13.37	211.9 ^{b-d} ± 70.35
S2DRD-065	20.97 ± 3.45	136.7 ^{c-d} ± 23.23
<i>Cicer arietinum</i>		
Çağatay	44.10 ± 8.55	345.5 ^{a-b} ± 84.43
Dikbaş	46.20 ± 7.66	396.2 ^a ± 204.60
Diyar-95	42.10 ± 5.28	247.8 ^{a-d} ± 82.40
Gökçe	36.07 ± 1.30	262.9 ^{a-d} ± 16.11

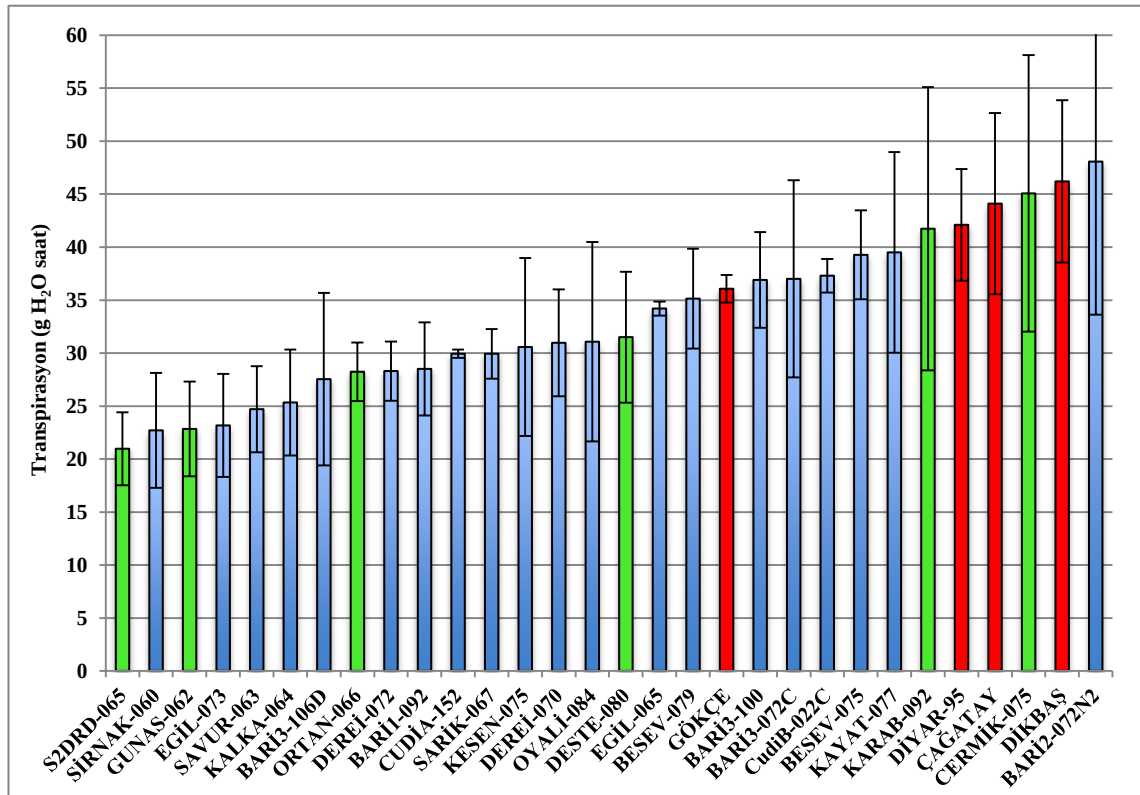
Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

Çizelge 4.3. Birinci VPD ölçümünde türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerler

	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
<i>Cicer arietinum</i>	42.117	313.1	0.423
<i>Cicer echinospermum</i>	31.722	177.7	0.497
<i>Cicer reticulatum</i>	32.003	202.3	0.440
Mean	33.296	212.0	0.450
LSD	6.390	53.63	0.106

T: Transpirasyon, YA: Yaprak alanı, TH: Transpirasyon hızı

Genotiplerin transpirasyon ve standart hata değerlerine ait grafik Şekil 4.1’de verilmiştir. Tüm genotipler birlikte değerlendirildiğinde istatistiki olarak farklılık belirlenmemiştir. Standart hata değerleri ile yapılan analizde en yüksek transpirasyon değeri gösteren Bari2-072N2 genotipinin Kesen-075 genotipinden daha düşük transpirasyon yapan genotiplerle (Bari3-106D hariç) arasında farklılık olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.1). En düşük transpirasyon değerine sahip *C. echinospermum* S2DRD-065 genotipinin Gunas-062 hariç tüm *C.echinospermum* genotiplerinden farklı olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.1. Nohut genotiplerinin Birinci VPD gününde transpirasyon ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

4.1.2.2. Yaprak Alanı (cm²)

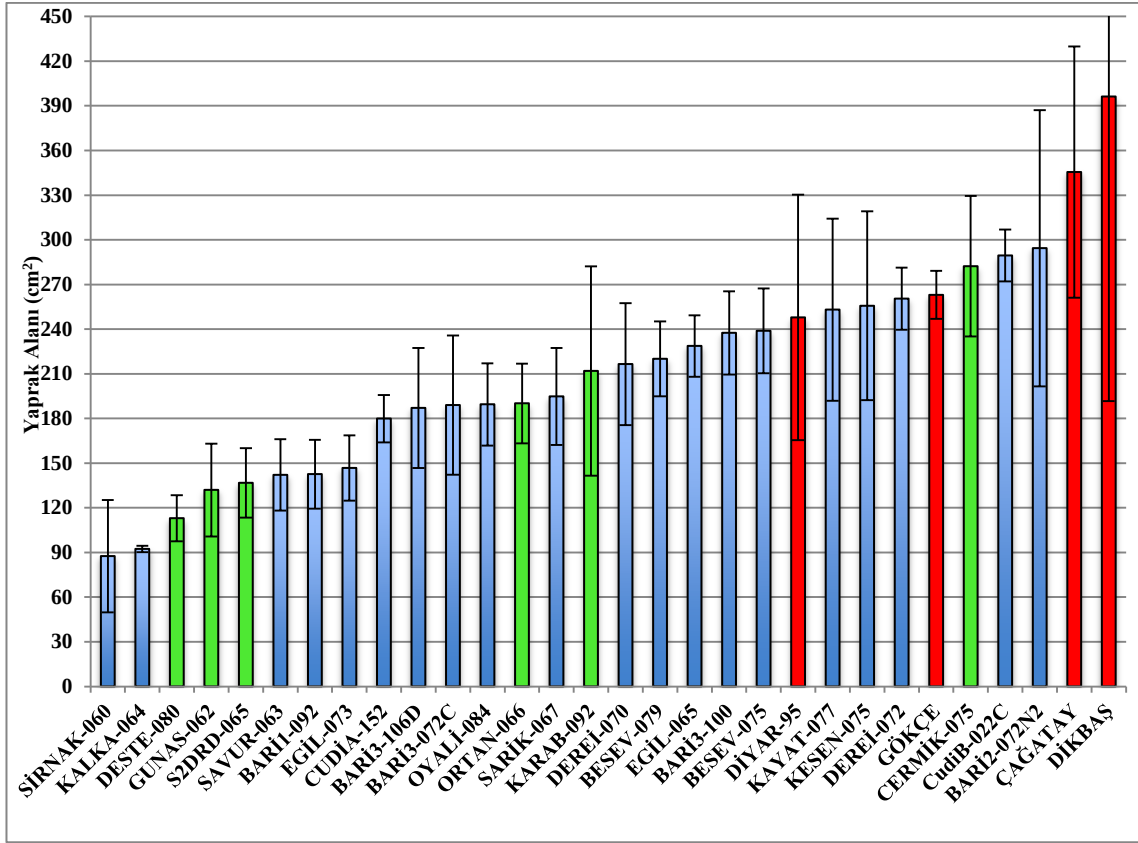
Yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yaprak alanı değerleri bakımından hem genotipler hemde türler arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Yaprak alanına ait ortalama değerler ve standart hata değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Genotiplerin yaprak alanı değerlerinin 87.52 cm² ile 396.2 cm² değişen arasında değiştiği belirlenmiştir. Tüm genotipler arasında kültür çeşitlerinin daha fazla yaprak alanına sahip olduğu, çeşitler arasında da Dikbaş çeşidinin en yüksek değer verdiği belirlenmiştir.

C. echinospermum genotiplerinden sadece Çermik-075 sahip olduğu yaprak alanı değeri ile en yüksek yaprak alanına sahip olup Dikbaş çeşidiyle aynı grupta yer almıştır. *C. reticulatum* genotiplerinden Bari2-072N2, CudiB-022C, Derei-072, Kayat-077, Kesen-075, Besev-075, Bari3-100, Eğil-065, Besev-079 ve Derei-070 genotiplerinin Dikbaş kültür çeşidiyle aynı grupta yer aldığı saptanmıştır.

En düşük yaprak alanı 87.52 cm² ile Şırnak-060 *C. reticulatum* genotipinde belirlenmiştir. İstatistik olarak yapılan değerlendirmeye göre en az yaprak alanına sahip Şırnak-060 genotipi sadece Dikbaş çeşidinden farklılık göstermiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; Eğil-073, Bari1-092, Savur-063, S2DRD-065, Gunas-062, Deste-080 ve Kalka-064 genotipleriye aynı grupta yer alırken diğer tüm genotiplerden farklılık göstermiştir.

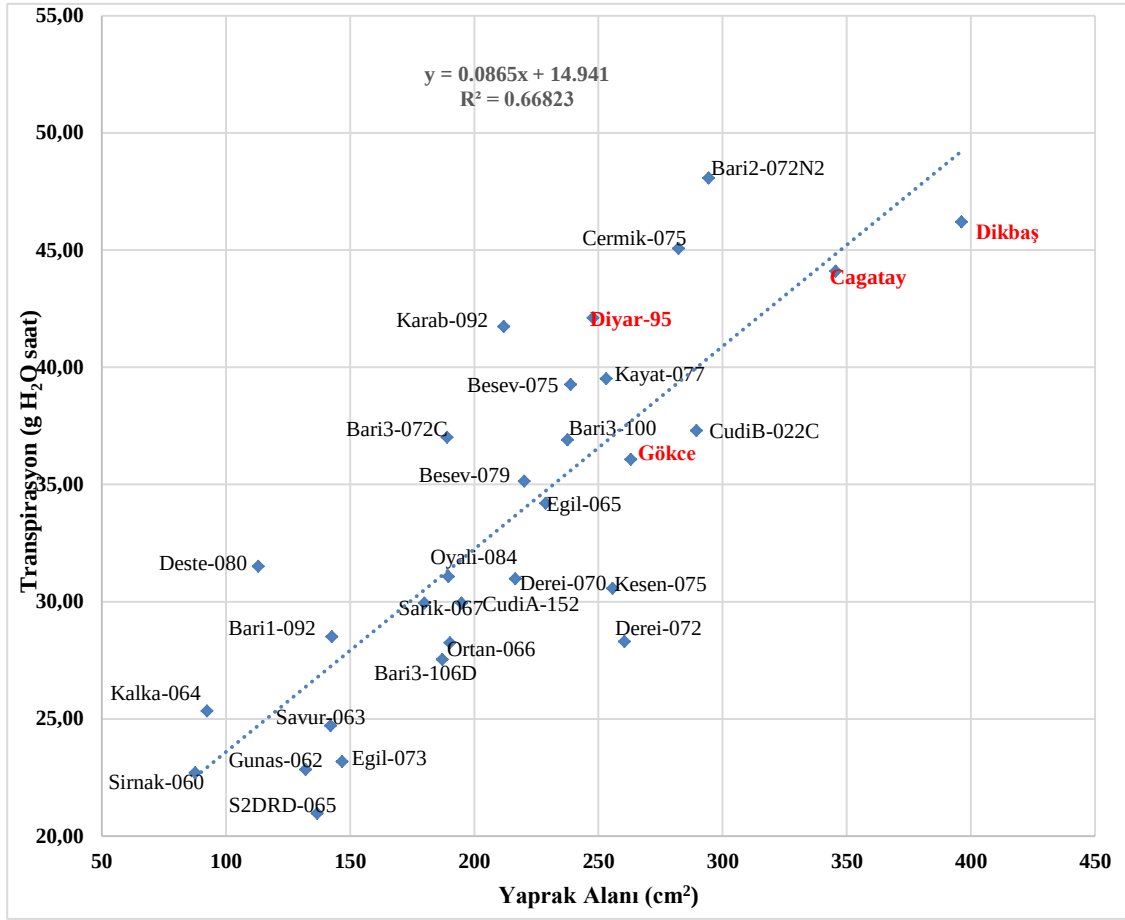
Türler arasında yapılan değerlendirmenin sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. *C. arietinum* türleri ortalama 313.1 cm² yaprak alanı ile *C. echinospermum* 177.7 cm² ve *C. reticulatum* 202.3 cm² türlerinden yüksek yaprak alanına sahip olmuştur. *C. echinospermum* türleri içinde yaprak alanı yönünden farklılık önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.2 Nohut genotiplerinin Birinci VPD gününde yaprak alanı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

Ölçülen transpirasyon değerleri bitkilerin sahip olduğu birim alan yapraklardan kaybolan su buharı miktarı olarak belirlendiği için transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişki incelenmiştir.

Genotiplere ait transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon analiz grafiği Şekil 4.3’de verilmiştir. Şekil 4.3 incelendiğinde; transpirasyon ve yaprak alanı arasında doğrusal ilişkinin $R^2=0.66$ oranında olduğu belirlenmiştir. Fazla yaprak alanına sahip genotiplerin daha fazla transpirasyon değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3 Birinci VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı ilişkisini gösteren regresyon grafiği

4.1.2.3. Transpirasyon Hızı (mg H₂O cm² dak⁻¹)

Genotiplere ait transpirasyon hızı ve standart hata değerleri Çizelge 4.4’de ve genotiplerin artan her VPD seviyesinde göstermiş olduğu transpirasyon hızına ait tepkileri Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’te verilmiştir.

Genotipler arasında transpirasyon hızı bakımından farklılıkların istatistiki olarak önemli, türler arasında önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Transpirasyon hızı 0.278 mg H₂O cm² dak⁻¹ ile 0.887 mg H₂O cm² dak⁻¹ arasında değişmiştir. Nohut genotiplerinin artan VPD koşullarında transpirasyon hızlarına ait değerler incelendiğinde; en yüksek transpirasyon hızı Şirnak-060, Deste-080 ve Kalka-064 yabani nohut genotiplerinde belirlenmiştir. Kültür nohutlarından Gökçe, *C. reticulatum* genotiplerinden CudiB-022C, Kesen-075, Derei-072, Derei-070, Bari3-106D ve *C. echinospermum* genotiplerinden Ortan-066 genotiplerinin en düşük transpirasyon hızına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

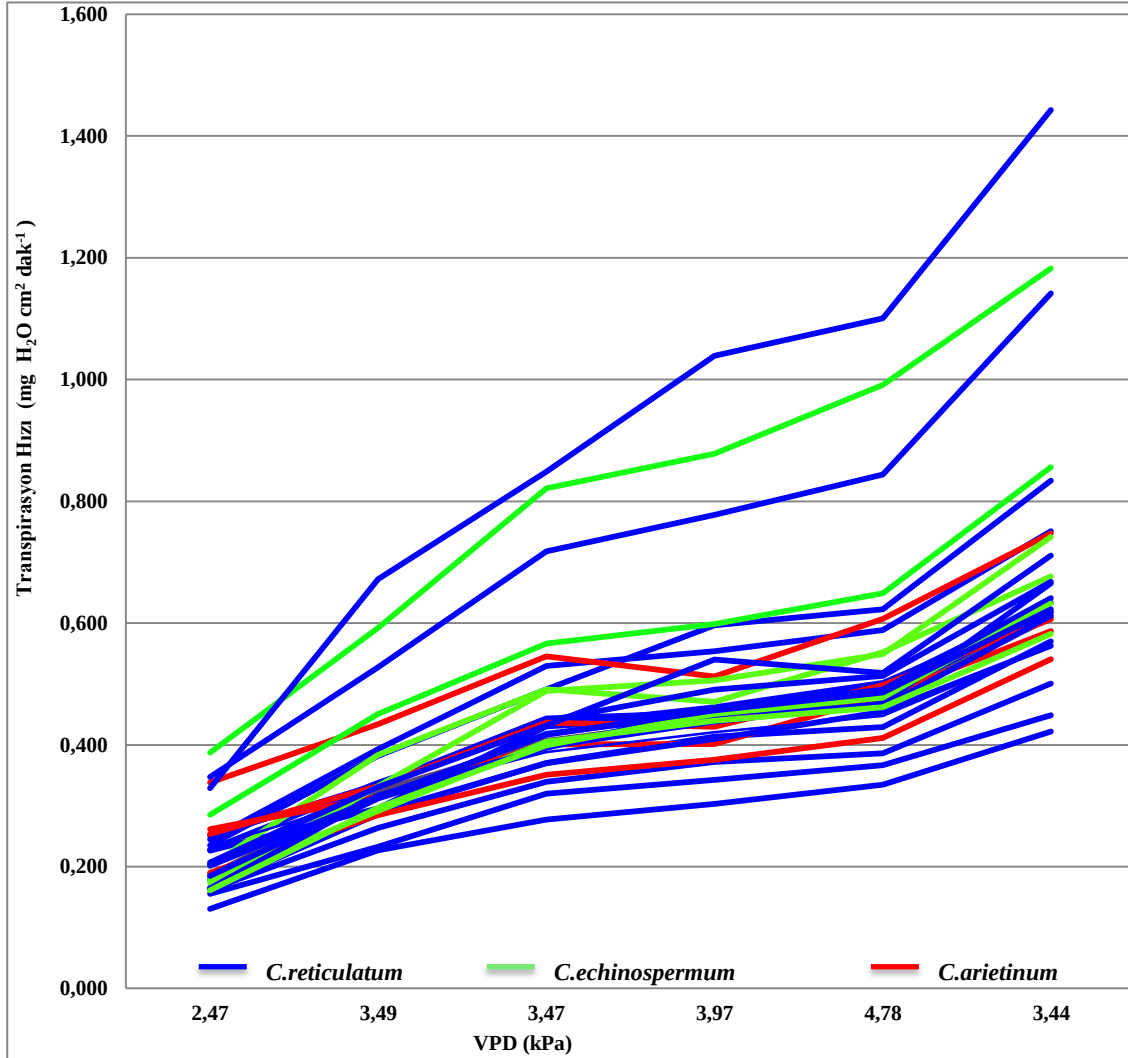
Çizelge 4.4. Birinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri

Genotipler	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹) ± SH	En yüksek VPD'de (4.78 kPa) TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)	Residual T
<i>Cicer reticulatum</i>			
Bari1-092	0.516 ^{b-c} ± 0.046	0.623	1.224
Bari2-072N2	0.422 ^{c-d} ± 0.009	0.474	7.664
Bari3-072C	0.501 ^{b-c} ± 0.003	0.588	5.713
Bari3-100	0.400 ^{c-d} ± 0.033	0.471	1.417
Bari3-106D	0.366 ^d ± 0.029	0.429	-3.588
Besev-075	0.423 ^{c-d} ± 0.007	0.502	3.666
Besev-079	0.412 ^{c-d} ± 0.038	0.498	1.159
CudiA-152	0.433 ^{c-d} ± 0.039	0.513	-0.570
CudiB-022C	0.332 ^d ± 0.015	0.386	-2.677
Derei-070	0.371 ^d ± 0.026	0.455	-2.702
Derei-072	0.278 ^d ± 0.010	0.334	-9.170
Eğil-065	0.389 ^{c-d} ± 0.030	0.448	-0.522
Eğil-073	0.402 ^{c-d} ± 0.041	0.468	-4.466
Kalka-064	0.711 ^{a-c} ± 0.156	0.844	2.404
Kayat-077	0.402 ^{c-d} ± 0.014	0.463	2.667
Kesen-075	0.305 ^d ± 0.017	0.367	-6.487
Oyali-084	0.404 ^{c-d} ± 0.063	0.491	-0.265
Sarik-067	0.406 ^{c-d} ± 0.039	0.486	-1.858
Savur-063	0.446 ^{c-d} ± 0.007	0.518	-2.531
Şirnak-060	0.887 ^a ± 0.333	1.101	0.189
<i>Cicer echinospermum</i>			
Çermik-075	0.398 ^{c-d} ± 0.080	0.464	5.714
Deste-080	0.792 ^{a-b} ± 0.285	0.991	6.786
Gunas-062	0.455 ^{c-d} ± 0.048	0.549	-3.525
Ortan-066	0.385 ^d ± 0.017	0.462	-3.156
Karab-092	0.559 ^{b-c} ± 0.142	0.649	8.463
S2DRD-065	0.395 ^{c-d} ± 0.019	0.477	-5.802
<i>Cicer arietinum</i>			
Çağatay	0.400 ^{c-d} ± 0.173	0.480	-0.725
Dikbaş	0.419 ^{c-d} ± 0.130	0.498	-3.011
Diyar-95	0.523 ^{b-c} ± 0.142	0.607	5.721
Gökçe	0.353 ^d ± 0.016	0.412	-1.621

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir

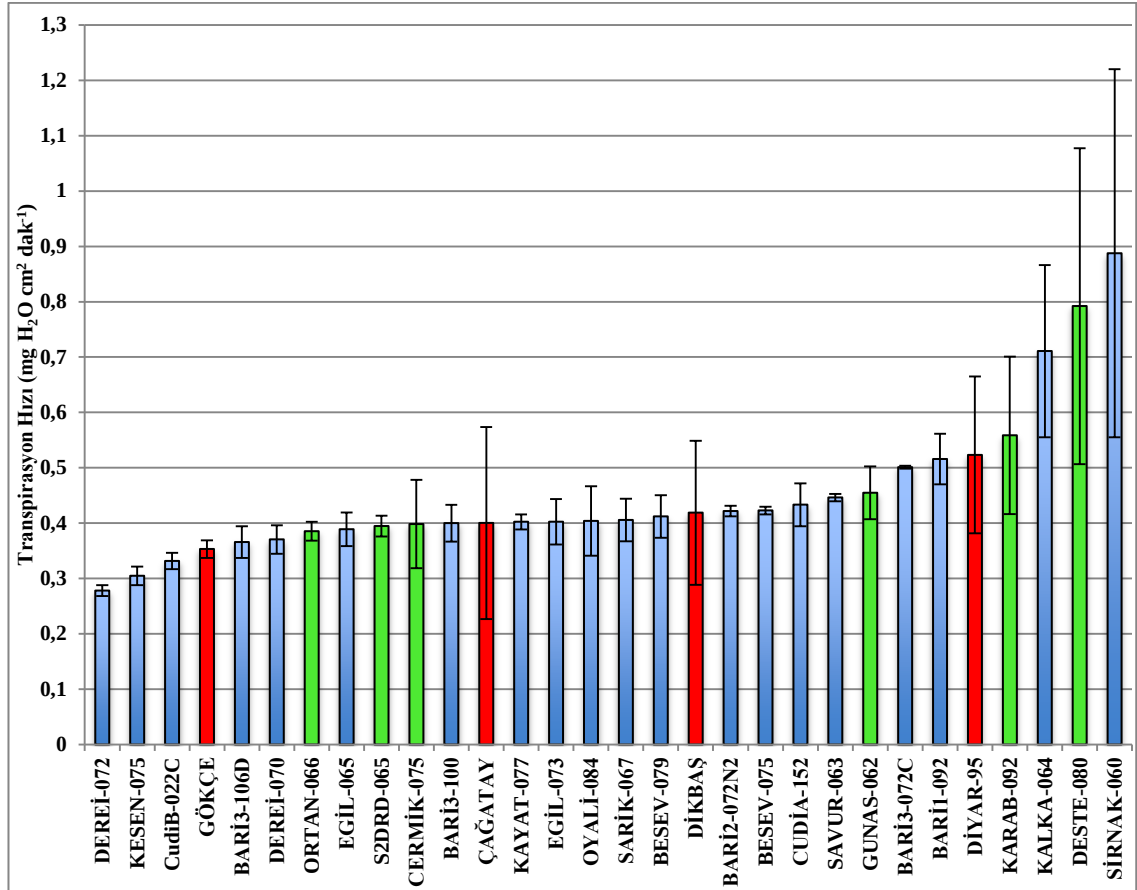
T: Transpirasyon, TH: Transpirasyon Hızı, VPD: Vapour Pressure Deficit

Şekil 4.4 incelendiğinde; VPD değeri arttıkça genotiplerin transpirasyon hızlarının arttığı belirlenmiştir. Kültür nohutlarından Gökçe çeşidinin transpirasyon hızının düşük, Diyar-95 çeşidinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Birinci VPD ölçümünde yabani nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri

Standart hata ile yapılan değerlendirmeye göre; en yüksek VPD hızına sahip *C. reticulatum* Şirnak-060 genotipinin *C. echinospermum* genotiplerinden sadece Deste-080 ve Karab-092 ile, *C. reticulatum* genotiplerinden Bari1-092 ve Kalka-064 genotipleriyle, *C. arietinum* genotiplerinden Çağatay ve Diyar-95 ile aynı grupta diğer tüm genotiplerle farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Birinci VPD ölçümünde yabancı nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin VPD süresince transpirasyon hızları

Transpirasyon ve yaprak alanının ilişkilendirildiği regresyon grafiğinden (Şekil 4.3) elde edilen denklemdeki x değeri yerine yaprak alanı verileri yerleştirilip genotiplerin transpirasyon değerlerinden çıkarılması ile Residual T aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

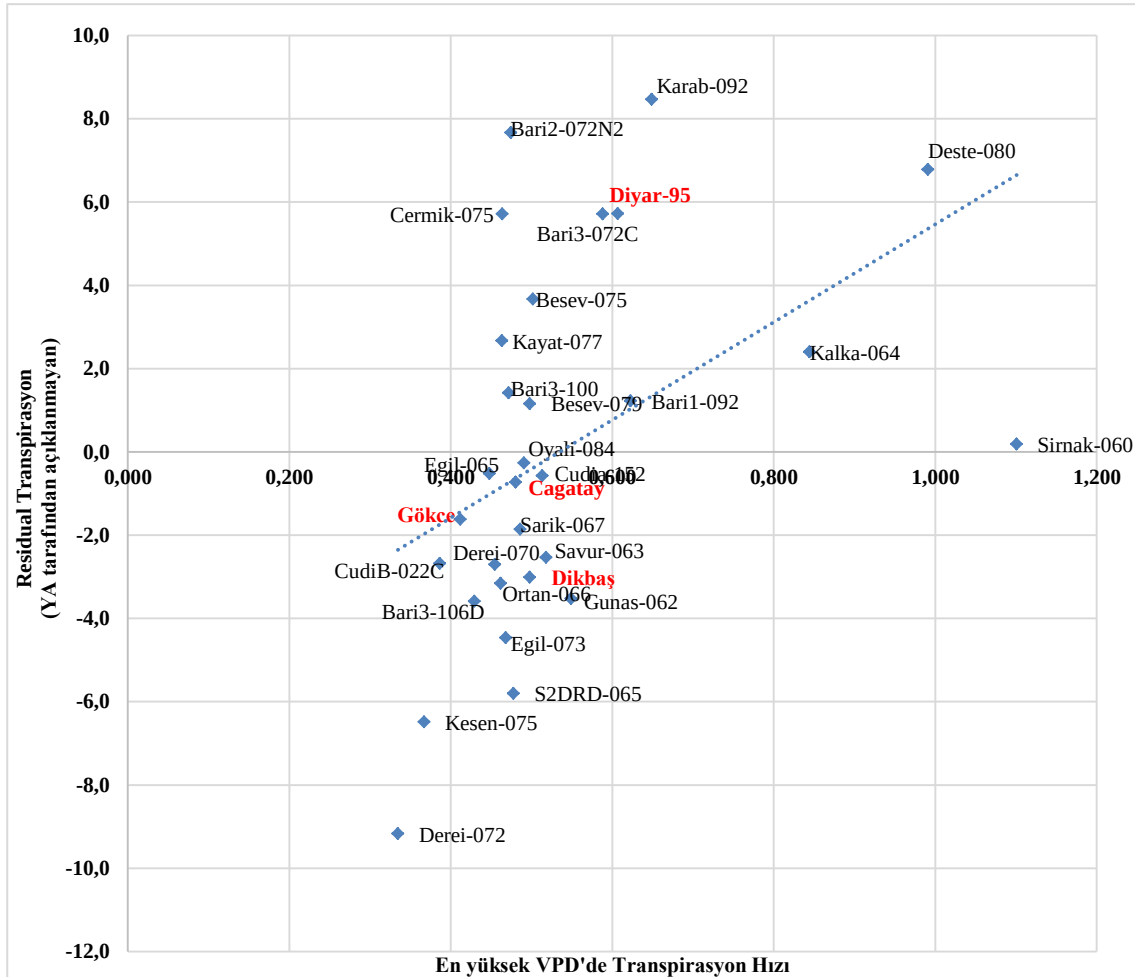
$$\text{Residual T} = \text{Toplam Transpirasyon} - (a * \text{yaprak alanı} + b)$$

Residual T bitkinin stoma haricindeki yaptığı transpirasyon değeri ile en yüksek atmosferik buhar basıncı değerindeki transpirasyon hızı ilişkilendirilmesini ifade etmektedir. Residual T ve en yüksek VPD değerindeki transpirasyon hızına ait değerler Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

Residual T ve transpirasyon hızı sonuçlarının değerlendirilmesinde çok önemli ilişki ve olduğu residual T değerleri arasındaki varyasyonun yüksek olduğu belirlenmiştir. Genotipler arasında görülen varyasyon yüksek VPD koşullarındaki transpirasyon hızı değerleri arasındaki farklılıktan kaynaklanmış olabilir. Elde edilen yüksek farklılıklar bu genotiplerin yüksek buharlaşma şartları altında transpirasyonu

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

kontrol etme kapasitesi bakımından çok fazla varyasyona sahip olduğunu göstermektedir. *C. reticulatum* genotiplerinden Şirnak-060, Besev-079, Bari1-092, Bari3-100, Kalka-064, Kayat-077, Besev-075, Bari3-072C, Bari2-072N2, *C. echinospermum* genotiplerinden Çermik-075, Deste-080 ve Karab-092 genotipleri ve kültür çeşitlerinden Diyar-95 yüksek VPD şartlarında yüksek transpirasyon hızı ve pozitif Residual T değeri göstermiştir. Buna karşın *C. reticulatum* genotiplerinden Bari3-106D, CudiA-152, CudiB-022C, Derei-070, Derei-072, Eğil-065, Eğil-073, Kesen-075, Oyali-084, Sarik-067 ve Savur-063 genotipleri ve *C. echinospermum* genotiplerinden Gunas-062, Ortan-066 ve S2DRD-065 genotipleri negatif Residual T değerleri göstermiştir. Kültür nohutlarından Diyar-95 hariç diğer çeşitlerin negatif Residual T değeri gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Birinci VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi

4.1.3. İkinci VPD

İkinci VPD denemesi 22 Nisan 2016 tarihinde sera koşullarında 09:⁰⁰-15:⁰⁰ saatleri arasında 2.83 kPa - 4.41 kPa arasında değişiklik gösteren VPD şartlarında yürütülmüştür (Çizelge 3.3). Saksılar düzenli aralıklarla 7 kez tartılmış ve her ardışık tartım arasındaki farktan transpirasyon değerleri hesaplanmıştır.

4.1.3.1. Transpirasyon (g H₂O saat)

İkinci VPD gününde genotiplerin ve türlerin VPD süresince yaptıkları toplam transpirasyon değerlerine ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’de, türler arasındaki ortalama değerler Çizelge 4.6’da verilmiştir. Transpirasyon değerleri bakımından genotipler ve türler arasında farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. İkinci VPD ölçümünde genotipler ve türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızı kareler ortalaması değerini gösteren varyans analiz sonuçları

	SD	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
Tekerrür	2	49.372	6400	0.020
Genotip	29	112.405*	7748**	0.020*
Tür	2	358.80*	42818**	0.011
Hata	58	49.163	2915	0.008
CV		25.749	29.836	20.883
R2		0.54	0.584	0.575

**P≤ 0.001 ve *P≤0.01 seviyesinde önemlidir

SD: Serbestlik Derecesi, T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı

Türlerin sahip olduğu ortalama transpirasyon değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.6); *C. arietinum* türlerinde 33.35 g H₂O saat olan ortalama transpirasyon miktarının sırasıyla 23.37 g H₂O saat ve 27.16 g H₂O saat olan transpirasyon değeri ile *C. echinospermum* ve *C. reticulatum* türlerinden daha fazla transpirasyon yaptığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. İkinci VPD ölçümünde türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerler

Türler	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
<i>Cicer arietinum</i>	33.350	247.9	0.435
<i>Cicer echinospermum</i>	23.372	138.9	0.465
<i>Cicer reticulatum</i>	27.163	180.2	0.425
Mean	27.230	181.0	0.434
LSD	4.244	32.44	0.060

T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Genotiplere ait VPD ölçümündeki toplam transpirasyon değerleri ve standart hata değerleri ile ortalamalar arasında oluşan gruplar Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

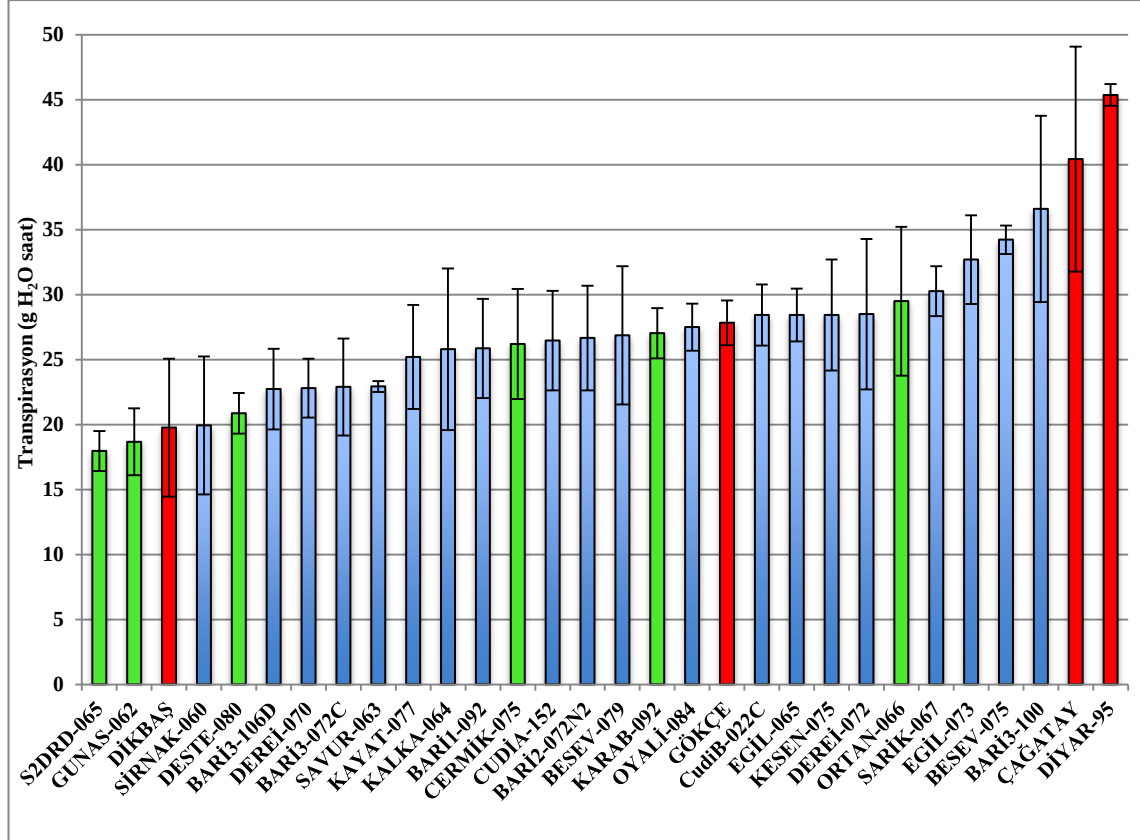
Çizelge 4.7. İkinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri

Genotipler	Transpirasyon (g H₂O saat) ± Standart Hata	Yaprak Alanı (cm²) ± Standart Hata
<i>Cicer reticulatum</i>		
Bari1-092	25.87 ^{c-f} ± 3.82	146.5 ^{c-f} ± 19.84
Bari2-072N2	26.67 ^{b-f} ± 4.04	181.0 ^{c-f} ± 27.52
Bari3-072C	22.90 ^{c-f} ± 3.73	156.7 ^{c-f} ± 22.37
Bari3-100	36.60 ^{a-c} ± 7.17	242.0 ^{a-c} ± 49.98
Bari3-106D	22.73 ^{c-f} ± 3.11	156.5 ^{c-f} ± 23.34
Besev-075	34.23 ^{a-d} ± 1.10	198.2 ^{c-e} ± 8.23
Besev-079	26.87 ^{b-f} ± 5.32	177.3 ^{c-f} ± 45.35
CudiA-152	26.47 ^{c-f} ± 3.84	178.9 ^{c-f} ± 9.50
CudiB-022C	28.43 ^{b-f} ± 2.36	223.4 ^{a-d} ± 27.89
Derei-070	22.80 ^{c-f} ± 2.27	159.0 ^{c-f} ± 13.57
Derei-072	28.50 ^{b-f} ± 5.80	218.8 ^{a-d} ± 44.42
Eğil-065	28.43 ^{b-f} ± 2.03	194.1 ^{c-f} ± 23.85
Eğil-073	32.70 ^{a-e} ± 3.41	197.1 ^{c-e} ± 39.78
Kalka-064	25.80 ^{c-f} ± 6.21	191.0 ^{c-f} ± 36.61
Kayat-077	25.20 ^{c-f} ± 4.00	179.9 ^{c-f} ± 31.81
Kesen-075	28.43 ^{b-f} ± 4.28	190.5 ^{c-f} ± 55.42
Oyali-084	27.50 ^{b-f} ± 1.81	176.2 ^{c-f} ± 16.00
Sarik-067	30.27 ^{b-f} ± 1.92	218.4 ^{a-d} ± 35.39
Savur-063	22.93 ^{c-f} ± 0.43	130.4 ^{d-f} ± 8.90
Şirnak-060	19.93 ^{e-f} ± 5.32	87.55 ^f ± 18.79
<i>Cicer echinospermum</i>		
Çermik-075	26.20 ^{c-f} ± 4.24	145.0 ^{c-f} ± 4.28
Deste-080	20.87 ^{d-f} ± 1.56	92.07 ^{e-f} ± 6.10
Gunaz-062	18.67 ^{e-f} ± 2.58	122.4 ^{d-f} ± 15.96
Ortan-066	29.50 ^{b-f} ± 5.73	155.4 ^{c-f} ± 48.29
Karab-092	27.03 ^{b-f} ± 1.94	186.2 ^{c-f} ± 5.72
S2DRD-065	17.97 ^f ± 1.53	132.6 ^{d-f} ± 11.77
<i>Cicer arietinum</i>		
Çağatay	40.43 ^{a-b} ± 8.67	307.6 ^{a-b} ± 16.17
Dikbaş	19.77 ^{e-f} ± 5.31	155.8 ^{c-f} ± 66.46
Diyar-95	45.37 ^a ± 0.84	212.7 ^{b-d} ± 23.95
Gökçe	27.83 ^{b-f} ± 1.73	315.6 ^a ± 53.76

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

En düşük transpirasyon değeri *C. echinospermum* S2DRD-065 (17.97 g H₂O saat) genotipinden elde edilmiştir.

En düşük transpirasyon değeri gösteren S2DRD-065 *C. echinospermum* genotipinin kültür çeşitlerinden Gökçe ve Dikbaş ile aralarında istatistiki olarak farklılık olmadığı ancak Çağatay ve Diyar-95 ile aralarında istatistiki olarak farklılık olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Nohut genotiplerinin İkinci VPD gününde transpirasyon ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

En düşük transpirasyon değerine sahip olan *C. echinospermum* S2DRD-065 genotipinin tüm *C. echinospermum* genotipleri arasında farklılık olmadığı, standart hata değerleriyle incelendiğinde; Gunas-062 ve Deste-080 genotipleri hariç diğer *C. echinospermum* genotipleri arasında farklılık olduğu belirlenmiştir.

C. reticulatum genotiplerinden Bari3-100, Bessev-075 ve Eğil-073 ile en düşük transpirasyon değerine sahip *C. echinospermum* S2DRD-065 genotipinin istatistiki olarak farklı olduğu diğer *C. reticulatum* genotipleri ile aralarında herhangi bir farklılık olmadığı, standart hata ile değerlendirildiğinde; Bessev-075 genotipinin *C. reticulatum*

genotiplerinden sadece Bari3-100, Eğil-073 ve Derei-072 genotiplerinin aynı grupta olduğu diğer *C. reticulatum* genotiplerinin farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir.

Diyar-95 kültür çeşidi 45.37 (g H₂O saat) ile en fazla transpirasyon değeri göstermiştir. En fazla transpirasyon değerine sahip olan ve aralarında istatistiki bir farklılık bulunmayan Diyar-95 ve Çağatay'ın, Dikbaş ve Gökçe çeşitlerinden daha fazla transpirasyon yaptığı bulunmuştur. Tüm yabancı genotipler arasında Bari3-100, Besev-075 ve Eğil-073 en yüksek transpirasyon değerine sahip olmuş, aynı zamanda en yüksek transpirasyon değeri gösteren Diyar-95 ile aynı seviyede transpirasyon yapmıştır (Çizelge 4.7).

4.1.3.2. Yaprak Alanı (cm²)

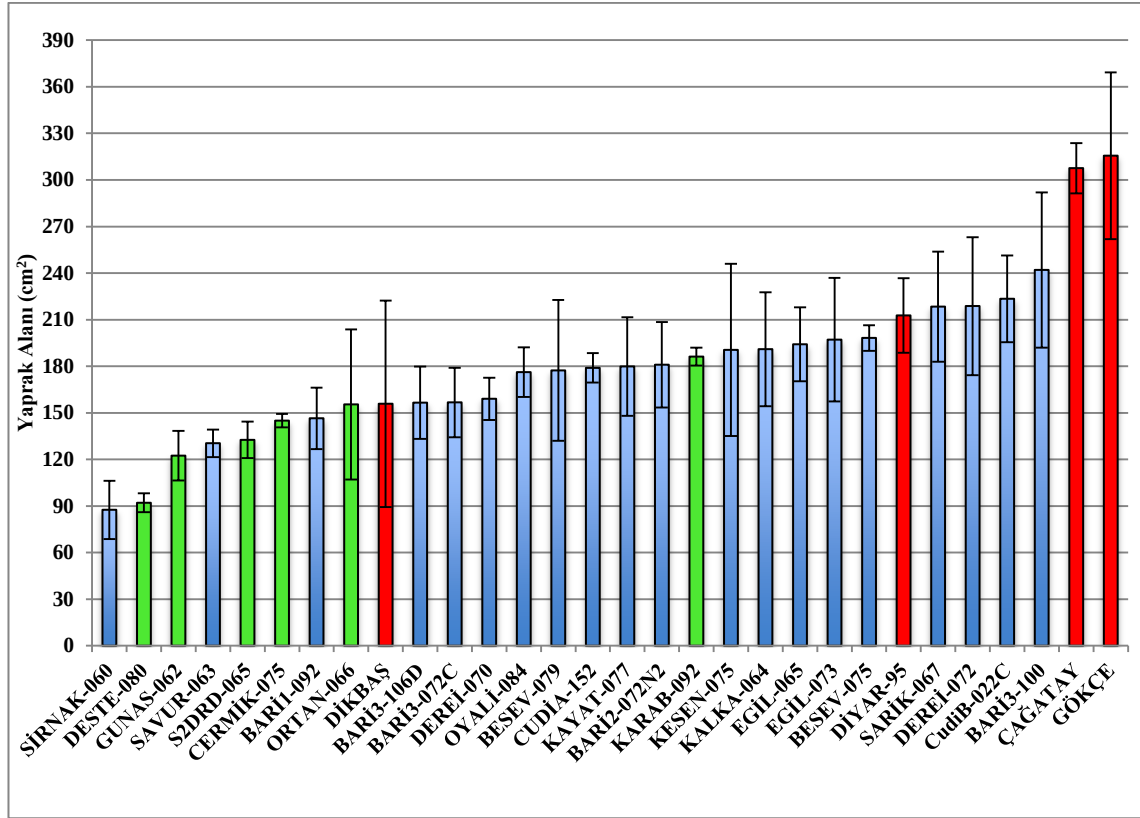
İkinci VPD gününde genotip ve türlerin yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde; yaprak alanı değerlerinin genotipler ve türler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Türlerin yaprak alanı değerlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir. *C. arietinum* türlerinin ortalama 247.9 cm² yaprak alanı ile *C. echinospermum* (138.9 cm²) ve *C. reticulatum* (180.2 cm²) türlerinden daha fazla yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir.

Türler içindeki genotiplerin yaprak alanına ait veriler Çizelge 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde; Şirnak-060 *C. reticulatum* genotipinin 87.55 cm² ile en düşük yaprak alanına, Gökçe kültür çeşidinin 315.60 cm² ile en yüksek yaprak alanına sahip olduğu bulunmuştur.

C. arietinum genotiplerinden Çağatay'ın en fazla yaprak alanına sahip Gökçe çeşidi ile aynı grupta yer aldığı ve Dikbaş ile Diyar-95 çeşitlerinden daha fazla yaprak alanı değeri göstererek istatistiki olarak farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir. *C. reticulatum* genotiplerinden Bari3-100, CudiB-022C, Derei-072 ve Sarık-067 en yüksek yaprak alanına sahip kültür çeşidi Gökçe ile istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı, fakat standart hata ile değerlendirildiğinde sadece Bari3-100 ve Derei-072'nin Gökçe ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

En az yaprak alanına sahip Şirnak-060 genotipinin Dikbaş hariç Çağatay, Diyar-95 ve Gökçe kültür çeşitleriyle farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir.

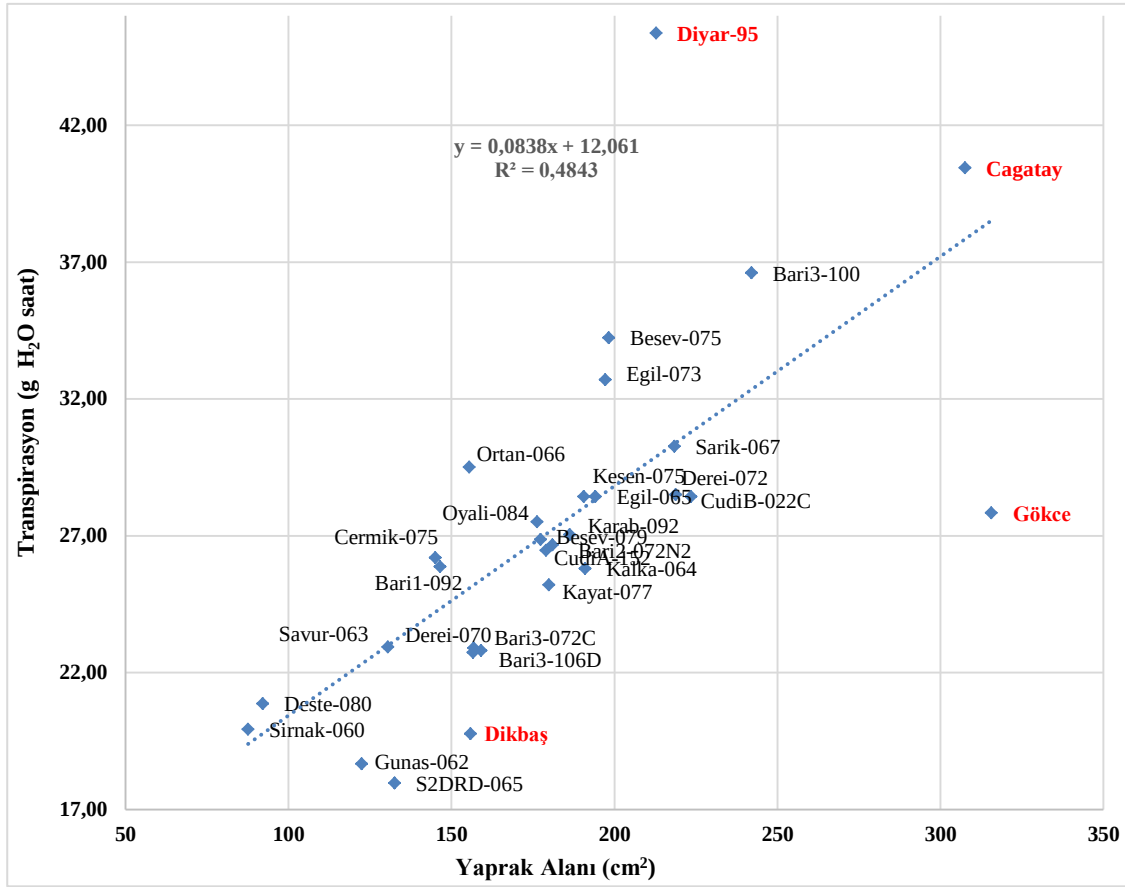


Şekil 4.8 Nohut genotiplerinin İkinci VPD gününde yaprak alanı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

En az yaprak alanına sahip *C. reticulatum* Şırnak-060 genotipi ile *C. echinospermum* genotipleri arasında istatistiki olarak farklılık olmadığı, standart hata ile incelendiğinde Deste-080 genotipi hariç diğer *C.echinospermum* genotipleri ile fark olduğu belirlenmiştir.

C. reticulatum genotiplerinden Bari3-100, CudiB-022C, Derei-072, Eğil-073 ve Sarik-067 genotipleri ile yalnızca Şırnak-060 genotipi arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; Şırnak-060 *C.reticulatum* genotipinin tüm *C.reticulatum* genotiplerinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Genotiplerin transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. İkinci VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı ilişkisini gösteren regresyon grafiği

Şekil 4.9 incelendiğinde; transpirasyon ve yaprak alanı arasında doğrusal ilişki ve aralarındaki ilişkinin $R^2=0.48$ olduğu belirlenmiştir. Yaprak alanı fazla olan genotiplerin daha fazla transpirasyon değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.3.3. Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ dak}^{-1}$)

Transpirasyon ve yaprak alanı değerleri kullanılarak genotiplerin artan her VPD değeri için ayrı ayrı transpirasyon hızı ölçülmüştür.

Transpirasyon hızı yönünden genotipler arasındaki farklılığın istatistikî olarak önemli, türler arasında ise önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Genotiplerin transpirasyon hızları arasındaki farklılığın daha ayırd edici bir şekilde değerlendirilebilmesi için genotiplerin VPD süresince hesaplanan transpirasyon hızları ve standart hata değerleri Çizelge 4.8’de ve Şekil 4.10’da verilmiştir. *C. echinospermum* ve *C. reticulatum* genotiplerinin transpirasyon hızları arasında yüksek varyasyon olduğu belirlenmiştir.

Genotiplerin artarak değişen VPD koşullarındaki toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan transpirasyon hızına ait veriler değerlendirildiğinde Şirnak-060 ve Deste-080 genotiplerinin tüm VPD seviyeleri üzerinden en yüksek transpirasyon hızına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çağatay ve Diyar-95 çeşitlerinin, *C. reticulatum* genotiplerinden Bari1-092, Besev-075, Eğil-073, Savur-063 ve *C. echinospermum* genotiplerinden Ortan-066'nın en yüksek transpirasyon hızı gösteren Şirnak-060 ve Deste-080 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Standart hata ile değerlendirildiğinde; Deste-080 genotipinin sadece Şirnak-060, Diyar-95 ve Ortan-066 genotipleri ile aynı seviyede transpirasyon hızına sahip olduğu diğer genotiplerin farklı seviyelerde transpirasyon hızına sahip olduğu belirlenmiştir. Şirnak-060 genotipi ise Deste-080, Diyar-95, Ortan-066, Çermik-075 ve Eğil-073 genotipleriyle aynı grupta yer alırken diğer genotiplerden farklı gruplarda yer almıştır (Çizelge 4.8).

Gökçe çeşidinin en düşük transpirasyon hızına sahip olduğu, Çağatay ve Diyar-95 genotipleri ile farklı gruplarda yer alırken Dikbaş çeşidi ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; Gökçe çeşidinin Çağatay çeşidi ile aynı grupta yer aldığı Dikbaş ve Diyar-95 ile farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir.

Gökçe çeşidinin *C. reticulatum* genotiplerinden sadece Bari1-092, Besev-075, Eğil-073, Kesen-075, Savur-063, Şirnak-060 ve *C. echinospermum* genotiplerinden Ortan-066 ile istatistiki olarak farklı olduğu belirlenirken, standart hata ile değerlendirildiğinde tüm yabancı genotiplerin Gökçe çeşidinden farklı gruplarda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.10).

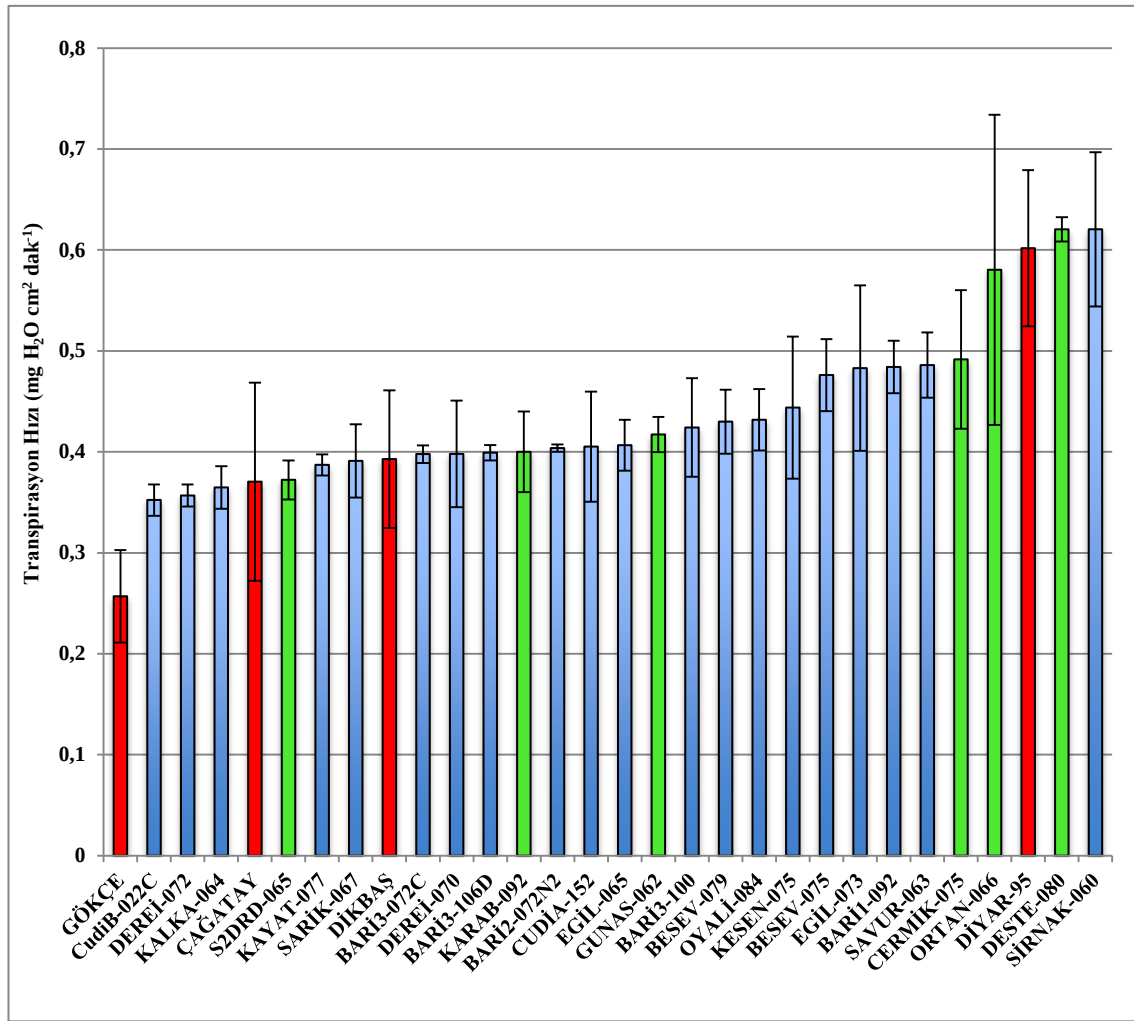
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.8. İkinci VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri

Genotipler	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹) ± SH	En yüksek VPD'de (4.41 kPa) TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)	Residual T
<i>Cicer reticulatum</i>			
Bari1-092	0.484 ^{a-d} ± 0.026	0.517	1.355
Bari2-072N2	0.404 ^{c-e} ± 0.004	0.473	-0.725
Bari3-072C	0.398 ^{d-e} ± 0.009	0.466	-2.468
Bari3-100	0.424 ^{c-e} ± 0.049	0.490	4.111
Bari3-106D	0.399 ^{d-e} ± 0.008	0.475	-2.618
Besev-075	0.476 ^{a-d} ± 0.036	0.551	5.401
Besev-079	0.430 ^{b-e} ± 0.032	0.529	-0.218
CudiA-152	0.405 ^{d-e} ± 0.054	0.484	-0.754
CudiB-022C	0.352 ^{d-e} ± 0.016	0.409	-2.503
Derei-070	0.398 ^{d-e} ± 0.053	0.489	-2.760
Derei-072	0.357 ^{d-e} ± 0.011	0.398	-2.047
Eğil-065	0.407 ^{c-e} ± 0.025	0.455	-0.057
Eğil-073	0.483 ^{a-d} ± 0.082	0.503	3.960
Kalka-064	0.365 ^{d-e} ± 0.021	0.419	-2.428
Kayat-077	0.387 ^{d-e} ± 0.010	0.458	-2.098
Kesen-075	0.444 ^{b-d} ± 0.070	0.531	0.245
Oyali-084	0.432 ^{b-e} ± 0.030	0.493	0.507
Sarik-067	0.391 ^{d-e} ± 0.036	0.434	-0.249
Savur-063	0.486 ^{a-d} ± 0.032	0.594	0.359
Şirnak-060	0.620 ^a ± 0.076	0.639	1.683
<i>Cicer echinospermum</i>			
Çermik-075	0.492 ^{c-e} ± 0.069	0.558	4.899
Deste-080	0.620 ^a ± 0.012	0.705	0.899
Gunas-062	0.417 ^{c-e} ± 0.017	0.546	-3.835
Ortan-066	0.580 ^{a-c} ± 0.154	0.685	4.242
Karab-092	0.400 ^{d-e} ± 0.040	0.490	-0.794
S2DRD-065	0.372 ^{d-e} ± 0.019	0.432	-5.383
<i>Cicer arietinum</i>			
Çağatay	0.370 ^{a-d} ± 0.098	0.393	2.472
Dikbaş	0.393 ^{d-e} ± 0.068	0.448	-5.526
Diyar-95	0.602 ^{a-b} ± 0.077	0.634	15.325
Gökçe	0.257 ^e ± 0.046	0.270	-10.799

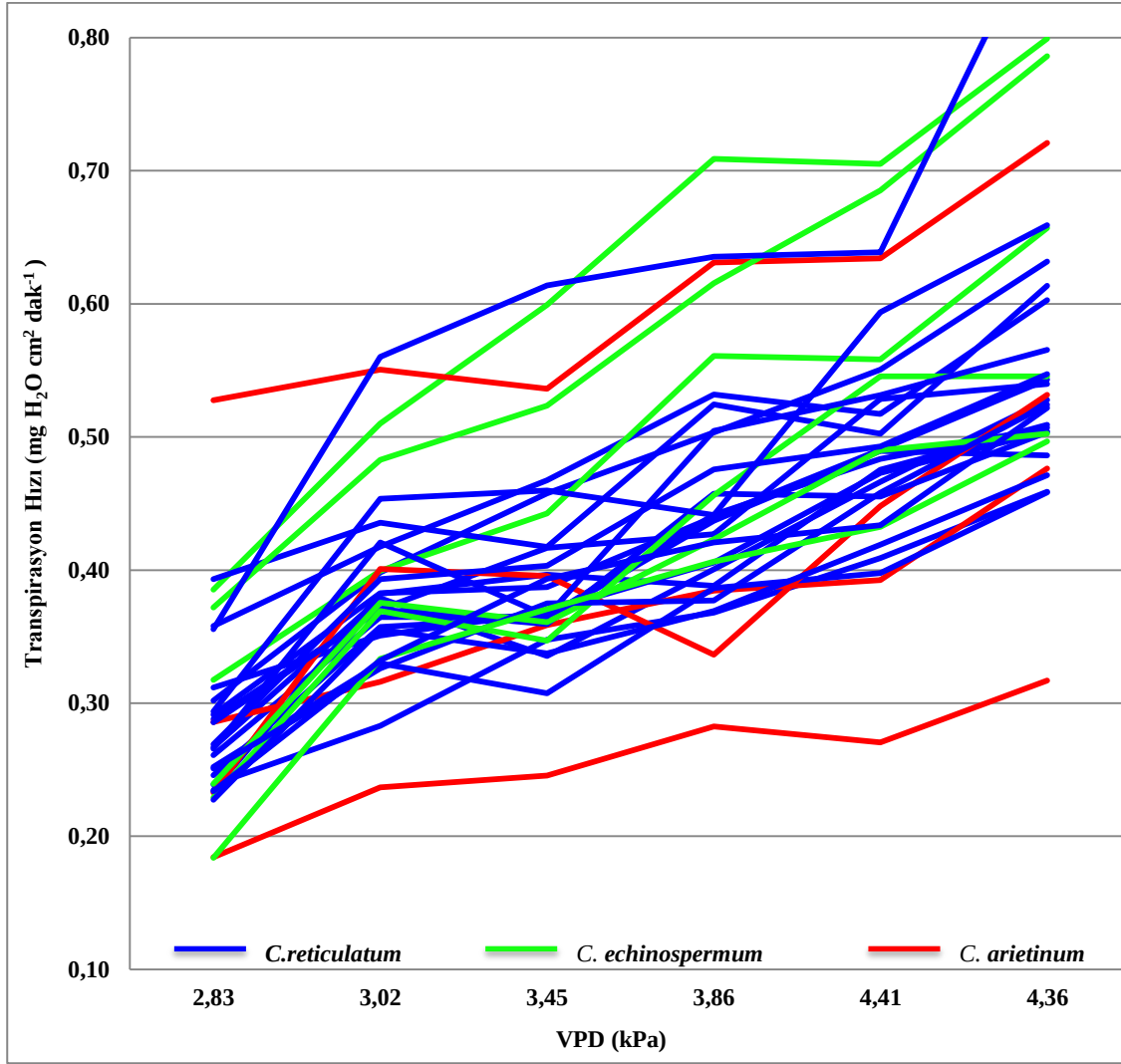
Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

T: Transpirasyon, TH: Transpirasyon Hızı, VPD: Vapour Pressure Deficit



Şekil 4.10. İkinci VPD ölçümünde yabancı nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin VPD süresince transpirasyon hızları

Her VPD seviyesinde genotiplerin göstermiş olduğu transpirasyon hızına ait tepkileri Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Şekil 4.11 incelendiğinde VPD arttıkça genotiplerin farklı tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Bazı genotiplerin belli aralıklarda transpirasyonlarını sabit tuttukları bazılarının ise arttırdığı belirlenmiştir.



Şekil 4.11. İkinci VPD ölçümünde yabani nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri

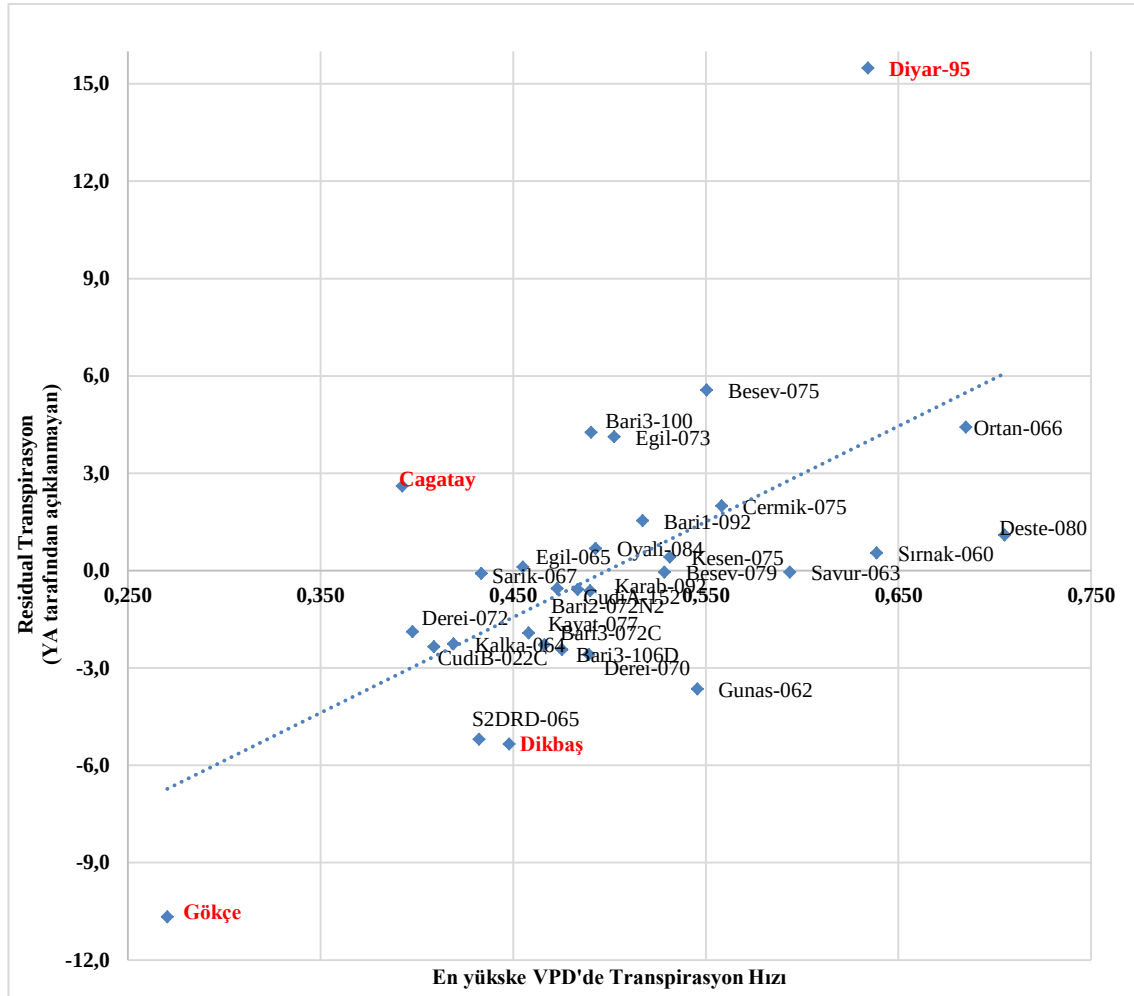
İkinci VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı değerlerinin ilişkilendirildiği regresyon grafiğinden elde edilen denklemdeki x değeri yerine yaprak alanı verileri yerleştirilip (Şekil 4.9) olası transpirasyon değerleri bulunduğundan sonra gerçek transpirasyon değerlerinden çıkarılması ile Residual Transpirasyon değerleri hesaplanmıştır. Residual Transpirasyon ve en yüksek VPD değerindeki transpirasyon hızına ait veriler Çizelge 4.8 ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Kutikular transpirasyon değeri olarak değerlendirilen Residual Transpirasyon değerleri arasında geniş aralıkta değişim olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde; en yüksek VPD’deki Transpirasyon Hızı ve Residual Transpirasyon sonuçlarının genotipler arasında çok fazla varyasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Gökçe ve Dikbaş çeşitleri negatif Residual Transpirasyon değeri gösterirken en yüksek VPD şartlarında fazla transpirasyon hızı ve pozitif Residual Transpirasyon değeri *C. arietinum* Diyar-95 genotipinden elde edilmiştir.

C. reticulatum genotiplerinden Bari1-092, Bari3-100, Besev-075, Eğil-073, Kesen-075, Oyali-084, Savur-063 ve Şırnak-060 genotipi pozitif Residual Transpirasyon değerine sahip olduğu buna karşın diğer *C. reticulatum* genotiplerinin negatif Residual Transpirasyon değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Gunas-062, Karab-092 ve S2DRD-065 *C. echinospermum* genotiplerinin negatif Residual Transpirasyon değerine, Çermik-075, Deste-080 ve Ortan-066 genotiplerinin pozitif Residual Transpirasyon değerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.12. İkinci VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi

4.1.4. Erken Gelişim Dönemi Kurağa Maruz Bırakma

Sera koşullarında yetiştirilen bitkilerin kuraklık stresi uygulaması ekimden 36 gün sonra 25 Nisan 2016 tarihinde başlamış ve günlük ağırlık tartımları yapılarak günlük su tüketimleri üzerinden transpirasyonları belirlenmiştir. Bitkilerin yarısı sulu koşullarda diğer yarısı dereceli su stresine maruz bırakılmıştır. Elde edilen transpirasyon değerleri ile Normalleştirilmiş Transpirasyon Hızı (NTR) hesaplanmıştır. NTR değerlerine bakılarak sonlandırılan her genotip için Transpire Edilebilen Toprak Nemi (Fraction Transpirable Soil Water (FTSW)) değerleri hesaplanmıştır. NTR ve FTSW değerleri ilişkilendirilerek genotiplerin transpirasyonlarının kırılma noktası belirlenmiştir.

Genotiplerin topraktaki nem seviyesinin düşmesiyle transpirasyonlarını hangi toprak nemi eşiğinde kısıtlamaya başladıklarını gösteren değerler Çizelge 4.9 ve Şekil 4.13’de verilmiştir. Çizelge 4.9 ve Şekil 4.13 incelendiğinde; genotiplere ait FTSW değerlerinin geniş bir aralıkta olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin 0.40 - 0.60 değerleri arasında değişen (FTSW) toprak nemi aralığında transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları ve yabancı genotiplerin genellikle kültür çeşitlerinden daha yüksek FTSW değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

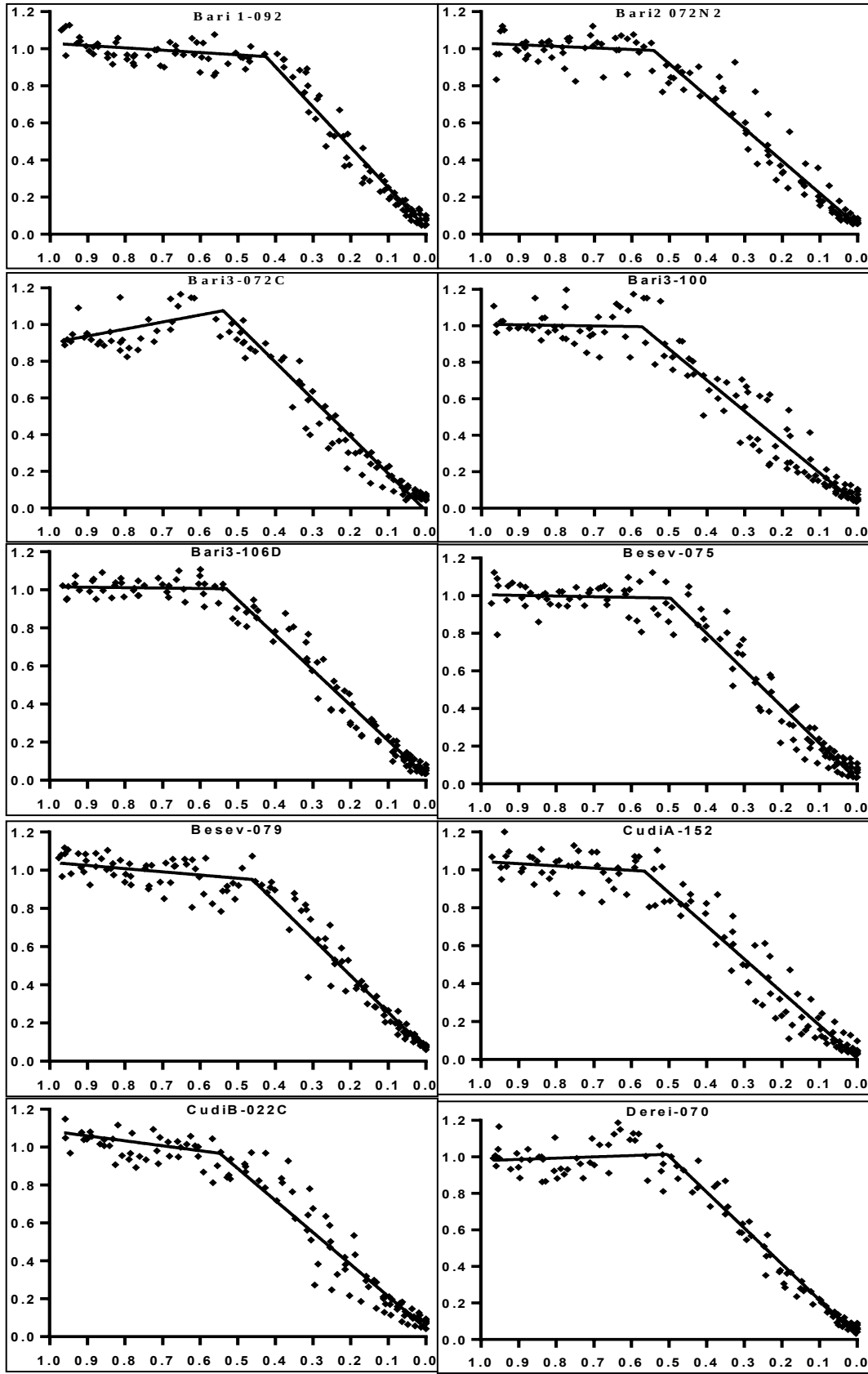
Diyar-95 çeşidinin en düşük FTSW değeri (0.41) ile transpirasyonu en geç kısıtlayan genotip olduğu belirlenmiştir. Dikbaş çeşidinin 0.56 FTSW değeri ile transpirasyonu en erken kısıtlayan kültür çeşidi olduğu saptanmıştır. Güven sınırları ile değerlendirildiğinde; *C. reticulatum* genotiplerinden Bari1-092, Besev-079 ve Savur-063, *C. echinospermum* genotiplerinden Deste-080 ve S2DRD-065, *C. arietinum* genotiplerinden Gökçe’nin güven sınırlarının en düşük FTSW değeri gösteren Diyar-95 genotipinin güven sınırları içinde yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; *C. echinospermum* genotiplerinden sadece Deste-080 ve *C. reticulatum* Bari1-092 genotiplerinin Diyar-95 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Karab-092 *C. echinospermum* genotipinin 0.60 FTSW değeri ile en yüksek FTSW değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Güven sınırları ile değerlendirildiğinde; *C. reticulatum* genotiplerinden Bari3-100, CudiA-152, CudiB-022C, Eğil-065, Eğil-073 ve Kayat-077 genotipinin, *C. echinospermum* genotiplerinden Ortan-066, *C. arietinum*

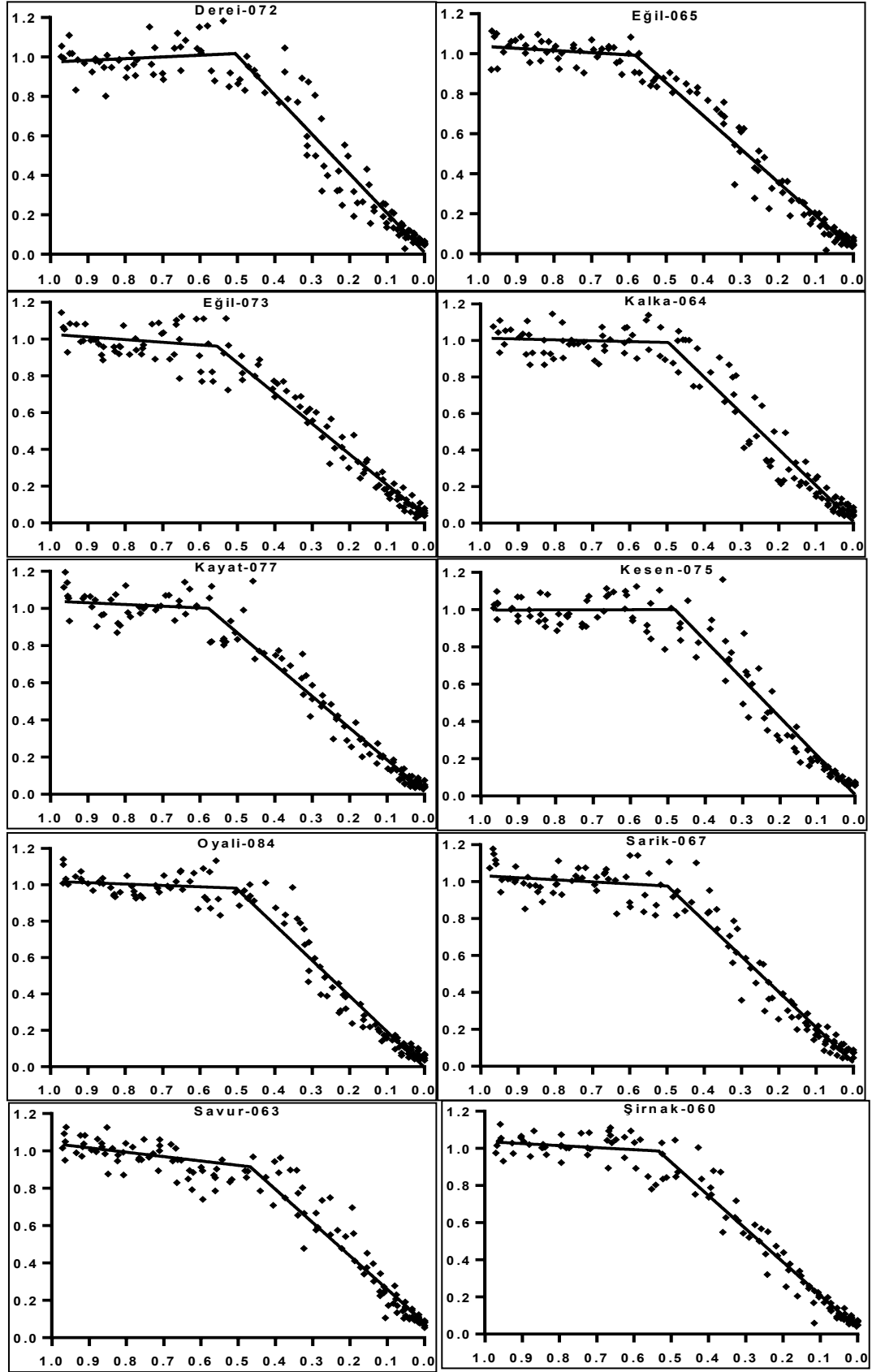
genotiplerinden Dikbaş'ın güven sınırları en yüksek FTSW değeri gösteren Karab-092 genotipinin güven sınırları içinde yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; sadece *C.reticulatum* genotiplerinden Kayat-077 ve Eğil-065 genotiplerinin Karab-092 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Erken gelişim dönemi nohut genotiplerinin azalan toprak nemi ile transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları toprak nemi eşik değerleri

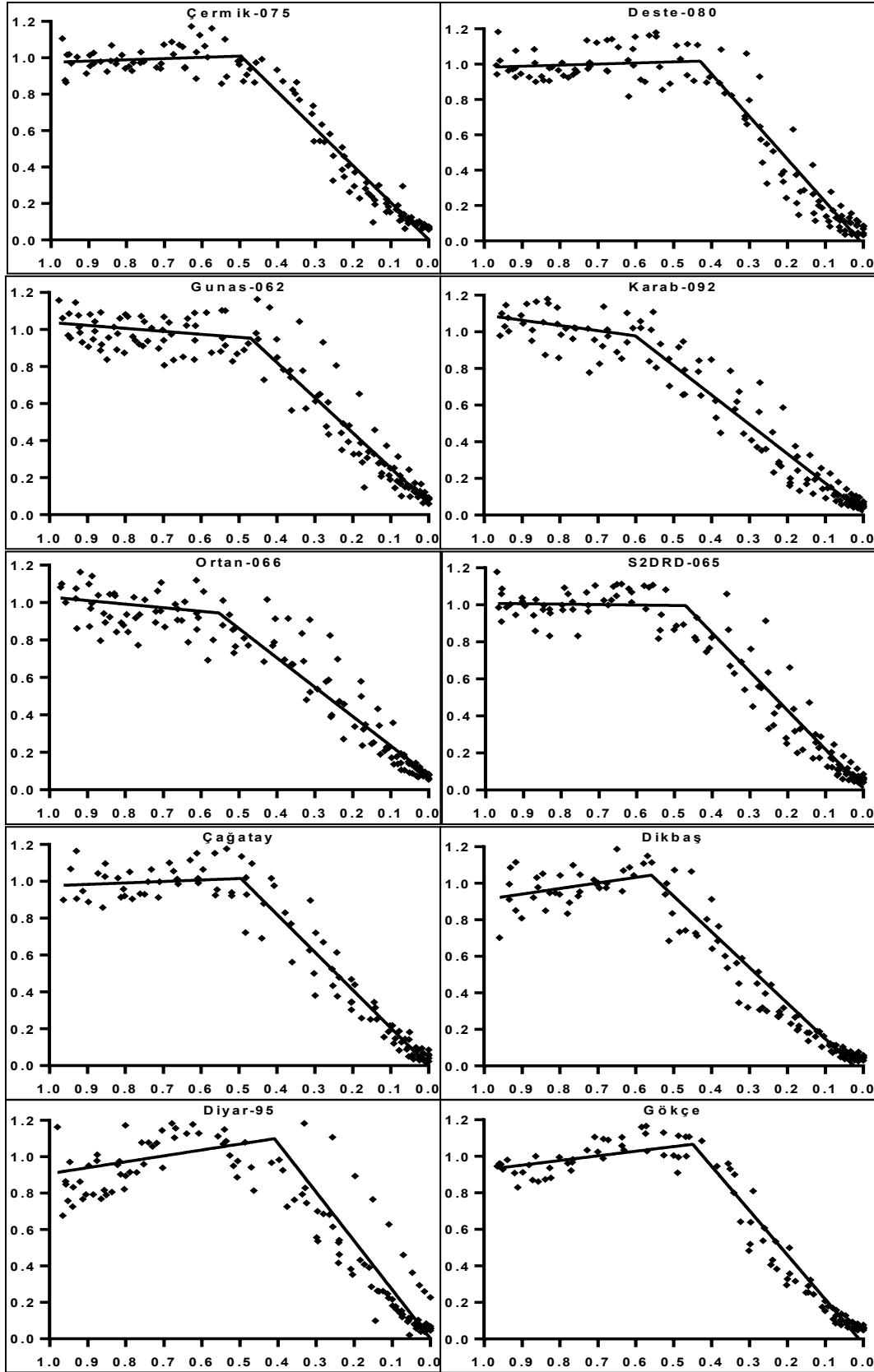
Genotipler	FTSW Kırılma Noktası $\pm$ Standart Hata	Güven Sınırları
<i>Cicer reticulatum</i>		
Bari1-092	0.425 $\pm$ 0.008	0.407 - 0.443
Bari2-072N2	0.541 $\pm$ 0.013	0.514 - 0.567
Bari3-072C	0.538 $\pm$ 0.014	0.510 - 0.567
Bari3-100	0.572 $\pm$ 0.013	0.546 - 0.599
Bari3-106D	0.530 $\pm$ 0.009	0.512 - 0.548
Besev-075	0.495 $\pm$ 0.011	0.473 - 0.518
Besev-079	0.461 $\pm$ 0.009	0.441 - 0.480
CudiA-152	0.564 $\pm$ 0.012	0.539 - 0.590
CudiB-022C	0.547 $\pm$ 0.013	0.520 - 0.573
Derei-070	0.504 $\pm$ 0.010	0.482 - 0.525
Derei-072	0.505 $\pm$ 0.013	0.477 - 0.532
Eğil-065	0.582 $\pm$ 0.009	0.563 - 0.601
Eğil-073	0.554 $\pm$ 0.012	0.530 - 0.578
Kalka-064	0.496 $\pm$ 0.011	0.473 - 0.518
Kayat-077	0.577 $\pm$ 0.010	0.556 - 0.597
Kesen-075	0.480 $\pm$ 0.011	0.456 - 0.503
Oyali-084	0.502 $\pm$ 0.009	0.483 - 0.522
Sarik-067	0.498 $\pm$ 0.010	0.476 - 0.519
Savur-063	0.467 $\pm$ 0.012	0.442 - 0.492
Şirnak-060	0.533 $\pm$ 0.009	0.513 - 0.553
<i>Cicer echinospermum</i>		
Çermik-075	0.496 $\pm$ 0.010	0.476 - 0.517
Deste-080	0.430 $\pm$ 0.013	0.402 - 0.457
Gunas-062	0.469 $\pm$ 0.014	0.441 - 0.496
Ortan-066	0.553 $\pm$ 0.017	0.519 - 0.586
Karab-092	0.601 $\pm$ 0.015	0.571 - 0.630
S2DRD-065	0.470 $\pm$ 0.014	0.442 - 0.498
<i>Cicer arietinum</i>		
Çağatay	0.494 $\pm$ 0.012	0.469 - 0.520
Dikbaş	0.558 $\pm$ 0.014	0.529 - 0.587
Diyar-95	0.409 $\pm$ 0.020	0.368 - 0.449
Gökçe	0.449 $\pm$ 0.013	0.422 - 0.476



Şekil 4.13. Erken gelişim dönemi nohut genotiplerinin azalan toprak nemi süresince gösterdikleri transpirasyon tepkileri: x eksen=FTSW'yi, y eksen=NTR'yi temsil etmektedir.



Şekil 4.13'ün devamı



Şekil 4.13'ün devamı

Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesinde sulu koşullarda devam ettirilen bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksine ait kareler ortalaması varyans analiz tablosu Çizelge 4.10'da ve bu özelliklere ait ortalama değerler Çizelge 4.11'de verilmiştir. İyi sulu (stressiz) koşullarda devam ettirilen genotiplerin sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksi değerleri bakımından $P \leq 0.001$ düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Sulu			
		Sap Ağırlığı (g)	Tane Ağırlığı (g)	Biyomas (g)	HI (%)
Tekerrür	5	2.247	0.603	3.798	38.538*
Genotip	29	12.074**	5.332**	18.550**	548.159**
Hata	145	1.673	0.405	3.068	14.071
CV		20.099	34.592	21.163	17.447

** $P \leq 0.001$ ve * $P \leq 0.05$ seviyesinde önemlidir

Stressiz koşullardaki bitkilerde sap ağırlığı yönünden Dikbaş çeşidinin (10.387 g) tüm genotiplerden farklı olduğu belirlenmiştir. Kültür çeşitlerinin genellikle yüksek sap ağırlığına sahip olduğu ve sadece bazı yabancı genotiplerin kültür çeşitleriyle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. *C. reticulatum* genotiplerinden Bari1-092, Bari2-072N2, Bari3-072C, Bari3-100, Bari3-106D, CudiA-152, Derei-072, Eğil-073, Oyali-084 ve *C. echinospermum* genotiplerinden Çermik-075, Karab-092 ve Ortan-066 genotiplerinin sap ağırlığı değerlerinin kültür çeşitleriyle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. *C. echinospermum* genotipi Gunas-062'nin 4.061 g ile en düşük sap ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Stressiz koşullardaki bitkilerden elde edilen tane ağırlığı değerleri incelendiğinde *C. reticulatum* genotiplerinden Derei-072'nin 3.845 g ile en fazla tane ağırlığına sahip olduğu ve bu değer ile tüm genotiplerden farklı olduğu belirlenmiştir.

C. echinospermum genotiplerinden S2DRD-065 hariç tüm *C. echinospermum* genotiplerinin ve Çağatay çeşidinin düşük tane ağırlığına sahip oldukları ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.11. Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanmayan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait ortalama değerler

Genotipler	Stressiz			
	Sap Ağırlığı (g)	Tane Ağırlığı (g)	Biyomas (g)	HI (%)
<i>Cicer reticulatum</i>				
Bari1- 092	6.461 ^{d-j}	2.063 ^{c-i}	8.525 ^{e-j}	24.26 ^{d-g}
Bari2-072N2	6.605 ^{d-i}	1.996 ^{d-i}	8.602 ^{e-i}	23.31 ^{e-h}
Bari3-072C	6.850 ^{d-h}	2.441 ^{b-f}	9.292 ^{c-h}	25.00 ^{d-g}
Bari3-100	8.056 ^{b-d}	2.971 ^b	11.028 ^{a-d}	26.98 ^{c-e}
Bari3-106D	5.931 ^{e-k}	2.903 ^{b-c}	8.835 ^{c-i}	32.78 ^{a-b}
Besev-075	5.393 ^{g-l}	1.431 ^{g-k}	6.825 ^{h-l}	20.50 ^{g-i}
Besev-079	5.818 ^{f-l}	2.896 ^{b-c}	8.715 ^{d-i}	33.20 ^{a-b}
CudiA-152	7.285 ^{b-f}	2.541 ^{b-e}	9.827 ^{a-e}	25.39 ^{d-g}
Cudib-022C	5.860 ^{f-k}	1.100 ^{j-l}	6.960 ^{h-l}	15.73 ^{j-l}
Derei-070	5.841 ^{f-l}	2.138 ^{b-h}	7.980 ^{e-j}	26.52 ^{c-f}
Derei-072	7.275 ^{b-f}	3.845 ^a	11.120 ^{a-c}	34.13 ^a
Eğil-065	5.826 ^{f-l}	2.385 ^{b-f}	8.212 ^{e-j}	28.92 ^{b-d}
Eğil-073	7.000 ^{c-g}	2.695 ^{b-d}	9.695 ^{a-f}	27.05 ^{c-e}
Kalka-064	5.438 ^{g-l}	1.853 ^{d-j}	7.292 ^{f-k}	25.19 ^{d-g}
Kayat-077	5.398 ^{g-l}	2.155 ^{b-h}	7.553 ^{e-k}	27.86 ^{c-e}
Kesen-075	5.693 ^{f-l}	1.210 ^{i-l}	6.903 ^{h-l}	17.28 ^{i-k}
Oyali-084	6.803 ^{d-h}	1.903 ^{d-j}	8.707 ^{d-i}	21.61 ^{f-i}
Sarik-067	5.100 ^{h-l}	2.501 ^{b-f}	7.602 ^{e-k}	33.08 ^{a-b}
Savur-063	4.991 ^{i-l}	2.273 ^{b-g}	7.265 ^{f-k}	31.19 ^{a-c}
Sirnak-060	4.476 ^{k-l}	1.648 ^{f-j}	6.125 ^{j-l}	26.77 ^{c-e}
<i>Cicer echinospermum</i>				
Çermik-075	6.996 ^{c-g}	0.116 ^m	7.113 ^{g-k}	1.70 ^o
Deste-080	5.096 ^{h-l}	0.171 ^m	5.268 ^{k-l}	3.14 ^o
Gunas-062	4.061 ^l	0.713 ^{k-m}	4.775 ^l	14.32 ^{k-l}
Karab-092	6.835 ^{d-h}	0.635 ^{k-m}	7.470 ^{e-k}	8.49 ^{m-n}
Ortan-066	8.663 ^{b-c}	0.536 ^{l-m}	9.200 ^{c-h}	5.69 ^{n-o}
S2DRD-065	4.700 ^{k-l}	1.696 ^{e-j}	6.397 ^{i-l}	26.10 ^{d-f}
<i>Cicer arietinum</i>				
Çağatay	7.666 ^{b-e}	0.241 ^m	7.908 ^{e-j}	3.04 ^o
Dikbaş	10.387 ^a	1.345 ^{h-l}	11.732 ^{a-b}	11.32 ^{l-m}
Diyar-95	8.896 ^b	2.983 ^b	11.880 ^a	25.18 ^{d-g}
Gökçe	7.655 ^{b-e}	1.855 ^{d-j}	9.510 ^{b-g}	19.28 ^{h-j}
Mean	6.435	1.841	8.277	21.50

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli değildir.

Sulu koşullar altında biyomas değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.11); kültür çeşitlerinden Diyar-95'in 11.732 g ile en yüksek biyomasa sahip olduğu belirlenmiştir. Kültür çeşitlerinden Dikbaş, *C. reticulatum* genotiplerinden Bari3-100, CudiA-152,

Derei-072 ve Eğil-073 genotiplerinin en yüksek biyomas değerine sahip olan Diyar-95 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. En düşük biyomas değeri (4.775g) *C.echinosperrum* genotipi olan Gunas-062'den elde edilmiştir (Çizelge 4.11).

Stressiz sulu koşullar altında hasat indeksi değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.11); *C.reticulatum* genotiplerinden Derei-072 en yüksek hasat indeksine sahip olmuştur. Hasat indeksi yönünden Bari3-106D, Besev-079, Sarik-067 ve Savur-063 *C.reticulatum* genotipleri en yüksek hasat indeksine sahip olan Derei-072 genotipi ile aynı grupta yer almıştır. *C.reticulatum* genotipleri genellikle yüksek hasat indeksine sahip olmuştur.

Stressiz koşullar altında *C. echinosperrum* genotipleri (S2DRD-065 genotipi hariç) genellikle düşük hasat indeksine sahip olmuştur. En düşük hasat indeksi *C.echinosperrum* genotipi Çermik-075 genoitipinden elde edilmiş ve Deste-080 ile aynı grupta yer almıştır. Kültür çeşitleri Diyar-95 çeşidi hariç düşük hasat indeksine sahip olmuştur (Çizelge 4.11).

Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesinde su stresi uygulanan bitkilere ait sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksi varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12'de ve bu özelliklere ait ortalama değerler Çizelge 4.13'de verilmiştir. Su stresi uygulanan genotipler sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksi değerleri bakımından $P \leq 0.001$ düzeyinde farklılık göstermiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stresli bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Su Stresli			
		Sap Ağırlığı (g)	Tane Ağırlığı (g)	Biyomas (g)	HI (%)
Tekerrür	5	1.377*	0.040*	1.846*	8.235
Genotip	29	1.803**	0.179**	1.552**	125.401**
Hata	145	0.518	0.014	0.6087	6.520
CV		21.456	26.746	20.472	21.093

** $P \leq 0.001$ ve * $P \leq 0.05$ seviyesinde önemlidir

Erken gelişim döneminde su stresine maruz bırakılan genotiplere ait ortalama sap ağırlıkları incelendiğinde (Çizelge 4.13); kültür çeşitlerinden Çağatay ve Gökçe'nin en fazla sap ağırlığına sahip oldukları ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir.

Stresli koşullar altında en düşük sap ağırlığına *C.echinosperrum* genotipinden Gunas-062'nin sahip olduğu belirlenmiştir.

Strese maruz bırakılan bitkilerden elde edilen tane ağırlıkları incelendiğinde (Çizelge 4.13); *C.reticulatum* Savur-063 genotipinin 0.781 g tane ağırlığı ile en yüksek tane ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotiplerinden yalnız Derei-072 ve Kalka-064'ün, *C.echinosperrum* genotiplerinden sadece S2DRD-065 genotipinin 0.680 g tane ağırlığı ile en yüksek tane ağırlığına sahip olan Savur-063 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Stres uygulanan bitkilerden en düşük tane ağırlığına Dikbaş kültür çeşidinin sahip olduğu ve kültür çeşitlerinin genellikle düşük tane ağırlıklarına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Su stresiyile kurağa maruz bırakılan genotiplerin sahip olduğu biyomas değerleri incelendiğinde; kültür çeşitlerinin yüksek biyomasa sahip olduğu ve en yüksek değer Çığatay çeşidinden elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Stresli koşullardaki *C.reticulatum* genotiplerinden Bari3-100, Bari3-106D, CudiA-152, Derei-072, Kalka-064 ve Kayat-077 genotiplerinin en fazla biyomas değerine sahip olan Çığatay ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. *C.echinosperrum* genotiplerinin biyomas değerleri düşük bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Kurağa maruz bırakılan bitkilerden elde edilen hasat indeksi değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.13); *C.reticulatum* Savur-063 genotipinin en yüksek hasat indeksine sahip olduğu belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotipleri arasından sadece Şirnak-060 genotipi ile *C.echinosperrum* genotipleri arasından sadece Gunas-062 ve S2DRD-065 genotiplerinin hasat indeksi bakımından en yüksek hasat indeksine sahip olan Savur-063 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Su stresi uygulanan bitkilerde en düşük hasat indeksine Çığatay ve Dikbaş kültür çeşitlerinin sahip olduğu ve hiçbir yabancı genotipin bu çeşitlerle aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI)'ne ait ortalama değerler

Genotipler	Su Stresli			
	Sap Ağırlığı (g)	Tane Ağırlığı (g)	Biyomas (g)	HI (%)
<i>Cicer reticulatum</i>				
Bari1- 092	3.336 ^{c-e}	0.476 ^{e-k}	3.813 ^{b-h}	12.73 ^{e-g}
Bari2-072N2	3.126 ^{c-e}	0.520 ^{c-i}	3.646 ^{c-h}	14.28 ^{c-f}
Bari3-072C	3.123 ^{c-e}	0.358 ^{j-n}	3.481 ^{d-h}	9.75 ^{g-j}
Bari3-100	3.458 ^{c-e}	0.513 ^{d-j}	3.971 ^{a-h}	12.50 ^{e-h}
Bari3-106D	3.708 ^{b-d}	0.576 ^{b-g}	4.285 ^{a-e}	13.69 ^{d-f}
Besev-075	2.683 ^{d-e}	0.381 ⁱ⁻ⁿ	3.065 ^{g-h}	12.50 ^{e-h}
Besev-079	2.845 ^{d-e}	0.565 ^{b-h}	3.410 ^{d-h}	16.74 ^{b-d}
CudiA-152	3.595 ^{b-e}	0.568 ^{b-h}	4.163 ^{a-g}	13.77 ^{d-f}
Cudib-022C	2.983 ^{d-e}	0.406 ^{h-m}	3.390 ^{d-h}	12.04 ^{f-i}
Derei-070	3.280 ^{c-e}	0.433 ^{g-l}	3.713 ^{c-h}	11.59 ^{f-i}
Derei-072	3.606 ^{b-e}	0.713 ^{a-b}	4.320 ^{a-d}	16.73 ^{b-d}
Eğil-065	3.333 ^{c-e}	0.440 ^{f-l}	3.773 ^{c-h}	11.68 ^{f-i}
Eğil-073	3.150 ^{c-e}	0.611 ^{b-e}	3.761 ^{c-h}	16.19 ^{b-d}
Kalka-064	3.578 ^{b-e}	0.661 ^{a-d}	4.240 ^{a-f}	15.81 ^{b-e}
Kayat-077	3.468 ^{c-e}	0.583 ^{b-g}	4.051 ^{a-h}	14.43 ^{c-f}
Kesen-075	3.346 ^{c-e}	0.320 ^{k-n}	3.667 ^{c-h}	8.76 ^{i-l}
Oyalı-084	3.400 ^{c-e}	0.348 ^{k-n}	3.748 ^{c-h}	9.24 ^{h-j}
Sarik-067	3.218 ^{c-e}	0.600 ^{b-f}	3.818 ^{b-h}	15.65 ^{b-e}
Savur-063	3.031 ^{d-e}	0.781 ^a	3.813 ^{b-h}	20.48 ^a
Sirnak-060	2.780 ^{d-e}	0.593 ^{b-g}	3.373 ^{d-h}	17.39 ^{a-c}
<i>Cicer echinospermum</i>				
Çermik-075	2.950 ^{d-e}	0.230 ^{n-p}	3.180 ^{e-h}	7.39 ^{j-l}
Deste-080	3.515 ^{c-e}	0.313 ^{k-n}	3.828 ^{b-h}	8.17 ^{j-l}
Gunas-062	2.628 ^e	0.568 ^{b-h}	3.196 ^{e-h}	18.16 ^{a-b}
Karab-092	2.818 ^{d-e}	0.313 ^{k-n}	3.131 ^{f-h}	9.78 ^{g-j}
Ortan-066	2.693 ^{d-e}	0.265 ^{m-p}	2.958 ^h	8.99 ^{i-k}
S2DRD-065	3.088 ^{d-e}	0.680 ^{a-c}	3.768 ^{c-h}	17.87 ^{a-b}
<i>Cicer arietinum</i>				
Çağatay	4.783 ^a	0.130 ^{o-p}	4.913 ^a	2.73 ^m
Dikbaş	4.111 ^{a-c}	0.118 ^p	4.230 ^{a-f}	2.79 ^m
Diyar-95	4.460 ^{a-b}	0.283 ^{l-o}	4.743 ^{a-c}	5.79 ^{k-m}
Gökçe	4.616 ^a	0.263 ^{m-p}	4.880 ^{a-b}	5.52 ^{l-m}
Mean	3.357	0.453	3.811	12.10

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz ve stresli bitkilerin sahip olduğu toplam biyokütle ile hesaplanan transpirasyon etkinliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları ile FTSW-Transpirasyon etkinliği (TE) arasındaki ilişki Çizelge 4.14’de verilmiştir. Stressiz ve stresli koşullarda transpirasyon etkinliği bakımından genotipler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. TE ile FTSW arasındaki ilişkiler incelendiğinde; stresli koşullarda $P \leq 0.05$ seviyesinde negatif bir ilişki belirlenirken stressiz koşullarda önemli bir ilişki belirlenmemiştir.

Çizelge 4.14. Erken gelişim dönemi su stresli ve sulu koşullardan elde edilen transpirasyon etkinliğine ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları ve FTSW ile ilişkilerine ait değerler

	Serbestlik Derecesi	Su Stresli TE	Stressiz TE
Tekerrür	5	0.117	0.056
Genotip	29	0.590**	0.912**
Hata	145	0.146	0.112
CV		18.847	14.991
FTSW		-0.366*	0.133

** $P \leq 0.001$, * $P \leq 0.05$ seviyesinde önemlidir

Stresli ve stressiz koşullardaki genotiplerin sahip olduğu transpirasyon etkinliği değerleri ve standart hata değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir. Sulu koşullarda *C.echinosperrum* Gunas-062 genotipinin en düşük transpirasyon etkinliğine sahip olduğu ve Çermik-075 genotipiyle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotiplerinden Bari3-106D’nin en yüksek transpirasyon etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Stressiz koşullarda *C.echinosperrum* genotipleri daha düşük transpirasyon etkinliğine sahip bulunmuştur.

Stresli ve sulu koşullarda Çermik-075, Besev-075 ve Ortan-066 genotiplerinin en düşük, Diyar-95 çeşidinin en yüksek transpirasyon etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Erken gelişim dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz ve stressli bitkilerin Transpirasyon Etkinliği (TE) ve Standart Hata (SH) değerleri

Genotipler	Stressiz	Genotipler	Su Stresli
	TE (g/kg ⁻¹) ± SH		TE (g/kg ⁻¹) ± SH
Gunas-062	1.480 ^k ± 0.132	Çermik-075	1.510 ^h ± 0.144
Çermik-075	1.570 ^k ± 0.135	Besev-075	1.512 ^h ± 0.192
Deste-080	1.681 ^{j-k} ± 0.165	Ortan-066	1.514 ^h ± 0.103
Karab-092	1.705 ^{j-k} ± 0.144	Karab-092	1.549 ^{g-h} ± 0.118
Bari2-072N2	1.726 ^{j-k} ± 0.073	Çağatay	1.605 ^{f-h} ± 0.161
Besev-075	1.873 ^{i-k} ± 0.150	Bari2-072N2	1.652 ^{e-h} ± 0.143
Kalka-064	1.905 ^{h-k} ± 0.072	Besev-079	1.683 ^{d-h} ± 0.127
Sarik-067	1.917 ^{g-k} ± 0.075	CudiB-022C	1.789 ^{c-h} ± 0.094
Ortan-066	2.045 ^{f-j} ± 0.124	Eğil-065	1.847 ^{c-h} ± 0.133
Besev-079	2.054 ^{f-j} ± 0.191	Sarik-067	1.921 ^{b-h} ± 0.167
Bari3-100	2.069 ^{f-j} ± 0.163	Bari3-100	1.943 ^{b-h} ± 0.203
Kesen-075	2.101 ^{f-j} ± 0.095	Gunas-062	1.975 ^{b-h} ± 0.185
Sirnak-060	2.135 ^{f-j} ± 0.050	Kayat-077	2.021 ^{b-h} ± 0.193
CudiB-022C	2.179 ^{e-i} ± 0.064	Savur-063	2.070 ^{b-g} ± 0.083
Oyali-084	2.268 ^{d-i} ± 0.107	Bari3-072C	2.102 ^{a-f} ± 0.106
S2DRD-065	2.298 ^{d-i} ± 0.176	Sirnak-060	2.165 ^{a-e} ± 0.145
Diyar-95	2.333 ^{c-h} ± 0.062	Eğil-073	2.167 ^{a-e} ± 0.182
Kayat-077	2.368 ^{b-g} ± 0.060	Deste-080	2.168 ^{a-e} ± 0.177
Çağatay	2.397 ^{b-f} ± 0.069	Dikbaş	2.174 ^{a-e} ± 0.146
Bari1-092	2.399 ^{b-f} ± 0.113	Oyali-084	2.186 ^{a-d} ± 0.197
Eğil-073	2.408 ^{b-f} ± 0.179	Kesen-075	2.193 ^{a-d} ± 0.198
Savur-063	2.424 ^{a-f} ± 0.056	Derei-072	2.227 ^{a-c} ± 0.104
Eğil-065	2.463 ^{a-f} ± 0.099	Bari1-092	2.235 ^{a-c} ± 0.134
Gökçe	2.608 ^{a-e} ± 0.059	Derei-070	2.237 ^{a-c} ± 0.080
Bari3-072C	2.624 ^{a-e} ± 0.213	CudiA-152	2.263 ^{a-c} ± 0.144
Derei-072	2.721 ^{a-d} ± 0.140	Gökçe	2.400 ^{a-b} ± 0.258
Derei-070	2.768 ^{a-c} ± 0.294	S2DRD-065	2.402 ^{a-b} ± 0.077
Dikbaş	2.796 ^{a-b} ± 0.126	Bari3-106D	2.419 ^{a-b} ± 0.090
CudiA-152	2.825 ^{a-b} ± 0.212	Kalka-064	2.448 ^{a-b} ± 0.163
Bari3-106D	2.872 ^a ± 0.083	Diyar-95	2.616 ^a ± 0.225

4.2. İkinci Yıl Fizyolojik Ölçümleri

Araştırmanın ikinci yılı VPD denemesi ışık, sıcaklık ve nem şartlarının ayarlanabildiği tam kontrollü bitki büyüme odalarında ölçülmüştür. İkinci yıl VPD denemesi bitkilerin çiçeklenme öncesi ve bakla dolum dönemlerinde iki kez ölçülmüştür. Her gelişim dönemi için ayrı saksılar kullanılmıştır.

4.2.1. Çiçeklenme Öncesi Artan VPD’de Transpirasyon Ölçümleri

Çiçeklenme öncesi gelişim döneminde genotiplerin VPD stresine tepkisini belirlemek amacıyla 16 Nisan 2017 tarihinde bitki büyüme odasında 1.10 - 3.93 kPa arasında artan VPD koşullarında (Çizelge 3.4) VPD denemesi yürütülmüştür. Saksılar düzenli aralıklarla 7 kez tartılmış ve her tartım arasındaki farktan transpirasyon değerleri hesaplanmıştır.

4.2.1.1. Transpirasyon (g H₂O saat)

Çiçeklenme öncesi erken vejetatif gelişim dönemindeki bitkilerin VPD ölçüm süresince yaptıkları toplam transpirasyon değerlerine ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çizelge 4.16 incelendiğinde; çiçeklenme öncesi dönemde transpirasyon değerleri yönünden genotipler ve türler arasında farklılığın $P \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde genotipler ve türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları

	SD	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
Tekerrür	5	642.59*	1527.3	0.151**
Genotip	29	544.07**	73241.4**	0.257**
Tür	2	1892.0**	1003263.0**	2.966**
Hata	145	182.03	2232.8	0.033
CV		29.50	30.76	26.67
R ²		0.41	0.86	0.62

** $P \leq 0.001$ ve * $P \leq 0.01$ seviyesinde önemlidir

SD: Serbestlik Derecesi, T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı

Türlerin sahip olduğu transpirasyon değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.17’de verilmiştir. *C. arietinum* türlerinin ortalama 54.171 g H₂O saat transpirasyon miktarıyla

C.echinosperrum ve *C.reticulatum* türlerinden daha fazla transpirasyon yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde türler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerler

Türler	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
<i>Cicer arietinum</i>	54.171	422.75	0.247
<i>Cicer echinospermum</i>	38.208	115.28	0.648
<i>Cicer reticulatum</i>	46.288	111.27	0.788
Mean	45.723	153.60	0.688
LSD	6.829	18.89	0.075
T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı			

Genotiplere ait çiçeklenme öncesi toplam transpirasyon değerleri ve bunlara ait standart hata değerleri Çizelge 4.18 ve Şekil 4.14’de verilmiştir. Genotiplerin transpirasyon değerleri incelendiğinde; *C.reticulatum* Savur-063 genotipi ve *C.arietinum* Dikbaş kültür çeşidinin en fazla transpirasyona sahip oldukları ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.18, Şekil 4.14).

Kültür çeşitlerinden Çağatay ve Diyar-95 çeşitlerinin en yüksek transpirasyona sahip genotiple aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

C.echinosperrum genotiplerinden sadece Ortan-066 ve Çermik-075 genotiplerinin en yüksek transpirasyona sahip genotiplerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

C.reticulatum genotipleri Bari2-072N2, Bari3-100, Derei-072, Eğil-065, Eğil-073, Kesen-075 ve Sarik-067’nin en yüksek transpirasyona sahip Savur-063 ve Dikbaş ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

En düşük transpirasyon değerine *C.echinosperrum* Gunas-062 genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir. Deste-080, Karab-092 ve S2DRD-065 *C.echinosperrum* genotipleri ile Bari1-092, Derei-070, Kalka-064, Kayat-077, Oyali-084, Şirnak-060 *C.reticulatum* genotiplerinin yaptıkları transpirasyon miktarı ile en düşük transpirasyona sahip Gunas-062 genotipiyle benzer seviyede oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Genotiplere ait transpirasyon değerleri standart hata ile değerlendirildiğinde; Bari3-100, Eğil-065, Çağatay ve Sarik-067 genotiplerinin en yüksek transpirasyon

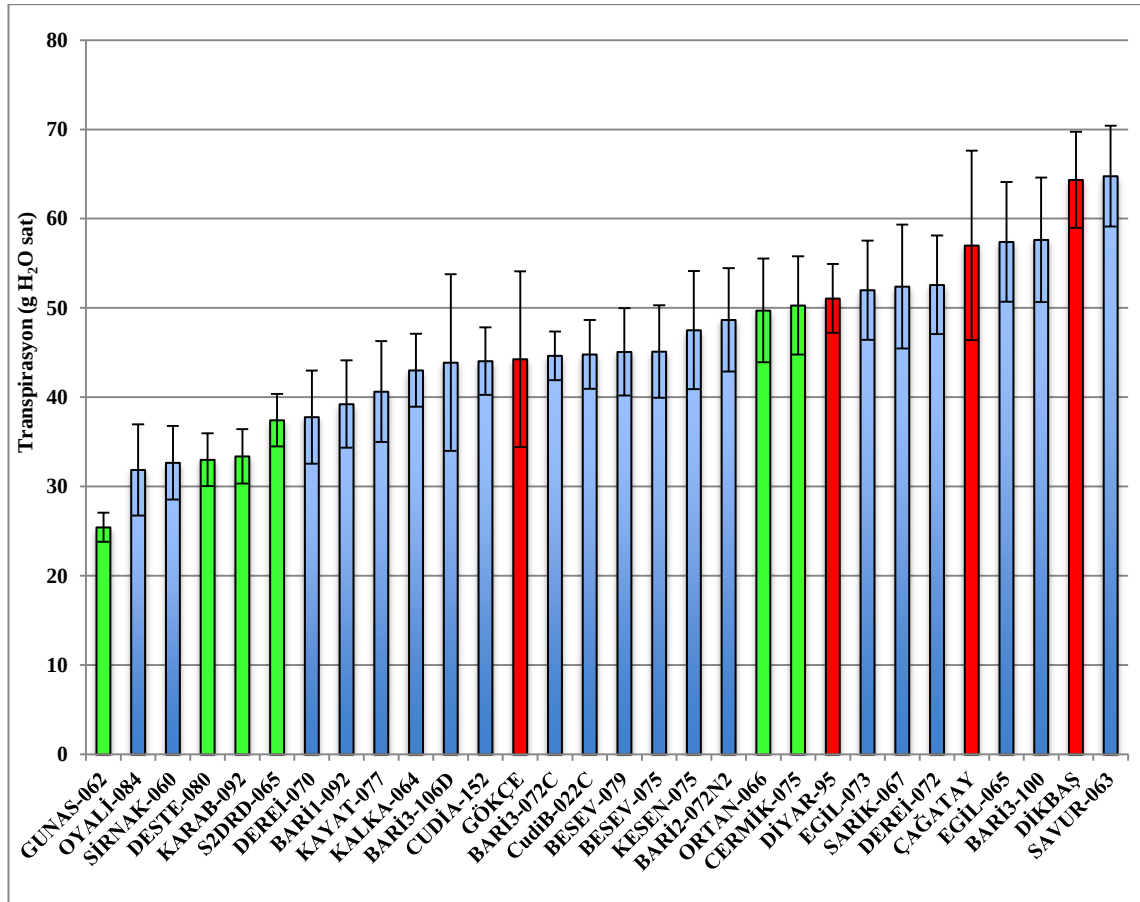
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

değerine sahip Savur-063 ve Dikbaş genotipleriyle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Harflendirmeye göre Diyar-95 kültür çeşidi, Sarik-067 *C.reticulatum* genotipi ve Dikbaş çeşidi ile aynı grupta yer alırken standart hataya göre aynı grupta yer almamıştır (Çizelge 4.18 ve Şekil 4.14).

Çizelge 4.18. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri

Genotipler	Transpirasyon (g H ₂ O saat) ± Standart Hata	Yaprak alanı (cm ²) ± Standart Hata
<i>Cicer reticulatum</i>		
Bari1-092	39.23 ^{b-h} ± 4.89	90.58 ^{d-e} ± 9.05
Bari2-072N2	48.66 ^{a-g} ± 5.79	104.27 ^{c-e} ± 5.55
Bari3-072C	44.65 ^{b-g} ± 2.72	96.12 ^{c-e} ± 9.83
Bari3-100	57.63 ^{a-b} ± 6.96	137.78 ^{c-e} ± 15.13
Bari3-106D	43.88 ^{b-g} ± 9.88	102.04 ^{c-e} ± 20.68
Besev-075	45.11 ^{b-g} ± 5.17	107.88 ^{c-e} ± 13.17
Besev-079	45.08 ^{b-g} ± 4.87	105.25 ^{c-e} ± 9.64
CudiA-152	44.05 ^{b-g} ± 3.77	105.62 ^{c-e} ± 4.80
CudiB-022C	44.80 ^{b-g} ± 3.85	126.04 ^{c-e} ± 8.78
Derei-070	37.78 ^{c-h} ± 5.22	74.75 ^e ± 5.34
Derei-072	52.58 ^{a-c} ± 5.51	156.86 ^{c-d} ± 12.32
Eğil-065	57.40 ^{a-b} ± 6.71	123.69 ^{c-e} ± 4.97
Eğil-073	52.00 ^{a-e} ± 5.55	125.37 ^{c-e} ± 14.26
Kalka-064	43.01 ^{b-h} ± 4.08	124.08 ^{c-e} ± 13.50
Kayat-077	40.63 ^{b-h} ± 5.63	108.21 ^{c-e} ± 8.08
Kesen-075	47.51 ^{a-g} ± 6.61	116.12 ^{c-e} ± 8.24
Oyali-084	31.86 ^{g-h} ± 5.11	93.89 ^{c-e} ± 13.08
Sarik-067	52.40 ^{a-d} ± 6.94	116.33 ^{c-e} ± 13.69
Savur-063	64.76 ^a ± 5.63	129.85 ^{c-e} ± 11.93
Şirnak-060	32.66 ^{f-h} ± 4.12	80.47 ^e ± 8.97
<i>Cicer echinospermum</i>		
Çermik-075	50.28 ^{a-g} ± 5.51	124.54 ^{c-e} ± 9.86
Deste-080	33.00 ^{e-h} ± 2.95	123.24 ^{c-e} ± 12.64
Gunas-062	25.43 ^h ± 1.63	82.79 ^e ± 5.19
Ortan-066	49.71 ^{a-g} ± 5.80	159.50 ^c ± 26.77
Karab-092	33.38 ^{d-h} ± 3.03	78.78 ^e ± 9.75
S2DRD-065	37.43 ^{c-h} ± 2.95	122.78 ^{c-e} ± 15.83
<i>Cicer arietinum</i>		
Çağatay	57.00 ^{a-b} ± 10.61	484.44 ^a ± 57.28
Dikbaş	64.35 ^a ± 5.38	380.19 ^b ± 39.35
Diyar-95	51.06 ^{a-f} ± 3.86	443.62 ^a ± 25.72
Gökçe	44.26 ^{b-g} ± 9.84	382.72 ^b ± 40.82

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir



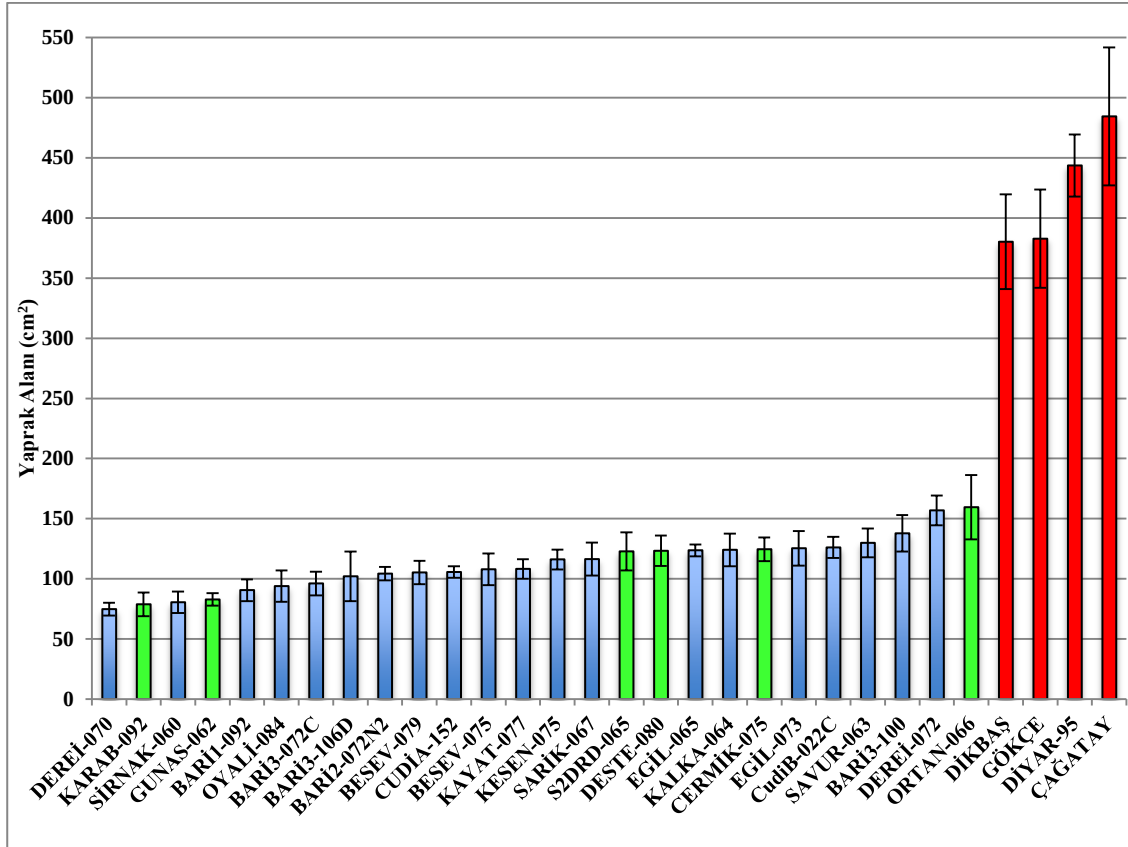
Şekil 4.14. Nohut genotiplerinin çiçeklenme öncesi VPD gününde ölçülen transpirasyon ve standart hata barları

4.2.1.2. Yaprak Alanı (cm²)

Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünün sonunda hasat edilerek ölçülen genotiplere ve türlere ait yaprak alanı kareler ortalaması varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çiçeklenme öncesi dönemde yaprak alanı değerleri bakımından hem genotipler hemde türler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16).

C.arietinum türlerinin ortalama 422.75 cm² yaprak alanı değeri ile *C.echinospermum* ve *C.reticulatum* türlerinden yaklaşık 4 kat daha yüksek yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17, Şekil 4.15).

Çiçeklenme öncesi dönemdeki genotiplere ait toplam yaprak alanı değerleri ve bu değerlere ait standart hata değerleri Çizelge 4.18 ve Şekil 4.15'de verilmiştir.



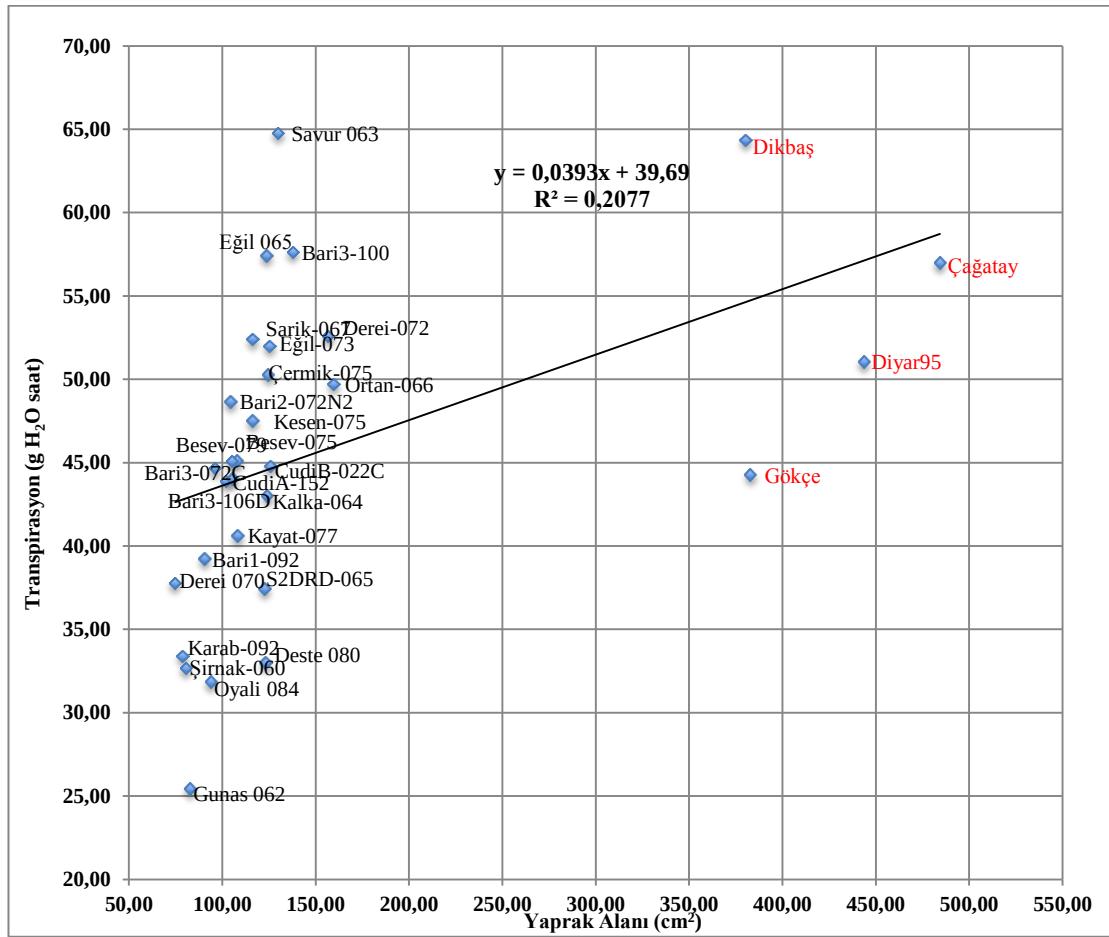
Şekil 4.15. Nohut genotiplerinin çiçeklenme öncesi VPD gününde ölçülen yaprak alanı ve standart hata barları

Yaprak alanı değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.18); kültür çeşitlerinden Çağatay ve Diyar-95'in sırasıyla 484.44 ve 443.62 cm²'lik yaprak alanı değerleri ile tüm genotiplerden daha yüksek yaprak alanına sahip oldukları ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir. Dikbaş ve Gökçe kültür çeşitleri sahip oldukları yaprak alanı değerleri ile en fazla yaprak alanına sahip Çağatay ve Diyar-95 kültür çeşitlerinden daha az yaprak alanı değeri göstermiş ve bunlardan farklı gruplarda yer almıştır. Standart hata ile değerlendirildiğinde; Dikbaş ve Gökçe'nin sadece Çağatay'dan farklı olduğu Diyar-95 ile aynı grupta olduğu belirlenmiştir.

Yabani nohut genotiplerinden Ortan-066 (*C.echinospermum*) genotipi 159.50 cm² ile en yüksek yaprak alanına sahip olmuş, bunu 156,86 cm² ile Derei-072 (*C.reticulatum*) izlemiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; Ortan-066 genotipi Sarik-067'ye kadar olan genotiplerle aynı (Eğil-065 hariç) diğer genotiplerle farklı gruplarda yer almıştır (Şekil 4.15). Derei-070, Karab-092, Şirnak-060 ve Gunas-062 genotipleri en düşük yaprak alanına sahip olmuştur. Harflendirmeye göre; Bari1-092 genotipinin 90.58 cm²'lik yaprak alanı değeri ile sadece Ortan-066 genotipinden farklı

diğer tüm yabancı genotiplerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Standart hataya göre yabancı genotipler arasından sadece Bari1-092, Bari3-072C, Bari3-106D ve Oyali-084 genotiplerinin en düşük yaprak alanına sahip genotiplerle (Derei-070 hariç) aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4.16'da verilmiştir. Kültür çeşitlerinin fazla yaprak alanına sahip olup düşük transpirasyon yapması ve yabancı genotiplerin düşük yaprak alanına sahip olup fazla transpirasyon yapmasından dolayı transpirasyon ve yaprak alanı arasında zayıf bir ilişki ($R^2=0.20$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği

4.2.1.3. Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2 \text{ dak}^{-1}$)

Çiçeklenme öncesi transpirasyon değerleri ile yaprak alanları kullanılarak transpirasyon hızları hesaplanmıştır. Genotipler ve türler arasındaki transpirasyon hızına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16’da, türlere ait ortalama transpirasyon hızı değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Transpirasyon hızı bakımından genotipler ve türler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Türler arasında ortalama transpirasyon hızı değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.17); en düşük transpirasyon hızına *C.arietinum* türlerinin, en yüksek transpirasyon hızına *C.reticulatum* türlerinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Genotiplere ait toplam transpirasyon hızı değerleri Çizelge 4.19 ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Çağatay çeşidinin en düşük transpirasyon hızına sahip olduğu ve diğer kültür çeşitlerinin Çağatay ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Yabani genotiplerden sadece Deste-080 *C.echinospermum* genotipi en düşük transpirasyon hızına sahip kültür çeşitlerinden Dikbaş ile aynı grupta yer almıştır.

Standart hata ile değerlendirildiğinde; hiçbir yabani genotipin transpirasyon hızı yönünden kültür çeşitleriyle aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir. Dikbaş çeşidi standart hata ile değerlendirildiğinde en düşük transpirasyon hızına sahip kültür çeşitlerinden farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4.19 ve Şekil 4.17).

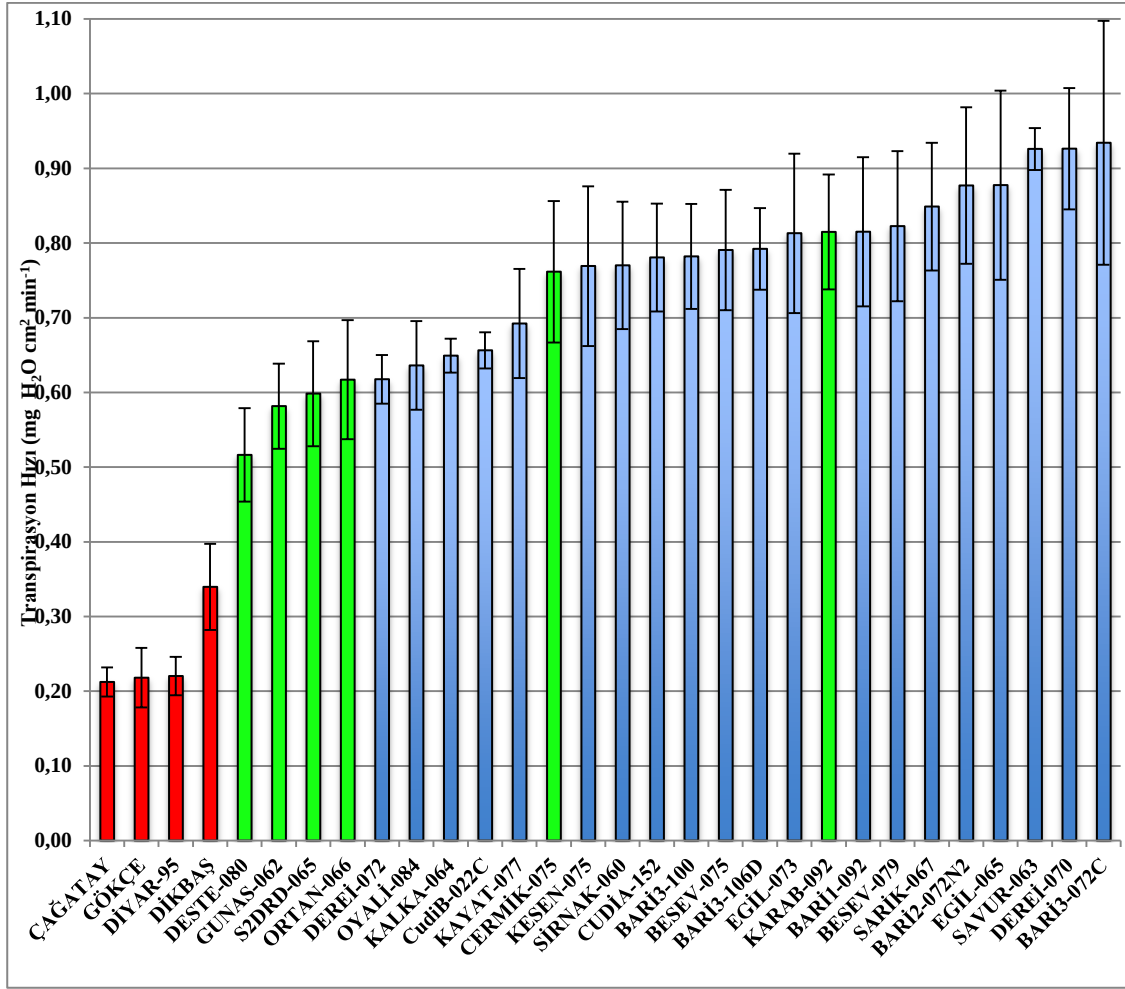
En yüksek transpirasyon hızına Bari3-072C, Derei-070 ve Savur-063 *C.reticulatum* genotiplerinin sahip olduğu belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotiplerinden sadece CudiB-022C, Derei-072, Kalka-064 ve Oyali-084 genotipleri en yüksek transpirasyon hızına sahip olan gruptan daha düşük transpirasyon hızına sahip olmuştur. Bu *C.reticulatum* genotipleri hariç tüm *C.reticulatum* genotiplerinin yüksek transpirasyon hızına sahip genotiplerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde Kayat-077’de farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4.19 ve Şekil 4.17).

C.echinospermum genotiplerinden sadece Çermik-075 ve Karab-092 genotipleri yüksek transpirasyon hızına sahip olan *C.reticulatum* genotipleriyle aynı grupta yer almıştır. Deste-080, Gunas-062, Ortan-066 ve S2DRD-065 *C.echinospermum* genotipleri ise düşük transpirasyon hızına sahip olmuştur (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri

Genotipler	TH (mg H ₂ O cm ² min ⁻¹) ± SH	En yüksek VPD'de (3.93 kPa) TH (mg H ₂ O cm ² min ⁻¹)	Residual T
<i>Cicer reticulatum</i>			
Bari1-092	0.815 ^{a-d} ± 0.099	1.040	-4.016
Bari2-072N2	0.876 ^{a-b} ± 0.104	1.051	4.878
Bari3-072C	0.934 ^a ± 0.163	1.082	1.182
Bari3-100	0.782 ^{a-d} ± 0.070	0.960	12.528
Bari3-106D	0.792 ^{a-d} ± 0.054	1.025	0.182
Besev-075	0.790 ^{a-d} ± 0.080	0.932	1.186
Besev-079	0.822 ^{a-d} ± 0.100	1.042	1.256
CudiA-152	0.780 ^{a-d} ± 0.072	1.021	0.209
CudiB-022C	0.656 ^{b-e} ± 0.024	0.879	0.156
Derei-070	0.926 ^a ± 0.081	1.139	-4.844
Derei-072	0.617 ^{c-e} ± 0.032	0.724	6.728
Eğil-065	0.877 ^{a-b} ± 0.126	1.110	12.848
Eğil-073	0.813 ^{a-d} ± 0.106	0.989	7.382
Kalka-064	0.649 ^{b-e} ± 0.022	0.723	-1.549
Kayat-077	0.692 ^{a-e} ± 0.073	0.847	-3.309
Kesen-075	0.769 ^{a-d} ± 0.106	0.948	3.262
Oyali-084	0.636 ^{b-e} ± 0.059	0.776	-11.513
Sarik-067	0.848 ^{a-c} ± 0.085	1.071	8.137
Savur-063	0.925 ^a ± 0.028	1.176	19.973
Şirnak-060	0.770 ^{a-d} ± 0.085	1.011	-10.186
<i>Cicer echinospermum</i>			
Çermik-075	0.761 ^{a-e} ± 0.094	0.960	5.698
Deste-080	0.516 ^{e-f} ± 0.062	0.598	-11.533
Gunas-062	0.581 ^{d-e} ± 0.056	0.804	-17.510
Ortan-066	0.616 ^{c-e} ± 0.079	0.794	3.758
Karab-092	0.814 ^{a-d} ± 0.077	1.049	-9.402
S2DRD-065	0.598 ^{c-e} ± 0.070	0.796	7.081
<i>Cicer arietinum</i>			
Çağatay	0.212 ^g ± 0.019	0.276	-1.728
Dikbaş	0.339 ^{f-g} ± 0.057	0.448	9.718
Diyar-95	0.220 ^g ± 0.025	0.299	-6.057
Gökçe	0.217 ^g ± 0.039	0.304	-10.464

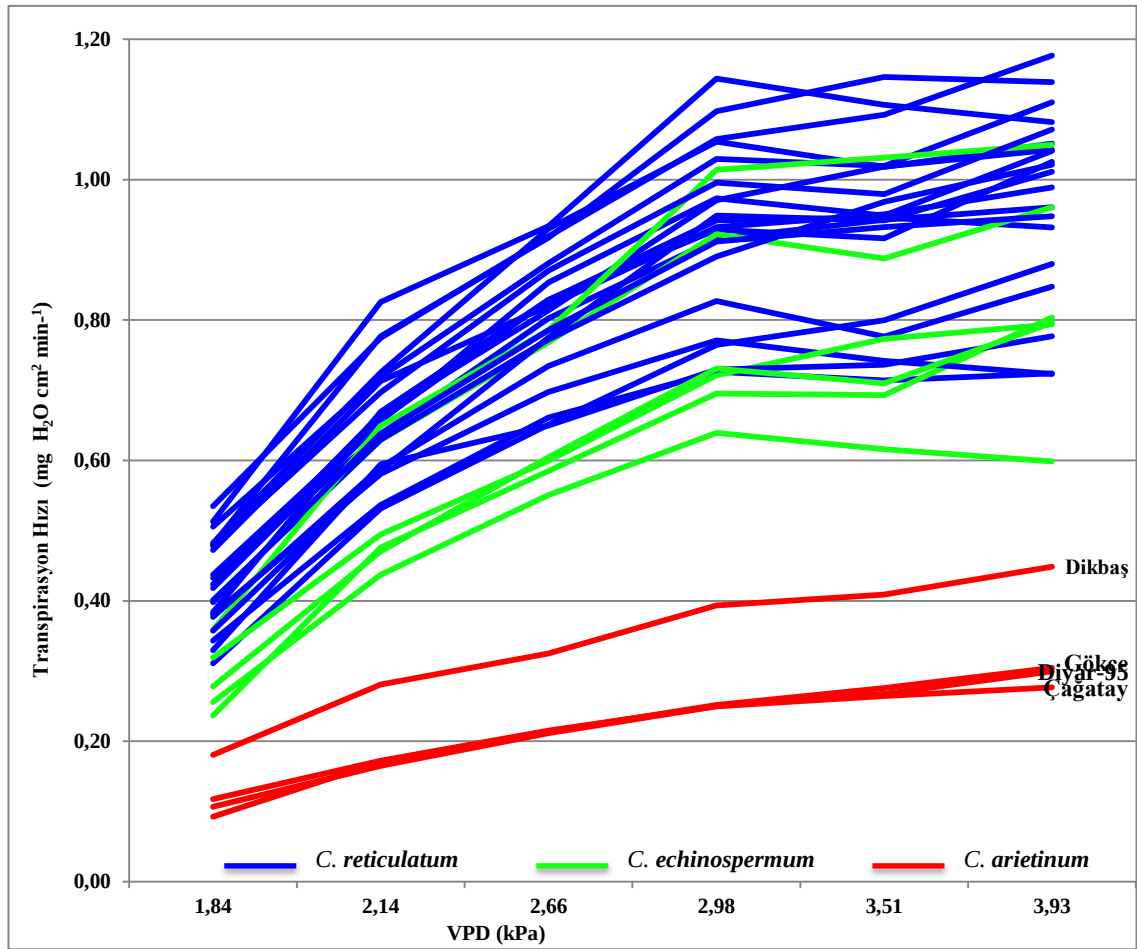
Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.



Şekil 4.17. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan transpirasyon hızı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

Artarak değişen her VPD koşulunda genotiplerin transpirasyon hızı tepkileri Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Tüm genotiplerin hiçbir VPD seviyesinde transpirasyonlarını kısıtlamadıkları ölçülen VPD aralıklarında genotiplerin transpirasyonlarının doğrusal olarak devam ettiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.18’de görüldüğü gibi kültür çeşitlerinin transpirasyon hızlarının yabancı genotiplerden düşük olduğu ve *C. reticulatum* genotiplerinin genellikle yüksek transpirasyon hızına sahip oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.18. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde yabancı nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri

Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı değerlerinin ilişkilendirildiği regresyon grafiğinden elde edilen denklemdeki x değeri yerine yaprak alanı verileri yerleştirilip (Şekil 4.16) olası transpirasyon değerleri bulunduğundan sonra gerçek transpirasyon değerlerinden çıkarılması ile Residual Transpirasyon değerleri hesaplanmıştır. Residual Transpirasyon ve en yüksek VPD değerindeki transpirasyon hızına ait veriler Çizelge 4.19 ve Şekil 4.19’da gösterilmiştir.

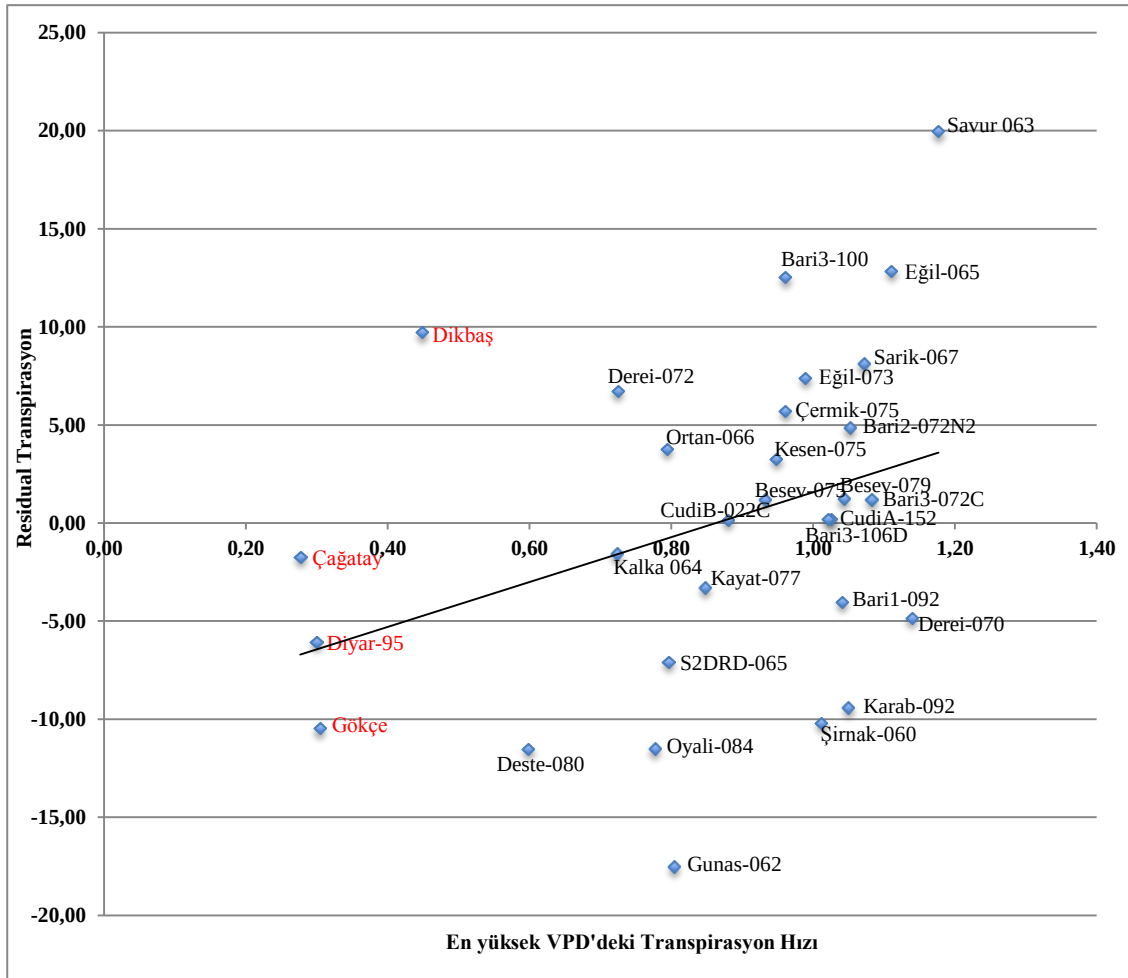
Çizelge 4.19 incelendiğinde en yüksek VPD’deki Transpirasyon Hızı ve Residual Transpirasyon sonuçlarının genotipler arasında çok fazla varyasyon gösterdiği belirlenmiştir. Residual Transpirasyon -17.510 ile 19.973 değerleri arasında değişmiştir.

En yüksek VPD koşullarındaki transpirasyon hızı değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.19); kültür çeşitlerinin en düşük transpirasyon hızına sahip oldukları ve Dikbaş çeşidi hariç negatif Residual Transpirasyon değerine sahip olmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

En düşük Residual Transpirasyon değerine *C.echinospermum* Gunas-062 genotipinin sahip olduğu ve bu genotipin en yüksek VPD koşullarındaki transpirasyon hızının diğer genotiplerle kıyaslandığında orta seviyelerde olduğu belirlenmiştir. En yüksek Residual Transpirasyon değerine *C.reticulatum* Savur-063 genotipinin sahip olduğu ve VPD'nin en yüksek olduğu durumda transpirasyon hızı en yüksek olan genotip olduğu belirlenmiştir.

C.reticulatum genotiplerinden sadece Bari1-092, Derei-070, Kalka-064, Kayat-077, Oyali-84 ve Şirnak-060 genotiplerinin negatif Residual Transpirasyon değerine sahip olduğu ve Bari1-092, Derei-070 ve Şirnak-060'ın en yüksek VPD koşulunda yüksek transpirasyon hızına, Kalka-064, Kayat-077 ve Oyali-084 genotiplerinin orta seviyelerde transpirasyon hızına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi

C.echinospermum genotiplerinden sadece Deste-080, Gunas-062 ve Karab-092 negatif Residual Transpirasyon değeri göstermiş ve bunlardan Karab-092 en yüksek VPD anında yüksek transpirasyon hızına, Deste-080 düşük transpirasyon hızına ve Gunas-062 genotipi orta seviyelerde transpirasyon hızına sahip olmuştur.

Çiçeklenme öncesi VPD süresince genotiplerin transpirasyon değerlerinin regresyon eğimi ve kesişim noktalarına ait Graphpad Prism ile hesaplanan değerlerin tablosu Çizelge 4.20’ de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Çiçeklenme öncesi VPD süresince genotiplerin transpirasyon değerlerine ait regresyon eğim (slope) ve kesişim değerleri (Y-X intercept) ile doğruluk payı (R square)

Genotype	Slope	Y-intercept	X-intercept	R ²
Bari1-092	27.04 ± 6.02	4.61 ± 0.18	0.17	0.8346
Bari2-072N2	25.19 ± 6.96	16.09 ± 0.20	0.64	0.7661
Bari3-072C	25.27 ± 8.02	21.56 ± 0.24	0.85	0.7129
Bari3-100	24.17 ± 5.12	9.47 ± 0.15	0.39	0.8476
Bari3-106D	26.57 ± 6.11	3.67 ± 0.18	0.14	0.8256
Besev-075	22.62 ± 6.17	14.75 ± 0.18	0.65	0.7709
Besev-079	28.39 ± 5.36	1.53 ± 0.16	0.05	0.8750
Çağatay	7.85 ± 1.29	-1.08 ± 0.04	-0.14	0.9019
Çermik-075	24.42 ± 5.58	6.71 ± 0.16	0.27	0.8271
CudiA-152	28.02 ± 4.24	-1.60 ± 0.12	-0.06	0.9159
CudiB-022C	24.81 ± 4.12	-4.91 ± 0.12	-0.20	0.9005
Derei-070	30.06 ± 6.69	7.16 ± 0.20	0.24	0.8345
Derei-072	16.32 ± 4.97	15.34 ± 0.15	0.94	0.7294
Deste-080	15.21 ± 5.14	8.39 ± 0.15	0.55	0.6861
Dikbaş	11.83 ± 1.81	0.32 ± 0.05	0.03	0.9141
Diyar-95	8.16 ± 0.93	-1.17 ± 0.03	-0.14	0.9506
Eğil-065	26.82 ± 5.04	11.50 ± 0.15	0.43	0.8763
Eğil-073	22.35 ± 5.00	17.77 ± 0.15	0.80	0.8333
Gökçe	9.35 ± 1.32	-4.79 ± 0.04	-0.51	0.9266
Gunas-062	23.64 ± 4.65	-9.07 ± 0.14	-0.38	0.8662
Kalka-064	14.71 ± 5.56	23.09 ± 0.16	1.57	0.6364
Karab-092	31.66 ± 6.85	-8.55 ± 0.20	-0.27	0.8423
Kayat-077	19.62 ± 5.51	13.45 ± 0.16	0.69	0.7603
Kesen-075	24.67 ± 5.66	6.79 ± 0.17	0.28	0.8261
Ortan-066	21.99 ± 3.66	-0.82 ± 0.11	-0.04	0.9004
Oyali-084	17.83 ± 5.12	12.91 ± 0.15	0.72	0.7518
S2DRD-065	22.56 ± 4.53	-4.31 ± 0.13	-0.19	0.8611
Sarik-067	25.92 ± 5.29	11.19 ± 0.16	0.43	0.8570
Savur-063	28.37 ± 4.71	11.92 ± 0.14	0.42	0.9006
Şirnak-060	29.71 ± 5.86	-7.46 ± 0.17	-0.25	0.8653

Çiçeklenme öncesi artarak değişen VPD ölçümünde genotiplerin transpirasyonları doğrusal bir eğime sahip olduğu hiçbir genotipin kırılma noktası göstermediği, VPD seviyesi arttıkça transpirasyon değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Genotiplerin eğim değerleri 7.85 ile 31.66 arasında yüksek değişim göstermiştir (Çizelge 4.20).

Kültür çeşitlerinden Çağatay'ın en düşük eğim değerine sahip olduğu, Diyar-95 ve Gökçe kültür çeşitleri ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Tüm yabancı genotiplerin eğim değerinin kültür çeşidi Çağatay'dan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotiplerinden Derei-072 ve Oyali-084 genotipleri Dikbaş kültür çeşidi ile aynı grupta yer almıştır. *C.echinosperrum* genotiplerinden sadece Deste-080 genotipi ve *C.reticulatum* genotiplerinden Kalka-064 genotipi kültür çeşitlerinden Gökçe ile aynı grupta yer almıştır.

4.2.1.4. Çiçeklenme Öncesi Stoma İletkenlik Göstergesi

Çiçeklenme öncesi VPD ölçümünde VPD'nin en yüksek olduğu zamanda genotiplerin thermal kamera ile sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Bitki sıcaklık değerleri ile ortam sıcaklığı arasındaki farktan bitki örtüsü serinliği ve stoma iletkenlik indeksi hesaplanarak değerleri Çizelge 4.21 ve Şekil 4.20'de verilmiştir.

Çiçeklenme öncesi en yüksek VPD koşullarında bitki sıcaklığı 23.51-31.15 °C arasında değişmiştir. Bitki sıcaklığı yönünden genotipler arasında yüksek varyasyon olduğu ve buna bağlı olarak bitki örtüsü serinliği ve stoma iletkenliği değerlerinin de büyük değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.21, Şekil 4.20).

Çiçeklenme öncesi en yüksek VPD koşullarında en düşük bitki sıcaklığı CudiB-022C (*C.reticulatum*) genotipinden elde edilmiş ve hesaplanan bitki örtüsü serinliği en yüksek olan genotip olduğu belirlenmiştir.

Besev-079 genotipi en yüksek bitki sıcaklığı ve en düşük bitki örtüsü serinliğine sahip olmuştur.

Çizelge 4.21. Çiçeklenme öncesi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen Bitki Sıcaklığı (BS) ve ilişkili hesaplanan Bitki Örtüsü Serinliği (BÖS) ve Stoma İletkenlik İndeksi (*I_g*)

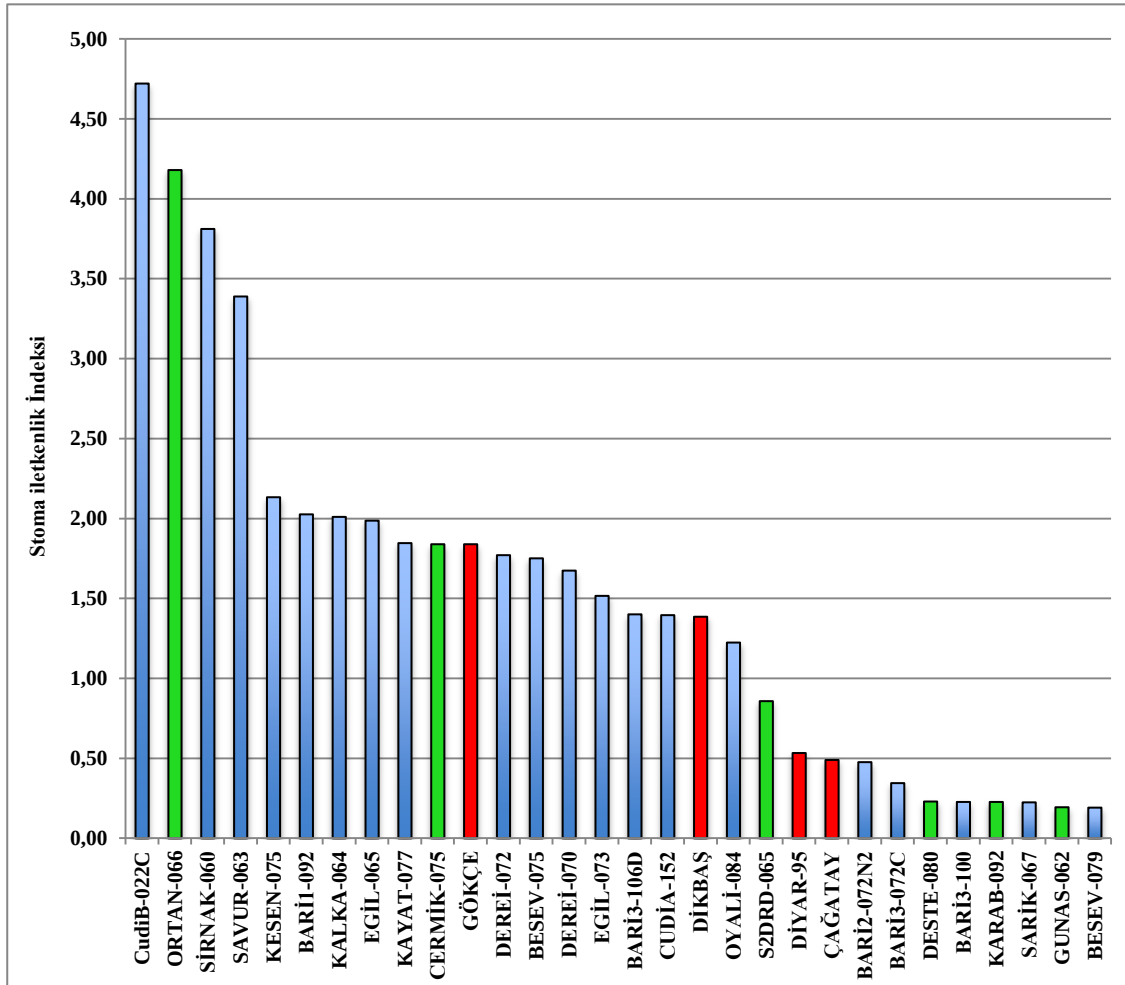
Genotipler	BS (°C)	BÖS (°C)	<i>I_g</i>
CudiB-022C	23.51	14.29	4.721
Ortan-066	23.72	14.08	4.180
Şirnak-060	23.89	13.91	3.812
Savur-063	24.12	13.68	3.389
Kesen-075	25.17	12.63	2.134
Bari1-092	25.30	12.50	2.026
Kalka-064	25.32	12.48	2.010
Eğil-065	25.35	12.45	1.987
Kayat-077	25.54	12.26	1.847
Çermik-075	25.55	12.25	1.840
Gökçe	25.55	12.25	1.840
Derei-072	25.65	12.15	1.771
Besev-075	25.68	12.12	1.751
Derei-070	25.80	12.00	1.674
Eğil-073	26.07	11.73	1.516
Bari3-106D	26.29	11.51	1.401
CudiA-152	26.30	11.50	1.396
Dikbaş	26.32	11.48	1.386
Oyali-084	26.67	11.13	1.224
S2DRD-065	27.69	10.11	0.858
Diyar-95	29.00	8.80	0.533
Çağatay	29.22	8.58	0.490
Bari2-072N2	29.29	8.51	0.476
Bari3-072C	30.05	7.75	0.345
Deste-080	30.85	6.95	0.230
Bari3-100	30.87	6.93	0.227
Karab-092	30.87	6.93	0.227
Sarik-067	30.89	6.91	0.225
Gunas-062	31.13	6.67	0.194
Besev-079	31.15	6.65	0.192

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Genotiplere ait sıcaklık değerleri ile hesaplanan stoma iletkenlik indeks değerleri 0.192 - 4.172 arasında değişmiştir. En yüksek stoma iletkenliği CudiB-022C, en düşük stoma iletkenliği Besev-079 genotipinden elde edilmiştir (Şekil 4.20).

Kültür çeşitleri tür içi değerlendirildiğinde; Gökçe ve Dikbaş yüksek, Diyar-95 ve Çağatay düşük stoma iletkenliğine sahip olmuştur.

C.echinosperrum genotiplerinden Ortan-066 yüksek, Gunas-062, Karab-092 ve Deste-080 düşük stoma iletkenliğine sahip olmuştur (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Çiçeklenme öncesi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen sıcaklık değerleri ile ilişkili hesaplanan stoma iletkenlik indeksi

4.2.2. Bakla Dolum Dönemi VPD Ölçümleri

Bakla dolum döneminde genotiplerin VPD stresine tepkisini belirlemek amacıyla 13 Mayıs 2017 tarihinde bitki büyüme odasında 1.10 - 3.80 kPa arasında artan VPD koşullarında (Çizelge 3.4) VPD denemesi yürütülmüştür. Saksılar düzenli aralıklarla 7 kez tartılmış ve her tartım arasındaki farktan transpirasyon değerleri hesaplanmıştır.

4.2.2.1. Transpirasyon (g H₂O saat)

Bakla dolum dönemindeki bitkilerin VPD ölçüm süresince yaptıkları transpirasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Bakla dolum döneminde transpirasyon değerleri bakımından genotipler ve türler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde genotipler arasında transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları

	SD	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
Tekerrür	5	13166.9*	9181.5	0.175*
Genotip	29	2531.02*	42691.5*	0.045*
Tür	2	9465.0*	194844.0*	0.434*
Hata	145	647.41	8851.6	0.014
CV		18.53	17.97	23.84
R2		0.59	0.50	0.51

*P≤ 0.001 seviyesinde önemlidir

SD: Serbestlik Derecesi, T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı

Türlerin sahip olduğu transpirasyon değerlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.23’de verilmiştir. *C.arietinum* türleri ortalama 111.46 g H₂O saat transpirasyon değeri ile *C.echinospermum* ve *C.reticulatum* türlerinden düşük transpirasyona sahip olmuştur (Çizelge 4.23). *C.echinospermum* türleri ortalama 145.53 g H₂O saat ile en yüksek transpirasyon yapan türler olmuştur.

Çizelge 4.23. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde türlerin transpirasyon, yaprak alanı ve transpirasyon hızına ait ortalama değerleri

	T (g H ₂ O saat)	YA (cm ²)	TH (mg H ₂ O cm ² dak ⁻¹)
<i>Cicer arietinum</i>	111.46	642.43	0.327
<i>Cicer echinospermum</i>	145.53	510.17	0.546
<i>Cicer reticulatum</i>	139.71	504.25	0.526
Mean	139.96	524.09	0.503
LSD	13.53	43.23	0.063

T: Transpirasyon, YA: Yaprak Alanı, TH: Transpirasyon Hızı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Genotiplere ait bakla dolum dönemi toplam transpirasyon değerleri ve bunlara ait standart hata değerleri Çizelge 4.24 ve Şekil 4.21’de verilmiştir. *C.echinosperrum* Ortan-066 genotipinin 186.80 g H₂O saat transpirasyon miktarıyla en yüksek transpirasyona sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin toplam transpirasyon, yaprak alanı ve standart hata değerleri

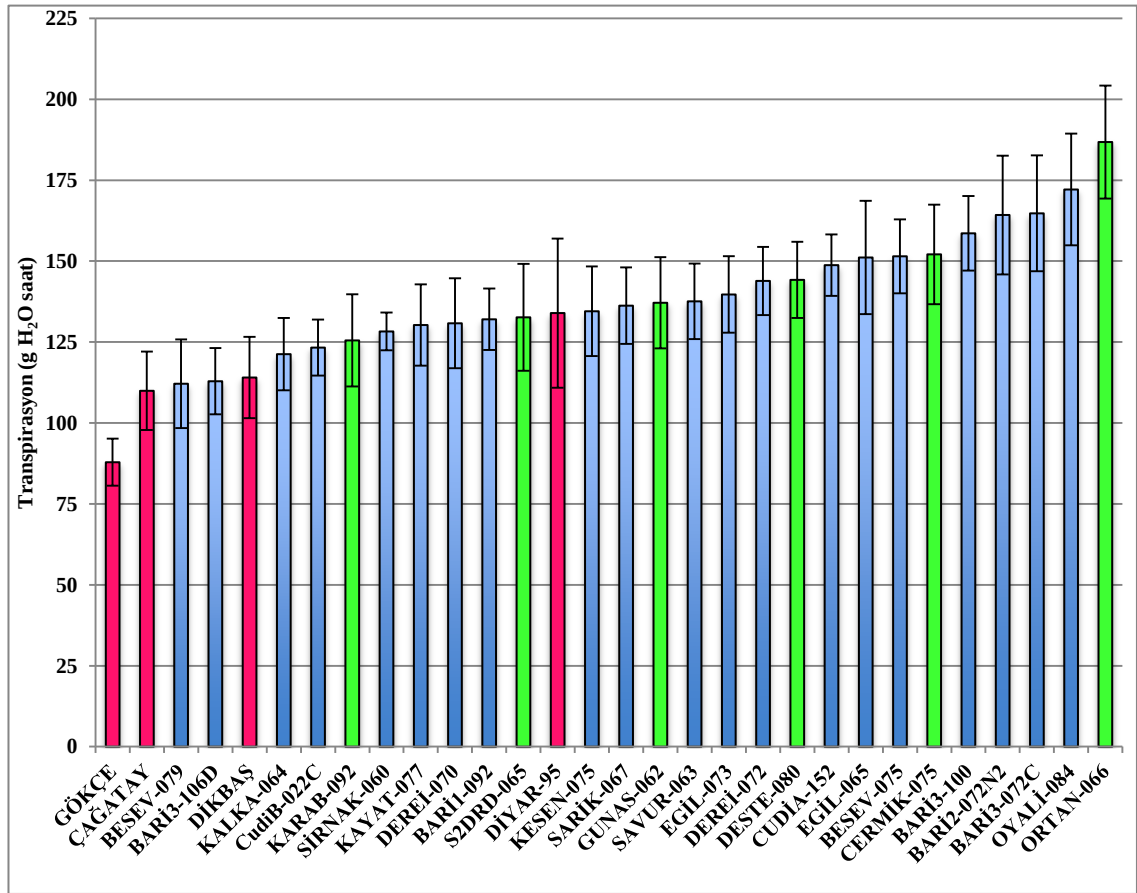
Genotipler	Transpirasyon (g H ₂ O saat) ± Standart Hata	Yaprak alanı (cm ²) ± Standart Hata
<i>Cicer reticulatum</i>		
Bari1-092	132.03 ^{c-g} ± 9.47	487.71 ^{d-1} ± 40.04
Bari2-072N2	164.26 ^{a-c} ± 18.34	525.98 ^{b-f} ± 20.67
Bari3-072C	164.76 ^{a-c} ± 17.89	529.62 ^{b-f} ± 27.41
Bari3-100	158.60 ^{a-d} ± 11.55	609.39 ^{b-d} ± 34.13
Bari3-106D	112.90 ^{f-h} ± 10.25	374.51 ¹ ± 29.17
Besev-075	151.50 ^{b-e} ± 11.41	592.71 ^{b-e} ± 17.22
Besev-079	112.13 ^{g-h} ± 13.69	385.40 ^{h-1} ± 32.13
CudiA-152	148.76 ^{b-f} ± 9.48	545.66 ^{b-f} ± 44.30
CudiB-022C	123.30 ^{d-g} ± 8.68	532.37 ^{b-f} ± 51.61
Derei-070	130.80 ^{c-g} ± 13.91	475.01 ^{e-1} ± 20.73
Derei-072	143.90 ^{b-g} ± 10.54	512.08 ^{b-h} ± 47.57
Eğil-065	151.13 ^{b-e} ± 17.47	523.70 ^{b-g} ± 47.89
Eğil-073	139.70 ^{b-g} ± 11.81	487.66 ^{d-1} ± 23.52
Kalka-064	121.26 ^{e-g} ± 11.19	509.13 ^{b-h} ± 29.86
Kayat-077	130.26 ^{c-g} ± 12.51	472.20 ^{e-1} ± 44.79
Kesen-075	134.51 ^{c-g} ± 13.84	517.78 ^{b-g} ± 56.38
Oyali-084	172.13 ^{a-b} ± 17.25	616.89 ^{b-d} ± 41.29
Sarik-067	136.25 ^{c-g} ± 11.81	465.76 ^{e-1} ± 13.44
Savur-063	137.58 ^{b-g} ± 11.62	494.65 ^{c-1} ± 32.92
Şirnak-060	128.28 ^{d-g} ± 5.81	426.80 ^{f-1} ± 31.20
<i>Cicer echinospermum</i>		
Çermik-075	152.10 ^{b-e} ± 15.35	622.49 ^{b-c} ± 28.36
Deste-080	144.22 ^{b-g} ± 11.76	516.88 ^{b-g} ± 51.38
Gunaz-062	137.14 ^{b-g} ± 14.05	394.75 ^{g-1} ± 16.56
Ortan-066	186.80 ^a ± 17.45	549.68 ^{b-f} ± 41.95
Karab-092	125.51 ^{d-g} ± 14.22	533.74 ^{b-f} ± 50.52
S2DRD-065	132.65 ^{c-g} ± 16.49	431.93 ^{f-1} ± 34.25
<i>Cicer arietinum</i>		
Çağatay	109.95 ^{g-h} ± 12.09	637.97 ^b ± 43.56
Dikbaş	114.05 ^{f-h} ± 12.54	580.63 ^{b-e} ± 59.66
Diyar-95	133.96 ^{c-g} ± 23.04	784.87 ^a ± 59.40
Gökçe	87.88 ^h ± 7.27	566.22 ^{b-e} ± 36.90

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

C.echinospermum genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin hiçbirinin en fazla transpirasyon değerine sahip olan Ortan-066 ile aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotiplerinden Oyali-084, Bari2-072N2, Bari3-0772C ve Bari3-100 genotiplerinin Ortan-066 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. En fazla transpirasyon yapan genotipin değerlendirmesinde standart hata değerleri ile harflendirme arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Bakla dolum döneminde kültür çeşitlerinden Gökçe'nin 87.88 g H₂O saat transpirasyon miktarıyla en az transpirasyona sahip olduğu, Çağatay ve Dikbaş kültür çeşitlerinin ve Besev-079 ve Bari3-106D *C.reticulatum* genotiplerinin Gökçe ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Standart hata ile değerlendirildiğinde hiçbir genotipin en düşük transpirasyon değerine sahip olan Gökçe ile aynı seviyede transpirasyon yapmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24, Şekil 4.21).



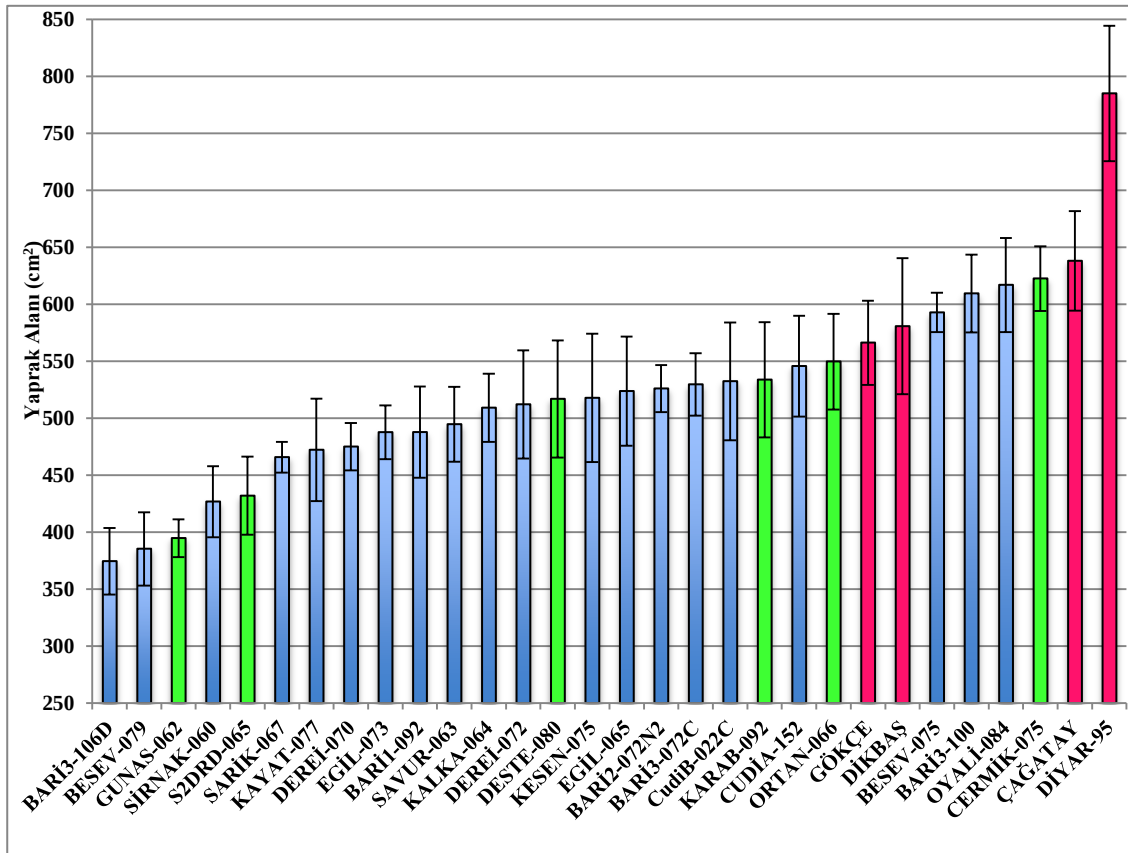
Şekil 4.21. Nohut genotiplerinin bakla dolum dönemi ölçülen VPD gününde transpirasyon ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

4.2.2.2. Yaprak Alanı (cm²)

Bakla dolum dönemi VPD ölçüm gününün sonunda hasat edilen bitkilerin yaprak alanı ölçülmüştür. Genotiplere ve türlere ait yaprak alanı kareler ortalaması varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Bakla dolum döneminde yaprak alanı bakımından genotipler ve türler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Ortalama yaprak alanı bakımından bakla dolum döneminde türler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. *C.arietinum* türlerinin ortalama 642.43 cm² yaprak alanı değeri ile *C.echinospermum* ve *C.reticulatum* türlerinden daha yüksek yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.23, Şekil 4.22).

Bakla dolum dönemindeki genotiplere ait toplam yaprak alanı değerleri ve bu değerlere ait standart hata değerleri Çizelge 4.24 ve Şekil 4.22’de verilmiştir. Kültür çeşitlerinden Diyar-95 784.87 cm²’lik değer ile en yüksek yaprak alanına sahip olmuş, bunu Çağatay kültür çeşidi izlemiştir.



Şekil 4.22. Nohut genotiplerinin bakla dolum dönemi VPD günü sonunda ölçülen yaprak alanı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

Çağatay çeşidi Dikbaş, Gökçe ve Savur-063 (Şekil 4.22) genotipine kadar olan yabancı genotiplerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

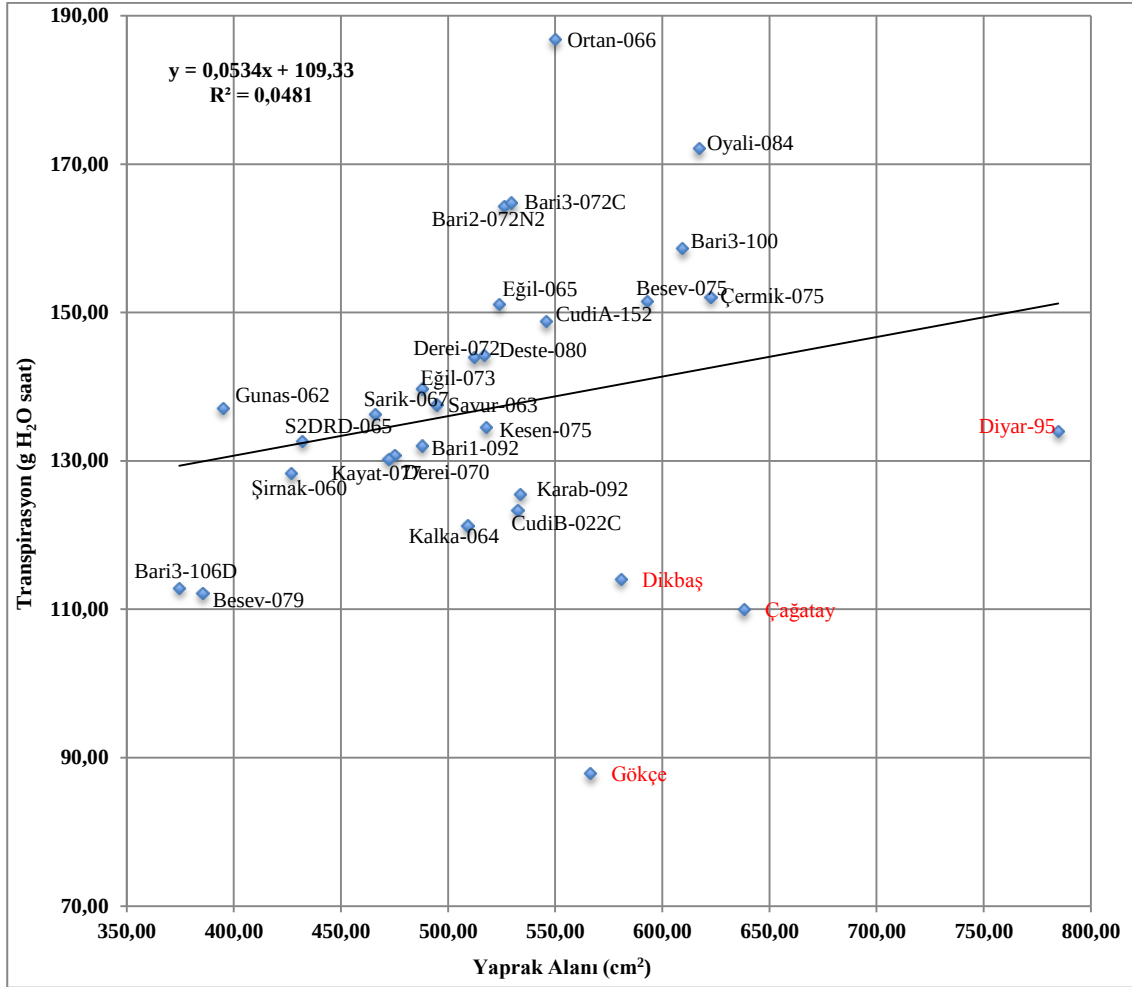
Standart hata ile değerlendirildiğinde yabancı genotiplerden sadece Çermik-075, Oyali-084, Bari3-100 ve Besev-075 genotipleri Çağatay kültür çeşidi ile benzer yaprak alanına sahip olmuştur (Çizelge 4.24, Şekil 4.22).

Bakla dolum döneminde en düşük yaprak alanı Bari3-106D (*C.reticulatum*) genotipinden ölçülmüştür. *C.reticulatum* genotiplerinden Bari1-092, Besev-079, Derei-070, Eğil-073, Kayat-077, Sarık-067, Savur-063 ve Şırnak-060 genotiplerinin, *C.echinospermum* genotiplerinden sadece Gunas-062 ve S2DRD-065 genotiplerinin en düşük yaprak alanına sahip Bari3-106D genotipi ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Standart hata ile değerlendirildiğinde en düşük yaprak alanına sahip Bari3-106D genotipi *C.reticulatum* genotiplerinden Besev-079 ve Şırnak-060 genotipi ile *C.echinospermum* genotiplerinden Gunas-062 ve S2DRD-065 genotipi ile benzer yaprak alanına sahip olmuştur (Çizelge 4.24, Şekil 4.22).

Bakla dolum dönemindeki genotiplerin sahip olduğu yaprak alanı ve transpirasyon arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla toplam transpirasyon ve yaprak alanı Şekil 4.23'deki grafikte ilişkilendirilmiştir. Bakla dolum döneminde genotiplerin sahip olduğu yaprak alanı ve transpirasyon arasında zayıf bir ilişki ($R^2=0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Bakla dolum döneminde tüm genotipler birlikte değerlendirildiğinde bitkilerin sahip olduğu yaprak alanından kaybettiği su buharı olarak hesaplanan transpirasyon miktarının genotiplerin sahip olduğu yaprak alanıyla ilişkili olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği

4.2.2.3. Transpirasyon Hızı ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2 \text{ dak}^{-1}$)

Bakla dolum dönemindeki genotiplerin VPD ölçümündeki transpirasyon değerleri ile transpirasyon hızları hesaplanmıştır. Transpirasyon hızının genotipler ve türler arasındaki varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de, türlere ait ortalama transpirasyon hızı sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir. Transpirasyon hızı bakımından genotipler ve türler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Türler arasındaki transpirasyon hızı incelendiğinde (Çizelge 4.23); en düşük transpirasyon hızına *C.arietinum* türlerinin, en yüksek transpirasyon hızına *C.echinospermum* türlerinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Genotiplere ait toplam transpirasyon hızı değerleri Çizelge 4.25 ve Şekil 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan Transpirasyon Hızı (TH) ve Standart Hata (SH) değerleri ile en yüksek VPD koşulundaki Transpirasyon Hızı ve ilişkili hesaplanan Residual Transpirasyon (T) değerleri

Genotipler	TH (mg H ₂ O cm ² min ⁻¹) ± SH	En yüksek VPD'de (3.80 kPa) TH (mg H ₂ O cm ² min ⁻¹)	Residual T
<i>Cicer reticulatum</i>			
Bari1-092	0.505 ^{a-d} ± 0.014	0.761	-3.340
Bari2-072N2	0.579 ^{a-c} ± 0.060	0.847	26.849
Bari3-072C	0.568 ^{a-c} ± 0.036	0.778	27.154
Bari3-100	0.493 ^{a-d} ± 0.052	0.723	16.728
Bari3-106D	0.567 ^{a-c} ± 0.060	0.797	-16.428
Besev-075	0.470 ^{b-e} ± 0.022	0.629	10.519
Besev-079	0.578 ^{a-c} ± 0.110	0.819	-17.777
CudiA-152	0.517 ^{a-d} ± 0.043	0.757	10.298
CudiB-022C	0.466 ^{c-e} ± 0.080	0.707	-14.458
Derei-070	0.515 ^{a-d} ± 0.060	0.720	-3.895
Derei-072	0.533 ^{a-d} ± 0.040	0.792	7.224
Eğil-065	0.565 ^{a-c} ± 0.098	0.867	13.837
Eğil-073	0.537 ^{a-c} ± 0.056	0.807	4.328
Kalka-064	0.440 ^{c-f} ± 0.029	0.723	-1.549
Kayat-077	0.528 ^{a-d} ± 0.058	0.746	-4.278
Kesen-075	0.500 ^{a-d} ± 0.064	0.706	-2.462
Oyali-084	0.537 ^{a-c} ± 0.084	0.787	29.861
Sarik-067	0.539 ^{a-c} ± 0.040	0.762	2.048
Savur-063	0.516 ^{a-d} ± 0.031	0.742	1.838
Şirnak-060	0.567 ^{a-c} ± 0.038	0.893	-3.837
<i>Cicer echinospermum</i>			
Çermik-075	0.449 ^{c-f} ± 0.037	0.715	9.528
Deste-080	0.541 ^{a-c} ± 0.085	0.751	7.288
Gunas-062	0.640 ^{a-b} ± 0.051	0.955	6.730
Ortan-066	0.658 ^a ± 0.106	1.031	48.116
Karab-092	0.451 ^{c-f} ± 0.058	0.717	-12.315
S2DRD-065	0.571 ^{a-c} ± 0.070	0.837	0.254
<i>Cicer arietinum</i>			
Çağatay	0.329 ^{e-f} ± 0.048	0.520	-33.447
Dikbaş	0.367 ^{d-f} ± 0.025	0.570	-26.285
Diyar-95	0.317 ^{e-f} ± 0.047	0.496	-17.275
Gökçe	0.294 ^f ± 0.033	0.488	-51.683

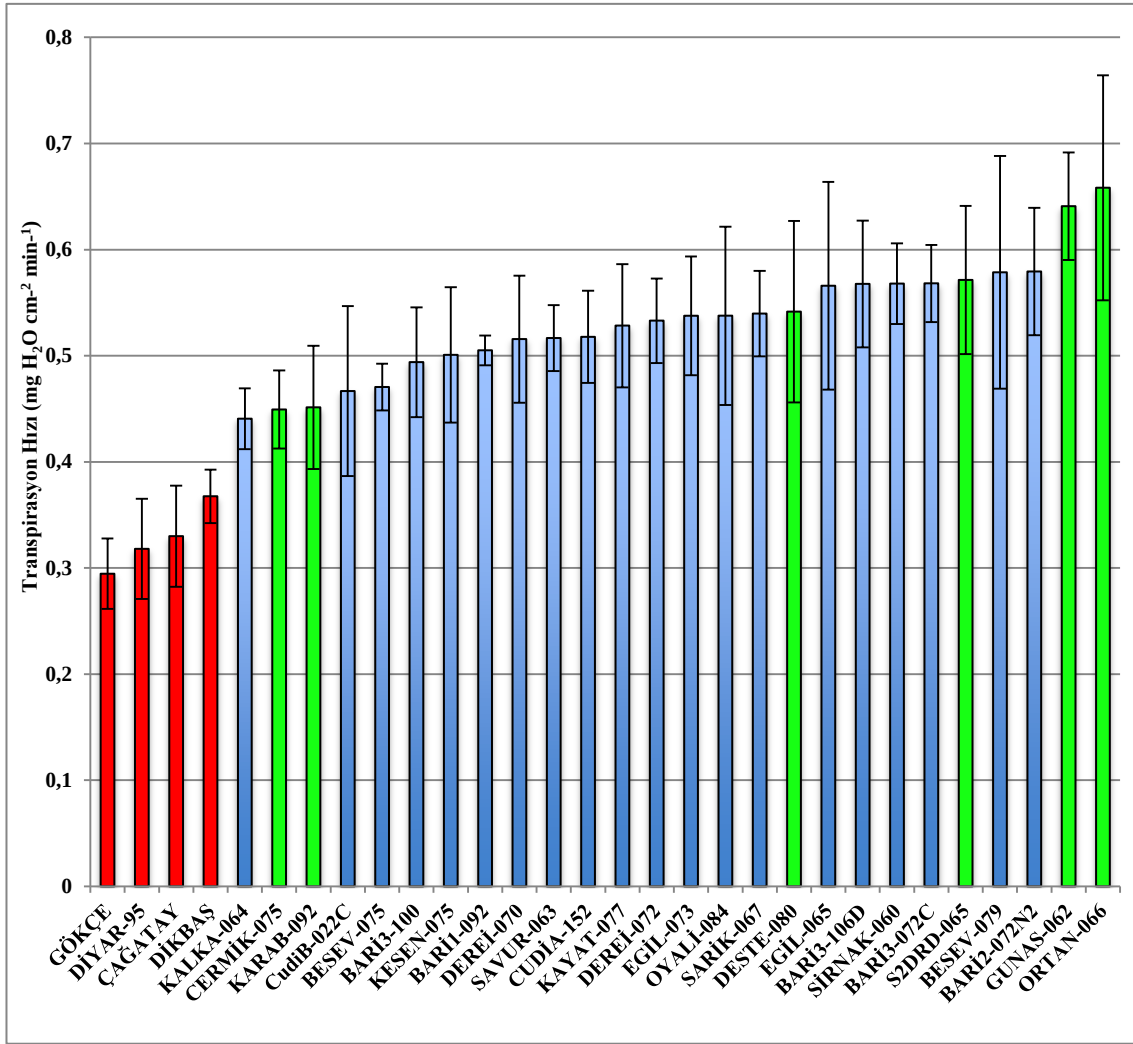
Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

Bakla dolum döneminde en düşük transpirasyon hızına Gökçe'nin sahip olduğu ve *C.reticulatum* genotiplerinden Kalka-064'ün, *C.echinospermum* genotiplerinden Çermik-075 ve Karab-092 ile tüm kültür çeşitlerinin en düşük transpirasyon hızına sahip Gökçe ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Standart hata ile değerlendirildiğinde; tüm yabancı genotiplerin ve Dikbaş kültür çeşidinin en düşük transpirasyon hızı değerine sahip Gökçe ile farklı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Yabancı genotiplerden *C.reticulatum* genotipi CudiB-022C Dikbaş ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.25, Şekil 4.24).

Bakla dolum dönemi en yüksek transpirasyon hızına *C.echinospermum* genotipi Ortan-066 sahip olmuştur. *C.reticulatum* genotiplerinden Besev-075, CudiB-022C, Kalka-064 ve *C.echinospermum* genotiplerinden Çermik-075, Karab-092'nin en yüksek transpirasyon hızına sahip olan Ortan-066 genotipinden farklı olduğu diğer tüm yabancı genotiplerin aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir.

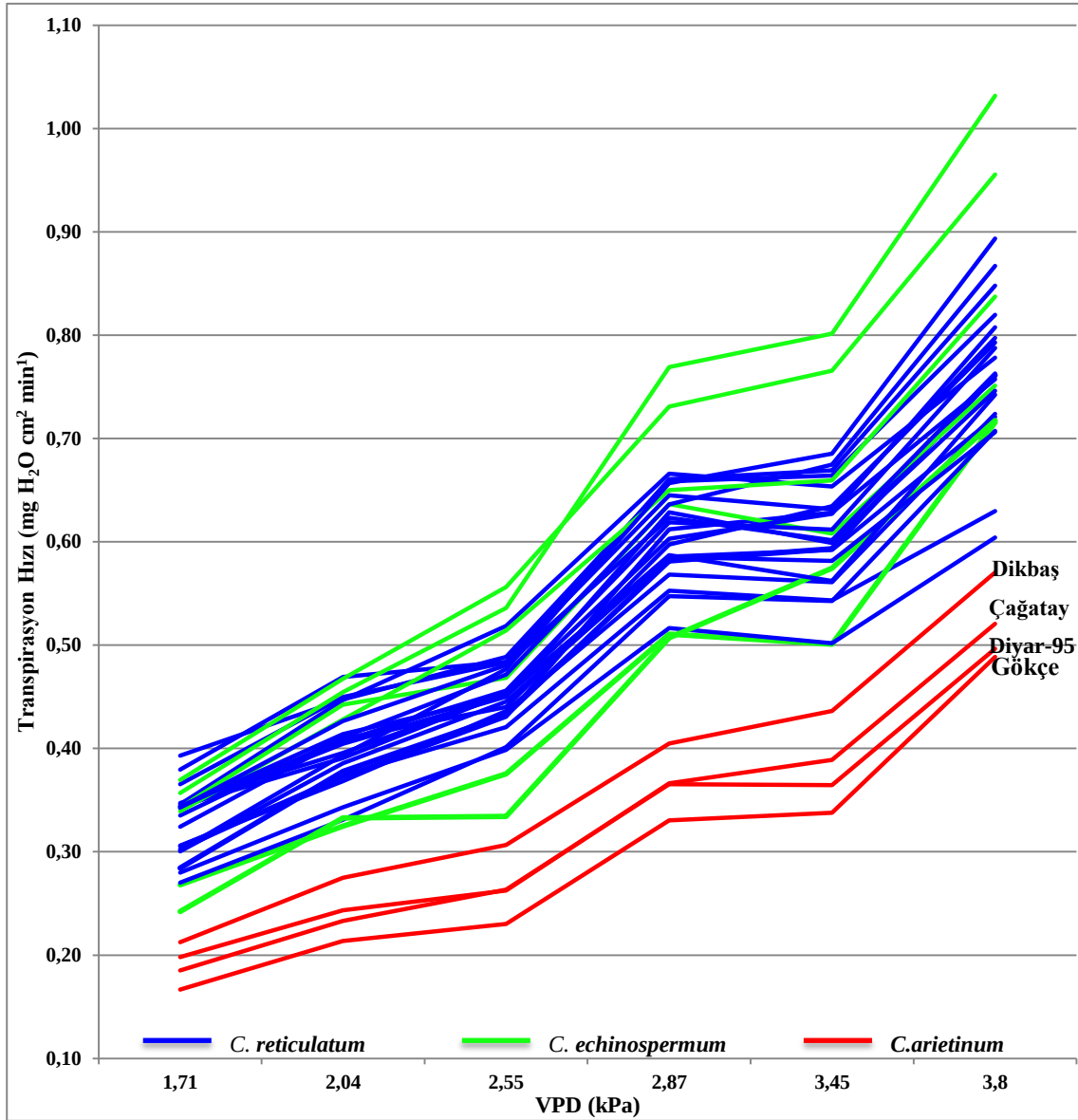
Standart hata ile değerlendirildiğinde harflendirmeye göre farklı olan genotiplere ek olarak Bari1-092, Savur-063 ve Bari3-100 genotiplerinin de en yüksek transpirasyon hızına sahip Ortan-066 genotipinden farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25, Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde nohut genotiplerinin VPD süresince oluşan toplam transpirasyon üzerinden hesaplanan transpirasyon hızı ve standart hata barlarına ait grafik gösterimi

Artarak değişen her VPD koşulu için genotiplerin transpirasyon hızı tepkileri Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Bakla dolum döneminde bütün genotipler tüm VPD seviyelerinde transpirasyonlarını kısıtlamadan ölçülen VPD aralıklarında transpirasyonlarını doğrusal artırarak devam ettirdiği ve herhangi bir kırılma noktası göstermedikleri gözlemlenmiştir.

Şekil 4.25’de görüldüğü gibi kültür çeşitlerinin transpirasyon hızlarının yabancı genotiplerden düşük olduğu ve *C.echinosperrum* genotiplerinin genellikle yüksek transpirasyon hızına sahip oldukları belirlenmiştir.

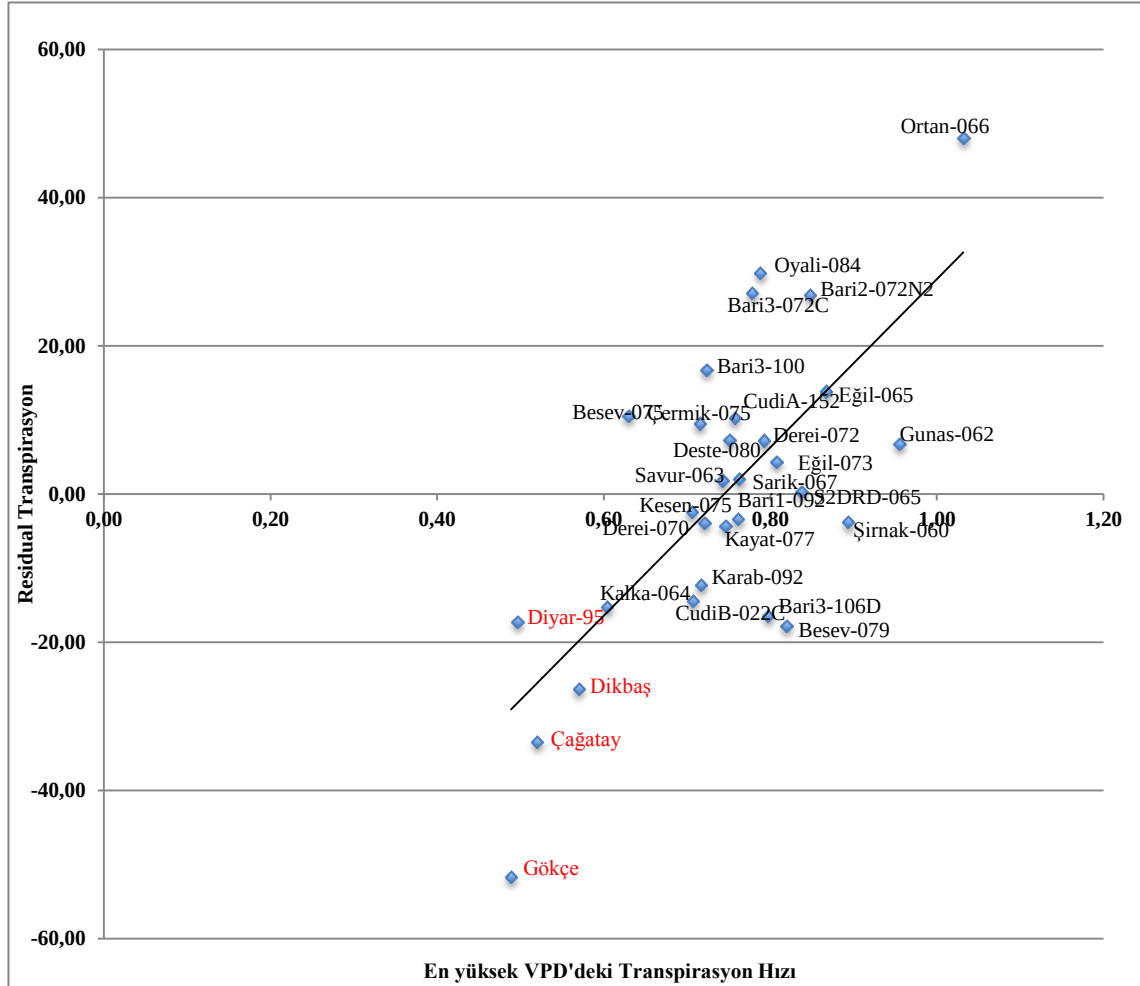


Şekil 4.25. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde yabani nohut genotiplerinin ve kültür çeşitlerinin farklı VPD seviyelerinde gösterdiği transpirasyon hızı tepkileri

Bakla dolum dönemi VPD ölçümünden elde edilen transpirasyon ve yaprak alanı değerlerinin ilişkilendirildiği regresyon grafiğinden elde edilen denklemdeki x değeri yerine yaprak alanı verileri yerleştirilip (Şekil 4.23) olası transpirasyon değerleri bulunduğundan sonra gerçek transpirasyon değerlerinden çıkarılması ile Residual Transpirasyon değerleri hesaplanmıştır. Residual Transpirasyon ve en yüksek VPD anındaki transpirasyon hızına ait veriler Çizelge 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.25 incelendiğinde; en yüksek VPD'deki transpirasyon hızı ve Residual Transpirasyon, genotipler arasında büyük varyasyon göstermiştir. Residual Transpirasyon -51.683 ile 48.116 değerleri arasında değişmiştir.

En yüksek VPD anındaki transpirasyon hızı incelendiğinde (Çizelge 4.25); kültür çeşitlerinin en düşük transpirasyon hızına sahip oldukları ve tüm kültür çeşitlerinin negatif Residual Transpirasyon değerine sahip oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.26. Bakla dolum dönemi VPD ölçümünde en yüksek VPD'ye ait Transpirasyon Hızı ile Transpirasyon/Yaprak alanı grafiğinden hesaplanan Residual Transpirasyonla ilişkisini gösteren regresyon eğrisi

VPD'nin en yüksek olduğu koşullarda en düşük transpirasyon hızı ve Residual Transpirasyon değerine Gökçe çeşidinin sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek transpirasyon hızı ve en yüksek Residual Transpirasyon değeri *C.echinospermum* Ortan-066 genotipden elde edilmiştir (Çizelge 4.25, Şekil 4.26).

En yüksek VPD koşulunda *C.echinospermum* genotiplerinden Karab-092 genotipi negatif Residual Transpirasyon değeri göstermiştir.

C.reticulatum genotiplerinin en yüksek VPD anındaki transpirasyon hızı ve Residual Transpirasyon değerleri arasında büyük varyasyon belirlenmiştir.

C.reticulatum genotiplerinden Bari1-092, Bari3-106D, Besev-079, CudiB-022C, Derei-070, Kalka-064, Kayat-077, Kesen-075 ve Şırnak-060 genotipleri negatif Residual Transpirasyon değerine sahip olmuştur.

Besev-079 genotipi en düşük, Oyali-084 en yüksek Residual Transpirasyon değeri göstermiştir. Negatif Residual Transpirasyon değerine sahip olan Besev-079 genotipi yüksek transpirasyon hızı göstermiştir. En yüksek Residual Transpirasyon değerine sahip olan Oyali-084 genotipi Besev-079 genotipinden daha düşük transpirasyon hızı göstermiştir.

Bakla dolum dönemi VPD süresince genotiplerin transpirasyon değerlerinin regresyon eğim ve kesişim noktalarının Graphpad Prism ile hesaplanan değerlerine ait tablo Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Bakla dolum dönemi artarak değişen VPD ölçümünde genotiplerin transpirasyonlarının doğrusal bir eğime sahip olduğu hiçbir genotipin kırılma noktası göstermediği, VPD seviyesi arttıkça transpirasyon değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Genotiplerin eğimi 13.46 ile 30.58 değerleri arasında yüksek değişim göstermiştir (Çizelge 4.26).

Kültür çeşitlerinden Diyar-95'in en düşük eğim değerine sahip olduğu ve diğer kültür çeşitlerinin Diyar-95 ile aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir. *C.reticulatum* genotiplerinden Bari3-106D, Besev-075, Derei-070, Kalka-064, Kayat-077, Sarik-067 ve Savur-063 genotiplerinin ve *C.echinosperrum* genotiplerinden sadece Deste-080 genotipinin tüm kültür çeşitleri ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

C.reticulatum genotiplerinden Bari3-100 ve Kesen-075'in en düşük eğim değerine sahip olan Diyar-95 hariç diğer kültür çeşitleriyle aynı grupta yer almıştır. *C.reticulatum* genotiplerinden Bari3-072C, Besev-079, CudiB-022C, Oyali-084 ve *C.echinosperrum* Çermik-075 ile Ortan-066 genotipleri kültür çeşitlerinden sadece Dikbaş ile aynı grupta yer almıştır.

En yüksek eğim değerine *C.echinosperrum* Ortan-066 genotipinin sahip olduğu bulunmuştur. En yüksek eğim değeri ile *C.echinosperrum* Gunas-062 ve *C.reticulatum* Şırnak-060 genotiplerinin aynı grupta olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Bakla dolum dönemi VPD süresince genotiplerin transpirasyon değerlerine ait regresyon eğim (slope) ve kesişim değerleri (Y-X intercept) ile doğruluk payı (R^2)

Genotipler	Slope $\pm$ Standart Hata ($\text{mg H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Y-intercept	X-intercept	R^2
Bari1-092	20.87 ± 2.60	-0.07 ± 0.07	-0.32	0.9416
Bari2-072N2	21.30 ± 3.04	0.00 ± 0.09	-0.02	0.9247
Bari3-072C	19.16 ± 2.62	0.04 ± 0.07	0.23	0.9304
Bari3-100	18.37 ± 2.54	-0.01 ± 0.07	-0.05	0.9291
Bari3-106D	17.87 ± 3.01	0.08 ± 0.09	0.44	0.8980
Besev-075	14.90 ± 2.11	0.06 ± 0.06	0.42	0.9257
Besev-079	19.40 ± 2.78	0.05 ± 0.08	0.25	0.9240
Çağatay	14.17 ± 2.09	-0.06 ± 0.06	-0.41	0.9198
Çermik-075	19.03 ± 2.32	-0.07 ± 0.09	-0.38	0.8917
CudiA-152	21.10 ± 2.56	-0.06 ± 0.07	-0.28	0.9444
CudiB-022C	19.48 ± 2.63	-0.07 ± 0.07	-0.34	0.9320
Derei-070	17.03 ± 2.13	0.05 ± 0.06	0.29	0.9409
Derei-072	20.89 ± 2.55	-0.04 ± 0.07	-0.19	0.9436
Deste-080	17.63 ± 3.00	0.06 ± 0.08	0.34	0.8964
Dikbaş	15.63 ± 1.92	-0.06 ± 0.05	-0.38	0.9433
Diyar-95	13.46 ± 2.07	-0.05 ± 0.06	-0.37	0.9133
Eğil-065	23.83 ± 2.83	-0.09 ± 0.08	-0.36	0.9468
Eğil-073	20.92 ± 2.74	-0.04 ± 0.08	-0.17	0.9356
Gökçe	13.67 ± 2.42	-0.08 ± 0.07	-0.58	0.8890
Gunas-062	26.33 ± 2.72	-0.08 ± 0.08	-0.30	0.9591
Kalka-064	14.50 ± 2.05	0.04 ± 0.06	0.30	0.9259
Karab-092	21.58 ± 2.79	-0.14 ± 0.08	-0.65	0.9375
Kayat-077	18.17 ± 3.03	0.03 ± 0.09	0.17	0.9000
Kesen-075	18.05 ± 2.32	0.01 ± 0.07	0.04	0.9379
Ortan-066	30.58 ± 3.67	-0.18 ± 0.10	-0.58	0.9457
Oyali-084	19.63 ± 2.94	0.00 ± 0.08	0.00	0.9176
S2DRD-065	21.82 ± 2.57	-0.03 ± 0.07	-0.12	0.9473
Sarik-067	18.09 ± 2.77	0.04 ± 0.08	0.25	0.9143
Savur-063	16.82 ± 2.98	0.06 ± 0.08	0.33	0.8884
Şirnak-060	26.41 ± 3.02	-0.15 ± 0.09	-0.59	0.9503

4.2.2.4. Bakla Dolum Dönemi Stoma İletkenlik Göstergesi

Bakla dolum dönemi VPD'nin en yüksek olduğu zamanda genotiplerin thermal kamera ile ölçülen bitki sıcaklık değerleri ile ortam sıcaklığı arasındaki farktan hesaplanan bitki örtüsü serinliği ve stoma iletkenlik indeksi değerleri Çizelge 4.27 ve Şekil 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Bakla dolum dönemi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen Bitki Sıcaklığı (BS) ve ilişkili hesaplanan Bitki Örtüsü Serinliği (BÖS) ve Stoma İletkenlik İndeksi (*I_g*)

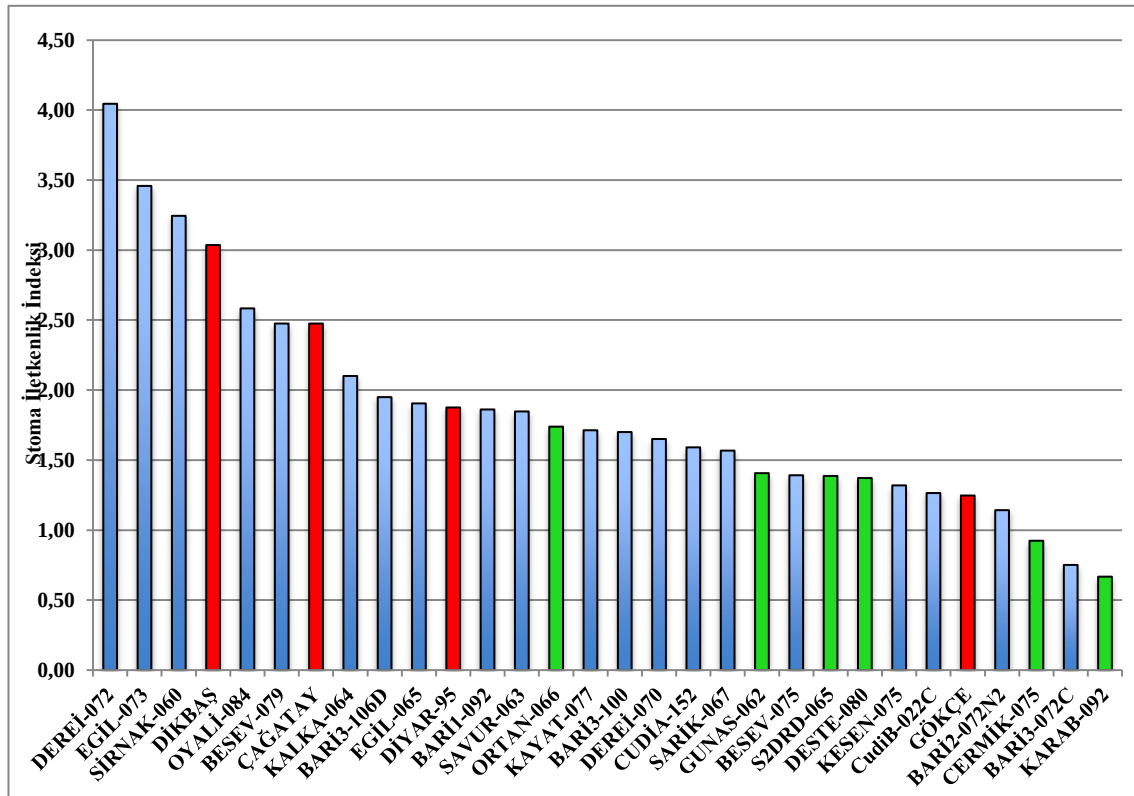
Genotipler	BS	BÖS	<i>I_g</i>
Derei-072	23.78	14.02	4.04
Eğil-073	24.08	13.72	3.46
Şirnak-060	24.21	13.59	3.24
Dikbaş	24.35	13.45	3.04
Oyali-084	24.71	13.09	2.58
Besev-079	24.81	12.99	2.47
Çağatay	24.81	12.99	2.47
Kalka-064	25.21	12.59	2.10
Bari3-106D	25.40	12.40	1.95
Eğil-065	25.46	12.34	1.90
Diyar-95	25.50	12.30	1.88
Bari1-092	25.52	12.28	1.86
Savur-063	25.54	12.26	1.85
Ortan-066	25.70	12.10	1.74
Kayat-077	25.74	12.06	1.71
Bari3-100	25.76	12.04	1.70
Derei-070	25.84	11.96	1.65
CudiA-152	25.94	11.86	1.59
Sarik-067	25.98	11.82	1.57
Gunas-062	26.28	11.52	1.41
Besev-075	26.31	11.49	1.39
S2DRD-065	26.32	11.48	1.39
Deste-080	26.35	11.45	1.37
Kesen-075	26.46	11.34	1.32
CudiB-022C	26.58	11.22	1.26
Gökçe	26.62	11.18	1.25
Bari2-072N2	26.87	10.93	1.14
Çermik-075	27.48	10.32	0.92
Bari3-072C	28.07	9.73	0.75
Karab-092	28.40	9.40	0.67

Bakla dolum dönemi en yüksek VPD koşullarında bitki sıcaklığı 23.78-28.40 °C arasında değişmiştir (Çizelge 4.27, Şekil 4.27).

Bakla dolum dönemi en yüksek VPD koşullarında en düşük bitki sıcaklığı *C.reticulatum* genotipi Derei-072 genotipinden elde edilmiş olup buna bağlı hesaplanan bitki örtüsü serinliği en yüksek olan genotip olduğu belirlenmiştir. *C.echinosperrum* Karab-092 genotipinin en yüksek bitki sıcaklığı ve en düşük bitki örtüsü serinliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Genotiplere ait sıcaklık değerleri ile hesaplanan stoma iletkenlik indeks değerleri 0.67 - 4.04 arasında değişim göstermiştir. En yüksek stoma iletkenliği Derei-072 genotipinden elde edilirken en düşük stoma iletkenliğine Karab-092 genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.27).

Kültür çeşitleri içinde en yüksek stoma iletkenliği Dikbaş, en düşük stoma iletkenliği Gökçe çeşidinde ölçülmüştür. *C.echinosperrum* genotiplerinin genellikle düşük stoma iletkenliğine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.27. Bakla dolum dönemi VPD ölçüm gününde en yüksek VPD koşulunda genotiplerden ölçülen sıcaklık değerleri ile ilişkili hesaplanan stoma iletkenlik indeksi

4.2.3. Bakla Dolum Döneminde Kurağa Maruz Bırakma

Sera koşullarında yetiştirilen bitkilerin kuraklık stresi uygulaması için ekimden 107 gün sonra 29 Mayıs 2017 tarihinde günlük ağırlık tartımları yapılarak transpirasyon ölçümlerine başlanmıştır. Bitkiler ilk yılda olduğu gibi yarısı sulu koşullarda diğer yarısı dereceli su stresine maruz bırakılmıştır. İlk yılda olduğu gibi Normalleştirilmiş Transpirasyon Hızı (NTR) ve Transpire Edilebilen Toprak Nemi (Fraction Transpirable Soil Water (FTSW)) değerleri hesaplanmıştır. NTR ve FTSW değerleri ilişkilendirilerek genotiplerin transpirasyonlarının kırılma noktası belirlenmiştir.

Genotiplerin topraktaki nem seviyesinin düşmesiyle transpirasyonlarını hangi toprak nemi eşiğinde kısıtlamaya başladıklarını gösteren değerler Çizelge 4.28 ve Şekil 4.28’de gösterilmiştir. Çizelge 4.28 ve Şekil 4.28 incelendiğinde; genotiplere ait FTSW kırılma değerlerinin geniş bir aralıkta olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin 0.35 - 0.59 değerleri arasında değişen toprak nemi aralığında transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları belirlenmiştir.

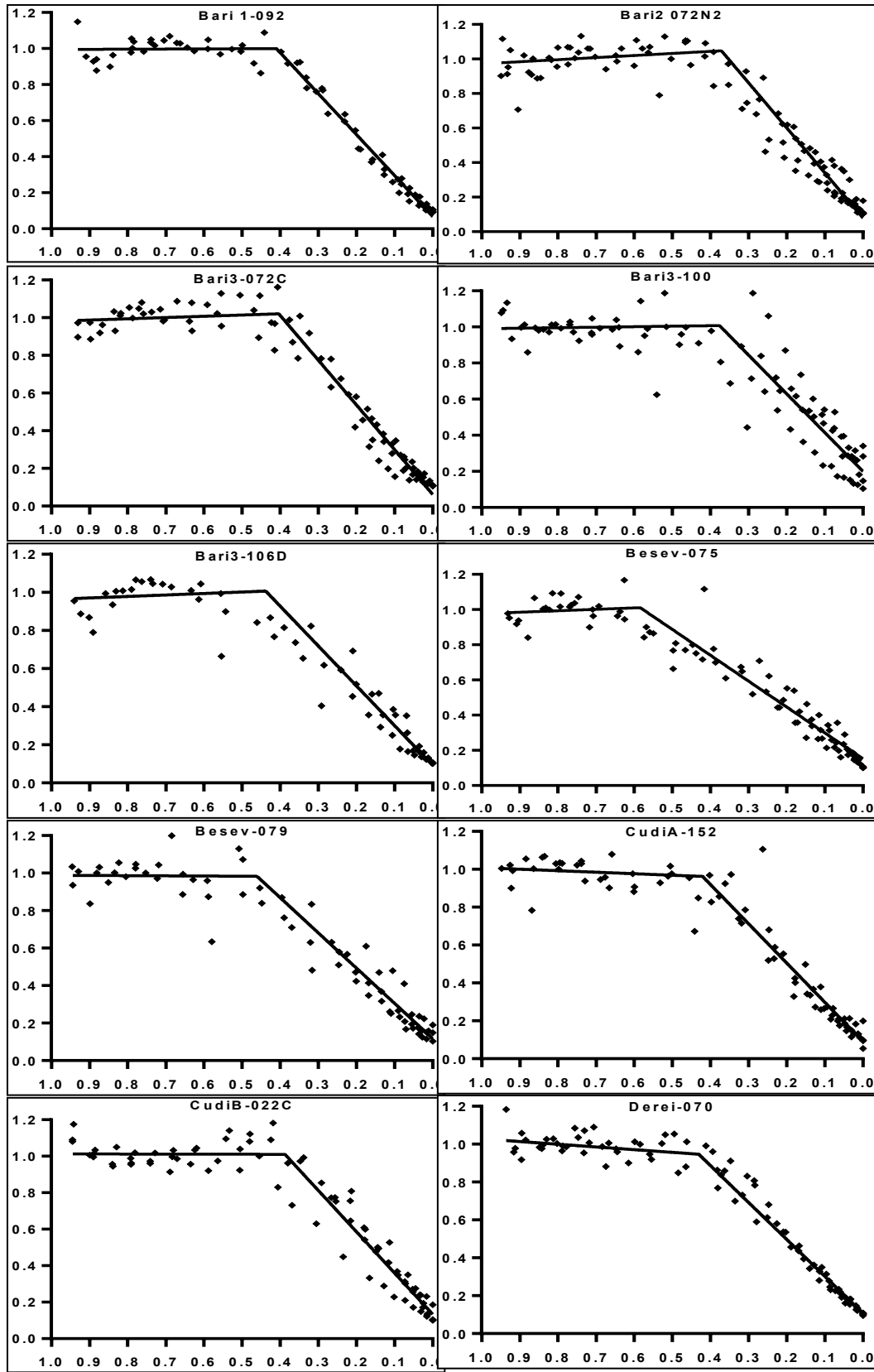
Kayat-077 *C. reticulatum* genotipinin en düşük FTSW değeri (0.35) ile transpirasyonu en geç kısıtlayan genotip olduğu belirlenmiştir. Güven sınırları ile değerlendirildiğinde; *C. reticulatum* genotiplerinden Bari2-072N2, Bari3-072C, Bari3-100, Bari3-106D, CudiA-152, CudiB-022C, Kalka-064, Kesen-075, Savur-063 ve Şirnak-060 genotiplerinin, *C. echinospermum* genotiplerinden Deste-080, Karab-092, Ortan-066 ve S2DRD-065 genotiplerinin, kültür çeşitlerinden Dikbaş’ın güven sınırları en düşük FTSW değerine sahip Kayat-077’nin güven sınırları içinde yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde; *C. reticulatum* genotiplerinden sadece Bari2-072N2, Bari3-100 ve Kalka-064 genotiplerinin, *C. echinospermum* genotiplerinden Deste-080 ve Ortan-066 genotiplerinin Kayat-077 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile değerlendirildiğinde hiçbir kültür çeşidinin Kayat-077 ile aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir.

En yüksek FTSW değerine (0.59) Sarik-067 *C. reticulatum* genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir. Güven sınırları ile değerlendirildiğinde; *C. reticulatum* genotiplerinden Besev-075 ve Eğil-073 genotiplerinin en yüksek FTSW değerine sahip Sarik-067’nin güven sınırları içinde yer aldığı belirlenmiştir. Standart hata ile

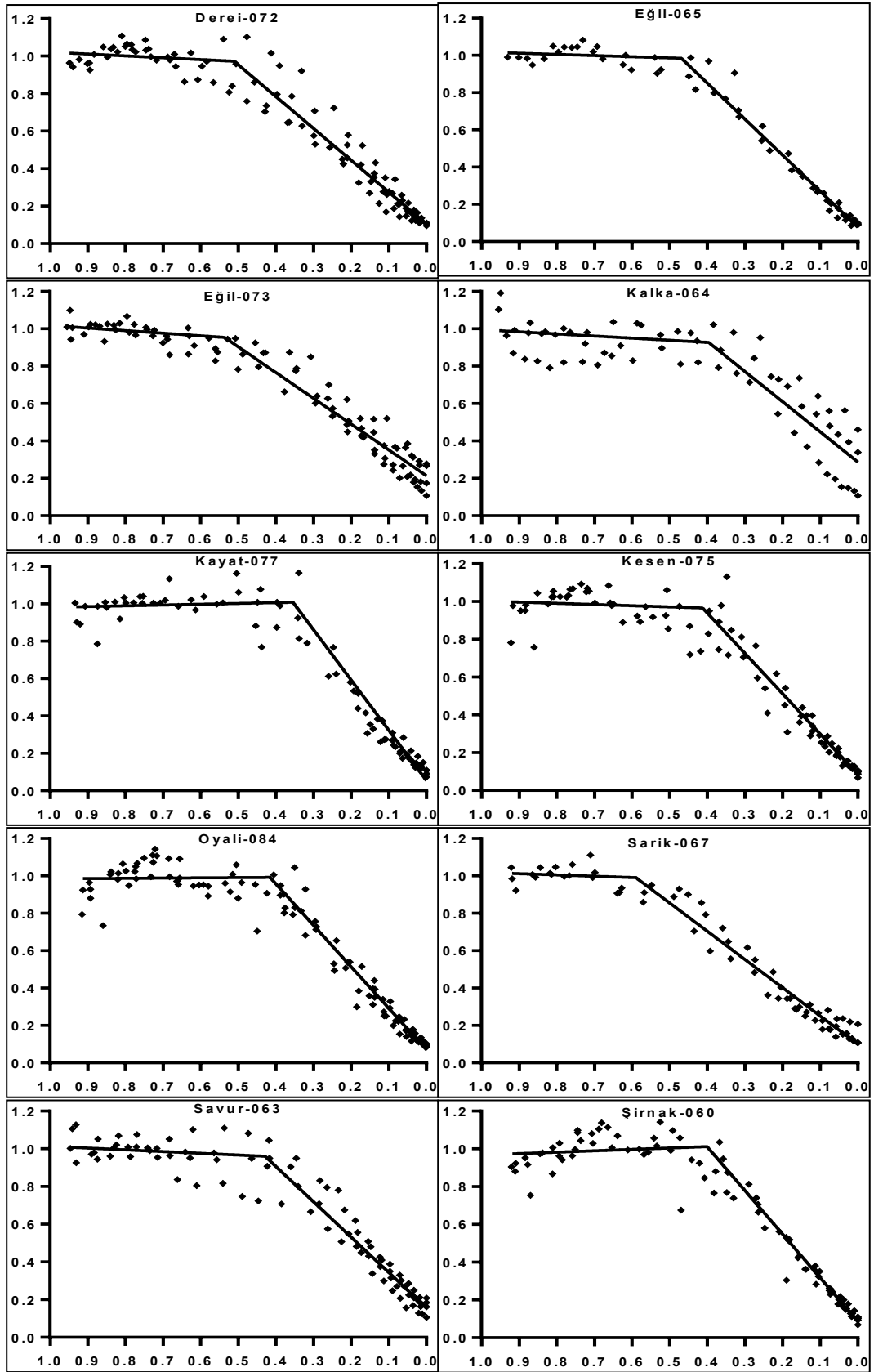
değerlendirildiğinde sadece Besev-075 genotipinin Sarik-067 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Generatif dönemdeki nohut genotiplerinin azalan toprak nemi ile transpirasyonlarını kısıtlamaya başladıkları toprak nemi eşiği değerleri

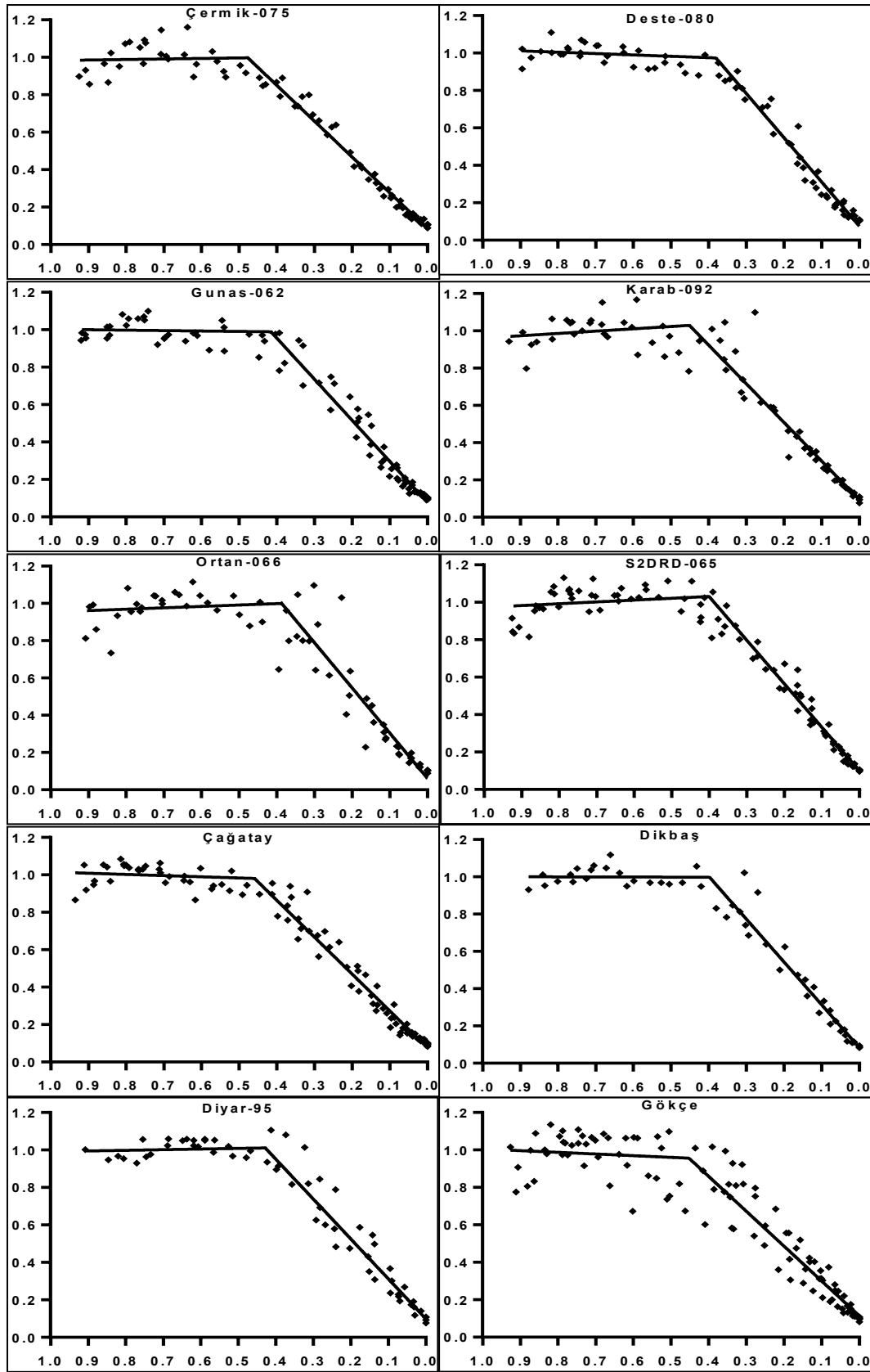
Genotipler	FTSW Kırılma Noktası ± Standart Hata	Güven Aralığı
<i>Cicer reticulatum</i>		
Bari1 092	0.409 ± 0.008	0.393 - 0.425
Bari2-072N2	0.370 ± 0.016	0.338 - 0.403
Bari3-072C	0.403 ± 0.011	0.379 - 0.426
Bari3-100	0.375 ± 0.022	0.332 - 0.419
Bari3-106D	0.437 ± 0.027	0.381 - 0.493
Besev-075	0.583 ± 0.022	0.538 - 0.628
Besev-079	0.460 ± 0.023	0.413 - 0.507
CudiA-152	0.420 ± 0.015	0.389 - 0.450
CudiB-022C	0.387 ± 0.013	0.360 - 0.413
Derei-070	0.430 ± 0.015	0.400 - 0.460
Derei-072	0.510 ± 0.013	0.483 - 0.537
Eğil-065	0.468 ± 0.009	0.448 - 0.488
Eğil-073	0.535 ± 0.015	0.504 - 0.567
Kalka-064	0.396 ± 0.030	0.335 - 0.456
Kayat-077	0.354 ± 0.018	0.318 - 0.390
Kesen-075	0.412 ± 0.015	0.381 - 0.442
Oyali-084	0.415 ± 0.012	0.391 - 0.439
Sarik-067	0.589 ± 0.013	0.562 - 0.616
Savur-063	0.428 ± 0.023	0.381 - 0.475
Şirnak-060	0.400 ± 0.015	0.370 - 0.430
<i>Cicer echinospermum</i>		
Çermik-075	0.476 ± 0.010	0.454 - 0.498
Deste-080	0.380 ± 0.010	0.360 - 0.400
Gunas-062	0.415 ± 0.010	0.394 - 0.436
Karab-092	0.405 ± 0.013	0.379 - 0.432
Ortan-066	0.386 ± 0.017	0.351 - 0.421
S2DRD-065	0.400 ± 0.010	0.380 - 0.420
<i>Cicer arietinum</i>		
Çağatay	0.458 ± 0.0009	0.440 - 0.476
Dikbaş	0.397 ± 0.011	0.373 - 0.421
Diyar 95	0.427 ± 0.016	0.394 - 0.460
Gökçe	0.452 ± 0.016	0.418 - 0.485



Şekil 4.28. Nohut genotiplerinin generatif yetiştirme döneminde azalan toprak nemi süresince gösterdikleri transpirasyon tepkileri: x eksen=FTSW'yi, y eksen=NTR'yi temsil etmektedir.



Şekil 4.28'in devamı



Şekil 4.28'in devamı

Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesinde sulu koşullarda devam ettirilen bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi ve tohum sayısına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29’da ve bu özelliklere ait ortalama değerler Çizelge 4.30’da verilmiştir. Sulu (stressiz) koşullarda devam ettirilen genotiplerin sap ağırlığı, tane ağırlığı, hasat indeksi, biyomas ve tohum sayısı değerleri bakımından önemli farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Stressiz				
		Sap ağırlığı (g)	Tohum ağırlığı (g)	Biyomss (g)	Hasat indeksi (%)	Tohum Sayısı
Tekerrür	3	15.423*	4.015*	34.136*	18.162	328.512*
Genotip	29	6.762*	1.767*	6.479**	227.868*	397.075*
Hata	87	1.469	0.436	2.606	16.55	31.544
CV		20.449	20.928	17.773	11.538	21.46

*P≤0.001, **P≤0.01 seviyesinde önemlidir

Stressiz koşullarda sap ağırlığı yönünden Diyar-95 çeşidinin en yüksek sap ağırlığına sahip olduğu, *C.echinosperrum* genotiplerinden Karab-092 ve Ortan-066’nın, *C.reticulatum* genotiplerinden CudiA-152, Eğil-065 ve Oyali-084’ün, kültür çeşitlerinden Dikbaş’ın en yüksek sap ağırlığına sahip Diyar-95 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. *C. reticulatum* genotipi Sarik-067’nin en düşük sap ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Stressiz koşullardaki bitkilerden elde edilen tane ağırlığı değerleri incelendiğinde *C.reticulatum* genotiplerinden Derei-072’nin en yüksek tane ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. *C. echinosperrum* genotiplerinden Ortan-066’nın en düşük tane ağırlığına sahip olduğu ve hiçbir genotiple aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Stressiz koşullarda en yüksek biyomasa Diyar-95 kültür çeşidinin sahip olduğu ve *C.echinosperrum* genotiplerinden sadece Karab-092 genotipinin, *C.reticulatum* genotiplerinden Bari2-072N2, CudiA-152, Eğil-065, Kesen-075 ve Oyali-084 genotipinin, kültür çeşidi Dikbaş ve Gökçe ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

En düşük biyomas değerine *C.reticulatum* Şirnak-060 genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanmayan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait ortalama değerler

Genotipler	Stressiz				
	Sap Ağırlığı (g)	Tane Ağırlığı (g)	Biyomas (g)	Hasat indeksi (%)	Tohum sayısı
<i>Cicer reticulatum</i>					
Bari1- 092	5.690 ^{d-1}	2.988 ^{a-e}	8.678 ^{b-h}	34.56 ^{e-1}	35.50 ^{a-c}
Bari2-072N2	5.830 ^{d-1}	3.973 ^{a-b}	9.803 ^{a-f}	40.88 ^{a-e}	41.33 ^a
Bari3-072C	5.815 ^{d-1}	3.328 ^{a-d}	9.143 ^{b-h}	36.44 ^{b-1}	31.25 ^{b-g}
Bari3-100	5.235 ^{e-1}	3.163 ^{a-e}	8.398 ^{c-h}	37.35 ^{a-h}	25.75 ^{d-1}
Bari3-106D	5.328 ^{e-1}	3.868 ^{a-b}	9.195 ^{b-h}	42.06 ^{a-d}	34.25 ^{a-e}
Besev-075	4.483 ^{g-1}	3.338 ^{a-d}	7.820 ^{d-h}	42.89 ^{a-b}	29.50 ^{b-h}
Besev-079	4.360 ^{h-1}	2.983 ^{a-e}	7.343 ^{e-h}	40.60 ^{a-e}	25.67 ^{d-1}
CudiA-152	7.078 ^{a-e}	3.927 ^{a-b}	11.003 ^{a-c}	35.56 ^{d-1}	35.00 ^{a-d}
Cudib-022C	6.203 ^{c-h}	2.988 ^{a-e}	9.190 ^{b-h}	32.54 ^{g-k}	23.50 ^{f-1}
Derei-070	6.300 ^{c-h}	3.060 ^{a-e}	9.360 ^{b-h}	32.58 ^{g-k}	35.25 ^{a-d}
Derei-072	5.145 ^{e-1}	3.990 ^a	9.135 ^{b-h}	43.49 ^a	26.25 ^{c-1}
Eğil-065	7.010 ^{a-e}	3.288 ^{a-d}	10.298 ^{a-d}	31.69 ^{h-k}	32.75 ^{a-f}
Eğil-073	4.323 ^{h-1}	2.868 ^{a-e}	7.190 ^{f-h}	39.78 ^{a-f}	22.50 ^{g-1}
Kalka-064	5.420 ^{e-1}	3.510 ^{a-d}	8.930 ^{b-h}	39.43 ^{a-g}	38.50 ^{a-b}
Kayat-077	5.658 ^{d-1}	3.333 ^{a-d}	8.990 ^{b-h}	37.02 ^{a-h}	25.67 ^{d-1}
Kesen-075	6.700 ^{b-f}	3.323 ^{a-d}	10.023 ^{a-e}	32.92 ^{f-k}	27.25 ^{c-1}
Oyali-084	7.060 ^{a-e}	2.690 ^{c-e}	9.755 ^{a-g}	27.63 ^{j-k}	19.25 ¹
Sarik-067	3.990 ¹	2.993 ^{a-e}	6.983 ^{g-h}	41.70 ^{a-d}	20.50 ^{h-1}
Savur-063	5.245 ^{e-1}	3.923 ^{a-b}	9.168 ^{b-h}	42.72 ^{a-c}	32.00 ^{b-g}
Şirnak-060	4.300 ^{h-1}	2.408 ^{d-e}	6.708 ^h	36.01 ^{b-1}	24.75 ^{e-1}
<i>Cicer echinospermum</i>					
Çermik-075	6.720 ^{b-f}	2.653 ^{d-e}	9.373 ^{b-h}	30.06 ^{1-k}	29.50 ^{b-h}
Deste-080	5.055 ^{e-1}	2.833 ^{b-e}	7.888 ^{d-h}	35.76 ^{c-1}	32.50 ^{a-f}
Gunab-062	5.103 ^{e-1}	3.398 ^{a-d}	8.500 ^{c-h}	40.65 ^{a-e}	41.50 ^a
Karab-092	8.123 ^{a-c}	2.123 ^e	10.245 ^{a-d}	20.92 ¹	22.50 ^{g-1}
Ortan-066	8.650 ^{a-b}	0.630 ^f	9.280 ^{b-h}	6.83 ^m	6.25 ^j
S2DRD-065	4.703 ^{f-1}	3.333 ^{a-d}	8.035 ^{d-h}	41.42 ^{a-e}	32.00 ^{b-g}
<i>Cicer arietinum</i>					
Çağatay	5.210 ^{e-1}	3.180 ^{a-e}	8.390 ^{c-h}	37.52 ^{a-h}	8.50 ^j
Dikbaş	7.580 ^{a-d}	3.833 ^{a-c}	11.413 ^{a-b}	33.70 ^{f-j}	8.67 ^j
Diyar-95	8.950 ^a	3.238 ^{a-e}	12.188 ^a	27.03 ^k	8.00 ^j
Gökçe	6.555 ^{c-g}	3.545 ^{a-d}	10.100 ^{a-e}	35.98 ^{b-1}	9.25 ^j
Mean	5.927	3.157	9.084	35.26	26.17

Stressiz sulu koşullarda yetiştirilen bitkilere ait hasat indeksi değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.30); *C.reticulatum* genotiplerinden Derei-072'nin, kültür çeşitlerinden Çağatay'ın, *C.echinosperrum* genotiplerinden Gunas-062 ve S2DRD-065 yüksek hasat indeksine sahip olmuştur. En düşük hasat indeksi Ortan-066 (*C.echinosperrum*) genotipinden elde edilmiş ve hiçbir genotiple aynı grupta yer almamıştır.

Generatif dönem sulu koşullardaki bitkilerden elde edilen tohum sayısı değerleri incelendiğinde *C.echinosperrum* genotipi Gunas-062 ve *C.reticulatum* genotipi Bari2-072N2'nin yüksek tohumla sahip olduğu belirlenmiştir. *C.echinosperrum* genotiplerinden sadece Deste-080'nin yüksek tohum sayısına sahip genotiplerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Kültür çeşitlerinin hepsi düşük tohum sayısına sahip olmuştur. Tüm yabancı genotipler arasından sadece *C.echinosperrum* Ortan-066 genotipi en düşük tohum sayısına sahip kültür çeşitleriyle aynı grupta yer almıştır.

Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesinde su stresi uygulanan bitkilere ait sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi ve tohum sayısına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31'de ve bu özelliklere ait ortalama değerler Çizelge 4.32'de verilmiştir. Su stresi uygulanan genotipler sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi ve tohum sayısı değerleri bakımından $P \leq 0.001$ düzeyinde farklılık göstermiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stresli bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Su Stresli				
		Sap ağırlığı (g)	Tohum ağırlığı (g)	Biyomas (g)	HI (%)	Tohum sayısı
Tekerrür	3	3.163	0.216	4.792	13.968	1.355
Genotip	29	7.932*	0.993*	8.877*	222.532*	130.351*
Hata	87	1.277	0.250	1.700	28.405	21.468
CV		26.378	22.971	20.182	15.333	26.527

* $P \leq 0.001$ seviyesinde önemlidir

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.32. Generatif yetiştirme dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stres uygulanan bitkilerden elde edilen sap ağırlığı, tane ağırlığı, biyomas, hasat indeksi (HI) ve tohum sayısına ait ortalama değerler

Genotipler	Su Stresli				
	Sap Ağırlığı (g)	Tane Ağırlığı (g)	Biyomas (g)	HI (%)	Tohum sayısı
<i>Cicer reticulatum</i>					
Bari1- 092	4.378 ^{c-1}	2.163 ^{b-d}	6.540 ^{d-f}	32.90 ^{b-g}	21.00 ^{a-c}
Bari2-072N2	3.120 ^{g-1}	1.988 ^{b-d}	5.108 ^{d-f}	38.95 ^{a-c}	19.50 ^{a-c}
Bari3-072C	3.500 ^{f-1}	2.048 ^{b-d}	5.548 ^{d-f}	36.90 ^{a-e}	20.25 ^{a-c}
Bari3-100	2.733 ^{h-1}	1.870 ^{b-d}	4.603 ^{e-f}	40.84 ^{a-b}	14.00 ^{c-e}
Bari3-106D	3.768 ^{e-1}	2.615 ^{a-c}	6.383 ^{d-f}	40.73 ^{a-b}	23.00 ^{a-b}
Besev-075	3.205 ^{g-1}	2.428 ^{b-d}	5.633 ^{d-f}	43.04 ^a	20.75 ^{a-c}
Besev-079	2.640 ⁱ	1.758 ^{c-d}	4.398 ^f	40.11 ^{a-c}	14.50 ^{c-d}
CudiA-152	3.503 ^{f-1}	1.888 ^{b-d}	5.390 ^{d-f}	35.25 ^{a-f}	17.25 ^{b-c}
Cudib-022C	3.230 ^{g-1}	1.923 ^{b-d}	5.153 ^{d-f}	37.31 ^{a-e}	14.50 ^{c-d}
Derei-070	4.420 ^{c-1}	1.858 ^{c-d}	6.278 ^{d-f}	29.75 ^{d-g}	21.50 ^{a-c}
Derei-072	4.033 ^{d-1}	2.738 ^{a-b}	6.770 ^{d-e}	40.52 ^{a-b}	18.25 ^{b-c}
Eğil-065	4.183 ^{c-1}	2.158 ^{b-d}	6.340 ^{d-f}	33.77 ^{b-f}	21.50 ^{a-c}
Eğil-073	3.450 ^{g-1}	2.315 ^{b-d}	5.765 ^{d-f}	40.38 ^{a-b}	18.00 ^{b-c}
Kalka-064	3.988 ^{d-1}	2.230 ^{b-d}	6.218 ^{d-f}	35.15 ^{a-f}	23.33 ^{a-b}
Kayat-077	3.943 ^{d-1}	2.473 ^{b-c}	6.415 ^{d-f}	38.66 ^{a-d}	17.50 ^{b-c}
Kesen-075	4.605 ^{c-h}	2.085 ^{b-d}	6.690 ^{d-e}	31.03 ^{c-g}	16.25 ^{b-c}
Oyali-084	4.485 ^{c-1}	2.393 ^{b-d}	6.878 ^{c-d}	34.78 ^{a-f}	19.50 ^{a-c}
Sarik-067	2.568 ⁱ	2.000 ^{b-d}	4.568 ^{e-f}	43.78 ^a	13.67 ^{c-f}
Savur-063	3.238 ^{g-1}	2.093 ^{b-d}	5.330 ^{d-f}	39.39 ^{a-c}	17.50 ^{b-c}
Sirnak-060	3.945 ^{d-1}	2.370 ^{b-d}	6.315 ^{d-f}	37.30 ^{a-e}	26.50 ^a
<i>Cicer echinospermum</i>					
Çermik-075	5.425 ^{b-f}	1.558 ^d	6.983 ^{c-d}	24.70 ^{g-h}	17.75 ^{b-c}
Deste-080	4.730 ^{c-g}	2.243 ^{b-d}	6.973 ^{c-d}	32.26 ^{b-g}	21.25 ^{a-c}
Gunas-062	3.873 ^{d-1}	2.368 ^{b-d}	6.240 ^{d-f}	37.86 ^{a-d}	26.50 ^a
Karab-092	4.675 ^{c-h}	1.893 ^{b-d}	6.568 ^{d-f}	28.40 ^{e-g}	20.50 ^{a-c}
Ortan-066	6.058 ^{b-c}	0.565 ^e	6.623 ^{d-f}	8.50 ⁱ	6.50 ^{f-g}
S2DRD-065	3.448 ^{g-1}	2.345 ^{b-d}	5.793 ^{d-f}	40.28 ^{a-b}	23.75 ^{a-b}
<i>Cicer arietinum</i>					
Çağatay	5.753 ^{b-d}	3.303 ^a	9.055 ^b	36.67 ^{a-e}	8.75 ^{d-g}
Dikbaş	6.580 ^b	2.420 ^{b-d}	9.000 ^b	27.28 ^{f-g}	7.00 ^{e-g}
Diyar-95	9.513 ^a	1.920 ^{b-d}	11.433 ^a	19.29 ^h	5.25 ^g
Gökçe	5.525 ^{b-e}	3.315 ^a	8.840 ^{b-c}	37.03 ^{a-e}	8.50 ^{d-g}
Mean	4.284	2.177	6.461	34.76	17.47

Generatif dönem kurağa maruz bırakılan genotipler içinde en fazla sap ağırlığına Diyar-95 kültür çeşidinin sahip olduğu ve hiçbir genotipin sap ağırlığı yönünden bu çeşit ile aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir.

Diyar-95 kültür çeşidinden sonra en fazla sap ağırlığına Dikbaş kültür çeşidinin sahip olduğu ve Çağatay, Gökçe kültür çeşitleri ile yabancı genotipler arasından sadece *C.echinopsermum* Ortan-066 genotipinin bunlarla aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. En az sap ağırlığına *C.reticulatum* Besev-079 ve Sarik-067 genotiplerinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Stresli koşullarda en fazla tane ağırlığına kültür çeşitleri Çağatay ve Gökçe'nin sahip olduğu ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir. Yabancı genotipler arasından sadece *C.reticulatum* Bari3-106D ve Derei-072'nin en fazla tane ağırlığına sahip çeşitlerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. En az tane ağırlığı *C.echinopsermum* Ortan-066 genotipinden elde edilmiş ve hiçbir genotiple aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir.

Generatif dönem kurağa maruz bırakılan genotiplerden elde edilen biyomas değerleri incelendiğinde; Diyar-95 kültür çeşidinin en fazla biyomas değerine sahip olduğu ve hiçbir genotipin biyomas değerinin bu çeşitle aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir. Çağatay ve Dikbaş kültür çeşitleri Diyar-95'den sonraki en fazla biyomas değerine sahip çeşitler olduğu ve sadece Gökçe kültür çeşidinin bunlarla aynı grupta yer aldığı, hiçbir yabancı genotipin fazla biyomas değerine sahip çeşitlerle aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir. En az biyomas değerine *C.reticulatum* Besev-079 genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Kurağa maruz bırakılan generatif dönem bitkilerden elde edilen biyomas ile hesaplanan hasat indeksi değerleri incelendiğinde; *C.reticulatum* genotiplerinden Besev-075 ve Sarik-067 nin en fazla hasat indeksine sahip olduğu belirlenmiştir. En az hasat indeksine *C.echinopsermum* Ortan-066 genotipinin sahip olduğu ve hiçbir genotiple aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir.

Generatif dönem stresli koşullarda genotiplerin sahip olduğu tohum sayısı değerleri incelendiğinde en fazla tohum sayısına *C.reticulatum* Şirnak-060 ve *C.echinopsermum* Gunas-062 genotiplerinin sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük tohum sayısına kültür çeşitlerinden Diyar-95'in sahip olduğu ve yabancı genotiplerden

sadece Ortan-066 (*C.echinospermum*) genotipinin Diyar-95 ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Hiçbir *C.reticulatum* genotipinin en düşük tohumu sahip Diyar-95 ile aynı grupta yer almadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

Bakla dolum dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz ve stresli bitkilerin sahip olduğu toplam biyokütle ile hesaplanan transpirasyon etkinliği değerlerine ait kareler ortalaması varyans analiz sonuçları ile transpirasyon etkinliği-FTSW arasındaki ilişki Çizelge 4.33’de verilmiştir. Stressiz ve stresli koşullarda genotiplerin sahip olduğu transpirasyon etkinliği değerleri önemli farklılık göstermiştir.

Stresli ve stressiz koşullarda genotiplerin sahip olduğu transpirasyon etkinliği ile FTSW arasındaki ilişkinin negatif ve önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Bakla dolum dönemi su stresli ve sulu koşullardan elde edilen transpirasyon etkinliğine ait kareler ortalaması varyans analiz sonucu ve FTSW ile ilişkilerine ait değerler

	Serbestlik Derecesi	Su Stresli TE	Stressiz TE
Tekerrür	3	0.272	0.628
Genotip	29	2.085**	0.363*
Hata	87	0.229	0.156
CV		28.385	20.458
FTSW		-0.05	-0.15

**P≤0.001, *P≤0.01 seviyesinde önemlidir

Kurağa maruz bırakılan ve sulu koşullarda sürdürülen genotiplerin sahip olduğu transpirasyon etkinliği değerleri ve standart hata değerleri Çizelge 4.34’de verilmiştir. Çizelge 4.34 incelendiğinde; sulu koşullarda *C.reticulatum* Bari3-072C genotipinin en düşük transpirasyon etkinliğine, Kalka-064 genotipinin en yüksek transpirasyon etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Kurağa maruz bırakma koşullarında en düşük transpirasyon etkinliğine *C.reticulatum* genotiplerinden Bari2-072N2, Bari3-100, Savur-063 ve *C.echinospermum* Ortan-066 genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek transpirasyon etkinliğine Diyar-95 kültür çeşidinin sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Vejetatif dönemde kurağa maruz bırakma denemesinde sulu ve su stresli bitkilerin genel görüntüsü ve bazı genotiplerin hasat dönemi Şekil 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.34. Bakla dolum dönemi kurağa maruz bırakma denemesindeki stressiz ve stressli bitkilerin Transpirasyon Etkinliği (TE) ve Standart Hata (SH) değerleri

Genotipler	Stressiz	Genotipler	Su Stresli
	TE (g/kg ⁻¹) ± SH		TE (g/kg ⁻¹) ± SH
Bari3-072C	1.427 ^f ± 0.199	Bari2-072N2	0.571 ^k ± 0.088
Bari1-092	1.512 ^{e-f} ± 0.148	Bari3-100	0.595 ^k ± 0.054
Ortan-066	1.532 ^{e-f} ± 0.121	Savur-063	0.677 ^k ± 0.029
Sarik-067	1.555 ^{e-f} ± 0.209	Ortan-066	0.682 ^k ± 0.081
Şirnak-060	1.607 ^{d-f} ± 0.249	Besev-079	0.755 ^{j-k} ± 0.116
Çermik-075	1.619 ^{d-f} ± 0.249	Eğil-073	1.019 ^{i-k} ± 0.197
Oyali-084	1.685 ^{d-f} ± 0.182	Çermik-075	1.103 ^{i-k} ± 0.111
Besev-079	1.698 ^{c-f} ± 0.090	Bari3-072C	1.114 ^{i-k} ± 0.051
Deste-080	1.778 ^{c-f} ± 0.015	Kalka-064	1.165 ^{i-k} ± 0.010
Kayat-077	1.778 ^{c-f} ± 0.238	Eğil-065	1.312 ^{h-k} ± 0.347
Derei-070	1.805 ^{b-f} ± 0.143	CudiA-152	1.357 ^{g-k} ± 0.141
Gökçe	1.807 ^{b-f} ± 0.258	Dikbaş	1.491 ^{f-j} ± 0.304
CudiA-152	1.828 ^{b-f} ± 0.128	Sarik-067	1.506 ^{f-j} ± 0.057
Bari3-106D	1.900 ^{b-f} ± 0.096	Derei-072	1.520 ^{e-j} ± 0.165
Besev-075	1.914 ^{b-f} ± 0.081	Bari1-092	1.577 ^{e-i} ± 0.187
Derei-072	1.926 ^{b-f} ± 0.152	Oyali-084	1.616 ^{e-i} ± 0.042
Bari2-072N2	1.942 ^{b-f} ± 0.113	Besev-075	1.706 ^{e-i} ± 0.152
Eğil-065	1.953 ^{b-f} ± 0.380	CudiB-022C	1.713 ^{e-i} ± 0.253
Karab-092	1.968 ^{b-f} ± 0.073	Gökçe	2.081 ^{d-h} ± 0.443
Çağatay	1.998 ^{a-f} ± 0.131	S2DRD-065	2.083 ^{d-h} ± 0.415
S2DRD-065	2.080 ^{a-f} ± 0.031	Bari3-106D	2.125 ^{c-g} ± 0.171
Gunas-062	2.086 ^{a-f} ± 0.290	Şirnak-060	2.151 ^{c-g} ± 0.425
Savur-063	2.117 ^{a-f} ± 0.212	Kayat-077	2.154 ^{c-g} ± 0.402
Eğil-073	2.148 ^{a-e} ± 0.188	Deste-080	2.289 ^{b-f} ± 0.354
Dikbaş	2.178 ^{a-e} ± 0.319	Derei-070	2.322 ^{a-e} ± 0.069
Kesen-075	2.270 ^{a-d} ± 0.136	Karab-092	2.323 ^{a-e} ± 0.371
Bari3-100	2.374 ^{a-c} ± 0.088	Kesen-075	2.653 ^{a-d} ± 0.204
CudiB-022C	2.383 ^{a-c} ± 0.484	Çağatay	2.883 ^{a-c} ± 0.265
Diyar-95	2.473 ^{a-b} ± 0.094	Gunas-062	2.968 ^{a-b} ± 0.294
Kalka-064	2.635 ^a ± 0.298	Diyar-95	3.071 ^a ± 0.224



Şekil 4.29. Vejetatif dönem kurağa maruz bırakma denemesinde sulu ve su stresli bitkilerin genel görüntüsü ve bazı genotiplerin hasat dönemi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. VPD Değerlendirmeleri

Araştırmanın her iki yılı nohut genotiplerinin sulu koşullarda VPD'ye tepkisi ölçülmüştür. Birinci yıl büyütme kabini mevcut olmayışından dolayı sera koşullarında oluşan VPD altında materyal ve metod bölümünde detayları anlatıldığı gibi ölçüm yapılmıştır. İkinci yıl VPD ölçümü büyütme kabini içinde ölçülmüştür. Her iki yıl ölçülen VPD stress değerleri arasında farklılıklar oluşmuş ve buda bitkilerin transpirasyon ve transpirasyon hızı tepkisinde farklılıklar oluşturmuştur.

Birinci yıl sera koşullarında ölçülen VPD denemesinde bitkiler sera içindeki nem oranının düşmesinden dolayı daha yüksek VPD koşullarına maruz kalmışlar fakat nemin düşmesiyle beraber sıcaklık fazla yükselmemiştir. İkinci yıl kabin içinde ölçülen VPD'de sıcaklık yükseltebilmiş fakat kabin içi nem seviyesi düşürülemedi (Şekil 3.3. ve 3.4). Birinci yıl bitkilerin sadece vejetatif gelişme döneminde ikinci yıl hem vejetatif hem de generatif dönemlerinde yüksek VPD'de transpirasyon tepkileri ölçülmüştür.

5.1.1. Transpirasyon Değerlendirmeleri

Birinci yıl yapılan VPD ölçümlerinde kültür nohutlarının yabancı nohutlardan genellikle daha fazla transpirasyon yaptığı, yabancı nohut türleri arasında transpirasyon değerleri yönünden bir farklılık olmamakla birlikte *C. echinospermum* türlerinin *C. reticulatum* türlerinden daha az transpirasyon yaptığı bulunmuştur.

İkinci yıl yapılan VPD ölçümlerinde bitkilerin her iki gelişim aşamasında transpirasyon yönünden farklılıklar olduğu bulunmuştur. Vejetatif gelişim aşamasında birinci yılda olduğu gibi kültür nohutlarının daha fazla transpirasyon yaptığı, *C. echinospermum* türlerinin en az transpirasyon değerine sahip olduğu bulunmuştur. Generatif gelişim aşamasında *C. echinospermum* türlerinin *C. reticulatum* ve *C. arietinum* türlerinden daha fazla transpirasyon yaptığı bulunmuştur. Kültür nohutlarının vejetatif dönemin aksine en düşük transpirasyon değerlerine sahip olduğu bulunmuştur.

Birinci yıl VPD ölçümüne ait transpirasyon değerlerinin eğimi arasında anlamlı fark oluşmadığı için eğim değerleri verilmemiştir. İkinci yıl vejetatif gelişim döneminde

transpirasyon eğim değerlerinde büyük farklılıklar oluşmuştur. Kültür nohutları düşük eğim değeri gösterirken yabancı nohut türleri yüksek eğim değeri göstermiştir.

Generatif gelişme döneminde transpirasyon eğim değerlerindeki farklılığın vejetatif döneme göre daha az olduğu bulunmuştur. Kültür nohutları ile yabancı türler arasındaki fark azalmıştır.

5.1.2. Yaprak Alanı Değerlendirmeleri

Transpirasyon ölçümleri bittikten sonra bitkilerin sahip oldukları yaprak alanı ölçülmüş ve kültür nohutlarının yabancı türlerden, VPD ölçümlerinin her iki yılında ve bitkilerin hem vejetatif gelişim döneminde hem de generatif gelişim döneminde daha fazla yaprak alanına sahip olduğu bulunmuştur.

Kültür nohutlarının ikinci yıl VPD ölçümlerinde vejetatif gelişim döneminden generatif gelişim dönemine kadar yaprak alanını 1.5 kat arttırdığı buna karşın yabancı türlerin yaprak alanını yaklaşık 4.5 kat arttırdığı bulunmuştur. Yabancı türlerin yaprak alanlarındaki artış daha fazla yüzey kaplama sağlar ve böylece topraktan daha az evaporasyon gerçekleşir. Topraktan daha az su kaybı sağlamasıyla bitkilerin generatif gelişim döneminde daha fazla su bulmasına olanak sağladığı ve böylece kuraklığa daha iyi dayanabildiği düşünülmektedir. Zaman-Allah ve ark. (2011a)'nın kuraklığa dayanıklılık için belirledikleri 3 önemli mekanizmadan birisi de bitki büyüme ve gelişim döneminde su sıkıntısı yokken yaprak gelişiminin daha sınırlı olmasıdır.

Bitkilerde yapraklar; transpirasyon, fotosentezle besin üretme, atmosferle gaz alışverişinde bulunma gibi birçok fonksiyonu yerine getiren temel organlardan biridir. Bir bitkinin birim zamandaki birim yaprak alanının kuru maddesindeki net artış bitkinin büyümesi olarak tanımlanmaktadır (Kaman ve ark. 2017). Bu değerlendirmeye yabancı türlerin aynı ortamda yetiştirilen kültür nohutlarına göre daha iyi büyüme dinamiğine sahip olduğu söylenebilir. Yabancıların hızlı yaprak alanı artışı göstermesi yüksek transpirasyon hızına ve buna bağlı olarak yüksek fotosentez ve düşük ölçülebilir solunum mekanizmalarından kaynaklanabilir. Zaman-Allah ve ark. (2011a) kuraklığa dayanıklı genotiplerin daha sınırlı erken yaprak gelişimine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Birinci yıl VPD ölçüm döneminde aralarındaki fark önemsiz olsa da C.

echinospermum türlerinin *C. reticulatum* türlerinden daha az yaprak alanına sahip olduğu, ikinci yıl her iki gelişim döneminde de *C. echinospermum* türlerinin *C. reticulatum* türlerinden daha fazla yaprak alanına sahip olduğu bulunmuştur. Bu duruma bitkilerin yetiştirme ortamındaki sıcaklık, nem ve ışık gibi faktörlerinin sebep olduğu düşünülmektedir.

5.1.3. Transpirasyon Hızı Değerlendirmeleri

Hem sera koşullarında hem de tam kontrollü koşullarda ölçülen VPD' de genotiplerin sahip olduğu birim yaprak alanından birim zamanda kaybettiği su miktarı olarak hesaplanan transpirasyon hızı tepkileri Şekil 4.4, 4.11, 4.18, 4.25'de gösterildiği gibi sulu koşullarda yüksek VPD anında (yüksek sıcaklık ve düşük nem) bile transpirasyonlarını sınırlamadan doğrusal bir artışla devam ettirdikleri bulunmuştur.

Değişen VPD aralığında ölçülen transpirasyon hızı tepkilerinde genotiplerin hiçbirinin VPD süresince transpirasyonlarını sınırlamadıkları bulunmuştur. Yüksek VPD anında transpirasyon yönünden genotipik farklılıklar çeşitli araştırmacılar tarafından yer fıstığı (Devi ve ark., 2010), inci darı (Kholova ve ark., 2010a) ve sorgum (Gholipoor ve ark., 2010) gibi bitkilerde incelenmiştir. Devi ve ark. 2010, yer fıstığı genotiplerinden bazılarının yüksek VPD koşullarında transpirasyonu sınırlama yeteneğine sahip olduğunu, bazılarının ise VPD artışıyla transpirasyonlarını arttırdığını, Kholova ve ark. (2010a), inci darının yüksek VPD koşullarında toleranslı genotiplerin daha düşük transpirasyon hızına sahip olduğunu, Gholipoor ve ark. (2010), bazı sorgum genotiplerinin düşük VPD şartlarında bile transpirasyonlarını sınırlama özelliğine sahip olduğunu belirtmişler ve bu araştırmacılar bu özelliği sağlayan genotiplerin daha sonraki gelişim aşamalarında kullanılabilecek daha fazla toprakta suyu koruduğu hipotezini öne sürmüşlerdir.

Nohut bitkisinde Zaman-Allah ve ark. (2011a) tarafından yapılan çalışmada bizim çalışmamızla benzer şekilde hem vejetatif gelişim döneminde hem de generatif gelişim döneminde toleranslı genotiplerin değişen VPD koşullarında transpirasyonlarını sınırlama özelliği göstermediğini, vejetatif gelişim döneminde daha az transpirasyon yaptığını, generatif gelişim aşamasında daha fazla transpirasyon yaptıklarını ve kuraklığa toleranslı genotiplerin transpirasyon hızının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Vejetatif aşamada daha az transpirasyon yapmasını toprakta daha fazla

su muhafaza etme stratejisi olarak değerlendirmişlerdir.

Kültür nohutlarının tüm VPD süresince sahip olduğu daha fazla yaprak alanına rağmen daha az transpirasyon yaparak suyu daha korumalı kullandığı, yabancı türlerin suyu daha savurgan kullandığı bulunmuştur. Bu durum ölçülen VPD koşullarına ve çevre şartlarına farklı bir tepki vermelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle ikinci yıl kontrollü koşullarda ölçülen VPD döneminde sıcaklık değerleri artırılabilirdiği halde nem seviyesinin düşürülememesi bitkilerde sıcaklık stresi algısı oluşturduğu ve sıcaklık stresi altındaki bitkiler gibi davranmalarına yol açtığı düşünülmektedir. Sıcaklık stresi altında bitkiler transpirasyonlarını artırarak kendilerini soğutmaya çalışırlar (Suzuki ve ark. 2014). Bu durumu Rashid ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada nemli ve kuru VPD koşulları olarak değerlendirmişlerdir. Aynı zamanda Mandeep K. Riar ve ark. (2015) yüksek sıcaklıkta (yüksek VPD) genotiplerin transpirasyonlarını sınırlama yeteneklerini kaybettiklerini, yüksek sıcaklıklarda artan transpirasyon hızlarının yaprak soğumasına yol açabilmesi nedeniyle daha fazla istenebileceğini bildirmişlerdir.

Medina ve ark. (2017)'nin 'kuraklığa adaptasyon sağlamış fasülye türlerinin artan VPD'ye tepki göstermediği' ve Schoppach ve Sadok (2012) tarafından yapılmış 'kuraklığa toleranslı bazı buğday genotiplerinin yüksek VPD'de kırılma noktası göstermediği' sonuçları yüksek VPD'de transpirasyonu sınırlama özelliğinin her zaman kuraklığa toleransla ilişkili olmadığını göstergesi olabilir.

Ray ve ark. (2002), VPD koşulları değişse bile toprakta yeterli nem bulunduğunda bitkilerin transpirasyonlarını kısıtlamadıklarını belirtmiştir. bizim çalışmamızda da sulu koşullarda yürütülen VPD ölçümlerinde bitkilerin transpirasyonlarını sınırlama gereksinimi duymadığını düşündürmektedir.

Messina ve ark. (2015) yüksek VPD altında transpirasyon hızını sınırlamanın bazı çevrelerde verime negatif etkisinin olacağı, stoma iletkenliğinin azalmasının aynı zamanda karbon asimilasyon oranının azalmasıyla sonuçlanacağını Sinclair ve ark. (1994) tarafından belirtildiğini bildirmişlerdir. Sinclair (2017b), bitkinin erken gelişim aşamasında toprakta suyu korumanın daha fazla evaporasyona yol açabileceğini ve bitkilerin fizyolojik aktivitelerini kaybedebileceğini belirtmiş, bu çalışmalar ile değerlendirildiğinde yabancı nohut genotiplerinin nemli yüksek VPD altında transpirasyonu sınırlamama özelliklerinin bir avantaj sağladığı söylenebilir.

Blum (2005) çalışmasında su sıkıntısı olmayan koşullarda su kullanımının maksimum olmasının önemli olduğunu belirttiği gibi bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yabancı nohutların artan VPD koşullarında transpirasyonlarını kısıtlamamaları ve maksimum su kullanma eğilimlerinin kuraktan kaçma mekanizması yönünden kayda değer bir özellik olduğunu göstermektedir.

Yüksek VPD koşullarında bitkilerin gösterdiği birim alandaki transpirasyon hızından birim alanın çıkarılmasıyla hesaplanan residual transpirasyon (kutikular transpirasyon Clarke 1991) değeri stres anında bitkinin stomalar harici ile yaptığı transpirasyonu ifade etmektedir ve yüksek stres koşullarında düşük residual transpirasyon değerine sahip genotiplerin kuraklık stresine tolerans için ıslahta tercih edilebileceği önerilmektedir (Petcu 2005, von Wettberg ve ark 2018).

5.1.4. Stoma İletkenlik İndeksi Değerlendirmeleri

Birinci yıl VPD denemesine ait bitkilerin thermal kamera sonuçlarının analizi hatalı dosya yüzünden yapılamamış bu nedenle birinci yıla ait stoma iletkenlik indeks değerleri bulunmamaktadır. İkinci yıla ait bitki büyütme kabini içinde yürütülen VPD denemesinde en yüksek VPD anında bitkilerin thermal kamera ile sıcaklık değerleri ölçülmüş ve bu sonuçlarla dolaylı olarak stoma iletkenlik indeksi hesaplanmıştır.

Stoma iletkenlik indeksi hem vejetatif hem de generatif gelişim aşamasında kültür ve yabancı nohutlar arasında geniş varyasyon göstermiştir. Vejetatif dönem bitkilerinde stoma iletkenlik indeksinin 4.72 - 0.19, generatif gelişim döneminde 4.04 - 0.67 arasında değiştiği bulunmuştur. Kabin içindeki bitkilerin sıcaklık değerlerinden hesaplanarak elde edilen stoma iletkenlik indeksinin kuraklık stresine tolerans mekanizması için ayırt edici olmadığı bulunmuştur. Benzer şekilde Zaman-Allah ve ark. (2011a), sera koşullarındaki kuraklık stresine toleranslı ve hassas nohut genotipleri arasında stoma iletkenlik indeksinin ayırt edici olmadığını, buna karşın doğal ortam koşullarında yapılan ölçümlerde toleranslı ve hassas genotiplerin gösterdiği stoma iletkenlik indeksinin ayırt edici olduğu ve toleranslı genotiplerin daha düşük stoma iletkenlik indeksine sahip olduğu belirtilmiştir. Kontrollü koşullardaki durumun ölçüm sırasında thermal kameranın ortamdaki yansıyan sıcaklık değerlerinin etkisinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Çalışmamızdaki sonuçlarla bu durumun benzer olduğu ve kabin içinde yapılan stoma iletkenlik indeksi değerlerinin ayırt edici bir yöntem

olmadığı söylenebilir.

Belko ve ark. (2012) şiddetli stres şartlarında (yüksek VPD ve su stresi) toleranslı hatların daha yüksek transpirasyon hızı ve bitki örtüsü serinliği gösterdiğini, sulu koşullarda toleranslı ve hassas genotiplerin bitki örtüsü serinliğinin farksız olduğunu belirtmişler ve düşük stoma iletkenliğinin bitkinin su kullanımı ve gelişimini sınırladığını, toleranslı genotiplerin toprak nemi azalana kadar şiddetli stres şartları altında hassas bitkiler gibi davranarak transpirasyon hızını sürdürdüklerini bildirmişlerdir. Bu bulguların bizim sonuçlarımızla benzer şekilde uyumlu olduğu bulunmuştur.

5.2. Kurağa Maruz Bırakma Değerlendirmeleri

5.2.1. FTSW (Transpire Edilebilen Toprak Nemi Eşiği) Değerlendirmeleri

Araştırmanın birinci yılı bitkilerin erken gelişim döneminden generatif gelişim dönemine geçiş süresinde, araştırmanın ikinci yılı bitkilerin bakla dolum döneminde su stresi uygulanmıştır. Azalan toprak nemi eşiğinde bitkilerin transpirasyonlarını sınırlamaya başladıkları zaman olan FTSW değerleri hesaplanmıştır.

Birinci yıl FTSW değerlerinin genel olarak kültür nohutlarında yabani nohutlardan daha düşük olduğu ve 0.40 - 0.60 arasında değişim göstererek Soltani ve ark. (2000) ve Zaman-Allah ve ark. (2011a) çalışmaları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Genel olarak yüksek FTSW değerleri elde edilmiş ve bunun marjinal bölgelerde kuraklığa tolerans için bir adaptasyon yeteneği ve verim artışına katkıda bulunan bir özellik olduğu belirtilmiştir (Soltani ve ark. 2000, Sinclair ve Muchow 2001, von-Wettenberg ve ark. 2018).

Strese maruz kalan bitkilerin toprakta bulunan suyu koruma mekanizmasındaki genotipik farklılıklar önceki çalışmalarda mısırdaki (Ray ve Sinclair, 1997), soyada (Vadez ve Sinclair, 2001; Hufstetler ve ark., 2007), yer fıstığında (Bhatnagar-Mathur ve ark., 2007), inci darıda (Kholova ve ark., 2010a), nohutta (Zaman-Allah ve ark. 2011a) test edilmiştir.

Zaman-Allah ve ark. (2011a) çalışmamızla benzer şekilde kuraklık stresine toleranslı nohut genotiplerinin yüksek FTSW değerine, hassas genotiplerin düşük FTSW değerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Kurak koşullarda yetiştirilen nohut

bölgeleri için toprkata generatif gelişim dönemi için suyun korunmasını sağlayan transpirasyonu erken kısıtlama özelliğinin çok önemli olduğu belirtilmiştir (Zaman-Allah ve ark. 2011a). Bu değerlendirmeye yabani nohut genotiplerinin azalan toprak nemine tepki verme yönünden daha hassas olduğu ve kuraklık stresine tolerans için geliştirilmiş transpirasyonu sınırlama yeteneğine sahip olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Araştırmanın ikinci yılı bitkilerin bakla dolum döneminde yürütülen kurağa maruz bırakma denemesinde FTSW değerleri 0.35-0.59 arasında değişiklik göstermiştir. FTSW değerlerinin bakla bağlama döneminde su stresine maruz bırakılan kültür ve yabani nohut genotiplerinin dayanım yönünden ayırt edici olmadığı bulunmuştur.

Bakla dolum döneminde topraktaki nemi sınırlama eşiğinin toleranslı ve hassas genotipler arasında kuraklığa tolerans için ayırt edici bir ölçüm olmadığı Pushpavalli ve ark. (2015) tarafından ifade edilmiştir. Bakla dolum döneminde toprakta su muhafaza etmenin bitkide verim kaybına yol açacağı, bu dönemde bitkinin su kısıtlamasından ziyade maksimum su kullanmasının daha önemli olduğu bilinmektedir (Blum 2005, Vadez ve ark. 2011). Bu nedenle bu aşamada genotipler arasında FTSW yönünden sınırlama eşiği değerinin yüksek değil düşük değere sahip olanların kuraklığa dayanım yönünden avantajlı olarak değerlendirilebileceği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla tane dolum döneminde maksimum seviyede su alma mekanizmasına sahip olan genotipler üzerinde durulmalıdır.

5.2.2. Sap Ağırlığı, Tane Ağırlığı, Biyomas ve Hasat İndeksi Ölçümlerinin ve Transpirasyon Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Araştırmanın birinci yılı NTR değerlerine bakılarak sonlandırılan kurağa maruz bırakma denemesinden elde edilen bitkilerin sap, tane ağırlığı ve toplam üretilen biyokütle ile hasat indeksi değerlerine ek olarak ikinci yılda tohum sayısı incelenmiştir. Genotipler arasında sap ağırlığı, tane ağırlığı, toplam biyokütle, hasat indeksi ve tohum sayısının hem sulu koşullarda hem de stresli koşullarda önemli derecede farklılık gösterdiği bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre erken gelişim döneminde kültür nohutlarının hem stressiz hem de stresli koşullarda fazla sap ağırlığına sahip olmasına rağmen kullandıkları suyu tane ağırlığına dönüştüremedikleri bulunmuştur. Yabani geotiplerin

su stresli koşullarda kullandıkları suyla kültür nohutlarına göre daha iyi tane oluşturduğu bulunmuştur. Çalışmamızdaki sonuçlarla benzer şekilde Zaman-Allah ve ark. (2011a) kuraklığa toleranslı nohut genotiplerin daha az kuru sap ağırlığına sahip olduğunu bulmuşlardır.

Yabani nohut genotiplerinin su stresli şartlar altında daha az sap ağırlığına sahip olmasının stresli koşullarda yaprak genişlemesini azaltma ve yaprak dökme özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sadras ve Milroy (1996), Alves ve Setter (2004) tarafından dereceli su stresi altında yaprak alanı sınırlandırılmasının bitkinin suyu korumalı kullanmasında ve fotosentez ürünlerinin taşınıp depolanması ve bitki asimilasyon kapasitesinin dengelenmesinde önemli parametreler olduğunu belirtmiştir. Bu bakımdan yabani nohutların yaprak alan sınırlandırılmasından dolayı daha az sap ağırlığına sahip olmasının onların kuraklığa dayanma sistemlerinin bir parçası olduğu düşünülmektedir.

Oluşturulan tane veriminin toplam biyokütleyle oranlanmasıyla hesaplanan hasat indeksi değerleri yönünden sulu koşullarda yabani nohut genotiplerinin genellikle kültür nohutlarından daha yüksek hasat indeksine sahip olduğu, su stresi uygulanmış koşullarda yabani nohut genotiplerinin kültür nohutlarından bariz bir şekilde hasat indeksi yönünden ayırt edici yükseklikte olduğu bulunmuştur. Yüksek hasat indeksi değerlerinin başarılı generatif üreme ve verimle ilişkili olduğu (Blum 2009) belirtilmiştir. Yabani nohutların yüksek hasat indeksine sahip olmasının avantajlı bir özellik sağladığı söylenebilir.

Hem sulu koşullarda hem de su stresli koşullarda yabani türler arasından *C. reticulatum* türlerinin genel olarak *C. echinospermum* türlerinden daha yüksek hasat indeksine sahip olduğu bulunmuştur. İyi sulu koşullarda hasat indeksinin verimde su sıkıntılı koşullardan daha az etkili olduğu Blum (2005) tarafından belirtilmiş ve elde ettiğimiz sonuçların bununla uyumlu olduğu bulunmuştur.

Generatif gelişim döneminde genotiplerin sap, tane ağırlığı, biyomas ve hasat indeksi yönünden ayırt edici olmadığı bulunmuştur. Bununla birlikte generatif gelişim döneminde elde edilen tohum sayısı yönünden hem sulu koşullarda hem de su stresli koşullar altında genotipler arasında büyük farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bir yabani genotip hariç (*C. echinospermum* türü Orta-066) bütün yabani genotiplerin kültür nohutlarından bariz bir şekilde fazla tohum ürettiği bulunmuştur. Pushpavalli ve ark.

(2015), kuraklık stresinde nohutta tane verimindeki farklılıkların fazla çiçek üretme ve tohum sayısı ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu bulgular doğrultusunda yabancı nohut genotiplerinin daha fazla tohum oluşturmalarının daha fazla çiçek üretmesine bağlı olduğu ve bunun tam olgunlaşma döneminde bitkilerde tane verimine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Kuraklık stresi altında fazla çiçek üretme ve tohum sayısının kuraklık tolerans mekanizmalarında önemli bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği ve bunun test edilmesi gerektiği bulunmuştur.

Transpirasyon etkinliğinin sulu ve su stresli koşullarda genotipler arasında önemli farklılık gösterdiği bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen transpirasyon etkinliği değerlerinin yabancı ve kültür nohutlarında ayırt edici olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Zaman-Allah ve ark. (2011a), Belko ve ark. (2012) transpirasyon etkinliğinin toleranslı ve hassas genotiplerden ayırt edici olmadığını bulmuşlardır.

Bitkilerin kullandığı su miktarı ile ilişkili hesaplanan transpirasyon etkinliği bitkinin belli bir dönemine ait değerlerini temsil etmektedir. Bu çalışma bitkilerin olgunlaşmalarını tamamlamaları beklemeden sonlandırılmış ve transpirasyon etkinliği hasat edilen döneme kadar bitki tarafından kullanılan suyla hesaplanmıştır. Vadez ve ark. (2011), transpirasyon etkinliğinin verimle ilişkili olarak doğru değerlendirilebilmesi için olgunlaşmasını tamamlamış bitkilerden ölçülmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Blum (2005) verime yönelik yapılacak değerlendirmelerde transpirasyon etkinliği ve su kullanımının sulu koşullarda önemli olduğunu, stresli koşullarda ayırt edici olmadığını belirtmişlerdir.

İyi sulu ve su stresli koşullardan elde edilen transpirasyon etkinliği ile FTSW değerlerinin ilişkilendirilmesinden birinci yıl sulu koşullarda anlamlı bir ilişki oluşmadığı buna karşın stresli koşullarda negatif bir ilişki olduğu, ikinci yıl hem sulu koşullarda hem su stresli koşullarda negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur. Devi ve ark. (2011) yer fıstığında, Belko ve ark. (2012) bürülcede benzer sonuçlar elde etmişler ve erken gelişim döneminde su stresli koşullardaki bitkilerden elde edilen bu negatif değer kuru çevre koşulları için önemli bir özellik olarak ifade edilmektedir.

Yabancı nohut genotiplerinin VPD stresine tepkisi bakımından transpirasyon özellikleri üzerinden değerlendirildiğinde *C. reticulatum* türünde Şirnak-060, Savur-063, Derei-072 ve Besev-075 genotiplerinin, *C. echinospermum* türünde Karab-092 ve Ortan-

066 genotiplerinin ön plana çıktığı ve ıslah çalışmalarında başlangıç materyali olarak kullanılabileceği öngörülmüştür.

Erken gelişim döneminde transpirasyonlarını kısıtlama bakımından kurağa maruz bırakma denemesinde ölçülen FTSW değerleri yönünden tüm kültür çeşitlerinden daha yüksek FTSW değeri ile öne çıkan *C.echinosperrum* türünde Karab-092 genotipinin, *C. reticulatum* türlerinden Eğil-065, Kayat-077, Bari3-100 ve CudiA-152 genotiplerinin kurağa dayanım bakımından değerlendirilebileceği önerilmektedir.

Generatif gelişme dönemi kurağa maruz bırakılan genotiplerden hem yüksek HI hem de tane sayısı bakımından üstün olan *C.echinosperrum* türlerinden S2DRD-065 ve Gunas-062 genotiplerinin, *C.reticulatum* türlerinden Şirnak-060, Besev-075 ve Bari3-106D genotiplerinin kurağa dayanma yönünden kullanılabileceği belirlenmiştir.

İncelenen özellikler yönünden tüm kültür çeşitlerinin ve *C.reticulatum* türlerinden Bari3-100, Bari3-106D, Besev-075 ve Besev-079 genotiplerinin, *C.echinosperrum* türlerinden S2DRD-065 genotipinin erkencilik özellikleriyle kuraklıktan kaçma mekanizmasına, *C.reticulatum* genotiplerinin çoğunun kurağa dayanma mekanizmasına sahip oldukları belirlenmiştir.

Kuraklık stresi çevresel bir olay olup çoğu zaman diğer stres faktörleriyle birlikte etki etmektedir. Özellikle ülkemiz gibi dünyada Akdeniz iklimine sahip bölgelerde çoğunlukla sıcaklık stresi ile iç içe geçmektedir. Bu nedenle kuraklık stresi ile ilgili yapılacak olan çalışmalardan elde edilen sonuçların genotip çevre etkileşiminin dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiği tavsiye edilmektedir.

Bitkilerin kuraklık stresine tepkisinin belirlenmesinde doğrudan ölçüm yöntemi olarak geliştirilmiş ve dünyada yaygın bir şekilde kabul görmüş olan çalışmada kullandığımız yöntem Türkiye’de ilk kez bu çalışma ile kullanılmıştır. Bundan sonraki kuraklık stresi ile ilgili yapılacak çalışmalarda farklı bitkilerde bu yöntemin kullanılması fayda sağlayacaktır. Yöntemin uygulamasının zor, yoğun işgücü ve altyapı gerektirmesi gibi nedenlerle; az sayıda genotiple çalışılıp ardından bu özelliklere ait moleküler belirleyicilerin (markör) geliştirilip genotiplerin taranması ıslah çalışmalarına kurağa dayanım yönünden önemli katkılar yapacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Abbo, S., Molina, C., Jungmann, R., Grusak, M.A., Berkovitch, Z., Reifen, R., Kahl, G., Winter, P. and Reifen, R. 2005. Quantitative trait loci governing carotenoid concentration and weight in seeds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Theor. Appl. Genet. 111 (2): 185-195.
- Acharya, N.R., Shrestha, J., Sharma, S., Lama, G.B. 2015. Study on effect of supplementary irrigation on rainfed Chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Applied Sciences and Biotechnology, 3 (3): 431-433.
- Adak, A., Sari, D., Sari, H., Toker, C. 2017. Gene effects of *Cicer reticulatum* on qualitative and quantitative traits in the cultivated chickpea. Plant Breeding, 136 (6): 939-947.
- Ahmad, F., Gaur, P.M., Croser, J.S. 2005. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Singh, R.J., Jauhar, P.P. Genetic Resources, Chromosome Engineering, And Crop Improvement. CRC Press, 229-267, Boca Raton London New York Singapore.
- Alves, A.A., Setter, T.L. 2004. Response of cassava leaf area expansion to water deficit: cell proliferation, cell expansion and delayed development. Annals of Botany, 94 (4): 605-613.
- Amede, T., Schubert, S. 2003. Mechanisms of drought resistance in grain legumes I: Osmotic adjustment. SINET: Ethiopian Journal Science, 26 (1): 37-46.
- Andersson, M.S., De Vicente, M.C. 2010. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Ellstrand, N.C. Gene Flow Between Crops and Their Wild Relatives. The Jons Hopkins University, 147-159, USA.
- Anwar, M.R., McKenzie, B.A., Hill, G.D. 1999. Water use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Canterbury: effect of irrigation and sowing date. Agronomy New Zealand, 29: 1-8.
- Anwar, M.R., McKenzie, B.A., Hill, G.D. 2000. Water extraction patterns and water use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Canterbury. Agronomy New Zealand, 30: 109-120.
- Anyia, A.O., Herzog, H. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy, 20 (4): 327-339.
- Awasthi, R., Gaur, P., Turner, N.C., Vadez, V., Siddique, K.H.M., Nayyar, H. 2017. Effects of individual and combined heat and drought stress during seed filling on the oxidative metabolism and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes differing in heat and drought tolerance. Crop and Pasture Science, 68 (9): 823-841.

- Azimi, S.M., Kor, N.M., Ahmadi, M., Shaaban, M., Motlagh, Z.R., Shamsizadeh, M. 2015. Investigation of growth analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. *International Journal of Life Sciences*, 9 (5): 91-94.
- Bağcı, E.G. 2009. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stresin fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle belirlenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara, 403.
- Bahar, B., Yildirim, M. 2010. Heat and drought resistances criteria in spring bread wheat: Drought resistance parameters. *Scientific Research and Essays*, 5 (13): 1742-1745.
- Bahar, B., Yıldırım, M., Yucel, C. 2011. Heat and drought resistance criteria in spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.): Morpho-physiological parameters for heat tolerance. *Scientific Research and Essays*, 6 (10): 2212-2220.
- Barutcular, C., Yıldırım, M., Koc, M., Dizlek, H., Akıncı, C., El Sabagh, A., Saneoka, H., Ueda, A., Islam, M.S., Toptas, İ., Albayrak, O., Tanrikulu, A. 2016. Quality traits performance of bread wheat genotypes under drought and heat stress conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25 (12a): 6159-6165.
- Basu, P.S., Berger, J.D., Turner, N.C., Chaturvedi, S.K., Ali, M., Siddique, K.H.M. 2007. Osmotic adjustment of chickpea (*Cicer arietinum*) is not associated with changes in carbohydrate composition or leaf gas exchange under drought. *Annals of Applied Biology*, 150 (2): 217-225.
- Basu, P.S., Ali, M., Chaturvedi, S.K. 2009. Terminal heat stress adversely affects chickpea productivity in northern India—Strategies to improve thermo tolerance in the crop under climate change. *In Proceedings of the XXXVIII Workshop of the International Society for Photo- grammetry and Remote Sensing: Impact of Climate Change on Agriculture*. ISRO, Ahmedabad, India, 189-193.
- Beggi, F., Falalou, H., Buerkert, A., Vadez, V. 2015. Tolerant pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) varieties to low soil P have higher transpiration efficiency and lower flowering delay than sensitive ones. *Plant Soil*, 389 (1-2): 89-108.
- Belko, N., Zaman-Allah, M., Cisse, N., Diop, N.N., Zombre, G., Ehlers, J.D., Vadez, V. 2012. Lower soil moisture threshold for transpiration decline under water deficit correlates with lower canopy conductance and higher transpiration efficiency in drought-tolerant cowpea. *Functional Plant Biology*, 39 (4): 306-322.

- Belko, N., Zaman-Allah, M., Diop, N.N., Cisse, N., Zombre, G., Ehlers, J.D., Vadez, V. 2013. Restriction of transpiration rate under high vapour pressure deficit and non-limiting water conditions is important for terminal drought tolerance in cowpea. *Plant Biology*, 15 (2): 304-316.
- Berger, J.D., Ludwig, C. 2014. Contrasting adaptive strategies to terminal drought-stress gradients in Mediterranean legumes: phenology, productivity, and water relations in wild and domesticated *Lupinus luteus* L. *Journal of experimental botany*, 65 (21): 6219-6229.
- Bhatnagar-Mathur, P., Devi, M.J., Reddy, D.S., Lavanya, M., Vadez, V., Serraj, R., Yamaguchi-Shinozaki, K., Sharma, K.K. 2007. Stress-inducible expression of At DREB1A in transgenic peanut (*Arachis hypogaea* L.) increases transpiration efficiency under water-limiting conditions. *Plant Cell Reports*, 26 (12): 2071-2082.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56 (11): 1159-1168.
- Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field crops research*, 112 (2-3): 119-123.
- Cabuslay, G.S., Ito, O., Alejar, A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. *Plant Science*, 163 (4): 815-827.
- Canci, H., Toker, C. 2009a. Evaluation of annual wild *Cicer* species for drought and heat resistance under field conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56 (1): 1-6.
- Canci, H., Toker, C. 2009b. Evaluation of yield criteria for drought and heat resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195 (1): 47-54.
- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare`, C., Tondelli, A., Stanca, A. M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, 105 (1-2): 1-14.
- Chen, Y., Ghanem, M.E., Siddique, K.H.M. 2016. Characterising root trait variability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. *Journal of experimental botany*, 68 (8): 1987-1999.
- Choudhary, S., Sinclair, T.R., Messina, C.D., Cai, W., Warner, D., Cooper, M. 2015. Inhibitor screen for limited-transpiration trait among maize hybrids. *Environmental and experimental botany*, 109: 161-167.

- Clarke, J.M., Richards, R.A., Condon, A.G. 1991. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 71 (3): 695-702.
- Cooper, P., Rao, K.P.C., Singh, P., Dimes, J., Traore, P.S., Rao, K., Dixit, P., Twomlow, S.J. 2009. Farming with current and future climate risk: Advancing a 'Hypothesis of Hope' for rainfed agriculture in the semi-arid tropics. *Journal of SAT Agricultural Research* 7.
- Croser, J.S., Ahmad, F., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M. 2003a. Utilisation of wild *Cicer* in chickpea improvement-progress, constraints, and prospects. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54 (5): 429-444.
- Croser, J.S., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., Khan, T.N. 2003b. Low-temperature stress: implications for chickpea (*Cicer arietinum L.*) improvement. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (2): 185-219.
- Day, W., Lawlor, D.W., Legg, B.J. 1981. The effects of drought on barley: soil and plant water relations. *The Journal of Agricultural Science*, 96 (1): 61-77.
- Devi, M. J., Sinclair, T.R., Vadez, V., Krishnamurthy, L. 2009. Peanut genotypic variation in transpiration efficiency and decreased transpiration during progressive soil drying. *Field Crops Research*, 114 (2): 280-285.
- Devi, M.J., Sinclair, T.R., Vadez, V. 2010. Genotypic variation in peanut for transpiration response to vapor pressure deficit. *Crop Science*, 50 (1): 191-196.
- Devi, M.J., Bhatnagar-Mathur, P., Sharma, K.K., Serraj, R., Anwar, S.Y., Vadez, V. (2011). Relationships between transpiration efficiency and its surrogate traits in the rd29A: DREB1A transgenic lines of groundnut. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197 (4): 272-283.
- Diaz, M.S., Garcia, J.L., Antolin, M.C., Araus, J.L. 2002. Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas exchange, and stable carbon isotope composition of barley. *Photosynthetica*, 40 (3): 415-421.
- Durmuş, E., Çakaloğullari, U., Tatar, Ö. 2015. Mısırın Su Kullanım Etkinliği ile Bazı Fizyolojik Parametrelerinin Tarla Koşullarında Karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (3): 307-315.
- FAO, 2016. Food and agriculture organization of the united nations, rome www.fao.org

- Fang, X., Turner, N.C., Yan, G., Li, F., Siddique, K.H. M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought Journal of Experimental Botany, 61 (2): 335–345.
- 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.
- Farooq, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S.S., Siddique, K.H.M. 2017. Drought Stress in Grain Legumes during Reproduction and Grain Filling. Journal of Agronomy and Crop Science, 203 (2): 81-102.
- Farooq, M., Ullah, A., Lee, D.J., Alghamdi, S.S., Siddique, K.H. 2018. Desi chickpea genotypes tolerate drought stress better than kabuli types by modulating germination metabolism, trehalose accumulation, and carbon assimilation. Plant Physiology and Biochemistry, 126: 47-54.
- Farquhar, G.D., O'Leary, M.H., Berry, J.A. 1982. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. Functional Plant Biology, 9 (2): 121-137.
- Fedoroff, N.V., Battisti, D.S., Beachy, R.N., Cooper, P.J.M., Fischhoff, D.A., Hodges, C.N., Knauf, V.C., Lobell, D., Mazur, B.J., Molden, D., Reynolds, M.P., Ronald, P.C., Rosegrant, M.W., Sanchez, P.A., Vonshak, A., Zhu, J.K. 2010. Radically rethinking agriculture for the 21st century. Sci 327: 833-834.
- Fuentealba, M.P., Zhang, J., Kenworthy, K., Erickson, J., Kruse, J., Trenholm, L. 2016. Transpiration responses of warm-season turfgrass in relation to progressive soil drying. Scientia horticulturae, 198: 249-253.
- Ganjeali, A., Porsa, H., Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agricultural Water Management, 98 (9): 1477-1484.
- Gaur, P.M., Kumar, J., Gowda, C.L.L., Pande, S., Siddique, K.H.M., Khan, T.N., Warkentin, T.D., Chaturverdi, S.K., Than, A.M., Ketema, D. 2008a. Breeding chickpea for early phenology: perspectives, progress and prospects. Kharkwal, M.C. Food Legumes for Nutritional Security and Sustainable Agriculture. Indian Society of genetics and Plant Breeding, 39-48, New Delhi.
- Gaur, P.M., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J. 2008b. Improving drought-avoidance root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.)-Current status of research at ICRISAT. Plant Production Science, 11 (1): 3-11.

- Gholipoor, M., Prasad, P.V., Mutava, R.N., Sinclair, T.R. 2010. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among sorghum genotypes. *Field Crops Research*, 119 (1): 85-90.
- Gökmen, E. 2011. Nohut genotiplerinin kuraklık stresine karşı gösterdikleri bazı fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya, 44.
- Guiguitant, J., Marrou, H., Vadez, V., Gupta, P., Kumar, S., Soltani, A., Sinclair, T.R., Ghanem, M.E. 2017. Relevance of limited-transpiration trait for lentil (*lens culinaris medik.*) in South Asia. *Field Crops Research*, 209: 96–107.
- Gupta, S., Nawaz, K., Parween, S., Roy, R., Sahu, K., Kumar Pole, A., Khandal, H., Srivastava, R., Kumar Parida, S., Chattopadhyay, D. 2016. Draft genome sequence of *Cicer reticulatum* L., the wild progenitor of chickpea provides a resource for agronomic trait improvement. *Dna Research*, 24 (1): 1-10.
- Halilou, O., Hamidou, F., Taya, B.K., Mahamane, S., Vadez, V. 2015. Water use, transpiration efficiency and yield in cowpea (*Vigna unguiculata*) and peanut (*Arachis hypogaea*) across water regimes. *Crop and Pasture Science*, 66 (7): 715-728.
- Harlan, J.R. De Wet, J.M.J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20 (4): 509-517.
- Hufstetler, E.V., Boerma, H.R., Carter, T.E., Earl, H.J. 2007. Genotypic variation for three physiological traits affecting drought tolerance in soybean. *Crop Science*, 47 (1): 25-35.
- Imtiaz, M., Malhotra, R.S., Yadav, S.S. 2011. Genetic adjustment to changing climates: chickpea. Yadav, S.S., Redden, R.J., Hatfield, J.L., Lotze-Campen, H., Hall, A.E. *Crop adaptation to climate change*. Blackwell/Wiley, 251-268, Hoboken, NJ.
- Jha, U.C., Chaturvedi, S.K., Bohra, A., Basu, P.S., Khan, M.S., Barh, D. 2014. Abiotic stresses, constraints and improvement strategies in chickpea. *Plant breeding*, 133 (2): 163-178.
- Johansen, C., Krishnamurthy, L., Saxena, N.P., Sethi, S.C. 1994. Genotypic variation in moisture response of chickpea grown under line-source sprinklers in a semi-arid tropical environment. *Field Crops Research*, 37(2): 103-112.
- Kahraman, A., Ceyhan, E., Önder, M., Topak, R., Avcı, M. A. 2016. Drought Resistance Indices of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Germplasm. *Selcuk J Agr Food Sci*, 30 (1): 39-43.
- Kalefetoglu, T., Ekmekçi, Y. 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *G.U. Journal of Science*, 18 (4): 723-740.

- Kalefetoğlu, T. 2006. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılığının karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara, 143.
- Kaman, H., Kurunç, A., Demir, H., Tezcan, A., Sayıcı, A., Can, M., Gökçen, U. 2017. Farklı Sulama Suyu Tuzluluğunun Domateste Yaprak Alanı ve Kuru Madde Üzerine Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (Ek Sayı): 152-158.
- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Krishna, H., Chandra, S., Vadez, V., Serraj, R. 2005. Genetic variability of drought-avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Euphytica, 146 (3): 213-222.
- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Crouch, J.H., Serraj, R. 2006. Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. Field Crops Research 95 (2-3): 171-181.
- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Chandra, S., Upadhyaya, H.D. 2008. Estimation of gene effects of the drought avoidance root characteristics in chickpea (*C. arietinum* L.). Field crops research, 105 (1-2): 64-69.
- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Upadhyaya, H.D., Varshney, R.K., Tobita, S. 2013. Traits of relevance to improve yield under terminal drought stress in chickpea (*C. arietinum* L.). Field Crops Research, 145: 88-95.
- Kelley, T.G., Rao, P.P. 1994. Chickpea competitiveness in India. Economic and Political Weekly, 29: 89-100.
- Kenney, A.M., McKay, J.K. Richards, J.H., Juenger, T.E. 2014. Direct and indirect selection on flowering time, water-use efficiency (WUE, $d^{13}C$), and WUE plasticity to drought in *Arabidopsis thaliana*. Ecology and Evolution, 4 (23): 4505-4521.
- Keskin, H. 2012. Physiological and biochemical characterization of drought tolerance in chickpea. Yüksek lisans, Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology, İzmir, 56.
- Kholová, J., Hash, C.T., Kakkera, A., Kočová, M., Vadez, V. 2010a. Constitutive water-conserving mechanisms are correlated with the terminal drought tolerance of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. Journal of Experimental Botany, 61 (2): 369-377.
- Kholova, J., Hash, C.T., Kumar, P.L., Yadav, R.S., Kočová, M., Vadez, V. 2010b. Terminal drought-tolerant pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] have high leaf ABA and limit

transpiration at high vapour pressure deficit. Journal of Experimental Botany, 61 (5): 1431-1440.

Kholova, J., Vadez, V. 2013. Water extraction under terminal drought explains the genotypic differences in yield, not the anti-oxidants changes in leaves of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). Functional Plant Biology, 40 (1): 44-53.

Koolachart, R., Jogloy, S., Vorasoot, N., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., Jongrunklang, N., Kesmala, T., Patanothai, A. 2013. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to terminal drought. Field Crops Research, 149: 366-378.

Korkmaz, H., Durmaz, A. 2017. Bitkilerin Abiyotik Stres Faktörlerine Verdiği Cevaplar. GÜFBED/GUSTIJ, 7 (2): 192-207.

Krishnamurthy, L., Ito, O., Johansen, C., Saxena N.P. 1998. Length to weight ratio of chickpea roots under progressively receding soil moisture conditions in a Vertisol. Field Crops Research, 58 (3): 177-185.

Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Upadhyaya, H.D., Serraj, R. 2003. Genetic diversity of drought-avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter, 10 (1): 21-24.

Krishnamurthy, L., Vadez, V., Devi, M.J., Serraj, R., Nigam, S.N., Sheshshayee, M.S., Chandra, S., Aruna, R. 2007. Variation in transpiration efficiency and its related traits in a groundnut (*Arachis hypogaea* L.) mapping population. Field Crops Research, 103 (3), 189-197.

Krishnamurthy, L., Kashiwagi, L., Gaur, P.M., Upadhyaya, H.D., Vadez, V. 2010. Sources of tolerance to terminal drought in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) minicore germplasm. Field Crops Research, 119 (2-3): 322-330.

Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Basu, P.S., Chaturvedi, S.K., Tripathi, S., Vadez, V., Rathore, A., Varshney, R.K., Gowda, C.L.L. 2011. Large genetic variation for heat tolerance in the reference collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. Plant Genetic Resources, 9 (1): 59-69.

Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Upadhyaya, H.D., Gowda, C.L.L., Gaur, P.M., Singh, S., Purushothaman, R., Varshney, R.K. 2013. Partitioning coefficient-A trait that contributes to drought tolerance in chickpea. Field Crops Research, 149 (1): 354-365.

Kumar, J., Van Rheenen, H.A. 2000. Brief communication. A major gene for time of flowering in chickpea. Journal of Heredity, 91 (1): 67-68.

Kumar, J., Basu, P. S., Srivastava, E., Chaturvedi, S. K., Nadarajan, N., Kumar, S. 2012.

Phenotyping of traits imparting drought tolerance in lentil. *Crop and Pasture Science*, 63 (6): 547–554.

Kumar, N., Nandwal, A.S., Waldia, R.S., Singh, S., Devi, S., Sharma, K.D., Kumar, A. 2012. Drought tolerance in chickpea as evaluated by root characteristics, plant water status, membrane integrity and chlorophyll fluorescence techniques. *Experimental Agriculture*, 48 (3): 378-387.

Kumar, P., Boora, K.S., Kumar, N., Batra, R., Goyal, M., Sharma, K.D., Yadav, R.C. 2018. Traits of significance for screening of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under terminal drought stress. *Journal of Agrometeorology*, 20 (1): 40-45.

Ladizinsky, G., Adler, A. 1976a. The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. *Euphytica*, 25 (1): 211-217.

Ladizinsky, G., Adler, A. 1976b. Genetic relationships among the annual species of *Cicer* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 48 (4): 197-203.

Lake, L., Sadras, V.O. 2016. Screening chickpea for adaptation to water stress: Associations between yield and crop growth rate. *European Journal of Agronomy*, 81: 86–91.

Langridge, P., Reynolds, M.P. 2015. Genomic tools to assist breeding for drought tolerance. *Current opinion in biotechnology*, 32 (1): 130-135.

Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.L., Tennant, D., Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*, 11 (3-4): 279–291.

Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy*, 24 (3): 236–246.

Lu, H.D., Xue, J.Q., Guo, D.W. 2017. Efficacy of planting date adjustment as a cultivation strategy to cope with drought stress and increase rainfed maize yield and water-use efficiency. *Agricultural Water Management*, 179: 227-235.

Macar, T.K., Ekmekçi, Y. 2009. Alterations in Photochemical and Physiological Activities of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars under Drought Stress. *J. Agronomy & Crop Science*, 195 (5): 335-346.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y. 2011. Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (10):1255-1260.

- Maqbool, M.A., Aslam, M., Ali, H. 2017. Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant Breeding, 136 (3): 300-318.
- Medina, V., y Teran, J.C.B.M., Gepts, P., Gilbert, M.E. 2017. Low stomatal sensitivity to vapor pressure deficit in irrigated common, lima and tepary beans. Field Crops Research, 206, 128-137.
- Medina, S., Gupta, S.K. Vadez, V. 2017. Transpiration Response and Growth in Pearl Millet Parental Lines and Hybrids Bred for Contrasting Rainfall Environments. Frontiers in Plant Science 8:1846 .
- Messina, C.D., Sinclair, T.R., Hammer, G.L., Curan, D., Thompson, J., Oler, Z., Gho, C., Cooper, M. 2015. Limited-Transpiration Trait May Increase Maize Drought Tolerance in the US Corn Belt. Agronomy Journal, 107 (6): 1978-1986.
- Millán, T., Madrid, E., Cubero, J.I., Amri, M., Castro, P., Rubio, J. 2015. Chickpea. De Ron, A.M. Grain legumes. Springer, 85-109, London.
- Mohammed, A., Tana, T., Singh, P., Korecha, D., Molla, A. 2017. Management options for rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) in northeast Ethiopia under climate change condition. Climate Risk Management, 16, 222-233.
- Nasr Esfahani, M., Sulieman, S., Schulze, J., Yamaguchi- Shinozaki, K., Shinozaki, K., Tran, L.S.P. 2014. Mechanisms of physiological adjustment of N₂ fixation in *Cicer arietinum* L. (chickpea) during early stages of water deficit: single or multi-factor controls. The Plant Journal, 79 (6): 964-980.
- Niharika, S. 2013. Flower numbers, pod production, pollen viability are reduced with flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under heat stress. Research Journal of Recent Sciences, 2 (ISC-2012): 116-119.
- Oweis, T., Hachum, A., Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a mediterranean environment. Agricultural Water Management, 66 (2): 163-179.
- Öz, S.Ç. 2015. Toleransları farklı iki nohut türünde kuraklık stresinin protein ifadeleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyolji Bölümü, Mersin, 114.
- Öztürk, M. 2011. Türkiye *Cicer* L. (nohut) cinsinin morfolojik, palinolojik, sitotaksonomik, moleküler filogenetik kapsamda revizyonu ile tohum proteini ve element analizleri yönünden incelenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya, 344.

- Pang, J., Turner, N.C., Khan, T., Du, Y.L., Xiong, J.L., Colmer, T.D., Devilla, R., Stefanova, K., Siddique, K.H.M. 2017. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. *Journal of Experimental Botany*, 68 (8): 1973-1985.
- Pasandi, M., Janmohammadi, M., Karimizadeh, R. 2014. Evaluation of genotypic response of Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to irrigation regimes in Northwest of Iran. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 60 (1): 22-30.
- Petcu, E. 2005. The effect of water stress on cuticular transpiration and relationships with winter wheat yield. *Rom Agric Res*, 22, 15-9.
- Pouresmael, M., Khavari-Nejad, R.A., Mozafari, J., Najafi, F., Moradi, F. 2012. Wild *Cicer* species response to drought stress through different mechanisms. *Advances in Environmental Biology*, 6 (11): 2966-2976.
- Pouresmael, M., Khavari-Nejad, R.A., Mozafari, J., Najafi, F., Moradi, F. 2013. Efficiency of screening criteria for drought tolerance in chickpea. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59 (12): 1675-1693.
- Pouresmael, M., Khavari-Nejad, R.A., Mozafari, J., Najafi, F., Moradi, F. 2015. Diverse responses of tolerant and sensitive lines of Chickpea to drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61 (11): 1561-1580.
- Prasad, P.V.V., Staggenborg, S.A., Ristic, Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. Ahuja, L.R., Reddy, V.R., Saseendran, S.A., Yu, Q. Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 301-355, USA.
- Purushothaman, R., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Vadez, V., Varshney, R.K. 2016. Shoot traits and their relevance in terminal drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, 197: 10-27.
- Purushothaman, R., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Vadez, V., Varshney, R.K. 2017. Genotypic variation in soil water use and root distribution and their implications for drought tolerance in chickpea. *Functional Plant Biology*, 44 (2): 235-252.
- Pushpavalli, R., Zaman-Allah, M., Turner, N.C., Baddam, R., Rao, M.V., Vadez, V. 2015. Higher flower and seed number leads to higher yield under water stress conditions imposed during reproduction in chickpea. *Functional Plant Biology*, 42 (2): 162-174.

- Pushpavalli, R., Quealy, J., Colmer, T.D., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Rao, M.V., Vadez, V. 2016. Salt stress delayed flowering and reduced reproductive success of chickpea (*Cicer arietinum* L.), a response associated with Na⁺ accumulation in leaves. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202 (2): 125-138.
- Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 53 (1): 47-56.
- Rashid, M.A., Andersen, M.N., Wollenweber, B., Zhang, X., Olesen, J.E. 2018. Acclimation to higher VPD and temperature minimized negative effects on assimilation and grain yield of wheat. *Agricultural and forest meteorology*, 248: 119-129.
- Ray, J.D., Sinclair, T.R. 1997. Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. *Crop Science*, 37 (3): 803-807
- Ray, J.D., Sinclair, T.R. 1998. The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *Journal of Experimental Botany*, 49, (325): 1381-1386.
- Ray, J.D., Gesch, R.W., Sinclair, T.R., Allen, L.H. 2002. The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. *Plant and soil*, 239 (1): 113-121.
- Redden, R.J., Berger, J.D. 2007. History and origin of chickpea. Yadav, S.S., Redden, R.J., Chen, W., Sharma, B. Chickpea breeding and management. UK by Cromwell Press, Trowbridge, 1-13, London.
- Riar, M.K., Sinclair, T.R., Prasad, P.V. 2015. Persistence of limited-transpiration-rate trait in sorghum at high temperature. *Environmental and Experimental Botany*, 115: 58-62.
- Robertson, L. D., Singh, K. B., Ocampo, B. 1995. A catalog of annual wild *Cicer* species. *Icarda*.
- Robertson, L. D., Singh, K. B., Erskine, W., El Moneim, A. M. A. 1996. Useful genetic diversity in germplasm collections of food and forage legumes from West Asia and North Africa. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 43 (5): 447-460.
- Robertson, L. D., Ocampo, B., Singh, K. B. 1997. Morphological variation in wild annual *Cicer* species in comparison to the cultigen. *Euphytica*, 95 (3): 309-319.
- Rosas-Anderson, P., Shekoofa, A., Sinclair, T.R., Balota, M., Isleib, T.G., Tallury, S., Rufty, T. 2014. Genetic variation in peanut leaf maintenance and transpiration recovery from severe soil drying. *Field Crops Research*, 158: 65-72.

- Ryan, A.C., Dodd, I.C., Rothwell, S.A., Jones, R., Tardieu, F., Draye, X., Davies, W.J. 2016. Gravimetric phenotyping of whole plant transpiration responses to atmospheric vapour pressure deficit identifies genotypic variation in water use efficiency. *Plant Science*, 251: 101-109.
- Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., Malhotra, R.S. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. *Indian J. Crop Science*, 1 (1-2): 70-73.
- Sadras, V.O., Milroy, S.P. 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: a review. *Field Crops Research*, 47 (2-3): 253-266.
- Saraf, C.S., Rupela, O.P., Hegde, D.M., Yadav, R.L., Shivkumar, B.G., Bhattarai, S., Razzaque, M.A. and Sattar, M.A. 1998. Biological nitrogen fixation and residual effects of winter grain legumes in rice and wheat cropping systems of the Indo- Gangetic plain. Kumar Rao, J.V.D.K., Johansen, C., Rego, T.J. Residual Effects of Legumes in Rice and wheat Cropping Systems of the Indo-Gangetic Plain. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 14-30, New Delhi.
- SAS Institute Inc., 1998. SAS/STAT user's guide, Version8. Cary, NC.
- Schoppach, R., Sadok, W. 2012. Differential sensitivities of transpiration to evaporative demand and soil water deficit among wheat elite cultivars indicate different strategies for drought tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 84: 1-10.
- Sharma, S. 2017. Prebreeding using wild species for genetic enhancement of grain legumes at ICRISAT. *Crop Science*, 57 (3): 1132-1144.
- Sermons, S.M., Sinclair, T.R., Seversike, T.M., Rufty, T.W. 2017. Assessing transpiration estimates in tall fescue: The relationship among transpiration, growth, and vapor pressure deficits. *Environmental and Experimental Botany*, 137: 119-127.
- Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S., Crouch, J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research*, 88 (2-3): 115-127.
- Siddique, K.H.M., Sedgley, R.H. 1986. Canopy development modifies the water economy of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in south-western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37 (6): 599-610.
- Siddique, K.H.M., Brinsmead, R.B., Knight, R., Knights, E.J., Paul, J.G., Rose, I.A. 2000. Adaptation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) to Australia. Knight, R. Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century. Kluwer, Dordrecht, 289-303, The Netherlands.

- Silim, S.N., Saxena, M.C. 1993. Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. I. Response to moisture supply. *Field Crops Research*, 34 (2): 121-136.
- Sinclair, T.R., Ludlow, M.M. 1986. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Functional Plant Biology*, 13 (3): 329-341.
- Sinclair, T. R., Muchow, R. C. 2001. System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. *Agronomy Journal*, 93 (2): 263-270.
- Sinclair, T.R., Hammer, G. L., Van Oosterom, E.J. 2005. Potential yield and water-use efficiency benefits in sorghum from limited maximum transpiration rate. *Functional Plant Biology*, 32 (10): 945-952.
- Sinclair, T.R., Devi, J., Shekoofa, A., Choudhary, S., Sadok, W., Vadez, V., Riar, M., Rufty, T. 2017a. Limited-transpiration response to high vapor pressure deficit in crop species. *Plant Science*, 260: 109-118.
- Sinclair, T.R. 2017b. Early partial stomata closure with soil drying. Sinclair, T.R. Water conservation traits to increase crop yield in water deficit environments. *Springer Briefs in Environmental Science*, 5-10, Switzerland.
- Singh, U., Pundir, R. P. S. 1991. Amino acid composition and protein content of chickpea and its wild relatives. *International Chickpea Newsletter*, 25: 19-20.
- Singh, K. B., Weigand, S. 1994. Identification of resistant sources in *Cicer* species to *Liriomyza cicerina*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 41 (2): 75-79.
- Singh, K.B., Ocampo, B. 1997. Exploitation of wild *Cicer* species for yield improvement in chickpea. *Theoretical and Applied Genetics*, 95 (3): 418-423.
- Singh, K.B., Ocampo, B., Robertson, L.D. 1998. Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual *Cicer* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 45 (1): 9-17.
- Singh, S., Gumber, R.K., Joshi, N., Singh, K. 2005. Introgression from wild *Cicer reticulatum* to cultivated chickpea for productivity and disease resistance. *Plant Breeding*, 124 (1): 477-480.
- Singh, R., Sharma, P., Varshney, R.K., Sharma, S.K., Singh, N.K. 2008. Chickpea improvement: Role of wild species and genetic markers. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 25 (1): 267-314.
- Sivasakthi, K., Tharanya, M., Kholová, J., Wangari Muriuki, R., Thirunalasundari, T., Vadez, V. 2017. Chickpea Genotypes Contrasting for Vigor and Canopy Conductance Also Differ in

- Their Dependence on Different Water Transport Pathways. *Frontiers in Plant Science*, 8:1663.
- Soltani, A., Khoorie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., Moghaddam, M. 2000. Thresholds for chickpea leaf expansion and transpiration response to soil water deficit. *Field Crops Research*, 68 (3): 205-210.
- Soltani, A., Khoorie, F.R., Golezani, K.G., Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. *Agricultural Water Management*, 49 (3): 225-237.
- Soltani, A., Sinclair, T.R. 2012a. Optimizing chickpea phenology to available water under current and future climates. *European Journal of Agronomy*, 38: 22-31.
- Soltani, A., Sinclair, T.R. 2012b. Identifying plant traits to increase chickpea yield in water-limited environments. *Field Crops Research*, 133: 186-196.
- Songsri, P., Jogloy, S., Holbrook, C.C., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Patanothai, A. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agricultural water management*, 96 (5): 790-798.
- Song, H., Li, Y., Zhou, L., Xu, Z., Zhou, G. 2018. Maize leaf functional responses to drought episode and rewatering. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249: 57-70.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R. 2014. Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203 (1): 32-43.
- Talebi, R., Ensafi, M.H., Baghebani, N., Karami, E., Mohammadi, K. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes to drought stress. *Environmental and Experimental Biology*, 11: 9-15.
- Tekdal, S., Yildirim, M. 2017. Bazı makarnalık buğday genotiplerinde fizyolojik ve morfolojik parametrelerin sıcaklık stresi ile ilişkisi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6 (2): 72-78.
- Tiryaki, İ., 2016. Yoncada (*Medicago sativa* L.) Kuraklık Stresi ve Tolerantlık Mekanizması. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19 (3): 296-305.
- Toker, C., Ulger, S., Cagiran, M.I. 2006. Endogenous hormone variations in annual wild *Cicer* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53 (1): 171-177.
- Toker, C., Canci, H., Yildirim, T. 2007. Evaluation of perennial wild *Cicer* species for drought resistance. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54 (8): 1781-1786
- Tubiello, F., Schmidhuber, J., Howden, M., Neofotis, P.G., Park, S., Fernandes, E., Thapa, D.

2008. Climate change response strategies for agriculture: challenges and opportunities for the 21st Century Agriculture and development discussion paper N^o42. The World Bank.

Turner, N.C., Abbo, S., Berger, J.D., Chaturvedi, S.K., French, R.J., Ludwig, C., Mannur, D.M., Singh, S.J., Yadava, H.S. 2007. Osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.) results in no yield benefit under terminal drought. *Journal of Experimental Botany*, 58 (2): 187-194.

Upadhyaya, H.D., Kashiwagi, J., Varshney, R.K., Gaur, P.M., Saxena, K.B., Krishnamurthy, L., Gowda, C.L.L., Pundir, R.P.S., Chaturverdi, S.K., Basu, P.S., Singh, I.P. 2010. Phenotyping chickpeas and pigeonpeas for adaptation to drought. Monneveux, P., Ribaut, J.M. Drought phenotyping in crops: from theory to practice. Generation Challenge Programme. Cultivating Plant Diversity For the Resource-Poor, 347-355, India.

Upadhyaya, H.D., Dronavalli, N., Gowda, C.L.L., Singh, S. 2011. Identification and evaluation of chickpea germplasm for tolerance to heat stress. *Crop Science*, 51 (5): 2079-2094.

Vadez, V., Sinclair, T.R. 2001. Leaf ureide degradation and N₂ fixation tolerance to water deficit in soybean. *Journal of Experimental Botany*, 52 (354): 153-159.

Vadez, V., Krishnamurthy, L., Serraj, R., Gaur, P.M., Upadhyaya, H.D., Hoisington, D.A., Varshney, R.K., Siddique, K.H.M. 2007. Large variation in salinity tolerance in chickpea is explained by differences in sensitivity at the reproductive stage. *Field crops research*, 104 (1-3): 123-129.

Vadez, V., Krishnamurthy, L., Hash, C.T., Upadhyaya, H.D., Borrell, A.K. 2011. Yield, transpiration efficiency, and water-use variations and their interrelationships in the sorghum reference collection. *Crop and Pasture Science*, 62 (8): 645-655.

Vadez, V., Berger, J.D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K.P.C., Gaur, P.M., Munier-Jolain, N., Larmure, A., Voisin, A.S., Sharma, H.C., Pande, S., Sharma, M., Krishnamurthy, L., Abdou Zaman, M. 2012a. Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32 (1): 31-44.

Vadez, V., Soltani, A., Sinclair, T.R. 2012b. Modelling possible benefits of root related traits to enhance terminal drought adaptation of chickpea. *Field Crops Research*, 137: 108-115.

Vadez, V., Kholova, J., Zaman-Allah, M., Belko, N. 2013. Water: the most important 'molecular' component of water stress tolerance research. *Functional Plant Biology*, 40 (12): 1310-1322.

Vadez, V., Kholova, J., Medina, S., Kakker, A., Anderberg, H. 2014. Transpiration efficiency: new insights into an old story. *Journal of Experimental Botany*, 65 (21): 6141-6153.

- Vadez, V., Ratnakumar, P. 2016. High transpiration efficiency increases pod yield under intermittent drought in dry and hot atmospheric conditions but less so under wetter and cooler conditions in groundnut (*Arachis hypogaea* (L.)). *Field crops research*, 193: 16-23.
- Varshney, R.K., Hiremath, P.J., Lekha, P., Kashiwagi, J., Balaji, J., Deokar, A.A., Vadez, V., Xiao, Y., Srinivasan, R., Gaur, P.M., Siddique, K.H., Town, C.D., Hoisington, D.A. 2009. A comprehensive resource of drought-and salinity-responsive ESTs for gene discovery and marker development in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *BMC genomics*, 10 (1): 523.
- Van der Maesen, L.J.G. 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea. In *The chickpea*, 11-34.
- von Wettberg, E.J., Chang, P.L., Basdemir, F., Carrasquilla-Garcia, N., Korbu, L.B., Moenga, S. M., Bedada, G., Greenlon, A., Moriuchi, K.S., Singh, V., Cordeiro, M.A., Noujdina, N.V., Dinegde, K.N., Shah Sani, S.G.A., Getahun, T., Vance, L., Bergmann, E., Lindsay, D., Mamo, B.E., Warschefsky, E.J., Dacosta-Calheiros, E., Marques, E., Yilmaz, M.A., Cakmak, A., Rose, J., Migneault, A., Krieg, C.P., Saylak, S., Temel, H., Friesen, M.L., Siler, E., Akhmetov, Z., Ozcelik, H., Kholova, J., Can, C., Gaur, P.M., Yildirim, M., Sharma, H., Vadez, V., Tesfaye, K., Woldemedhin, A.F., Tar'an, B., Aydogan, A., Bukun, B., Penmetsa, R.V., Berger, J., Kahraman, A., Nuzhdin, S.V., Cook, D.R. 2018. Ecology and genomics of an important crop wild relative as a prelude to agricultural innovation. *Nature communications*, 9 (1): 649.
- White, J.W., Castillo, J.A., Ehleringer, J. 1990. Associations between productivity, root growth and carbon isotope discrimination in *Phaseolus vulgaris* under water deficit. *Functional Plant Biology*, 17 (2): 189-198.
- Wright, G.C., Hubick, K.T., Farquhar, G.D. 1988. Discrimination in carbon isotopes of leaves correlates with water-use efficiency of field-grown peanut cultivars. *Functional Plant Biology*, 15 (6): 815-825.
- Yang, Z., Sinclair, T.R., Zhu, M., Messina, C.D., Cooper, M., Hammer, G.L. 2012. Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 78: 157-162.
- Yaqoob, M., Hollington, P.A., Mahar, A.B., Gurmani, Z.A. 2013. Yield performance and responses studies of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. *Emir. J. Food Agric.*, 25 (2): 117-123.
- Yazar, A., Yilmaz, C.İ., Mart, D. 2013. Effects of Various Irrigation Strategies Applied Through Drip System on Winter and Spring Planted Chickpea Yield and Water Use Efficiency. *Sustainable Water Use For Securing Food Production In The Mediterranean Region Under*

Changing Climate, Morocco.

Yıldırım, M., Bahar, B. 2010. Responses of some wheat genotypes and their F2 progenies to salinity and heat stress. Scientific Research and Essays, 5 (13): 1734-1741.

Zaharieva, M., Gaulin, E., Havaux, M., Acevedo, E., Monneveux, P. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth, Crop Science, 41 (4): 1321-1329.

Zaman-Allah, M., Jenkinson, D.M., Vadez, V. 2011a. Chickpea genotypes contrasting for seed yield under terminal drought stress in the field differ for traits related to the control of water use. Functional Plant Biology, 38 (4): 270-281.

Zaman-Allah, M., Jenkinson, D.M., Vadez, V. 2011b. A conservative pattern of water use, rather than deep or profuse rooting, is critical for the terminal drought tolerance of chickpea. Journal of Experimental Botany, 62 (12): 4239-4252.

Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., Harris, H. 2000. Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Aust. J. Agric. Res., 51 (2): 295–304.

Zhao, J., Xue, Q., Jessup, K.E., Hao, B., Hou, X., Marek, T.H., Xu, W., Evett, S.R., O'Shaughnessy, S.A., Brauer, D.K. 2018. Yield and water use of drought-tolerant maize hybrids in a semiarid environment. Field Crops Research, 216: 1-9.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Diyarbakır'da doğdu. 2008 yılında Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden mezun oldu. 2012 yılında Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini aldı. 2012 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda Doktora programına başladı. 2012-2013 eğitim yılı döneminde TÜBİTAK 'Carbon-13 Isotope Discrimination ($\Delta^{13}C$) and Related Traits to Improve Spring Wheat Yield in Dry and Hot Environments in Mediterranean and Southeastern Anatolia' projesinde bursiyer araştırmacı olarak görev aldı. 2013-2014 eğitim yılı döneminde GAP 'The Improvement of Imidazolinone Herbicide Tolerant (Clear Field) Wheat Cultivar' projesinde bursiyer araştırmacı olarak görev aldı. 2014 yılında National Science Foundation kuruluşunun desteklediği 'Deducing the Genomic Footprint and Functional Impact of Chickpea Domestication on Nitrogen Fixation' projesi ile 3 ay UC Davis'te, 2015 yılında Global Crop Diversity Trust A Foundation For Food Security kuruluşunun desteklediği 'Phenotyping for climate resilience in chickpea's wild progenitor species' projesi ile 3 ay ICRISAT'ta tez çalışması ile ilgili araştırmacı olarak eğitim aldı.

Yayınları:

Yıldırım, M., Barutcular, C., Koc, M., Dizlek, H., Hossain, A., Islam, M.S., Toptas, I., **Basdemir, F.**, Albayrak, O., Akıncı, C. El Sabagh, A. 2018. Assessment of the grain quality of wheat genotypes grown under multiple environments using gge biplot analysis. Fresenius Environmental Bulletin, 27 (7): 4830-4837.

von Wettberg, E.J., Chang, P.L., **Basdemir, F.**, Carrasquilla-Garcia, N., Korbu, L.B., Moenga, S. M., Bedada, G., Greenlon, A., Moriuchi, K.S., Singh, V., Cordeiro, M.A., Noujdina, N.V., Dinegde, K.N., Shah Sani, S.G.A., Getahun, T., Vance, L., Bergmann, E., Lindsay, D., Mamo, B.E., Warschefsky, E.J., Dacosta-Calheiros, E., Marques, E., Yilmaz, M.A., Cakmak, A., Rose, J., Migneault, A., Krieg, C.P., Saylak, S., Temel, H., Friesen, M.L., Siler, E., Akhmetov, Z., Ozcelik, H., Kholova, J., Can, C., Gaur, P.M., Yıldırım, M., Sharma, H., Vadez, V., Tesfaye, K., Woldemedhin, A.F., Tar'an, B., Aydogan, A., Bukun, B., Penmetsa, R.V., Berger, J., Kahraman, A., Nuzhdin, S.V., Cook, D.R. 2018. Ecology and genomics of an important crop wild relative as a prelude to agricultural innovation. Nature communications, 9 (1): 649.

Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Albayrak, Ö., **Başdemir, F.**, Akıncı, C., 2016. The effect of Different Nitrogen Doses on Some Quality Parameters in Durum Wheat F2 Hybrid Combinations. Dicle University, Journal of Natural and Applied Science, 5(1):7-14.

Akıncı, C., Yıldırım, M., Albayrak, Ö., Biçer, B.T., **Basdemir, F.**, Kızılgeçi, F., 2016. Investigation of Yield and Quality Parameters of Barley Genotypes in Diyarbakır and Şanlıurfa Conditions. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 1 (146-150).

Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Akıncı, C., Albayrak, Ö., **Başdemir, F.**, 2015. The Availability of Advanced Durum Wheat Population in Yield and Quality Basis Selection. University of Süleyman Demirel, Journal of Agriculture Faculty, 10(2):62-68.

Kongre Sempozyum Bildirileri:

Basdemir, F., Yıldırım, M., Biçer, B.T., Vadez, V., Bükün, B., Cook, D.R. 2017. Transpiration Rate of Chickpea Wild Accessions and Cultivars in Turkey. International Conference on Drought (Interdrought-V), Hyderabad India, 56.

Albayrak, O., Akinci, C., Kizilgeci, F., **Basdemir, F.**, Barutcular, C., Yildirim, M. 2017. Determination of agronomic traits and drought susceptibility index (DSI) of drip irrigated maize landraces. International Conference on Drought (Interdrought-V), Hyderabad India, 160.

Yildirim, M., Albayrak, O., Akinci, C., Kizilgeci, F., **Basdemir, F.**, Barutcular, C. 2017. Water use efficiency of Turkish maize landrace for drought tolerance at field conditions. International Conference on Drought (Interdrought-V), Hyderabad India, 54.

Satar, A., **Basdemir, F.**, Tusun, S., Bozdoğan, H., Doğan, A. 2013. Diyarbakır Çüngüş İlçesinden Toplanan *Afghanocroce Vartianorum* Hölzel, 1968 (Neuroptera) Türüne Ait Birinci Larvasının SEM Ve Işık Mikroskobu İle Yüzey Morfolojisi. GAP Biyoçeşitlilik Sempozyumu, Harran Üniversitesi Şanlıurfa.



T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

ADI VE SOYADI	Fatma BAŞDEMİR
ÖĞRENCİ NO	12811502
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2018-2019
YARIYIL	☒ Güz ☐ Bahar
ANABİLİM DALI	Tarla Bitkileri
PROGRAM	DOKTORA
TEZ KONUSU	Yabani Nohut Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkisinin Belirlenmesi

İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ

RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	164
BENZERLİK ORANI	%2
RAPORLAMA TARİHİ	08/10/ 2018

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 164 sayfalık kısmına ilişkin, 08/10/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☒ Kabul/Onay sayfaları hariç,
- ☒ Kaynakça hariç
- ☐ Alıntılar hariç/dâhil
- ☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

(İmza)

Fatma BAŞDEMİR

(İmza)
08/10/2018
Doç.Dr. Mehmet YILDIRIM
Tez Danışmanı

(İmza)
08/10/ 2018
Prof. Dr. Davut KARAASLAN
Anabilim Dalı Başkanı