

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**BAZI ALTERNATİF PAMUK YETİŞTİRME
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI
OLARAK İNCELENMESİ**

Uğur ÇAKALOĞULLARI

Tez Danışmanı : Doç. Dr. M. Özgür TATAR

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Tarla Bitkileri Doktora Programı

İzmir
2022

Uğur ÇAKALOĞULLARI tarafından Doktora tezi olarak sunulan “*Bazı alternatif pamuk yetiştirme sistemlerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi*” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 29.06.2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Doç. Dr. M. Özgür TATAR

Raportör Üye : Prof. Dr. Fatma Aykut TONK

Üye : Prof. Dr. Aynur GÜREL

Üye : Prof. Dr. Gökhan ÇAMOĞLU

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yakup Onur KOCA

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “*Bazı alternatif pamuk yetiştirme sistemlerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi*” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

29 / 05 / 2022

Uğur ÇAKALOĞULLARI

ÖZET**BAZI ALTERNATİF PAMUK YETİŞTİRME SİSTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK İNCELENMESİ**

ÇAKALOĞULLARI, Uğur

Doktora Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. M. Özgür TATAR

Haziran 2022, 99 sayfa

Araştırma Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliğine ait deneme alanlarında, 2017/18 ve 2019/20 üretim sezonlarında yürütülmüştür. Gerçekleştirilen araştırma üç başlık altında toplanmıştır. Araştırmanın ilk başlığında farklı buğday ve pamuk ekim sistemlerinin (Tek-B: *tek yetiştirilen buğday*, Tek-P: *tek yetiştirilen pamuk* ve Int-BP: *relay strip intercropping yetiştirilen buğday ve pamuk*) kısıtlı su koşullarında verimlilikleri ve kalite özellikleri incelenmiştir. İkinci başlık altında, farklı ekiliş yöneylerinin (K-G: *kuzey-güney* ve D-B: *doğu-batı*) Int-BP sisteminde yetiştirilen buğday ve pamuğa etkileri değerlendirilmiştir. Son olarak üçüncü başlıkta, sürdürülebilir pamuk yetiştiriciliği alternatifi olarak organik pamuk (Org-P) sistemi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Tek-B ve Tek-P'ye göre Int-BP'nin birim alandaki verimliliği arttırdığını göstermektedir. Bununla birlikte Int-BP'nin Tek-P'ye göre suyu daha etkin kullandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, buğdayın baskısı altında yetişen pamuk fidelerinin farklı ekiliş yöneylerinde fizyolojik ve morfolojik özelliklerinde değişim gerçekleştirdiği ve yöneyin pamuk büyüme ve gelişimine etki ettiği gözlemlenmiştir. Alternatif olarak yetiştirilen Org-P veriminin ise, Tek-P'ye kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak Int-BP sisteminin birim alan verimliliği bakımından ümit vadettiği görülmüştür. Ayrıca Tek-P sistemine göre suyu daha etkin kullandığı için, suyun kısıtlı olduğu alanlarda Int-BP dikkate değer bir potansiyele sahiptir. Bunlara ek olarak özellikle hava sıcaklıklarının arttığı sezonlarda, daha iyi bir pamuk performansı için Int-BP sisteminin K-G yöneyine ekilmesinin avantaj sağladığı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: buğday, pamuk, relay strip intercropping, organik pamuk, sürdürülebilirlik.



ABSTRACT**A COMPERATIVE STUDY ON SOME ALTERNATIVE
COTTON CROPPING SYSTEMS**

ÇAKALOĞULLARI, Uğur

PhD in Field Crops

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. Özgür TATAR

June 2022, 99 pages

This study was conducted in 2017/18 and 2019/20 growing seasons in experimental area belong to Menemen Research, Application and Production Farm of Ege University, Faculty of Agriculture. The research was combined in three main sections. In the first section of the research, productivity and quality features of different wheat and cotton sowing systems (Tek-B: *sole wheat*, Tek-P: *sole cotton* and Int-BP: *relay strip intercropping of wheat and cotton*) were assesed under limited water conditions. In the second section, effect of different sowing directions (K-G: *north-south* and D-B: *east-west*) to wheat and cotton in Int-BP were evaluated. Finally, performance of organic cotton (Org-P) against to Tek-P were studied for sustainable cotton cultivation. The results showed that land use productivity of Int-BP is higher than those Tek-B and Tek-P. Furthermore, it was found that water use efficiency of Int-BP better than Tek-P. The sowing directions altered to physiological and morphological features of cotton seedling and affected to growth and development of cotton plant as well. Additionally, yield of alternative Org-P found to be lower than Tek-P which is conventional method.

As a result of this study, Int-BP system was found to be featured method in terms of effective land use. It was concluded that Int-BP has a potential due to better water use efficiency against to Tek-P in water limited lands. Additionally, it was thought that especially in warmer seasons, K-G sowing direction had a better cotton performance in Int-BP systems.

Keywords: cotton, relay strip intercropping, sustainability, wheat, organic cotton.

ÖNSÖZ

Temel besin kaynağımız olan buğday ve ülkemiz için stratejik öneme sahip olan pamuk üretiminin sürdürülebilirliği için birim alanın daha etkin kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte gün geçtikçe tarım alanlarında meydana gelen azalma buğday ve pamuk üretiminin tarımsal alan bazında rekabetine yol açmaktadır. Bu nedenle her iki üründen feragat etmeden aynı yıl içerisinde beraber yetiştirilebilen ve birim alanı daha etkin kullanan ekim sistemlerinin gerekliliği çalışmamın çıkış noktası olmuştur.

“Bazı alternatif pamuk yetiştirme sistemlerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi” adlı bu çalışmada hali hazırda Çin’de buğday ve pamuk üretim sistemi olarak kullanılan *“relay strip intercropping (sonradan araya şeritvari ekim)”* ekim sistemi farklı koşullarda incelendi ve klasik tek ürün sistemi ile performansı kıyaslandı. Bununla birlikte buğday ve pamuğun yaşamının bir bölümünü tarlada beraber geçirdiği bu sistemin uygulanabilirliği görüldü ve her ne kadar mevcut mekanizasyona uymasa da mekanizasyonun uyarlanabilir veya yenisinin geliştirilebilir olduğu sonucuna varıldı. Birim alanı daha etkin kullanan ve performansı tek ekim sistemlerine göre daha yüksek olan bu agronomik sistemlerin ülkemiz için ciddi öneme sahip olduğunu ve olabildiğince hızlı bir şekilde mevcut tarım sistemine entegre olması gerektiği düşünülmektedir.

Yoğun ve tempolu bir şekilde ilerleyen bu çalışmada birçok insanın desteği ve katkısı oldu, bu nedenle emeği geçen herkese şükranlarımı sunuyorum.

İZMİR

29/05/2022

Uğur ÇAKALOĞULLARI



İÇİNDEKİLERSayfa

İÇ KAPAK	ii
KABUL ONAY SAYFASI	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
TABLolar DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	15
3.1 Deneme alanı ve iklim verileri	15
3.2 Deneme dizaynı	16
3.3 Tarla yönetimi.....	17
3.4 Veri toplama ve analizler.....	20

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1 Farklı Buğday ve Pamuk Ekim Sistemlerinin Kısıtlı Su Koşullarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	29
4.1.1 Verim ve Verim Parametreleri.....	30
4.1.2 Kalite Parametreleri	39
4.1.3 Arazi Kullanım İndeksleri.....	42
4.1.4 Su Kullanım İndeksleri	46
4.2 Buğday-Pamuk Beraber Yetiştirme Sisteminde, Farklı Ekiliş Yöneylerinin Pamuk Büyüme ve Gelişimine Etkilerinin Belirlenmesi	48
4.2.1 Verim ve Verim Parametreleri.....	49
4.2.2 Kalite Parametreleri	54
4.2.3 Pamuk Bitkisine Ait Fizyolojik ve Morfolojik Özellikleri	57
4.2.4 Pamuk Bitkisine Ait Büyüme Parametreleri.....	63
4.3 Sürdürülebilir Pamuk Yetiştiriciliği Alternatifi Olarak Organik Pamuk Yetiştirme Sisteminin Değerlendirilmesi.....	66
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

KAYNAKLAR DİZİNİ.....	74
TEŞEKKÜR	97
ÖZGEÇMİŞ.....	99



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Ülkemiz tarım alanlarında (a), buğday alanlarında (b) ve pamuk alanlarında (c) 2004-2021 yılları arasında meydana gelen değişimler (TÜİK).	4
2.2 Relay strip intercropping'in potansiyel faydaları.....	8
3.1 Deneme alanına ait 2017/18 ve 2019/20 yetiştirme sezonlarına ait günlük hava sıcaklığı (°C) ve aylık toplam yağış miktarları (mm)..	15
3.2 Farklı sıra arası mesafelere sahip olan Tek-B (a), Tek-P ve Org-P (b) ve Int-BP (c) ekim sistemlerine ait şema ve görseller	16
3.3 Mibzer ile gerçekleştirilen buğday ekimine ait görüntüler	17
3.4 Int-BP parsellerinde pamuk ekilecek olan alanların temizlenmesi ve çapa makinesi ile işlenmesine ait görüntüler.....	18
3.5 Ana su boruları vasıtasıyla Tek-P, Org-P ve Int-P parsellerinde her bir pamuk sırasına yerleştirilen damla sulama boruları ve su miktarlarının kayıt altına alındığı sayaca ait görüntüler	18
3.6 Buğday hasadına ait görüntüler (2017/18 ve 2019/20).....	19
3.7 Pamuk hasadına ait görüntüler (2017/18)	19
3.8 Örnek alınan buğday parselleri ve buğday örneklerine ait görüntüler (2017/18)	20
3.9 Örnek alınan pamuk parselleri ve buğday örneklerine ait görüntüler.....	21
3.10 Tek-P ve Int-P parsellerinde örnekleme işlemleri.....	24
3.11 Tek-P ve Int-P parsellerinde ışık şiddeti ölçümlerine ait görüntüler.	24

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

3.12 Tek-P ve Int-P parsellerinde anlık hava sıcaklığı, yaprak sıcaklığı ve SPAD ölçümlerine ait görüntüler (2017/18 ve 2019/20).....	25
3.13 Pamuk yapraklarının örneklenmesi ve piksel sayım metodu ile işlenmesine ait görüntüler.....	26
4.1 Farklı su miktarları (tam su: TS ve kısıtlı su: KS) ve farklı ekim sistemlerinin (tek ekim buğday: Tek-B ve sonradan araya ekim sisteminde buğday: Int-B) buğday bitkisinde, başak sayısı (a), bitki boyu (b), BDA (c), biyokütle(d), bitki verimi (e) ve tane verimi (f) üzerine etkisi.	31
4.2 Farklı su miktarları (tam su: TS ve kısıtlı su: KS) ve farklı ekim sistemlerinin (tek ekim pamuk: Tek-P ve sonradan araya ekim sisteminde pamuk: Int-P) pamuk bitkisinde, biyokütle (a), bitki boyu (b), lif randımanı (c), koza sayısı (d), kütlü verimi (e) ve lif verimi (f) üzerine etkisi..	35
4.3 Farklı sulama miktarları (tam su: TS ve kısıtlı su: KS) ve farklı yıllarda (2017/18 ve 2019/20) incelenen Arazi Denklik Oranı - LER (a), Alan Zaman Denklik Oranı – ATER (b), Brüt Kazanç Oranı - GMR (c) ve Oransal Arazi Verimi – RLO (d) değerleri.	44
4.4 Farklı su ekim sistemleri (tek buğday: Tek-B, tek-pamuk: Tek-P ve intercrop buğday ve pamuk: Int-BP) ve farklı yıllarda (2017/18 ve 2019/20) incelenen Biyokütleye dayalı su kullanım etkinliği - SKEBİY (a) ve Brüt enerjiye dayalı su kullanım etkinliği – SKEBE (b) değerleri.	47
4.5 Ekiliş yöneyinin (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B), her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) Int-B uygulamasın'da incelenen başak sayısı (a), bitki boyu (b), BDA (c), biyokütle (d), bitki verimi (e) ve tane verimi (f)'ne etkisi.....	50
4.6 Ekiliş yöneyinin (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) Int-P'da incelenen biyokütle (a), bitki boyu (b), lif randımanı (c), koza sayısı (d), kütlü verimi (e) ve lif verimi (f)'ne etkisi.....	53

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

- 4.7 Her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20), farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) ve ekim sisteminin (tek pamuk: Tek-P ve intercrop pamuk: Int-P) buğday hasadı öncesi (BHÖ) ve buğday hasadı sonrası (BHS) pamuk bitkilerinde kanopi sıcaklık depresyonu - CTD (a), SPAD (b) ve spesifik yaprak alanı - SYA (c) üzerine etkileri..... 59
- 4.8 Her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20), farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) ve ekim sisteminin (tek pamuk: Tek-P ve intercrop pamuk: Int-P) buğday hasadı öncesi (BHÖ) ve buğday hasadı sonrası (BHS) pamuk bitkilerinde toplam kuru ağırlık (a) ve toplam yaprak alanı (b) değerleri üzerine etkileri 61
- 4.9 Her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20), farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) ve ekim sisteminin (tek pamuk: Tek-P ve intercrop pamuk: Int-P) pamuk bitkilerinde oransal büyüme miktarı - RGR (a), ürün büyüme oranı - CGR (b), net asimilasyon oranı - NAR (c) ve radyasyon kullanım etkinliğine – RUE (d) etkileri..... 65

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Çalışmanın birinci başlığında iki farklı su miktarı (tam ve kısıtlı su), iki farklı ekim sistemi (tek ve relay strip intercrop) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen parametrelere ait p-değerleri	30
4.2 İki farklı su miktarı (tam ve kısıtlı su), iki farklı ekim sistemi (tek ve relay strip intercrop) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen buğday kalite parametrelerine ait değerler	40
4.3 İki farklı sulama miktarı (tam ve kısıtlı su), iki farklı ekim sistemi (tek ve relay strip intercrop) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen pamuk kalite parametrelerine ait değerler.....	42
4.4 Çalışmada, iki farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen parametrelere ait P değerleri	49
4.4 Çalışmada iki farklı yöney (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen buğday kalite parametrelerine ait değerler	42
4.5 Farklı yöney (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen buğday kalite parametrelerine ait değerler	55
4.6 Farklı yöney (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen pamuk kalite parametrelerine ait değerler	56
4.7 Farklı ekim sistemlerinin (tek ekim pamuk: Tek-P ve organik pamuk: Org-P) pamuk bitkisinde; bitki boyu, biyokütle, koza sayısı, lif randımanı, kütlü verimi ve lif verimi üzerine etkisi	66
4.8 Farklı ekim sistemlerinin (tek ekim pamuk: Tek-P ve organik pamuk: Org-P) pamuk bitkisinde; mikroner, mukavemet, lif uzunluğu, parlaklık ve tekdüzellik indeksi üzerine etkisi.....	67



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
RSI	Relay strip intercropping (Sonradan araya şeritvari ekim)
Int-B	Intercrop buğday
Int-P	Intercrop pamuk
Int-BP	Intercrop buğday ve pamuk
Tek-B	Tek ekim buğday
Tek-P	Tek ekim pamuk
Org-P	Organik pamuk
TS	Tam su
KS	Kısıtlı su
K-G	Kuzey-güney
D-B	Doğu-batı
BDA	Bin dane ağırlığı
LER	Land Equivalent Ratio (Arazi Denklik Oranı)
ATER	Area Time Equivalent Ratio (Alan Zaman Denklik Oranı)
RLO	Relative Land Output (Oransal Arazi Verimi)
GMR	Gross Margin Ratio (Brüt Kazanç Oranı)
SKE _{BiY}	Biyokütleyle dayalı su kullanım etkinliği

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devamı)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
SKE_{BE}	Brüt enerjiye dayalı su kullanım etkinliği
CTD	Canopy Temperature Depression
SYA	Spesifik yaprak alanı
RGR	Relative Growth Rate (Oransal Büyüme Miktarı)
NAR	Net Assimilation Rate (Net asimilasyon oranı)
CGR	Crop Growth Rate (Ürün Büyüme Oranı)
RUE	Radiation Use Efficiency (Radyasyon Kullanım Etkinliği)



1. GİRİŞ

İklim değışikliği; sıcaklık, nem ve yağış gibi atmosferik koşulları etkileyen ve tarım alanları için sorun teşkil eden en önemli unsurlardan biridir. Özellikle yağışta meydana gelen düzensizlikler uzun yıllar sonucunda yer altı su kaynaklarının azalmasına ve böylece tarım alanlarının olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Yapılan araştırmalarda kuru alanlarda yağışların daha da azalabileceği ve nemli bölgelerin ise daha nemli olabileceği ifade edilmektedir (IPCC, 2013), Bununla birlikte verim odaklı yoğun bir tarımın sürdürüldüğü günümüzde bilinçsiz sulama da su kaynaklarını azaltan faktörlerden birisidir. Tarımı etkileyen bir diğer unsur ise yetiştiricilik yapılan alanlarda meydana gelen sıcaklık değışimleridir. Yüksek sıcaklığın neden olduğu stres, yaygın bir şekilde ısı stresi olarak ifade edilmekte (Majeed et al., 2021) ve belirli bir periyot için sıcaklığın yeteri kadar yüksek olduğu durumlarda ısı stresi bitki gelişimi ve fonksiyonlarına geri dönüşü olmayan zararlar verebilmektedir (Hall, 2001). Tüm bu nedenlerle iklim değışikliği neticesinde özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde meydana gelen sıcaklık artışları ile yağış rejimindeki düzensizlikler, tarım yapılan alanların verimliliğini düşürebilmektedir. İklim değışikliğinin yanı sıra, artan insan popölasyonu neticesinde kentleşmenin arttığı ve bu nedenle tarım alanlarında önemli bir azalma meydana geldiği ifade edilmektedir (Tanveer et al., 2017). Küresel insan popölasyonunun 2050 yılında 9.4-10.2 milyar aralığında olacağı tahmin edilmektedir (Boretti and Rosa, 2019). Bu artan popölasyonun talebini karşılamak için tarımsal üretimin de benzer bir trend ile artış göstermesi gerekir. Ancak kentleşme nedeni ile tarım alanları kısıtlanırken, tarımsal ürün bazında insan popölasyonundaki artışı yakalayabilmek oldukça zordur. Bu nedenle mevcut tarım alanlarının korunması ve dengede tutulması, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinde büyük bir öneme sahiptir (Aziz et al. 2015).

Ülkemiz tarım alanları incelendiğinde 2004 yılından 2021 yılına kadar yaklaşık %12 oranında bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu azalış yaklaşık 3 milyon ha gibi önemli bir alana tekabül etmektedir. Ülkemizin temel besin hammaddesi olan buğdayın yetiştiricilik yapıldığı alanlarda ise bahsedilen yıllarda yaklaşık %28 oranında bir azalış meydana gelmiştir. Buğdayın 21.yy'ın en çok üretilen üç tahıldan biri olduğu (Curtis and Halford, 2014) ve küresel besin ihtiyacı için en çok kalori ve proteini sağladığı (Han et al., 2020) düşünöldüğünde azalan tarım alanlarına karşın birim alandaki verimliliğin arttırılarak buğday üretiminin korunması büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte ülkemizde tarım alanlarında meydana gelen azalıştan pamuk yetiştiriciliği de payını almıştır.

Bahsedilen yıllarda pamuk yetiştirilen alanlarda yaklaşık %33'lük bir düşüş meydana gelmiştir. Bu azalış ülkemiz için stratejik bir lif bitkisi olan pamuk üretiminde ciddi düşüşlere neden olmaktadır. 2021 yılında pamuk lif üretimimiz 833 bin ton (TÜİK, 2022) iken tüketimimiz ise 1.8 milyon ton (USDA, 2022) olarak gerçekleşmiştir. Bu durum düşünüldüğünde en azından tüketim ve üretim farkını azaltmak için kısıtlı olan tarım alanlarını daha etkin kullanmanın önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Ciddi oranlarda buğday ve pamuk üretimi yapılan Çin'de pamuk ve gıda bitkileri arasında tarımsal alan kullanım rekabeti ortaya çıkmaya başlamıştır (Dai and Dong, 2014). Benzer şekilde ülkemizde de pamuk yetiştirilen alanlarda aynı zamanda buğday da yetiştirilmekte ve özellikle son yıllarda her iki ürünün tarımsal alan kullanımı bakımından rekabet halinde olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle her iki üründen de feragat etmeden birim alanı daha etkin kullanabilen agronomik yöntemlerin kullanılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. İki veya daha fazla ürünün beraber yetiştirildiği *intercropping* (araya ekim) bu yöntemlerden birisi olup (Aziz et al., 2015) günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Geçmişte Amerika ve Avrupa gibi kıtalarda daha az riske sahip olduğu için (Andersen, 2005; Kass, 1978) tercih edilen bu yöntem mekanizasyon, sentetik gübre ve ilaçların geliştirilmesi ile popülerliğini daha kârlı, kolay ve verimli olabilen tekli ekim sistemine bırakmıştı (Horwith 1985). Ancak günümüzde yoğun toprak işleme, gübreleme ve kimyasal ilaç kullanımı nedeniyle olumsuz çevre etkileri ortaya çıkmaya başlamış (Machado, 2009) ve tarımsal üretimde odak noktası tekrardan *intercropping* gibi tarımda sürdürülebilirliği sağlayan yöntemlere kaymaya başlamıştır.

Tarımsal üretimde kullanılacak olan *intercropping* yöntemi, yetiştirilecek olan ürüne ve çevre koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Buğday ve pamuk gibi farklı büyüme periyotlarına sahip ürünlerin yetiştirilmesi için en uygun yöntem *relay strip intercropping* (sonradan araya şeritvari ekim - RSI) yöntemidir. RSI, tarlada mevcut bir ürünün içerisine bu ürün hasat edilmeden önce ikinci bir ürünün ekilmesine dayalı çoklu ekim metodudur (Queen et al., 2009). Bu yöntemde buğday, sonbaharda şerit şeklinde ekilir ve daha sonrasında pamuk ekilmek üzere buğday şeritleri arasında boşluklar bırakılır (Zhang et al., 2008c). Bahar ayları geldiğinde ise önceden bırakılan boşluklara pamuk ekilir ve buğday hasat edilene kadar yaklaşık 7 hafta boyunca buğday ve pamuk beraber tarlada bulunurlar (Zhang et al., 2008b, Zhang et al., 2007). Intercrop ekim sistemlerinde farklı gelişim periyotlarına sahip ürünlerin tercih edilmesi, kaynak rekabetini azaltacak ve bu

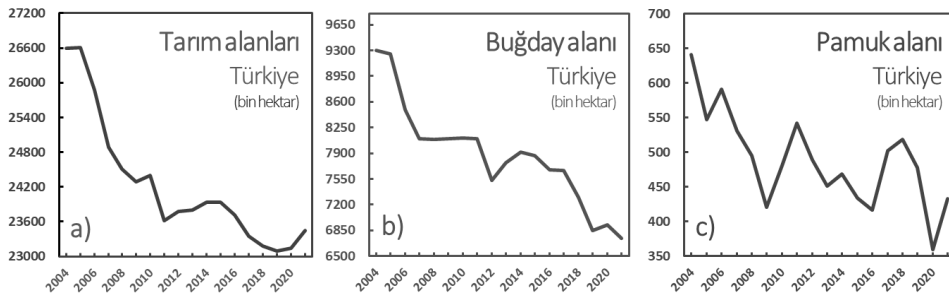
sayede birim alanın daha etkin kullanılmasına neden olacaktır (Zhang et al., 2007; Aziz et al., 2015). Her ne kadar ekim zamanlarında gecikme olmasa da dominant ürün olan buğdayın gölgesinde yetişen pamuk fidelerinin, büyüme ve gelişiminde gecikme yaşanmaktadır (Zhang et al., 2008b,c). Intercrop sistemlerde ürünlerin rekabete girdiği en önemli kaynaklar ışık (Egan and Ransom, 1996) ve toprak nemidir (Humphries et al., 2004). Bu nedenle pamukta gerçekleşen bu gecikmenin en büyük sebebinin buğdayın yapmış olduğu gölgeleme etkisi ve toprak nemi rekabetidir. Bunun yanı sıra özellikle buğday ekim sonrası pamuk için ayrılan boşluklar sayesinde özellikle buğday kenar sıraları çevresel kaynakları daha etkin kullanabildiği için buğday verimliliğinin arttığı ifade edilmektedir (Li et al., 2001; Zhang and Li, 2003).

Buğday ve pamuğun beraber yetiştiği RSI sistemi ülkemiz tarımsal üretimi için alışıla gelmişin dışındadır. Ancak tarım alanlarının azaldığı ve mevcut alanlarda da buğday ve pamuk yetiştiriciliğinin rekabet halinde olduğu düşünüldüğünde, birim alanın daha etkin kullanıldığı RSI sistemi büyük potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ülkemiz koşullarında bu sistemin konvansiyonel olan tek ekim sistemine göre performansının değerlendirilmesi ve uygulanabilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, tek ekim sistemlerine göre, RSI sisteminin özellikle ışık ve toprak nemi bakımından kaynak kullanım avantajının incelenmesi ve gerekli iyileştirmeler yapılarak ülkemiz koşullarına uyum sağlanması gerekmektedir.

Tüm bunlar eşliğinde mevcut çalışmada; *i.* buğday-pamuk RSI sisteminin, bu ürünlerin tek ekimine göre verim ve kalite bakımından kıyaslanması, *ii.* suyun kısıtlandığı koşullarda buğday-pamuk RSI sisteminin performansının değerlendirilmesi ve *iii.* RSI sisteminde, buğday tarafından oluşturulan gölgelemenin farklılık gösterdiği farklı ekiliş yöneylerinde, pamuğun büyüme ve gelişiminde meydana gelen değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Küresel ısınma neticesinde ortaya çıkan düzensiz yağışlar, sıcaklık artışı vb. iklim değişiklikleri yetiştiricilik yapılan alanlarda azalmaya neden olmaktadır. Bununla birlikte artan insan popülasyonu, bilinçsiz tarım ve kentleşme gibi faktörler de günümüz ve gelecekte tarım yapılan alanları etkisi altına almaktadır. Çin’de insan popülasyonunun artması, ekilebilir tarım alanlarının kısıtlanmasına neden olmakta ve bu nedenle birim alandaki verimliliğe büyük önem verilmeye başlanmıştır (Dai and Dong, 2014; Dai et al., 2014). Bununla birlikte ülkemizde de tarım yapılan alanlarda ciddi azalmalar meydana gelmektedir (Şekil 2.1a).



Şekil 2.1. Ülkemiz tarım alanlarında (a), buğday alanlarında (b) ve pamuk alanlarında (c) 2004-2021 yılları arasında meydana gelen değişimler (Anonimi 2022).

Ülkemizin toplam tarım alanları son 17 yıl içerisinde yaklaşık 3 milyon ha azalarak %12’lik bir düşüş göstermiştir. Toplam tarım alanlarındaki bu düşüşe paralel bir şekilde hem buğday alanları (Şekil 2.1b) hem de pamuk alanlarında (Şekil 2.1c) azalmalar meydana gelmiştir. Bu azalışlar buğday alanlarında yaklaşık %28 oranında olurken pamuk alanlarında ise yaklaşık %33 olarak seyir etmiştir. Stratejik öneme sahip olan buğday ve pamuğun, üretiminde meydana gelen azalmalar hem dış hem de iç pazarda ülkemizin rekabet gücünü azaltmaktadır. Bu nedenle her iki ürünü de dikkate alarak yapılacak olan tarımsal üretim planlamaları ve yöntemleri büyük önem arz etmektedir.

Tarım alanlarında meydana gelen daralmanın sonuçları tüm dünyada etkilerini göstermektedir. Örneğin, Çin’de pamuk üretilen alanlar aynı zamanda gıda bitkilerinin de yetiştirildiği alanlar olup, gıda bitkileri ve pamuk arasında tarım alanı rekabeti ciddi bir sorun olmaya başlamıştır. Bu nedenle, tarım alanlarını daha etkin kullanan ve güneş enerjisinden daha çok faydalanan, gıda ürünü-pamuk ikili ekim sistemleri, bazı bölgelerde temel ekim sistemi olmaya başlamıştır (Dai and Dong, 2014). Ülkemizde de pamuk yetiştiriciliği yapılan bölgelerde aynı zamanda

buğday da yetiştirilmektedir. TÜİK'den alınan verilere göre 2021 yılında pamuk yetiştirilen bölgeler olan Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgesinde toplam 2.3 milyon ha alanda buğday yetiştirilirken yaklaşık beşte biri bir alanda (432 bin ha) pamuk yetiştirilmiştir. Buğday yetiştirilen alanlarda aynı sezonda ana ürün olarak pamuk yetiştirmek söz konusu olmadığından ya münavebe ya da iki üründen biri tercih edilmektedir. 2020 yılında buğday/pamuk ekiliş alanı oranı 6.7 iken 2021 yılında 5.4'e gerilemiştir. Bu sonuç, buğdaya göre çiftçiye ekonomik getirisi daha yüksek olan pamuğun, buğday alanlarından pay aldığını göstermektedir. Bu sonuç ülkemizde de önemli bir gıda bitkisi olan buğday ile stratejik öneme sahip pamuk bitkisinin tarım alanları bakımından rekabetini ortaya koymaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarımda sürdürülebilirliği sağlamak için birim alandaki üretkenliğin artırılması gerekmektedir. Tek ürüne dayalı üretim sistemlerinde verimlilik artışı gerçekleştirilmiş ancak bu artış büyük oranda kimyasal kullanımı sayesinde olmaktadır (Feng et al., 2017). Her ne kadar kimyasal kullanımı ürün verimini arttırsa da çevre kirliliğine ve gıda güvencesindeki risklere önemli derecede katkı sağlamaktadır (Dai and Dong, 2014). Bunun yanında, zirai ilaçların aşırı kullanımına dayalı çevresel sorunlar ve insan sağlığına olumsuz etkileri gün geçtikçe daha belirgin hale gelmektedir. Günümüzde birçok bilim insanı endüstrileşmiş tarım uygulamalarını çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkisi hakkında endişelenmekte ve düşük teknoloji alternatifleri tekrar dikkate alınmaktadır. Ayrıca, hızlı bir şekilde artan insan popülasyonunun gıda ihtiyacını karşılamak tüm dünyada bir zorunluluk haline gelmiş, sağlıklı ve sürdürülebilir gıda üretimi için tarım ile uğraşanların özellikle toprak gibi kaynakların kullanımını optimize etmesi gerekmektedir (Keesstra et al., 2016). Gerekli önlemlerin alınmadığı takdirde, gıda güvenliği problemi özellikle gelişmekte olan ülkelerde yıkıcı bir etki yapabileceği ifade edilmektedir (Musinguzi et al., 2015; Nyssen et al., 2015; Tsozue et al., 2015). Bu problemlerin çözümü için bilim insanlarının odaklarını, tek üründen alınan verimin artırılması yerine birim alan verimliliğini arttırmaya kaydırmaları gerekmektedir (Han et al., 2014; Zhang et al., 2007; Lu et al., 2017).

Birim alan kullanımını ve üretimi iyileştirmek, aynı alanda iki veya daha fazla bitkinin aynı anda yetiştirildiği ileri agronomik yöntem olan *intercropping* (araya ekim) ile mümkün olabilmektedir (Aziz et al., 2015). 1940'lı yıllardan önce Avrupa ve Amerika kıtasında aynı alanda birden fazla ürün yetiştirip riski azaltmak amacı ile intercrop ekim sistemi kullanılmaktaydı (Kass, 1978; Andersen, 2005). Mekanizasyonun, sentetik gübre ve pestisitlerin olmadığı çevrenin daha az

kirlendiği bu sistemde dünya gıda tüketimini karşılayamama endişesi nedeniyle farklı çözüm arayışlarına girildi. Bu yıllardan sonra teknolojinin gelişmesi ile birlikte modernleşen tarımda artık baklagiller gübre olarak kullanılmamaya başlandığı ve geliştirilen sentetik gübreler tek ürün ekiminde ciddi verim artışları sağladığı bilinmektedir. Yüksek getiriye sahip ürünler için geliştirilen makinelerle beraber intercropping ekim sisteminden tek ürün ekim sistemine geçiş gerçekleşmeye başlamıştır (Machado, 2009). Sonuç olarak mekanizasyon, ucuz gübre ve pestisit kullanımı tek ürün yetiştiriciliğini ekonomik anlamda daha kârlı duruma getirmiştir (Horwith, 1985). Yeni modern yetiştirme metotlarının, yüksek verimli çeşitlerin ve tarladaki ürünleri hızlı bir şekilde besleyebilen gübrelerin geliştirildiği “Yeşil Devrim” (1940-70) ile birlikte intercropping ekim sistemi önemini kaybetmeye başlamıştır. Ancak mekanizasyonun, sentetik gübre ve pestisitlerin kullanıldığı bu yoğun tarım yönteminin, zamanla çevreye verdiği zararların farkına varılmış ve tarımda sürdürülebilirlik olgusu ortaya çıkmıştır. Günümüzde, her ne kadar çevreye verilen zarar tamamen ortadan kaldırmasa da çevreye etkisi daha ılımlı olan, daha az mekanizasyon, sentetik gübre ve pestisitlerin kullanıldığı ve tarımsal ürün talebini karşılayabilmede ümit vadeden intercropping sistemlerine ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Machado (2019) intercropping ekim sistemini aşağıda gösterildiği üzere 4 genel alt kategoriye ayırmışlardır.

- *Karma araya ekim (mixed intercropping)*: belirgin bir sıraya ekim yok.
- *Sıraya araya ekim (Row intercropping)*: En az bir ürün sıraya ekiliyor.
- *Şeritvari araya ekim (strip intercropping)*: Bitkiler birbirinden ayrılacak kadar geniş, birbirini etkileyecek kadar da dar ve şerit şeklinde ekilirler.
- *Sonradan araya ekim (relay cropping)*: Tarlada mevcut olan bir ürünün arasına yeni bir ürün ekilmesi.

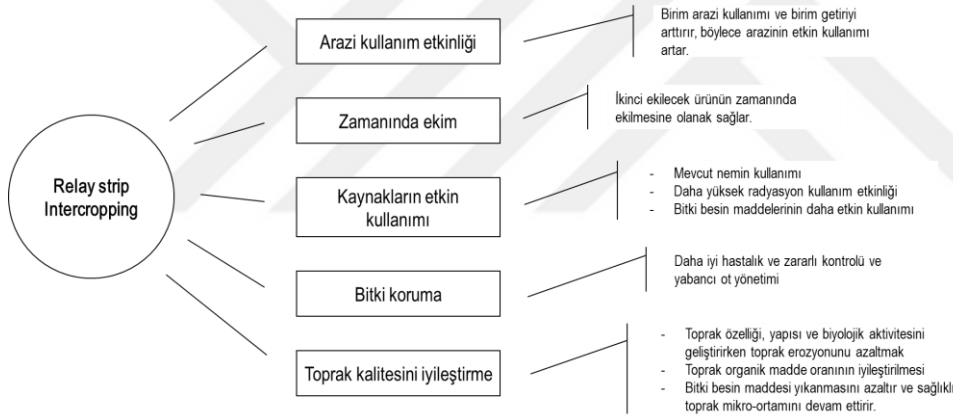
Birçok bitki türü ile farklı kombinasyonları mümkün kılan *relay strip intercropping* yöntemi yukarıda bahsedilen şeritvari ve sonradan araya ekim yöntemlerinin birleşmiş halidir. Bu üretim sistemi, tarlada mevcut bir ürünün içerisinde, bu ürün hasat edilmeden önce ikinci bir ürünün ekilmesine dayalı çoklu ekim metodudur (Queen et al., 2009; Francis, 1989). Genelde sonradan ekilen ürün, önceden ekilen ürünün kanopi gölgesinde büyür ve önce ekilen ürünün hasat edilmesiyle ikinci ekilen ürün tam güneş ışığına maruz kalır (Wu et al., 2016).

Relay strip intercropping, sistem verimliliğini optimize eden, belirli bir süre her iki ürününde verim kayıplarını telafi edebilen ve farklı ürünlerin ekiminde zaman çatışmasını çözen sürdürülebilir bir yaklaşımdır (Tanveer et al., 2017). Bununla birlikte hem çevresel hem de biyolojik birçok avantajı bulunmaktadır. Yabancı ot (Amosse et al., 2013), hastalık (Anil et al., 1998) ve zararlı (Ma et al., 2006) gibi yetiştirilen ürüne zarar veren biyolojik etmenlere karşı avantaj sağladığı ve bu sayede kimyasal kullanımını azalttığı rapor edilmiştir (Jabbar et al., 2011; Bandyopadhyay et al., 2016). Bunun yanında, yetiştiricilik sistemindeki çeşitlilik; hastalığın ortaya çıkmasını azaltmakta (Eskandri et al., 2012), toprak verimliliğini arttırmakta (Lithourgidis et al., 2011; Swer and Dkhar, 2014), verimliliği sürdürmekte (Ünlü et al., 2010; Gao and Wu, 2014) ve yabancı ot ile zararlı kontrolü sağlamaktadır (Saady and El-Metwally, 2009; Mitiku et al., 2014; Uddin and Adewale, 2014).

Relay strip intercrop ekim sistemleri ayrıca bitki besin maddesi bileşenlerinin topraktan sızması ve suya karışımını azaltarak hava ve suyun kalitesini arttırabilmektedir (Schepers et al., 2005; Novara et al., 2013). Bununla birlikte bu sistemin sağlıklı bir toprak mikro ortamını oluşturabilme kabiliyetinin olduğu rapor edilmiştir (Dumanski et al., 2006). Örneğin, ikinci ürün pamuk yetiştiriciliğinde her ne kadar anıza ekim sistemi geliştirilse de hala birçok alanda anız yakma işlemi gerçekleştirilmektedir. Tarlada anız yakma işlemi kalıntılardan uzaklaşmak ve tarlayı hazırlamaya olanak sağlayan bir yöntemdir. Ancak bu işlem; organik maddelerin biyolojik fonksiyonlarını ve toprak bütünlüğünü azaltıp, karbonu zapt ederek direk olarak organik madde kaybına yol açan bir süreçtir (Giller et al., 1997). Aynı zamanda, oluşturduğu kirli partiküller ve gazlar sonucu atmosfer kimyasını ciddi oranda etkilediği bilinmektedir (Xinghua et al., 2007). Modern tarım yoğun bir mekanizasyon ve kimyasal kullanım içermekte ve bu durum toprak kalitesini bozan çeşitli problemlere yol açmaktadır (Bruun et al., 2015; de Oliveira et al., 2015). Bununla birlikte *relay strip intercropping* sisteminin büyük oranda toprak yüzeyini kapladığı için erozyon ve evaporasyonu azaltan etkili bir nadas yönetim uygulaması olduğu ifade edilmektedir (Ma et al., 2020). Bu bağlamda, doğal kaynakların optimizasyonu ve etkin kullanımına *relay strip intercropping* sisteminin katkısı önemli düzeydedir.

Yapılan çalışmalar, çiftçilerin tek ürün sisteminde başarısızlığı olduğu durumlarda, intercrop sistemlerinin tarımsal üretim alternatiflerinden birisi olduğu onaylanmış ve dünya çapında tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini korumak için en güvenilir yollardan biri olduğu ifade edilmiştir (Coolman and Hoyt, 1993).

Değişen iklim koşulları nedeniyle azalan büyüme sezonları ikinci bir ürün yetiştirilmesini kısıtlarken *relay strip intercropping* yöntemi sayesinde bir yıl içerisinde iki ürün yetiştirme fırsatı sağlanabilmektedir (Tanveer et al., 2017). Benzer şekilde Nelson et al. (2010), ikinci ürün ekim sistemi ile ilişkili problemler ve ürün kaybı riskinin *relay strip intercropping* ekim sistemi ile azaltıldığını ve bu sistemin çiftçiler için daha kârlı bir sistem olduğunu ifade etmişlerdir. Bunu destekler şekilde birçok araştırmacı, *intercrop* uygulamalarının yüksek verim sağlamasının yanında, birim alandan daha yüksek verimlilik ve karlılık sağladığını ortaya koymuşlardır (Emuh et al., 2006; Karlıdag and Yildirim, 2007; Yildirim and Turan, 2013). Ayrıca *intercrop* sisteminde, toplam verim artışının yanı sıra, yetiştirilen ürünlerden birinde başarısız olunduğu takdirde diğer ürünün getiri sağlayabileceği ve risk azaltma özelliğinin bulunduğu da rapor edilmiştir (Whitmore and Schröder, 2007). Belirtilen bu avantajlar ile *intercrop* ekim sistemleri çiftçi geliri ve gıda güvenliğini kombine etmede önemli bir rol oynamaktadır (Zhang et al., 2007).



Şekil 2.2. *Relay strip intercropping*'in potansiyel faydaları (Tanveer et al., 2017)

Yukarıda bahsedilen *intercrop* sistemlerine ait bu avantajları elde etmek için türlerin ve çeşitlerin belirlenmesi, ekim geometrisi ve bitki yoğunluklarının belirlenmesi önemlidir (Yildirim and Ekinci, 2017). Bununla birlikte *intercropping* ekim sistemlerinde başarıya ulaşabilmek için beraber yetiştirilecek olan bitki türlerinin fizyolojisini, büyüme özelliklerini, kanopi ve kök yapıları ile su ve bitki besin maddesi kullanımlarını anlamak gerekmektedir (Machado, 2009). Pamuk bitkisi dünyada birçok bitki ile *intercrop* olarak ekilmiş ve başarıya ulaşmıştır. Hindistan'da pamuğun börülce, bezelye, çeltik, yer fıstığı ve soya gibi farklı ürünlerle *intercrop* ekildiği bilinmektedir (Deazevedo et al., 1993; Padhi et al., 1993; Blaise et al., 2005). Amerika ve Çin'de ise pamuk afidinin doğal düşmanlarını korumak amacıyla pamuğun kışlık ve yazlık bitkilerle *intercrop* ekimi

yapılmıştır (Parajulee et al., 1997; Xia, 1997). Buğday ise tüm dünyada en önemli tahıl bitkilerinden biri olduğu için *intercropping* sistemine en uygun tahıl olarak görülmektedir (Aziz et al., 2015). Benzer şekilde Roberts et al. (1989), buğday bitkisinin *intercrop* sistemler için en uygun tahıl bitkisi olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte *relay strip intercropping* yönteminde, tür seçilirken olgunluk zamanları dikkate alınması gerekmektedir. Ana ürün ile araya ekilen ürünün farklı büyüme periyotlarına sahip olması temel kaynak ihtiyaçlarının farklı zamanlara denk gelmesine neden olacak ve bu sayede önemli bir verim avantajı sağlayacaktır (Aziz et al., 2015). Buğday ve pamuk ürünlerinin önemi ve yetiştirilme periyotları düşünüldüğünde bu ürünlerin relay strip intercropping sistemine uygunluğu dikkat çekmektedir. Çin’de yetiştiricilik yapılan alanların üçte birinde çoklu ekim sistemi mevcuttur (Zhang and Li, 2003) ve pamuk bazlı *intercrop* ekimi (buğday-pamuk) çoklu ekim sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, Çin’de buğday-pamuk *relay intercropping* ekim sistemi yapılan alanlar yaklaşık 1 milyon 400 bin ha civarındadır (Zhang et al., 2007).

Zhang et al. (2007) buğday-pamuk *relay strip intercropping* sistemini inceledikleri çalışmalarında pamuğun genç fide dönemi ile buğdayın generatif döneminin yaklaşık 7 haftalık bir süreçte çakıştığını ve Nisan’da pamuk ekilip Haziran’da buğdayın hasat edildiğini ifade etmişlerdir. Her iki ürünün beraber yetiştiği bu süreçte güneş ışığı, bitki besin maddesi, su vb. kaynaklar bakımından rekabet söz konusudur (Feng et al., 2017). Her ne kadar pamuk bitkisi sınırsız büyüme özelliği sayesinde bulundukları çevreye morfolojik uyum gösterebilirler de (Gangwar and Prasad, 2005; Siebert et al., 2006; Huang et al., 2017) bu sistemlerde yetiştirilen pamuklarda büyüme ve gelişim özellikle buğdaydan kaynaklanan gölgeleme etkisi nedeni ile gecikmekte (Zhang et al., 2007) ve bu gecikme tamamen telafi edilememektedir (Zhang et al., 2008c). Büyüme ve gelişimde gerçekleşen bu gecikme sonucunda tek ekilen pamuğa göre *intercrop* ekim sisteminde pamuk veriminin düştüğü birçok çalışma tarafından ortaya konulmuştur (Zhi et al., 2019; Feng et al., 2017). Dominant etkiye sahip olan buğday bitkisinde ise başta güneş ışığı olmak üzere kaynakları daha etkin kullanabildiği için bitki başına verimde artış olabilmektedir. Zhang and Li (2003) buğday-mısır ve buğday-soya *intercrop* ekimini araştırdıkları çalışmalarında tek ekime kıyasla *intercrop* ekimin her iki sistemde de sırasıyla %74 ve %53 oranlarında buğday verimine katkı sağladığını rapor etmişlerdir. Çin’de buğday-mısır ve buğday-soya ekim sistemlerinde yürütülen çalışmalarda buğday kenar sıraları, iç taraftaki buğday sıralarına göre daha yüksek verime sahip olduğu ortaya konulmuştur (Li et al., 2001; Zhang and Li, 2003). Bununla birlikte, her ne kadar buğday verimi artış gösterse de pamuk için

ayrılan boşluklar nedeni ile relay strip intercropping sisteminde birim alandaki buğday verimi dolaylı yoldan düşüş göstermektedir. Gooding et al. (2007) yürüttükleri tarla denemesinde buğday-bakla *intercropping* sisteminde buğday veriminde tek ekim buğday verimine göre %25-30'luk bir düşüş kaydetmişlerdir. Bu sistemde yetiştirilen buğday ve pamuk bitkilerine ait teksele avantaj ve dezavantajların yanında tüm sistemden elde edilen toplam verimlilik de büyük öneme sahiptir. *Intercropping* ekim sistemi, verimliliğinin tek ürün ekim sistemi verimliliğine kıyasla genellikle daha yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Lithourgidis et al., 2007; Dahmardeh et al., 2009; Matusso et al., 2014). Tekli ekime göre intercropping ekimdeki verim avantajı temel olarak birim alanda ışık, su ve besin maddeleri gibi kaynakların etkin kullanımından kaynaklanmaktadır (Liu et al., 2006b). Bununla birlikte *relay strip intercropping* sisteminde en büyük kısıtlayıcı faktörün ışık olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Francis, 1989; Malezieux et al., 2008). Bu durumda buğday ve pamuk üretiminden optimum verimlilik elde etmek için en uygun ekim dizaynı modelinin oluşturulması bir gerekliliktir. Hem mekanizasyona hem de homojen ışık dağılımına daha uygun (Spitlers, 1986; Spitlers et al., 1986; Sinclair et al., 1992) olan *relay strip intercropping* sistemi diğer intercrop sistemleri içerisinde bir adım öne çıkmaktadır.

Yukarıda bahsedildiği üzere rekabet koşulları, mekanizasyona uygunluk ve türlere ait morfolojik özellikler dikkate alındığında, sürdürülebilirliği bozmadan, birim alanda optimum verimliliği sağlamak için buğday ve pamuk *relay strip intercropping* sistemine ait en uygun ekim dizaynının belirlenmesi gerekmektedir. Zhang et al. (2007) yürüttükleri çalışmalarında 3:2, 3:1, 4:2 ve 6:2 olmak üzere dört farklı buğday-pamuk sıra sayılarından oluşan ekim geometrisi denemiştir. Araştırmada, *intercrop* sistemde buğday sıra araları 20 cm olarak belirlenirken, pamuk sıra araları 40 cm olarak ayarlanmıştır. Bu sistemlerde genel olarak buğday toplam alanın yaklaşık %50-60'ını kaplamıştır. Tüm *intercrop* ekim dizaynlarında yetişen pamuklar ile tek ürün sisteminde yetişen pamuklar arasında gözle görülür bir boyut farkı tespit etmişlerdir. En avantajlı pamuk üretimi, 3:2 ve 4:2 buğday-pamuk sıra sayısı ekim dizaynında bulunmuş olup pamuk verimlerinin tek ürün pamuğun sırasıyla %68 ve %69'u kadar olduğu tespit edilmiştir. Yürütülen bu çalışmada birim alandaki pamuk yoğunluğu artırıldığı takdirde (3:2 ve 4:2 ekim dizaynı) buğday hasadı sonrası yaprak alanı indeksinin hızlı bir şekilde arttığı ve gölgelemeden kaynaklı pamuk gelişimindeki gecikmenin daha iyi telafi edilebildiği sonucuna varılmıştır.

Bitki kanopisine güneş ışınlarının girişi üretimdeki verimliliği önemli derecede etkileyebilmektedir. Bununla birlikte bitki kanopisine ışık girişi, güneşin doğuş batış yönü ile bitki sıralarının konumlandırılmasından etkilenebilmektedir (Zhang et al., 2008c). Dhingra et al (1991), maş fasulyesi ve mısır bitkisi ile yürüttükleri çalışmalarında her ne kadar mısır bitkisi dominant etki yaratsa da gölgelemenin fazla olduğu kuzey-güney yöneyinde daha iyi bir sonuç almışlardır. Gölgeleme etkisinin ciddi bir fark yaratmadığı daha dar şerit veya sıralara sahip intercrop sistemlerde ekiliş yöneyi etkisi azalabilmektedir (Midmore, 1993). Nitekim, Zhang et al. (2008c), yürüttükleri çalışmalarında *intercrop* sistemlerde ekiliş yöneyinin (kuzey-güney ve doğu-batı) fotosentetik aktif radyasyon yoğunluğuna önemli bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır. Ancak *intercrop* sistemlerde, ekiliş yöneyi sadece ışık yoğunluğunu etkilemez ve bununla birlikte hava ve toprak sıcaklığı ile nemini etkileyerek farklı bir mikroklima oluşmasını sağlayabilmektedir. Örneğin, Kuzey Çin’de genelde çiftçiler kuzey-güney yöneyine pamuk ekimi yapmaktadırlar. Bu yöneye ekilişin avantajlarından birisi kuzeyden esen rüzgârı sıra arasına almak ve böylece yazın sıcaklarında pamuk bitkilerinin serinleme kapasitesini arttırmaktır (Zhang et al., 2008c). Bu serinleme sayesinde gün içi yüksek sıcaklıklardan pamuğun gelişimi olumsuz etkilenmemekte, verimlilikte artış sağlanmış olmaktadır. Bunun yanı sıra; su, besin maddesi ve sıcaklık gibi optimum koşulların sağlandığı buğday ve pamuk *intercrop* ekim sistemlerinde, konumlandırmanın doğu-batı yöneyinde yapılması, gün içerisinde intercrop pamukların daha fazla radyasyon almasını ve bu sayede büyüme ve gelişimini iyileştirmesini sağlayabilmektedir.

Tarımsal üretimde, kısıtlı sulama ve toprak nemi koşulları birim alandaki verimliliği önemli ölçüde düşüren kritik bir faktördür (Zhang et al., 2012). Günümüzde, tarımsal üretimde karşı karşıya olunan en önemli sorunlardan birisi su kaynaklarının yetersiz olması ve daha az su ile üretimin sürdürülebilirliğidir (Feres and Soriano, 2007). Dünyanın birçok bölgesinde de pamuk yetiştiriciliği sulama yapılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak, küresel ısınma nedeniyle, pamuk yetiştirilen alanlarda yetersiz ve düzensiz yağış rejimleri ile daha sık karşılaşmaktadır (Lu, 2009). Değişen iklime uyum sağlama yöntemlerinden en önemlisi mevcut olanı korumaktır. Yetiştiricilik yapılan alanlarda topraktaki suyun büyük çoğunluğu topraktan buharlaşarak ve bitkilerin kullanması ile kayıp olmaktadır. Birim alanı daha etkin kullanarak, toprak suyunun muhafaza edilmesi, *intercropping* yöntemi ile mümkün olabileceği düşünülmektedir (Lithourgidis et al., 2011; Thorsted et al., 2006). Bu sistemlerin rüzgârı yumuşattığı, gölge sağladığı ve infiltrasyonu arttırdığı, böylece toprak nemini muhafaza edebildiği

bilinmektedir (Yildirim and Ekinci, 2017). Bununla birlikte, yetiştiricilik yapılan alanın tümüne yayılan bitki kökleri sayesinde; suyun daha etkin kullanıldığı, kök bölgesindeki suyun arttığı, sıralar arası evaporasyonun azaldığı ve aşırı transpirasyonun kontrolünün teşvik edebildiği rapor edilmiştir (Zhang et al., 2012). *Intercropping* sisteminin, suyu daha etkin kullandığına dair birçok araştırmaya rastlanılmaktadır (Moradi et al., 2014; Ali and Sarker, 2013). Örneğin, mısır-börülce intercrop ekiminde, ışık tutulumunun artıp toprak evaporasyonunun azaldığı ve böylece toprakta suyun muhafaza edilerek su kullanım etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir (Mobesser et al., 2014). Ancak, farklı intercrop sistemlerinin, su kullanım etkinlikleri ile ilgili birçok çalışma yürütülmüş, elde edilen bazı sonuçlara göre, *intercrop* ekim sisteminde daha fazla verim almanın, yüksek miktarda su tüketimi ile mümkün olabileceği savunulmuştur (Coll et al., 2012; Gao et al., 2009; Yang et al., 2011). Örneğin, ilk ekilen ürünün hasat edilmesi sonrası evaporasyonun su kullanımına oranının (E/ET) arttığı (Wang et al., 2013) ve bu sayede su kullanım etkinliğinin düştüğü (Gao et al., 2009; Wang et al., 2015) rapor edilmiştir. Suyun daha etkin kullanılması intercrop sistemdeki ürün türlerine, ekim geometrisine ve çevre koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Ancak suyun kısıtlandığı koşullarda, intercrop sistemlerde meydana gelen avantaj ve dezavantaj dengesi tam olarak bilinmemektedir.

Buğday-pamuk *relay strip intercropping* yönteminde, birim alanda sağlanan verimin direkt olarak hesaplanması zor olmakla birlikte, elde edilen faydayı kıyaslayabilen birçok indeks geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanı ilk olarak Willey and Osiru (1972)'in ortaya koyduğu arazi denklik oranıdır (*Land Equivalenr Ratio* - LER). Bu parametre ürünlerin yetiştirildiği çevre koşullarında intercrop ve tek ekim sistemlerinin kaynak kullanımlarını kıyaslamaktadır. Belirlenen bitki türleri ve çevre koşullarında eğer LER değeri 1.0'den yüksek bulunursa intercrop sistemi daha verimli, 1.0'den küçükse de tek ekim sistemi daha uygun anlamına gelmektedir (Ofori and Stern, 1987). Yu et al. (2015), önceden yapılan 100 farklı çalışmayı inceleyerek ortalama LER değerini 1.17 olarak tespit etmişlerdir. Bu rakam, 100 da alandan elde edilecek *intercrop* verimliliğine ulaşabilmek için 117 da tek ekim sisteminin uygulanması gerektiği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, 939 intercrop gözlemi, 41 farklı ülkede yayınlanan 126 çalışmanın incelendiği geniş kapsamlı bir derlemede, araştırmacılar LER değerini 1.28 olarak tespit etmişlerdir (Martin-Guay et al., 2018). Bu çalışmanın sonucu ise *intercropping* ekimin, birim alanı daha etkin kullandığı, hatta yaklaşık %22 oranında bir alan koruması sağladığını göstermektedir.

Ürünlerin, tarlada beraber geçirdiği süreler, farklı intercrop sistemine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin *mixed intercropping* sisteminde tüm ürünler ekimden hasada kadar beraber yetişiyorken, *relay cropping* sisteminde ürünlerin beraber yetiştiği süre sınırlıdır. O nedenle *intercropping* faydalarını zaman kullanımı bakımından inceleyen “Alan Zaman Denklik Oranı” (*Area Time Equivalent Ratio* - ATER) daha gerçekçi bir sonuç verecektir (Hiebsch, 1980). LER, ürünlerin tarlada kaldığı süreyi hesaba katmamakta, sadece elde edilen verimleri dikkate almaktadır. ATER ise ürünlerin beraber yetiştiği süreyi dikkate aldığı için *intercrop* sisteminin tek ekim sistemine kıyasını daha gerçeğe yakın ortaya koyan bir yöntemdir (Aasim et al., 2008). LER’de olduğu gibi ATER’de de eğer sonuç 1.0’dan büyükse intercrop daha avantajlı, 1.0’dan küçükse tek ekim sisteminin o alanda daha avantajlı çıkarımı yapılabilmektedir. Örneğin, Bantje et al. (2015), mısır-patates *intercropping* sisteminde, LER’in aksine, ATER’in genelde 1.0’dan küçük olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun aksine ATER değerini 1.0’dan yüksek tespit eden birçok çalışma da mevcuttur (Choudhary, 2014; Khoroar and Patra, 2013; Yogesh et al., 2014; Jan et al., 2016).

Birim alanın kullanımını değerlendiren bir diğer parametre “Oransal Arazi Verimidir” (*Relative Land Output* - RLO). RLO, diğer indekslere göre daha az kullanılmakta ancak hasat edilen ürünlerde son durumu değerlendirmede daha etkili bulunmaktadır (Martin-Guay et al., 2018). *Intercropping* ekim sistemlerinde yetiştirilen ürünler, bulundukları alanı farklı oranlarda kaplayabilirler. Bu durum, tercih edilen ürün ekim geometrisine göre değişiklik gösterirken hem LER hem de ATER bu durumu dikkate almamaktadır. Bununla birlikte, RLO hesaplanırken, her bir ürün eşit dayanağa göre değerlendirilmekte ve her bir ürünün verim değeri ayrı ayrı brüt enerjiye çevrilmektedir (Martin-Guay et al., 2018). Martin-Guay et al. (2018) yürüttükleri toplu analiz çalışmalarında RLO değerini ortalama 1.40 olarak LER’den daha yüksek bir değere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Tarımda üretimin sürdürülebilirliği çiftçinin kârlılığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle geliştirilen veya iyileştirilen üretim sistemlerinde çiftçinin kazancı dikkat edilmesi gereken temel unsurlardandır. *Intercropping* ekim sistemi her ne kadar birim alanı etkin kullansa da bazı durumlarda daha kârlı olmayabilir. Bunu ortaya koymak için bulunan “Brüt Kazanç Oranı” (*Gross Margin Ratio* - GMR), optimum intercrop dizaynını değerlendirmek için ürün fiyatlarını dikkate alır ve kârlılığı ölçümler (van Oort et al., 2020). Diğer verimlilik indekslerinde olduğu gibi 1.0 ve yukarı değerler *intercrop* sisteminin daha kârlı olduğunu göstermektedir. GMR indikatörü, sadece brüt geliri dikkate aldığı için ve her üretimde değişebilecek

olan işçilik ve makine ücretlerindeki değişimlerden kaçınır (van Oort et al., 2020). Magino et al. (2004) sorgum-börülce ve sorgum-yerfıstığı *intercrop* sistemlerini inceledikleri çalışmalarında birim alandan sistemlerin elde ettikleri brüt enerjileri hesaplamış ve her iki *intercrop* sisteminin de ürünlerin teker teker ekiminden daha yüksek brüt gelire sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Birçok araştırmacı *intercropping* uygulamalarının yüksek verimlilik sağladığı gibi birim alandaki kârlılığı arttırdığını ifade etmişlerdir (Emuh et al., 2006; Karlidag and Yildirim, 2007; Yildirim and Turan, 2013). Benzer şekilde Zhang et al. (2007), buğday-pamuk *relay strip intercropping* sistemini inceledikleri çalışmalarında arazi verimliliği ve net geliri tek ekime kıyasla daha yüksek bulmuşlardır.

Üretim sistemlerinin kıyaslanmasında, birim alanda verimin tespit edilmesi ne kadar önemli ise farklı uygulamalar sonucu bitkilerde gerçekleşen fizyolojik ve morfolojik değişimlerin incelenmesi, daha iyi bir üretim sistemi oluşturabilmek için o kadar önem arz etmektedir. Özellikle dominant ürünün gölgesi altında yetişen ürünlerde; kanopi büyümesi (Wezel et al., 2014), yaprak gelişimi (Zhang et al., 2008c) ve bitki boyunun (Zhang et al., 2007) farklılık gösterdiği bilinmektedir. *Relay strip intercropping* sistemlerinde, özellikle araya ekilen ürünün bulunduğu mikro klimaya uyum kabiliyeti, o üretim sisteminin verimliliğini büyük oranda etkileyecektir. O nedenle bu sistemlerde dominant bitkinin gölgesinde yetişen fidelerin, büyüme ve gelişiminin takip edilip uyum kabiliyetlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Düşük ışık koşullarında, ışıktan etkin faydalanmanın bitkiler için önemi büyüktür (Pearcy et al., 2004; Valladares and Niinemets, 2008). Pamuk bitkisi (*Gossypium hirsutum* L.) diaheliotropik yaprak özelliği (Ehleringer and Hammond, 1987; Zhang et al., 2009) sayesinde farklı çevre koşullarına uyum kabiliyeti olan bir bitki türüdür. Bu sayede, özellikle ışığın kısıtlandığı *relay strip intercropping* sisteminde pamuk, yaprak fizyolojisi ve morfolojisinde meydana gelen değişimler neticesinde mevcut ortama uyum sağlayabilme kabiliyetine sahip olduğu düşünülmektedir. *Relay strip intercropping* sisteminde tüm sezon üç dönemden oluşmaktadır: sadece buğdayın yetiştiği dönem hem buğday hem pamuğun yetiştiği *intercrop* dönemi ve sadece pamuğun yetiştiği dönemdir (Zhang et al., 2008c). Pamuğun bulunduğu bu iki dönem birbirinden oldukça farklı çevre koşullarına sahip olup pamuk büyüme ve gelişiminde önemli farklara neden olabilmektedir. Bu sistemler açısından, optimum verimliliğe ulaşabilmek, pamuk büyüme parametreleri ile yaprak fizyolojisi ve morfolojisinin iyi anlaşılmasını gerektirmektedir.

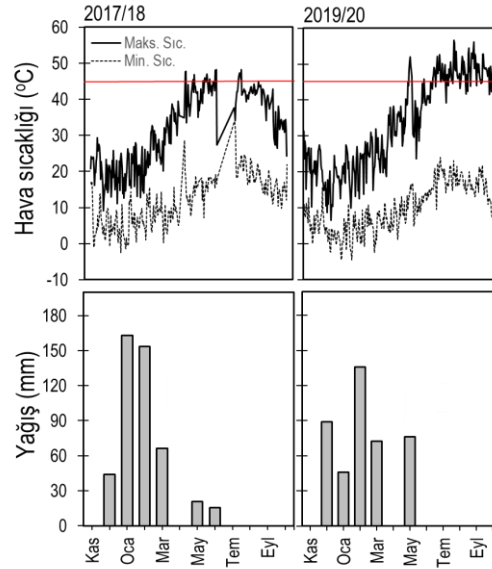
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Mevcut çalışma, tek bir deneme alanında, üç farklı başlık altında yürütülmüştür.

- Farklı buğday ve pamuk ekim sistemlerinin kısıtlı su koşullarında verim ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi,
- buğday-pamuk beraber yetiştirme sisteminde, farklı ekiliş yöneylerinin pamuk büyüme ve gelişimine etkileri in belirlenmesi ve
- sürdürülebilir pamuk yetiştiricili alternatifleri olarak organik pamuk yetiştirme sisteminin değerlendirilmesi.

3.1. Deneme alanı ve iklim verileri

Araştırma Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliğine ait 6 m rakımda, 38°34'45"N ve 27°1'22"E koordinatlarında bulunan tarımsal alanda, 2017/18 ve 2019/20 üretim sezonlarında yürütülmüştür. Deneme alanında, 2017/18 ve 2019/20 yetiştirme sezonlarında (Kasım-Eylül) sırasıyla 463 mm ve 420 mm yağış gerçekleşmiştir. Buğday ve pamuğun büyüme sezonu boyunca saatlik hava sıcaklığı ve aylık yağış miktarları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanına ait 2017/18 ve 2019/20 yetiştirme sezonlarına ait günlük hava sıcaklığı (°C) ve aylık toplam yağış miktarları (mm). Kırmızı çizgiler, pamuğun fotosentez yapabileceği maksimum hava sıcaklığı olan 45°C 'yi (Hake and Silvertooth, 1990; Sage and Kubien, 2007) göstermektedir.

3.2. Deneme dizaynı

Deneme, Tesadüf Blokları Bölünmüş Parseller Deneme Deseni olarak dizayn edilmiş ve 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada tek buğday (Tek-B), tek pamuk (Tek-P), organik pamuk (Org-P) ve sonradan araya ekim yöntemi ile buğday ve pamuğun beraber yetiştirilmesi (Int-BP) olmak üzere 4 farklı alternatif yetiştirme sistemi incelenmiştir. Buğday ve pamuk genotipi olarak sırasıyla Ceyhan-99 ve ST-498 kullanılmıştır. Her bir tekerrürün parsel boyu 5 m olmakla birlikte Int-BP, Tek-B ve Tek-P için parsel boyutları sırasıyla 10.8 m², 10.1 m² ve 14 m²'dir. Farklı ekim dizaynlarına sahip ekim sistemlerinden Tek-B'de, yaygın olarak kullanılan 13.5 cm sıra arası mesafede, mibzer ile ekimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2a).



Şekil 3.2. Farklı sıra arası mesafelere sahip olan Tek-B (a), Tek-P ve Org-P (b) ve Int-BP (c) ekim sistemlerine ait şema ve görseller.

Diğer ekim sistemlerinden, Tek-P ve Org-P'de pamuk ekimi, yaygın olarak kullanılan 70 cm sıra arası mesafe ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2b). Int-BP'de ekim dizaynı Zhang et al. (2007)'a göre gerçekleştirilmiştir. Int-BP sisteminde ise buğday sıra arası mesafesi 13.5 cm ve buğday şeritlerinin arasına ekilen 2 sıra

pamuğun sıra arası mesafesi 40.5 cm olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.2c). Pamuk şeritleri arası mesafe ise 67.5 cm olarak ekim gerçekleştirilmiştir. Int-BP parsellerinde, toplam alanın yarısını buğday diğer yarısını ise pamuk kaplayacak şekilde ekim dizaynı uygulanmıştır.

3.3. Tarla yönetimi

Hem buğday parselleri hem de pamuk parselleri Kuzey-Güney (K-G) ve Doğu-Batı (D-B) olmak üzere iki farklı yöneyde ekilmiştir. Buğday ekimi Tek-B ve Int-BP için 200 kg/ha tohumluk miktarı ve 13.5 cm sıra arası mesafeye ayarlanmış, mibzer ile 1 Aralık 2017 ve 20 Kasım 2019 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Buğday çıkışları gerçekleştikten hemen sonra, Int-BP parsellerinin pamuk ekimi yapılacak şeritlerdeki buğday fideleri tarladan uzaklaştırılmış ve çapa makinesi yardımı ile alan işlenmiştir (Şekil 3.4). Ekim ile beraber ve kardeşlenme döneminde olmak üzere sırası ile 100 kg saf N/ha (15-15-15 gübresi) ve 100 kg saf N/ha (Amonyum sülfat gübresi) olacak şekilde buğday alanlarına gübre verilmiştir. Ayrıca ekim ile beraber uygulanan 15-15-15 gübresi ile deneme alanına 100 kg P_2O_5 /ha ve 100 kg K_2O /ha verilmiştir. Tek-P, Org-P ve Int-BP için pamuk ekimleri 3 Mayıs 2018 ve 22 Nisan 2020 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Org-P hariç pamuk parsellerine, toplamında 200 kg saf N/ha olmak üzere ekim ile beraber ve çiçeklenme başlangıcında gübre uygulanmıştır.



Şekil 3.3. Mibzer ile gerçekleştirilen buğday ekimine ait görüntüler



Şekil 3.4. Int-BP parsellerinde pamuk ekilecek olan alanların temizlenmesi ve çapa makinesi ile işlenmesine ait görüntüler

Her bir pamuk sırasına damla sulama boruları yerleştirilmiş ve ana dağıtım borusuna takılan su sayacı ile verilen su miktarı kayıt edilmiştir (Şekil 3.5). İki farklı su uygulaması gerçekleştirilmiş olup bu uygulamalara ait su miktarları sulama ve yağmur suyundan oluşmaktadır. Tam su (TS) parselleri, toprak neminin bitki gelişimini engelleyecek seviyeye düşmeyecek şekilde, bölgede uygulanan pratik kontrollere göre gerçekleşmiştir. Kısıtlı su (KS) parselleri ise sert bir kuraklık oluşturmayacak şekilde TS parsellerine uygulanan toplam su miktarından yaklaşık %13 daha az su verilerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Ana su boruları vasıtasıyla Tek-P, Org-P ve Int-P parsellerinde her bir pamuk sırasına yerleştirilen damla sulama boruları ve su miktarlarının kayıt altına alındığı sayaca ait görüntüler

Pamuk ekimi yapıldıktan sonra buğday hasadı gerçekleşinceye kadar Int-BP parsellerinde buğday ve pamuk bitkileri her iki yılda da yaklaşık 7 hafta beraber yetiştirilmiştir. İlk denemede 20 Haziran 2018 ve ikinci denemede 14 Haziran 2020 tarihlerinde olmak üzere buğday hasadı gerçekleştirilmiş olup hasat sırasında Int-BP parsellerinde bulunan pamuklara herhangi bir zarar verilmemiştir (Şekil 3.6). Daha sonrasında, ilki 20 Eylül 2018, ikincisi 2 Ekim 2020 olmak üzere pamuk hasatları başlamış (Şekil 3.7) ve hasat edilen pamuk kütlüleri E.Ü.Ziraat Fakültesi çırçır ambarında çığit ve liflerine ayrılmıştır.



Şekil 3.6. Buğday hasadına ait görüntüler (2017/18 ve 2019/20)



Şekil 3.7. Pamuk hasadına ait görüntüler (2017/18)

3.4. Veri toplama ve analizler

Verim parametreleri ve kalite ölçümleri

Buğday hasadı öncesi her bir parselden 0.25 m² buğday örneği toplanmıştır. Bu örneklerde bitki boyu (cm), biyokütle (g/bitki), bin tane ağırlığı (g), başak sayısı (adet/m²) ve tek bitki verimi (g/bitki) parametreleri ölçülmüştür (Şekil 3.8). Örnek alma işleminden sonra kenar tesiri sıraları uzaklaştırılıp her bir parsel el ile hasat edilmiş (bkz. Şekil 3.6) ve tane verimleri (ton/ha) hesaplanmıştır. Buğday kalite parametrelerinden biri olan hektolitre ağırlığı (kg/100L) örneklenen buğday tanelerinden hesaplanmıştır. Elde edilen buğday tanelerinden, un değirmeni kullanılarak kepek ve un elde edilmiştir. Kepek ve un miktarları kullanılarak un randımanı (%) hesaplanmıştır. Sedimentasyon (ml) ve düşme sayısı öğütülen beyaz un kullanılarak sırasıyla ICC 116/1 ve 107/1 standardına göre analiz edilmiştir (ICC, 1991; ICC, 1994).



Şekil 3.8. Örnek alınan buğday parselleri ve buğday örneklerine ait görüntüler (2017/18)

Pamuk hasadından önce rastgele işaretlenmiş 3 adet pamuk bitkisi örnek olarak alınmıştır (Şekil 3.9). Elde edilen örneklerde; bitki boyu (cm), biyokütle (kg/da) ve koza sayısı (adet/bitki) belirlenmiştir. Hasat sonrası kütlü verimi (kg/ha) belirlenmiş olup çırçırılama işleminden (rollergin) sonra lif randımanı (%) ve lif verimi (kg/ha) hesaplanmıştır. Çırçırılan pamuk liflerinde kalite analizleri, Uster HVI M 1000 cihazı ile İzmir Ticaret Borsası Laboratuvar Ar-ge ve Danışmanlık Hizmetleri A.Ş (İZLADAŞ) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9. Örnek alınan pamuk parselleri ve buğday örneklerine ait görüntüler

Araştırma tek bir deneme alanında, 3 farklı çalışma olacak şekilde planlanmış ve bu başlıklar altında bulunan parsellerde ortak ölçümler haricinde farklı ölçümler de gerçekleştirilmiştir.

Farklı buğday ve pamuk ekim sistemlerinin kısıtlı su koşullarında verim ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi

Bu başlık altında, ekim sistemleri tam sulama (TS) ve kısıtlı sulama (KS) koşullarında karşılaştırılarak incelenmiştir. Tek-B, Tek-P ve Int-BP sistemlerinin karşılaştırmaları aşağıdaki ölçüm indeksleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Arazi kullanım indeksleri

Land equivalent ratio (LER) olarak bilinen arazi denklik oranı, araya ekim (*intercropping*) yönteminin tek ekim yöntemlerine göre performansını ortaya koymaktadır (van Oort et al., 2020). LER, yetiştiricilik yapılan arazinin ne kadar etkin kullanıldığını değerlendiren en çok kullanılan indekslerden biri olup Mead and Willey (1980)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$LER = (P_{int}/P_{tek}) + (B_{int}/B_{tek})$$

P_{int} : Int-BP pamuk kütlü verimi (kg/ha)

P_{tek} : Tek-P pamuk kütlü verimi (kg/ha)

B_{int} : Int-BP buğday tane verimi (kg/ha)

B_{tek} : Tek-B buğday tane verimi (kg/ha)

Area Time Equivalent Ratio (ATER) olarak bilinen alan zaman denklik oranı araya ekim yönteminde ürünlerin beraber yetiştiği süreyi dikkate almaktadır. Bu nedenle ATER araya ekim avantajlarını LER'e göre daha gerçekçi gösterebilmektedir (Aasim et al., 2008) ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Bantie, 2015; Hiebsch, 1980).

$$ATER = ((P_o \times P_t) + (B_o \times B_t)) / T$$

P_{int} : Int-BP pamuk kütlü verimi (kg/ha)

P_{tek} : Tek-P pamuk kütlü verimi (kg/ha)

P_o : P_{int}/P_{tek}

P_t : Pamuk ekiminden hasadına kadar geçen gün sayısı

B_{int} : Int-BP buğday tane verimi (kg/ha)

B_{tek} : Tek-B buğday tane verimi (kg/ha)

B_o : B_{int}/B_{mono}

B_t : Buğday ekiminden hasadına kadar geçen gün sayısı

T : Toplam birlikte yetiştirilen gün sayısı

Relative Land Output (RLO) olarak bilinen oransal arazi verimi, araya ekimdeki her bir ürünü, tek bir birim altında değerlendirmekte ve aşağıda gösterilen brüt enerji bazlı denklem ile hesaplanmaktadır (Martin-Guay et al., 2018). Bu indeksde, buğday ve pamuk verimleri aynı birim içinde ifade edilmektedir. Bu nedenle buğday ve pamuk verimlerine ait brüt enerji değerleri Guzman et al. (2014) tespit ettiği sırasıyla 13.84 MJ/kg ve 22.23 MJ/kg olan değişim faktörlerine göre hesaplanmıştır.

$$RLO = (EB_{int} + EP_{int}) / [(R_B \times EB_{tek}) + (R_P \times EP_{tek})]$$

EB_{int} : Int-BP buğday verimlerine ait brüt enerji (MJ/ha)

EP_{int} : Int-BP pamuk verimlerine ait brüt enerji (MJ/ha)

EB_{tek} : Tek-B buğday verimlerine ait brüt enerji (MJ/ha)

EP_{tek} : Tek-P pamuk verimlerine ait brüt enerji (MJ/ha)

R_B : Araya ekim parsellerinde buğday kaplı oran

R_P : Araya ekim parsellerinde pamuk kaplı oran

Gross Margin Ratio (GMR) olarak bilinen brüt kazanç oranı, araya ekim sistemini ekonomik olarak kıyaslamak amacıyla belirlenmiştir. GMR, ürün fiyatlarını dikkate alarak optimum ekim sistemini tespit etmede kullanılmaktadır. GMR, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Martin-Guay et al., 2018).

$$GMR = ((P_{int} \times F_P) + (B_{int} \times F_B)) / \text{maks} (P_{tek} \times F_P; B_{tek} \times F_B)$$

P_{int} : Int-BP pamuk kütlü verimi (kg/ha)

P_{tek} : Tek-P pamuk kütlü verimi (kg/ha)

F_P : Pamuk kütlü fiyatı (₺/kg)

B_{int} : Int-BP buğday tane verimi (kg/ha)

B_{tek} : Tek-B buğday tane verimi (kg/ha)

F_B : Buğday tane fiyatı (₺/kg)

Su kullanım etkinliği

Mevcut çalışmada araya ekim sisteminde iki farklı ürün kullanıldığı için ürün bazlı değil sistem bazlı olmak üzere biyokütleye dayalı su kullanım etkinliği [$SKE_{BİY}$ (kg/ton)] ve brüt enerjiye dayalı su kullanım etkinlikleri [SKE_{BE} (MJ/ton)] değerlendirilmiştir. $SKE_{BİY}$, her bir ekim sisteminde ürün farklılığı dikkate alınmaksızın sistemin toplam kuru ağırlığının (toprak üstü) uygulanan su miktarına (yağış + sulama) bölünmesi ile bulunmuştur.

Genellikle araya ekim yöntemlerinde en az iki farklı ürün kullanıldığı için ekim sistemlerine ait su kullanım etkinliklerini daha doğru tespit etmek amacı ile ürün çıktılarını ortak birimde birleştirmek gerekmektedir. Bu nedenle her bir ekim sistemine ait toplam brüt enerjiler (Guzman et al. 2014), yağış ve sulama dahil toplam su miktarına bölünerek SKE_{BE} hesaplanmıştır.

Buğday-pamuk beraber yetiştirme sisteminde, farklı ekiliş yöneylerinin pamuk büyüme ve gelişimine etkilerinin belirlenmesi

Bu başlık altında gerçekleştirilen ölçümler, Kuzey-Güney (K-G) ve Doğu-Batı (D-B) yöneyinde tek pamuk (Tek-P) ve sonradan buğday arasına ekilen pamuk (Int-P) olmak üzere iki farklı pamuk ekim sistemine ait parseller kullanılmıştır. Her parselden temsili 6 pamuk bitkisi işaretlenmiş (Şekil 3.10) ve bu bitkiler üzerinde fizyolojik ve morfolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte ilgili

parsellerde pamuk bitkisine ulaşan ve kanopi altına aktarılan olmak üzere iki farklı ışık şiddeti ölçümü lüks metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. Tek-P ve Int-P parsellerinde örnekleme işlemleri.



Şekil 3.11. Tek-P ve Int-P parsellerinde ışık şiddeti ölçümlerine ait görüntüler.

Fizyolojik ölçümler

Fizyolojik ölçüm olarak önceden işaretlenmiş pamuk bitkilerinde buğday hasadından bir hafta önce ve buğday hasadından iki hafta sonra olmak üzere yaklaşık 22 günlük ara ile iki farklı zamanda yaprak sıcaklığı ve klorofil içeriği ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bitkiye zarar vermeden yapılan bu ölçümler gelişimini tamamlamış en genç yaprak üzerinde uygulanmıştır.

Yaprak sıcaklığı, kızılötesi termometre aracılığı ile ölçümlenirken (Şekil 3.12) anlık hava sıcaklığı Tinytag Plus 2® cihazı ile kayıt edilmiş ve her parsele ait CTD değerleri Ayeneh et al. (2002)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$CTD = T_{\text{hava}} - T_{\text{yaprak}}$$

T_{hava} : Anlık hava sıcaklığı (°C)

T_{yaprak} : Anlık yaprak sıcaklığı (°C)

Bitki yapraklarına zarar vermeden, Konica Minolta – SPAD-502 Plus marka klorofil ölçer cihaz kullanılarak CTD ölçümüne paralel bir şekilde SPAD değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Tek-P ve Int-P parsellerinde anlık hava sıcaklığı, yaprak sıcaklığı ve SPAD ölçümlerine ait görüntüler (2017/18 ve 2019/20).

Morfolojik ölçümler

Fizyolojik ölçümlerde olduğu gibi iki farklı zamanda morfolojik ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılacak olan parsellerde, rastgele 3 farklı pamuk bitkisi seçilmiş ve toprak seviyesinden kesilerek ölçüm yapmak üzere parselden uzaklaştırılmıştır. Toplanan bitki örneklerinin yaprakları anlık olarak ayıklanmış ve daha sonrasında yaprak alanını hesaplamak üzere fotoğraflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Dijital fotoğraflama işleminden sonra yapraklar ve saplar ayrı ayrı kese kağıtlarına yerleştirilmiştir (Şekil 3.13).

Örnekleme işlemi bittikten sonra pamuk yaprak ve sapları Tarla Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarında bulunan etüvde 105°C’de bir gün bırakılmış ve kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Kurutma işleminden sonra, bitki materyalleri tartılarak, bitki toplam kuru ağırlığı (g/bitki) hesaplanmıştır.

Bununla birlikte dijital fotoğraflama ile görüntüleri alınan pamuk yaprakları, Adobe Photoshop CC 2017 yazılımında piksel sayım metodu ile işlenmiş (Şekil 3.13) ve bitkinin toplam yaprak alanı (cm²/bitki) tespit edilmiştir. Ayrıca her

parselden alınan bitki örneklerinde yaprak dijital görüntüleri kullanılarak Yaprak Sayıları (adet/bitki) tespit edilmiştir.



Şekil 3.13. Pamuk yapraklarının örnekleme ve piksel sayım metodu ile işlenmesine ait görüntüler

Elde edilen toplam yaprak kuru ağırlığı, toplam yaprak alanı ve yaprak sayılarından tek yaprak alanı ($\text{cm}^2/\text{yaprak}$), tek yaprak kuru ağırlığı (g/yaprak) ve spesifik yaprak alanı – SYA (cm^2/g) hesaplanmıştır.

Bitki büyüme parametreleri

Buğday hasadı öncesi ve buğday hasadı sonrası olmak üzere iki farklı zamanda alınan pamuk örneklerinden elde edilen veriler ile yaklaşık 22 günlük bir zaman dilimi sonunda farklı yöney ve ekim sistemlerinde pamuk bitkilerinde meydana gelen büyümeler hesaplanmıştır.

Relative Growth Rate (RGR) olarak bilinen oransal büyüme miktarı ($\text{mg}/\text{g}/\text{gün}$), bir bitkinin birim zamanda birim kuru ağırlığının ürettiği kuru ağırlığı ifade etmektedir ve Ghule et al. (2013)'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$RGR = (\ln KM_2 - \ln KM_1) / (z_2 - z_1)$$

RGR: Relative growth rate – Oransal büyüme miktarı (mg/g/gün)

KM₂: İkinci ölçümdeki kuru madde ağırlığı (g/bitki)

KM₁: İlk ölçümdeki kuru madde ağırlığı (g/bitki)

z₂-z₁: Ölçümler arasındaki zaman aralığı (gün)

Net assimilation rate (NAR) olarak bilinen net asimilasyon oranı (mg/cm²/gün) birim yaprak alanının birim zamanda üretebildiği kuru ağırlığı ifade etmektedir ve Ghule et al. (2013)'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$NAR = [(KM_2 - KM_1) / (z_2 - z_1)] \times [(\ln YA_2 - \ln YA_1) / (YA_2 - YA_1)]$$

NAR: Net assimilation rate - Net asimilasyon oranı (mg/cm²/gün)

KM₂: İkinci ölçümdeki kuru madde ağırlığı (mg/bitki)

KM₁: İlk ölçümdeki kuru madde ağırlığı (mg/bitki)

z₂-z₁: Ölçümler arasındaki zaman aralığı (gün)

YA₂: İkinci ölçümdeki yaprak alanı miktarı (cm²/bitki)

YA₁: İlk ölçümdeki yaprak alanı miktarı (cm²/bitki)

Crop growth rate (CGR) olarak bilinen ürün büyüme oranı (g/m²/gün) birim zaman aralığında yetiştiricilik yapılan birim alandan elde edilen kuru ağırlığı ifade etmektedir ve Anbarasi et al. (2017) 'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$CGR = (KM_2 - KM_1) / (z_2 - z_1)$$

CGR: Crop growth rate - Ürün büyüme oranı (g/m²/gün)

KM₂: İkinci ölçümdeki kuru madde ağırlığı (g/m²)

KM₁: İlk ölçümdeki kuru madde ağırlığı (g/m²)

z₂-z₁: Ölçümler arasındaki zaman aralığı (gün)

Radiation use efficiency (RUE) olarak bilinen radyasyon kullanım etkinliği (g/MJ) birim zaman aralığında gelen radyasyonun bitki tarafından ne kadar etkin kullanıldığı hakkında bilgi vermektedir. RUE aşağıdaki birbirini takip eden denklemlere göre tespit edilmiştir (Du et al., 2015).

$$kAFAR_t = 1 - (FAR_g / FAR_a) \quad (\text{Du et al., 2015})$$

$kAFAR_t$: Anlık tutulan fotosentetik aktif radyasyon kesiri

FAR_g : Gelen fotosentetik aktif radyasyon (MJ/m^2)

FAR_a : Aktarılan fotosentetik aktif radyasyon (MJ/m^2)

$$kGFAR_t = 2 kAFAR_t / (1 + kAFAR_t) \quad (\text{Charles-Edwards and Lawn, 1984})$$

$kGFAR_t$: Günlük tutulan fotosentetik aktif radyasyon kesiri

$kAFAR_t$: Anlık tutulan fotosentetik aktif radyasyon kesiri

$$KFAR_t = kGFAR_t \times FAR_g \times 0.5 \quad (\text{Monteith and Unsworth, 1990})$$

$KFAR_t$: Kümülatif tutulan fotosentetik aktif radyasyon (MJ/m^2)

$kGFAR_t$: Günlük tutulan fotosentetik aktif radyasyon kesiri

FAR_g : Gelen fotosentetik aktif radyasyon (MJ/m^2)

$$RUE = \Delta BK / \Delta KFAR_t \quad (\text{George-Jaeggli et al., 2013})$$

RUE: Radiation use efficiency - Radyasyon kullanım etkinliği (g/MJ)

ΔBK : İki ölçüm arası biyokütle değişimi (g/m^2)

$\Delta KFAR_t$: İki ölçüm arası kümülatif tutulan aktif radyasyon farkı (MJ/m^2)

Sürdürülebilir pamuk yetiştiriciliği alternatifi olarak organik pamuk yetiştirme sisteminin değerlendirilmesi.

Bu başlık altında gerçekleştirilen ölçümler 3.3.1’de incelenen verim ve kalite parametreleri olup Tek-P ekim sistemine alternatif olarak organik yetiştirilen pamuk (Org-P) değerlendirmeye alınmıştır. Org-P parsellerine konvansiyonel olarak uygulanan kimyasal ilaç ve inorganik gübreler uygulanmamış, biyostimulant yaprak gübresi ve mekanik mücadele yöntemleri ile kültürel işlemler gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma, 2017/18 ve 2019/20 yetiştirme sezonlarında olmak üzere iki yıllık bir çalışmadır. Küresel bir sorun haline gelen iklim değişikliği neticesinde yetiştirilen ürünlerin verim ve kalitelerinde farklılıklar meydana gelebilmektedir. Mevcut çalışmada Şekil 3.1’de de görüldüğü üzere 2019/20 pamuk yetiştirme sezonunda özellikle Mayıs ayından sonra minimum ve maksimum sıcaklık farkları arasında 2017/18 sezonuna göre dikkate değer bir fark gözükmemektedir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar pamuk fotosentezinin, 45°C ve üzeri hava sıcaklığında işlevini kaybettiğini ifade etmişlerdir (Hake and Silvertooth, 1990; Sage and Kubien, 2007). Bange (2007), pamuk yetiştirme sezonunun başlangıcında ve sonunda artan sıcaklıkların verime olumlu etkilerinin olabileceği gibi yüksek sıcaklığa sahip gün frekansının artmasının pamuk büyüme ve gelişimine olumsuz etki edebileceğini önermişlerdir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar, pamuk büyüme sezonunun ortalarında 35°C üzeri hava sıcaklıklarının, pamuk koza hacmi ve koza tomurcuk sayısına olumsuz etkisinin olabileceğini ortaya koymuşlardır (Pettigrew, 2008; Snider et al., 2010). Bu nedenle, araştırmanın ikinci yılında özellikle pamuk yetiştirme sezonunda 45°C’yi aşan günlük maksimum sıcaklıkların pamuğun büyüme ve gelişimine olumsuz etkide bulunduğu düşünülmektedir.

4.1. Farklı buğday ve pamuk ekim sistemlerinin kısıtlı su koşullarında verim ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi

Araştırmanın birinci başlığında tek buğday (Tek-B), tek pamuk (Tek-P) ve buğday-pamuk intercrop (Int-BP) parsellerinde incelenen verim ve kalite parametreleri ile arazi kullanım indekslerinin Varyans Analiz Tablosu’na ait *P* değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Çizelge 4.1’de bu başlık altında incelenen su, ekim sistemi ve yıl faktörleri kendi içlerinde, ikili ve üçlü interaksiyonlarında olmak üzere önem düzeyleri incelenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde çoğunlukla ekim sistemi ve yıllar arasında istatistiki olarak önemli farklar bulunmakla birlikte su uygulaması ve ekim sistemi interaksiyonu da birçok parametre tarafından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Çalışmanın birinci başlığında iki farklı su miktarı (tam ve kısıtlı su), iki farklı ekim sistemi (tek ve relay strip intercrop) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen parametrelere ait p-değerleri

Bağımsız faktörler	Yıllar (Y)	Su içeriği (W)	Ekim sistemi (C)	Y x W	Y x C	W x C	Y x W x C
BUĞDAY							
Başak Sayısı (adet/m ²)	0.70	0.87	0.30	0.46	0.18	0.16	0.52
Bitki boyu (cm)	0.03*	0.68	0.00**	0.69	0.10	0.56	0.71
Tek bitki verimi (g/bitki)	0.00**	0.04*	0.00**	0.86	0.03*	0.12	0.20
Biyokütle (g/bitki)	0.00**	0.13	0.00**	0.52	0.01*	0.62	0.30
Tane verimi (ton/ha)	0.00**	0.00**	0.00**	0.97	0.26	0.62	0.43
BDA (g)	0.04*	0.00**	0.00**	0.92	0.02**	0.16	0.24
Sedimentasyon (ml)	0.00**	0.12	0.00**	0.86	0.00**	0.65	0.61
Düşme sayısı	0.00**	0.59	0.02*	0.45	0.79	0.27	0.40
Hektolitre ağırlığı (kg/100lt)	0.00**	0.20	0.00**	0.99	0.71	0.05	0.26
Un randımanı (%)	0.00**	0.54	0.00**	0.04*	0.07	0.69	0.80
PAMUK							
Lif randımanı (%)	0.01**	0.00**	0.00**	0.44	0.00**	0.00**	0.55
Lif verimi (kg/ha)	0.01**	0.18	0.00**	0.06	0.00**	0.44	0.01**
Kütlü verimi (kg/ha)	0.01**	0.20	0.00**	0.05*	0.00**	0.80	0.02**
Bitki boyu (cm)	0.65	0.00**	0.01**	0.31	0.75	0.05	0.07
Biyokütle (kg/da)	0.00**	0.01*	0.32	0.97	0.33	0.34	0.78
Koza sayısı (adet/bitki)	0.75	0.00**	0.00**	0.01*	0.55	0.90	0.03*
Mikroner	0.00**	0.01**	0.24	0.34	0.13	0.29	0.24
Mukavemet (g/text)	0.28	0.67	0.74	0.43	0.63	0.59	0.23
Lif uzunluğu (mm)	0.54	0.54	0.54	0.82	0.21	0.07	0.46
Parlaklık	0.00**	0.79	0.01**	0.64	0.05*	0.79	0.42
Üniformite indeksi (%)	0.25	0.56	0.70	0.10	0.67	0.21	0.67
ARAZİ KULLANIM İNDEKSLERİ							
Arazi denklik oranı (LER)	0.01**	0.51	-	0.05*	-	-	-
Alan zaman denklik oranı (ATER)	0.01**	0.58	-	0.11	-	-	-
Brüt kazanç oranı (GMR)	0.00**	0.38	-	0.01**	-	-	-
Oransal arazi verimi (RLO)	0.00**	0.39	-	0.01**	-	-	-

* 0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli

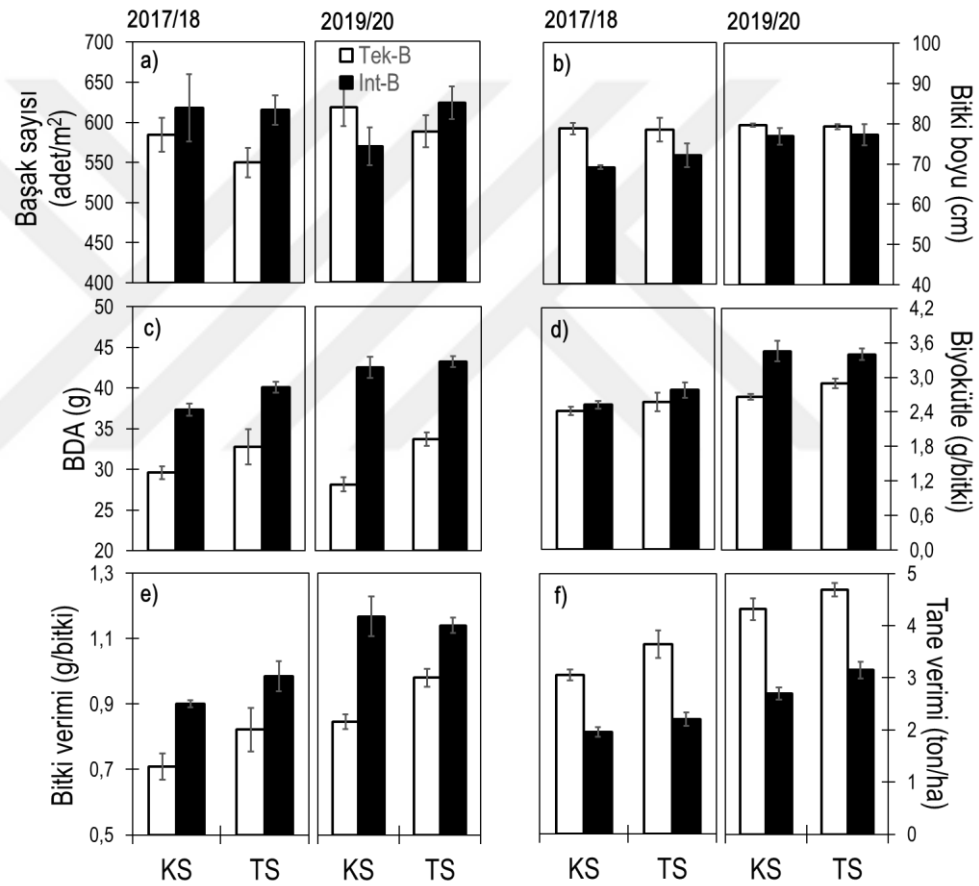
4.1.1. Verim ve verim parametreleri

Buğday

Araştırmada, tüm uygulamalarda, başak sayısı istatistiki olarak önemli bir fark göstermese de (Bkz. Çizelge 4.1) her iki yılda da Int-B parsellerinde Tek-B'e göre genelde yüksek değerler gözlemlenmiştir (Şekil 4.1a). Int-B parsellerinde pamuk için bırakılan boşluklar nedeni ile boşluk tarafında kalan buğday sıraları özellikle radyasyon olmak üzere bitki besin maddesi, su vb. kaynaklara daha fazla

ulaşabilmektedir. Bu durum Int-B parsellerinin daha fazla fertil kardeş sayısına ve dolayısıyla tüm faktörlerin ortalaması olarak her ne kadar istatistiki olarak önemsiz bulunsa da %4 daha fazla başak sayısına ulaşmasına sebep olmuştur.

Zhu et al. 2016 buğdayı mısır ile intercrop yetiştirdikleri çalışmalarında benzer şekilde kenarda kalan sıraların, içerde kalan buğday sıralarına göre önemli derecede daha fazla kardeş sayısına ulaştığını ifade etmişlerdir. Ayrıca Khan ve Khaliq (2005), buğday-pamuk araya ekim üzerine yürüttükleri çalışmalarında tek buğday ekimine göre araya ekilen buğdayın %6 daha fazla bitki yoğunluğuna ve %21 daha fazla fertil kardeş sayısına sahip olduğu sonucuna varmışlardır.



Şekil 4.1. Farklı su miktarları (tam su: TS ve kısıtlı su: KS) ve farklı ekim sistemlerinin (tek ekim buğday: Tek-B ve sonradan araya ekim sisteminde buğday: Int-B) buğday bitkisinde, başak sayısı (a), bitki boyu (b), BDA (c), biyokütle(d), bitki verimi (e) ve tane verimi (f) üzerine etkisi.

Çalışmada başak sayısından farklı olarak bitki boyunda yıllar ve ekim sistemleri arası farklar önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). Araştırmanın ikinci yılında ortalama olarak buğday boyu 78.2 cm olarak kaydedilirken, ilk yıl 74.5 cm olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın ikinci yılda Int-B bitki boyundaki artıştan

kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 4.1b). Intercrop sistemlerde arada bırakılan boşluklar nedeni ile kenarda kalan bitkilerde güneş ışığı alt ve üst yapraklara daha homojen bir şekilde yayılır (van Oort et al., 2020). Bitkiler bulundukları koşullarda yaprakların fotosentezi için optimum ışık alma eğilimindedir ve ışığın yetersiz olduğu durumda fototropizm adı verilen ışığın olduğu yöne göre büyüme süreci gerçekleşmektedir (Taiz and Zeiger, 2002).

Mevcut çalışmada Int-B, çevresel kaynakları özellikle güneş ışığını daha homojen ve yeterli miktarda alabildiği için Tek-B'a göre yaklaşık 5 cm daha kısa olarak ortalama 73.8 cm bitki boyuna sahip olurken Tek-B optimum ışığa ulaşabilmek için bitki boyunu uzatmaya yönelerek ortalama 78.9 cm bitki boyuna ulaştığı tespit edilmiştir. Benzer bir şekilde Singh and Aulakh (2017) ve Arora et al. (2016) yaptıkları çalışmalarında intercrop sistemindeki buğday boylarının tek buğday boylarına göre önemli derecede daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Mevcut çalışmada BDA ayrı ayrı; yıl, su miktarları ve ekim sistemlerinde istatistiki olarak farklı olmakla birlikte yıl ve ekim sistemi interaksyonu önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). İlk yıl ortalama BDA 35.0 g tespit edilirken ikinci yıl yaklaşık %5 artarak 36.9 g olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.1c). Bu durumun ikinci yılda, buğdayın generatif dönemine denk gelen Mayıs ayının, ilk yıla göre daha fazla yağış almasından (Bkz. Şekil 3.1) ve yeterli su miktarına ulaşabilen buğdayın tanelerinin daha iri olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Tane doldurma süreci boyunca meydana gelen kuraklığın, BDA'da düşüşe yol açtığı ifade edilmiştir (İştipliler et al., 2017). Benzer bir şekilde Mollasadeghi et al. (2011) yürüttükleri çalışmalarında kurak koşulların BDA'da düşüşe yol açtığını tespit etmişlerdir.

Her ne kadar buğday parsellerinde sulama uygulaması gerçekleştirilmemiş olsa da intercrop parsellerde pamuk için gerçekleştirilen sulama farklılıkları buğday BDA'nda önemli değişimlere neden olmuştur. Tam su parsellerine ait olan buğday bitkilerinin ortalama BDA'ı 37.5 g bulunurken kısıtlı su parsellerinde ise bu değer 34.4 g olarak kayıt edilmiştir. Bu durumda intercrop parsellerinde pamuk için gerçekleştirilen %13 lük bir su kısıtlamasının buğday parsellerinde ortalama BDA'da yaklaşık %8 oranında düşüşe neden olduğu görülmektedir. Noor et al. (2022), yürüttükleri çalışmalarında, sapa kalkma dönemi ve sonrası buğdayın su tüketiminin azalması ile BDA'da düşüşün ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

BDA'da meydana gelen en yüksek farklılık ise ekim sistemleri arasında meydana gelmiştir (Bkz. Şekil 4.1c). Int-B'nin BDA ağırlığı ortalama 40.8 g olarak kaydedilirken, Tek-B'nin BDA'ndan yaklaşık %31 oranında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, bitki boyu ve başak sayısı parametrelerinde olduğu gibi Int-B'nin kaynaklara daha etkin ulaşabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkiler, ışık (Egan and Ransom, 1996), toprak nemi (Humphries et al., 2004) ve bitki besin maddesi (Aziz et al., 2015) bakımından sürekli rekabet halindedir. Int-B parsellerinde, pamuk için sağlanan boşluklar nedeni ile bu rekabet Tek-B parsellerine göre daha az olduğu için Int-B'ya ait ortalama BDA'yı daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde, Singh et al. (2019) intercrop buğday-mercimek ekim sistemini inceledikleri çalışmalarında, intercrop buğdayın daha yüksek dane verimine sahip olmasını, BDA gibi verim parametrelerindeki artıştan kaynaklandığını ifade etmiştir.

Mevcut çalışmada, Int-B'nin BDA'daki artışı ilk yıl yaklaşık %24 olurken, ikinci yılda bu artış yaklaşık %38 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.1c). İkinci yılda intercrop buğdayın BDA'da meydana gelen bu önemli artışın, yukarıda bahsedilen, denemenin ikinci yılında gerçekleşmiş olan ve generatif döneme denk gelen yağıştan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Uygulamalar sonucu, biyokütle parametresinde meydana gelen farklılıklar, BDA parametresine benzer şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 4.1d). Biyokütle değerleri, ilk yıl ve ikinci yıl olmak üzere sırasıyla ortalama 2.6 g/bitki ve 3.1 g/bitki olarak belirlenmiştir. Ekim sistemleri arası önemli farklılıkların olduğu gözlemlenmiş olup, Tek-B biyokütlesinin 2.6 g/bitki, Int-B biyokütlesinin ise 3.0 g/bitki olduğu tespit edilmiştir. Yaklaşık %15 lik bu artışın BDA ağırlığındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmüştür. Ebrahimi et al. (2016), buğday-kolza intercrop sistemini inceledikleri çalışmalarında, intercrop buğday biyokütlesinin, tek ekim biyokütlesinden önemli derecede yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tek bitki verimi de BDA ve biyokütle ile istatistiki olarak benzer eğilime sahip olmuştur (Şekil 4.1e). Farklı olarak, su uygulamasının tek bitki veriminde meydana getirdiği farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). Ortalama tek bitki verimi, ilk yıl (0.85 g/bitki) ikinci yıla (1.1 g/bitki) göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Bu durumun, temel verim parametresi olan BDA'daki benzer farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda tam su koşullarında yaklaşık %10 artan ortalama tek bitki verimi, kısıtlı su koşulları ile kıyaslandığında istatistiki bir fark gözlemlenmiştir.

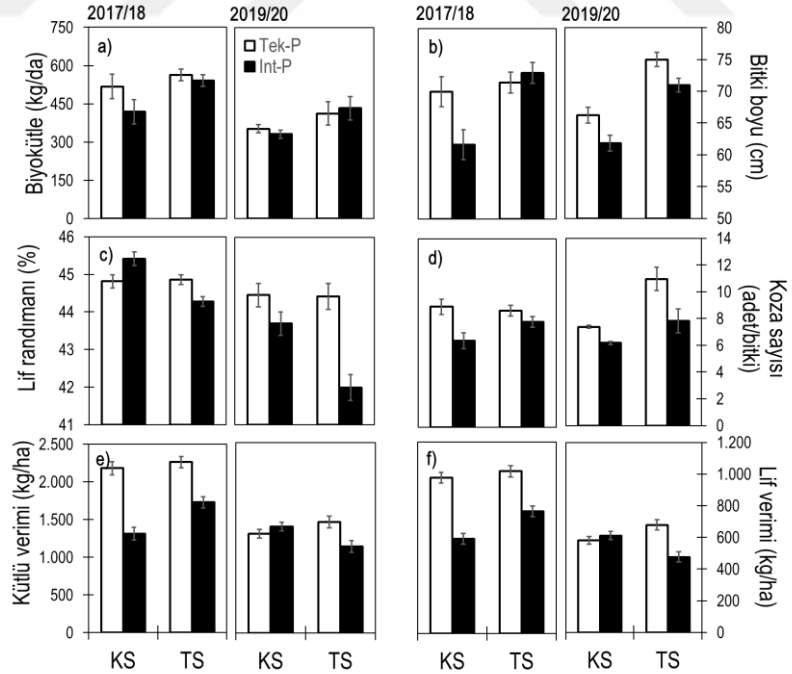
Tek ekime nazaran, intercrop ekimdeki bitki verim avantajının temel olarak ışık, su ve besin maddesi gibi kaynakların etkin kullanımından dolayı olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Liu et al., 2006a). Bununla paralel olarak, mevcut çalışmada Tek-B ortalama tek bitki verimi 0.84 g/bitki bulunurken, Int-B ortalama tek bitki verimi 1.11 g/bitki olarak yaklaşık %32 daha yüksek değere sahip olduğu saptanmıştır. Buğdayın, mısır ve soya ile intercrop yetiştirildiği araştırmalarda buğday kenar tesiri iç taraftaki buğdaylara göre önemli derecede daha yüksek bitki verimine sahip olduğu ortaya konulmuştur (Li et al., 2001; Zhang and Li, 2003). Benzer şekilde, Zhang et al. (2007), incelediği buğday-pamuk intercrop sisteminde kenar tesiri verimini orta sıralardaki buğday verimine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada, Int-B’da, etkin kaynak kullanımından kaynaklı, bitki başına düşen buğday veriminde artış kaydedilmiştir. Int-B’deki bu tek bitki verimi artışı, ilk yıl yaklaşık %24 olurken, ikinci yıl yaklaşık %41 oranında gerçekleşmiştir.

Tane verimi, yıllar bazında incelendiğinde, ikinci yıl yaklaşık %37 oranında önemli bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, yukarıda bahsedildiği gibi verim parametrelerindeki artışa paralel bir eğilim sergilemiştir (Şekil 4.1f). Farklı su miktarları, her ne kadar pamuk parsellerine uygulansa da Int-BP parsellerinde uygulanan su miktarı farklılıkları, Int-B tane verimini etkileyerek su faktöründe istatistiki olarak önemli bir varyasyona neden olmuştur (Bkz. Çizelge 4.1).

Yetiştiricilik yapılan alan baz alınarak hesaplanan tane veriminde, tek buğday verimindeki artışa rağmen buğday tane veriminde genel bir düşüş olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.1f). Bu düşüş Int-BP ekim dizaynından (Bkz. Şekil 3.2) kaynaklı olarak gerçekleşmiştir. Int-BP parsellerinde toplam alanın yarısını buğday diğer yarısını ise pamuk kaplamıştır. Int-BP parsellerinde, birim buğday alanında %50 azalış olmasına karşın, buğday tane veriminde meydana gelen kayıp, ortalama %36 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, Int-BP sisteminde, yukarıda da bahsedildiği üzere birim alanda buğday verimindeki performans yüksekliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut çalışmada, Tek-B tane verimi 3.9 ton/ha bulunurken, Int-B tane verimi ise Tek-B tane veriminin yaklaşık %64’ü kadar olmuştur. Bu sonuca benzer şekilde Zhang et al. (2007) yaptıkları çalışmalarında intercrop buğday verimini, tek buğday veriminin yaklaşık %70-79’u olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, birçok araştırmacı buğdayın farklı ürünler ile intercrop ekimini incelediği çalışmalarında tek ekime göre intercrop buğday veriminde önemli düşüşler olduğunu bildirmişlerdir (Gooding et al., 2007; Zhang et al., 2008a).

Pamuk

Mevcut çalışmada, yıllar ve su uygulaması pamuk biyokütlesini dikkate değer bir şekilde etkilemiştir (Bkz. Çizelge 4.1, Şekil 4.2a). Pamuk biyokütlesi, ilk yıl 510 kg/da hesaplanırken, ikinci yıl pamuk biyokütlesinde yaklaşık %25 düşüş meydana gelerek 382 kg/da olarak gerçekleşmiştir. İkinci yılda gerçekleşen biyokütle düşüşünün, yukarıda bahsedildiği üzere o yıla ait iklim koşullarında meydana gelen anormalliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte pamuk parsellerine uygulanan farklı su uygulamaları istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmuştur. Toplam su miktarının, tam su uygulamasına (487 kg/da) göre yaklaşık %13 daha az olduğu kısıtlı su uygulamasında (405 kg/da), biyokütle ağırlığındaki düşüş yaklaşık %17 olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Cakalogullari et al. (2020) da %32'lik su kısıtlaması uyguladıkları pamuk parsellerinde yaklaşık %36 daha az pamuk biyokütlesi tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada alınan sonuçlara göre, intercrop ekim sisteminin pamuk biyokütlesine istatistiki olarak önemli bir etkisi olmasa da yaklaşık %7 bir biyokütle azalışına neden olduğu gözlemlenmiştir. Zhang et al. (2007) buğday-pamuk *relay strip intercropping* yöntemini araştırdıkları çalışmalarında, intercrop pamuk biyokütlesinde dikkate değer bir azalış olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 4.2. Farklı su miktarları (tam su: TS ve kısıtlı su: KS) ve farklı ekim sistemlerinin (tek ekim pamuk: Tek-P ve sonradan araya ekim sisteminde pamuk: Int-P) pamuk bitkisinde, biyokütle (a), bitki boyu (b), lif randımanı (c), koza sayısı (d), kütlü verimi (e) ve lif verimi (f) üzerine etkisi.

Bitki boyu, pamuk verimini belirleyen verim parametrelerinden birisidir. Bitki boyu, mevcut çalışmada, yıllar arası bir farklılık göstermemiş olup, su uygulaması ve ekim sistemi uygulamasında istatistiki olarak kayda değer değişimler tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1, Şekil 4.2b). Tam sulamanın uygulandığı parsellerde, pamuk ortalama bitki boyu 73 cm tespit edilirken, su miktarındaki kısıtlama neticesinde ortalama bitki boyu %11’lik önemli bir düşüş ile 65 cm olarak kaydedilmiştir. Önceki çalışmalarda da su kısıtlamasının, pamuk bitki boyunu olumsuz yönde etkilediğine dair sonuçlar bulunmaktadır (Cakalogullari et al., 2020; Yang et al., 2015).

Pamuğun intercrop olarak yetiştirilmesinin, bitki boyuna olumsuz etkisi olduğu önceki çalışmalarda da ifade edilmiştir (Iqbal et al., 2007). Mevcut çalışmada da *relay strip intercrop* ekim sistemi, pamuk bitki boyunu 67 cm’e düşürerek, tek ekim pamuk bitki boyuna (71 cm) göre yaklaşık %6’lık önemli bir azalışa neden olmuştur. *Relay strip intercropping* yöntemi ile sonradan buğdayın arasına ekilen pamuklar erken fide döneminde en başta güneş ışığı olmak üzere buğday ile rekabet halinde olurlar (Zhang et al., 2007; Zhang et al., 2008b). Buğdayın yapmış olduğu gölgeleme etkisi, toprak sıcaklığını düşürdüğü (Zhang et al., 2008b) için çimlenmede gecikmeye ve çıkış sonrası da fide gelişiminde yavaşlamaya (Zhang et al., 2008c) neden olmaktadır. Bu nedenle, bitki boyunun tek ekim pamuğa göre daha kısa olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Ma et al. (2020), buğdayın arasında relay strip intercrop olarak mısırı yetiştirdiği sistemde, mısır bitki boyunun önemli derecede düştüğünü gözlemlemişlerdir. Bunun sebebini ise rekabet halinde olduğu buğday bitkisinin, daha erken ekildiği ve böylece kaynaklara ulaşma bakımından daha avantajlı olduğuna dayandırmışlardır.

Lif randımanı, lif verimini belirleyen verim bileşenlerinden birisi olarak kabul edilmektedir (Bednarz et al., 2007; Worley et al., 1974). Mevcut çalışmada, lif randımanı bakımından, tüm faktörler kendi içlerindeki farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). Lif randımanı bakımından yıllar arasında fark önemli bulunmuş ve ikinci yıl lif randımanı yaklaşık %3 daha düşük gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, mevcut sonuçlara göre su kısıtlaması ortalama lif randımanını yaklaşık %2 oranında arttırmıştır (Şekil4.2c). Pamukta su kısıtlamasının, lif randımanında bir miktar artışa neden olsa da istatistiki düzeyde önemli bir değişme neden olmadığı önceki çalışmada ortaya konulmuştur (Cakalogullari et al., 2020). Zhi et al. (2019), intercrop pamuk ve tek pamuk lif randımanları arasında önemli bir fark bulunmadığını, ancak intercrop pamuk lif randımanının hafif bir düşüş gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Koza sayısı, pamuk araştırmalarında önemli verim bileşenlerden biri olarak ifade edilmektedir (Ritchie et al., 2009; Sharma et al., 2015; Witt et al, 2018;). Mevcut çalışmada, koza sayısı bakımından yıllar arası önemli bir fark gözlemlenmezken, su miktarı ve ekim sistemi faktörlerinde önemli bir fark tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1). Yağış ve sulamalardaki farklılıklar, pamuk koza sayısını büyük oranda etkilemektedir (Schaefer et al., 2018). Mevcut çalışmada, su miktarındaki %13'lük kısıtlama ortalama koza sayısında %18'lik önemli bir düşüşe yol açmıştır. Benzer bir şekilde, Hussein et al. (2011), gerçekleştirdikleri su kısıtlaması neticesinde, pamukta koza sayısında, açık bir azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Buğday-pamuk *relay strip intercropping* sisteminde, buğdayın gölgelemesinden dolayı, pamuk gelişiminde belirgin bir gecikme olmaktadır (Du et al., 2016). Gecikme, generatif sürece de yansıdığı ve bu dönemde kısılmasına neden olduğu için koza sayısı azalmakta ve lif verimi olumsuz etkilenmektedir (Zhi et al., 2019). Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre, *intercrop* ekim sistemi ortalama koza sayısında dikkate değer bir azalışa sebep olmuştur (şekil 4.2d). Tek-P pamukları, yaklaşık 9 adet/bitki kozaya sahip olurken, Int-P pamukları 7.1 adet/bitki ile önemli bir düşüş sergilemiştir. Zhang et al. (2008b), yürüttükleri çalışmalarında *relay strip intercrop* pamuk ekiminin koza sayısını önemli ölçüde düşürdüğünü ortaya koymuştur. Bu düşüşün, buğday gölgelemesinden kaynaklı toprak sıcaklığındaki düşüşten kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Mevcut çalışmada hem kütlü hem de lif veriminde uygulanan su faktörü istatistiki olarak önemli değilken, yıllar ve ekim sistemleri arası fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). Bununla birlikte, kütlü ve lif veriminin, Yıl x Su Uygulaması x Ekim Sistemi üçlü interaksiyonu da dikkate değer olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada, kütlü ve lif verimlerinde meydana gelen farklılıklar sırasıyla şekil 4.1e ve şekil 4.1f'de gösterilmiştir. Pamuk üretiminde kütlü verimi; sulama, gübreleme, zirai mücadele ve hasat gibi kültürel işlemlerin yanı sıra iklim ve toprak koşullarına göre de değişiklik gösterebilmektedir (Kıllı, 2005). Birinci yıl, ortalama pamuk kütlü ve lif verimi sırasıyla 1.871 kg/ha ve 838 kg/ha bulunurken, ikinci yıl sırasıyla %30 ve %29 düşüş meydana gelmiştir. Isı stresi, her ne kadar pamuğın her döneminde bitkiye zarar verse de pamuk bitkisi generatif dönemde yüksek sıcaklıklara daha hassastır (Snider et al., 2009). Bu nedenle verim kaybının ikinci yıl pamuk yetiştirme sürecinin, özellikle generatif dönemi boyunca maksimum sıcaklıklardaki fotosentezi etkiler derecede artıştan kaynaklandığı düşünölmektedir (Bkz. şekil 3.1).

Buğday ve pamuğun *relay strip intercropping* yöntemi ile yetiştirildiği sistemlerde, pamuk veriminde önemli bir düşüşün meydana geldiği birçok çalışmada ortaya koyulmuştur (Zhi et al., 2019; Zhang et al., 2008b; Zhang et al., 2007). Mevcut çalışmada da Tek-P kütlü verimi, ortalama 1.802 kg/ha tespit edilirken, Int-P kütlü verimi yaklaşık %23 azalarak, ortalama 1.394 kg/ha değerine düşmüştür. Benzer şekilde, lif veriminde de Int-P (612 kg/ha) 'da Tek-P (813 kg/ha)'a göre %25 daha düşük olduğu kaydedilmiştir. *Relay strip intercropping* sistemde, önceden ekilen buğday bitkileri, sonradan araya ekilen pamuk fidelerini gölgelemekte hem kanopi hem de toprak sıcaklığında azalmaya neden olmaktadır (Zhang et al., 2008b). Pamuğun yetiştigi bu alanda oluşan mikroklima ve buğday ile olan su ve besin maddesi rekabeti, pamuk büyümesinde yavaşlamaya ve generatif döneme geçişte gecikmeye neden olarak pamuk veriminde düşüşe yol açabilmektedir (Du et al., 2016; Vandermeer, 1989; Zhang et al., 2008b). Çiftçilerin, geniş bir coğrafyada, *relay strip intercropping* yöntemi ile buğday ve pamuk yetiştirdiği Çin'in Huang-Huai-Hai ovasında, 1959 yılından bu yana, bu sistemde pamuğun ortalama kütlü veriminin, tek ekim pamuk ortalama kütlü veriminin kabaca %88'i kadar olması (Dai and Dong, 2014) bu düşüşü doğrular niteliktedir.

Mevcut araştırmada; yıl, su miktarı ve ekim sistemi faktörlerinin etkileşimi hem kütlü hem de lif veriminde önemli değişikliklere neden olmuştur. Şekil 4.2e ve Şekil 4.2f'de görüldüğü üzere, ikinci yılda özellikle pamuğun generatif döneminde meydana gelen sıcaklık artışı ve suyun kısıtlandığı koşullarda, kütlü ve lif verimi bakımından Int-P, Tek-P'ye göre daha avantajlı olmuştur. *Intercrop* sistemlerin rüzgârı yumuşattığı, gölge sağladığı ve toprak infiltrasyonunu arttırdığı, bu sayede toprak nemi muhafaza edip ve toprak yapısını geliştirdiği ifade edilmiştir (Yıldırım and Ekinci, 2017). Aynı zamanda, önceki çalışmalar intercrop sistemlerin ışık tutulumunu geliştirdiği, gölgelemeyi arttırdığı ve böylece düşük toprak evaporasyonu ile topraktaki suyu muhafaza ettiğini rapor etmişlerdir (Ghanbari et al., 2010). Bununla birlikte mevcut çalışmada da suyun kısıtlandığı ve özellikle pamuğun generatif döneminde sıcaklığın arttığı koşullarda *relay strip intercropping* sisteminin pamuk için avantaj sağladığı düşünülmektedir.

4.1.2. Kalite parametreleri

Buğday

Zaman içerisinde, tüketici taleplerindeki değişimler ve gıda teknolojisindeki yeni gelişmeler, buğday veriminde olduğu kadar, buğday kalitesinin de önemini öne çıkarmıştır (Cevher, 2020). Buğday yetiştiriciliği, genellikle tane verimi üzerine odaklanmış, ancak son yıllarda daha fazla üretmenin yanı sıra ürün kalitesini geliştirmek de büyük önem kazanmıştır (Welch and Graham, 1999). Mevcut araştırmanın bu başlığı altında, buğdayın ekmeklik kalitesi hakkında bilgi veren; sedimantasyon, düşme sayısı, hektolitre ağırlığı ve un randımanı parametreleri incelenmiştir. İncelenen tüm buğday kalite parametrelerinde, yıllar ve ekim sistemlerin arasındaki farklar ayrı ayrı istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bunun yanı sıra, sedimantasyon ve un randımanı parametrelerinde, sırasıyla Yıl x Ekim Sistemi ve Yıl x Su Miktarı interaksiyonlarının önemli olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1).

Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO), ekmeklik buğday kalite kriterlerine göre, sedimantasyon değeri 37 ml üzeri çok iyi, 31-36 ml iyi, 22-30 ml orta ve 22 ml'den aşağısı düşük kalite olarak sınıflandırılmıştır (Cevher, 2020). Yüksek sedimantasyon değeri, yüksek glüten içeriği ve daha iyi glüten kalitesini göstermektedir (Hrušková and Faměra, 2003). Araştırmada ilk yıl ortalama sedimantasyon değeri 23.9 ml bulunurken, ikinci yıl 31.2 ml olarak gerçekleşmiştir. İkinci yılda, Tek-B ve Int-B sedimantasyon değerleri arasında dikkate değer bir fark görülmemiştir. Bununla birlikte, ilk yıl hem Tek-B hem de Int-B sedimantasyonu ikinci yıla göre daha düşük bulunmuş, bu düşüş Int-B sedimantasyonunda daha sert gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2). Spanic et al. (2021), fusarium başak yanıklığının buğday sedimantasyonuna etkilerini incelediği çalışmalarında, önceki çalışmalarda (Gartner et al., 2008) olduğu gibi hastalığın sedimantasyon değerini önemli ölçüde düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Aynı zamanda, süne zararının da buğday sedimantasyon değerini olumsuz etkilediğini ifade eden çalışmalar da literatürde mevcuttur (Dizlek and Islamoglu, 2014; Kinaci and Kinaci, 2004). Bu nedenle ilk yılda sedimantasyon değerinde meydana gelen genel düşüşün hastalık ve zararlı etkisinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. İki farklı su miktarı (tam ve kısıtlı su), iki farklı ekim sistemi (tek ve relay strip intercrop) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen buğday kalite parametrelerine ait değerler

BUĞDAY UNU KALİTE PARAMETRELERİ	2017-18			
	TS		LS	
	Tek-B	Int-B	Tek-B	Int-B
Sedimentasyon (ml)	28 ± 1.7	18 ± 0.8	29 ± 0.6	21 ± 1.1
Düşme sayısı	519 ± 6	490 ± 7	536 ± 8	502 ± 16
Hektolitreye ağırlığı (kg/100lt)	78 ± 1.9	81 ± 0.9	75 ± 1.1	82 ± 0.7
Un randımanı (%)	30 ± 0.8	34 ± 0.7	29 ± 0.3	33 ± 1.0
2019-20				
Sedimentasyon (ml)	31 ± 0.8	30 ± 1.0	32 ± 1.5	32 ± 0.6
Düşme sayısı	560 ± 10	557 ± 21	579 ± 18	532 ± 14
Hektolitreye ağırlığı (kg/100lt)	75 ± 1.5	79 ± 1.1	73 ± 0.6	78 ± 0.4
Un randımanı (%)	21 ± 0.8	23 ± 0.8	23 ± 0.8	25 ± 0.6

Buğdayda, ekmeklik un kalitesini belirleyen önemli parametrelerden bir diğeri de düşme sayısı olup, buğday tanesinin α -amilaz aktivitesi hakkında bilgi vermektedir (Spanic et al., 2021). Mevcut çalışmada ilk yıl ortalama düşme sayısı 512 tespit edilirken, ikinci yıl yaklaşık %9 oranında önemli bir artış ile 557 değerine ulaşmıştır. Ekim sistemleri incelendiğinde, Int-B (520) düşme sayısı değeri Tek-B (549) göre yaklaşık %5 azalmıştır. Int-B düşme sayısındaki bu azalış, sedimentasyondaki düşüşün aksine her iki yılda da benzer şekilde gerçekleşmiştir (Bkz. Çizelge 4.2).

Hektolitreye ağırlığı, buğdayın fiziksel kalitesini gösteren önemli parametrelerden biridir (Manley et al., 2009). Birçok araştırmacı, hektolitreye ağırlığının buğday un veriminin göstergesi olduğunu ifade etmektedir (Halverson and Zeleny, 1988; Gooding and Davies, 1997; Posner and Hibbs, 2005). Mevcut çalışmada, ilk yıl ortalama hektolitreye ağırlığı 79 kg/100lt olarak bulunurken, ikinci yıl yaklaşık %4 oranında önemli bir düşüş ile 76 kg/100lt olarak kaydedilmiştir. Bununla birlikte, *intercrop* ekim sistemi hektolitreye ağırlığında dikkate değer etki yaratmıştır. Int-B hektolitreye ağırlığı, ortalama 80 kg/100lt bulunmuş ve Tek-B ortalama hektolitreye ağırlığından (75 kg/100lt) yaklaşık %7 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Flesch (1994), buğday-soya *relay intercropping* sistemi ile ilgili yürüttükleri araştırmalarında *intercrop* ekimin buğday hektolitreye ağırlığında azda olsa bir artış sağladığını ifade etmişlerdir. TMO'ya göre hektolitreye ağırlığı, 80 kg/100lt'den büyük ise çok iyi, 78-79.9 kg/100lt iyi, 76-77.9 kg/100lt orta ve 76 kg/100lt'den az ise düşük kaliteli olarak sınıflandırılmaktadır (Cevher, 2020). Bu

durumda, intercrop ekim sisteminin hektolitre ağırlığında gerçekleştirdiği iyileştirme etkisinin, buğday kalitesinde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Un randımanı değirmen sonrası elde edilecek unun kalitesi hakkında bilgi veren önemli bir kalite parametresidir. Araştırmada yıllar arası un randımanı istatistiki olarak farklı bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). İlk yıl ortalama un randımanı yaklaşık %32 kayıt edilirken ikinci yıl ortalama yaklaşık %23 tespit edilmiştir. Bununla birlikte her iki yılda da Int-B un randımanları Tek-B'a göre daha yüksek bulunmuş ve bu durumun artan BDA ve hektolitre ağırlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Araştırmanın iki yıllık sonuçlarına göre buğdayın ekmeklik un kalitesi *relay strip intercrop* ekim sisteminden olumlu yönde etkilenmiştir. Bunun en büyük sebebi ise sistemin sağladığı imkanlar sayesinde güneş ışığı, su ve besin maddesi gibi kaynakların etkin kullanımı sayesinde yukarıda bahsedildiği üzere tane özelliklerinin gelişmesi ve dolaylı olarak un kalitesine olumlu etki etmesidir. Gıda sanayinde un kalitesi anahtar faktördür ve genellikle *intercrop* ekim sistemi ile üretilen buğdayın kalitesi değişkenlik göstermektedir (Mamine and Fares, 2020).

Pamuk

Araştırmada, ele alınan pamuk kalitesi parametreleri arasından, uygulamalar sonucunda, sadece mikroner ve parlaklık değerlerinde istatistiki olarak farklılık oluşmuştur (Bkz. Çizelge 4.1). Diğer kalite parametreleri olan mukavamet, lif uzunluğu ve tekdüzelik indekisinde uygulamalar arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.3). Benzer şekilde, Zhang et al. (2007), pamuk lif kalite özelliklerinden; lif uzunluğu, mukavemeti ve tekdüzelik indeksinin intercrop ekimden önemli derecede etkilenmediğini, ancak mikroner değerinin düşük düzeyde ama önemli bir şekilde *intercrop* pamukda düşüş gösterdiğini ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada da mikroner değeri ekim sistemleri bakımından her ne kadar istatistiki olarak önemli bulunmasa da intercrop ekim sisteminin ortalama mikroner değerinde yaklaşık %3 oranında düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, pamuk fiyatını belirleyici kalite parametrelerinden biri olan parlaklık, *intercrop* ekim sisteminde, az ancak istatistiksel olarak önemli bir düşüş göstermiştir.

Çizelge 4.3. İki farklı sulama miktarı (tam ve kısıtlı su), iki farklı ekim sistemi (tek ve relay strip intercrop) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen pamuk kalite parametrelerine ait değerler

PAMUK LİF KALİTE PARAMETRELERİ	2017-18			
	TS		LS	
	Tek-P	Int-P	Tek-P	Int-P
Mikroner	4.9 ± 0.1	4.9 ± 0.1	5.1 ± 0.2	5.1 ± 0.1
Mukavemet (g/tex)	31.7 ± 1.0	32.2 ± 1.0	31.9 ± 0.7	31.6 ± 0.5
Lif uzunluğu (mm)	28.3 ± 0.2	27.5 ± 0.3	27.7 ± 0.2	27.8 ± 0.2
Parlaklık	77.1 ± 0.4	75.8 ± 0.6	77.2 ± 0.3	75.6 ± 0.3
Tekdüzelik indeksi (%)	85.3 ± 0.3	84.4 ± 0.5	84.3 ± 0.3	84.6 ± 0.5
	2019-20			
Mikroner	4.7 ± 0.3	4.1 ± 0.3	4.9 ± 0.1	4.8 ± 0.1
Mukavemet (g/tex)	33.0 ± 0.4	31.3 ± 0.6	32.6 ± 1.0	33.6 ±1.0
Lif uzunluğu (mm)	27.8 ± 0.0	27.7 ± 0.2	27.5 ± 0.2	27.8 ± 0.3
Parlaklık	78.3 ± 0.4	77.8 ± 0.4	78.2 ± 0.3	78.3 ± 0.5
Tekdüzelik indeksi (%)	84.0 ± 0.0	83.7 ± 0.5	84.5 ± 0.4	84.8 ± 0.4

Kaliteli pamuk lifinin mikroner değeri 3.8-4.9 arasında değişiklik göstermekte, bu değerlerden yüksek mikroner değeri düşük kaliteyi belirtmektedir (Zhang et al., 2007). Mevcut çalışmada, uygulanan su kısıtlaması sonucu, mikroner değeri, ortalama %6 artış göstermiş ve 5.0 değerine yükselmiştir. Bununla birlikte, ilk yıl ortalama mikroner değeri 5.0 bulunurken, ikinci yıl düşüş göstererek ortalama 4.6 olarak tespit edilmiştir. Yıl ve ekim sistemi faktörlerinin etkileşimi ile lif parlaklığında istatistiki olarak önemli farklılıklar gerçekleşmiştir. Araştırmanın ilk yılında *intercrop* ekim sistemi, pamuk lifinin parlaklığında yaklaşık %2 düşüşe neden olurken, ikinci yılda ekim sistemleri benzer parlaklık değerlerine sahip olmuştur.

4.1.3. Arazi kullanım indeksleri

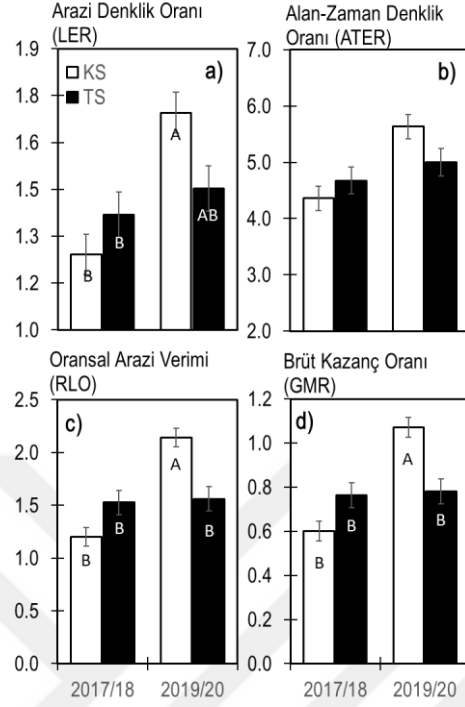
Daha etkin alan kullanımı ve üretimin optimize edilmesi amacıyla, aynı alanda ve aynı zaman diliminde, iki veya daha fazla bitkinin yetiştirilmesi, ileri bir agronomik teknik olarak kabul edilen, *intercropping* yöntemi sayesinde mümkün olmaktadır (Aziz et al., 2015). *Intercrop* sistemlerde ürün verimliliği; kullanılan çeşit, bitki yoğunluğu, ekim dizaynı, yetiştirilen sezon ve sulama, gübreleme vb. kültürel işlemlere bağlıdır (Tsubo et al., 2003). Bununla birlikte, intercrop ekim sistemi verimliliğinin, tek bitki ekim sistemine göre genellikle daha yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Sultan et al., 2012, Lithourgidis et al.,

2007; Dahmardeh et al., 2009). Mevcut çalışmada, arazi kullanım etkinliklerini değerlendirmek üzere hesaplanan Arazi Denklik Oranı (LER: *Land Equivalent Ratio*), Brüt Kazanç Oranı (GMR: *Gross Margin Ratio*) ve Oransal Arazi Verimi (RLO: *Relative Land Output*) indekslerinde yıl ve su faktörlerinin interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunurken, Alan-Zaman Denklik Oranı (ATER: *Area Time Equivalent Ratio*)’da sadece yıllar arası önemli bir fark meydana gelmiştir (Bkz. Çizelge 4.1).

Intercrop ekim sistemlerinde, tek bir alanda, aynı anda farklı ürünler yetiştirildiği için arazi verimliliğinin direkt hesaplanması zordur (Beets, 1982). Bu nedenle, intercrop ekim yapılan alanın verimliliğini hesaplamada yaygın olarak LER kullanılmaktadır (Sultan et al., 2012; Aziz et al., 2015; Seran and Brintha, 2009). Intercrop ve tek ekim sistemlerinin, kaynak kullanımlarını miktarsal olarak kıyaslayan LER (Martin-Guay et al., 2018; Mead and Willey, 1980) eğer 1.0’dan büyükse mevcut koşullarda intercrop sisteminin daha verimli, eğer 1.0’dan küçükse tek ekim sisteminin daha verimli olduğu düşünülmektedir (Ofori and Stern, 1987). Örneğin, LER değerinin 1.5 olması, birim alanda yetiştirilen intercrop verimliliğine ulaşmak için tek ekimin %50 daha fazla alanda yetiştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Kantor, 1999).

Mevcut çalışmada da tüm uygulamaların, LER değerleri 1.0’dan büyük bulunurken, en yüksek LER değeri (1.7), ikinci yıl, kısıtlı sulama koşullarında tespit edilmiş ve bunu ikinci yıl, tam su koşulları 1.6 LER değeri ile takip etmiştir (Şekil 4.3a). LER değerleri, yıllar bazında incelendiğinde, önemli bir fark gözlemlenmiş olup, ilk yıl 1.3 ve ikinci yıl 1.6 ortalama LER değerleri belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırmanın sonuçlarına göre su kısıtlamasının LER değerine dikkate değer bir etkisi bulunmamıştır. Martin-Guay et al. (2018), yaptıkları meta analizde, LER değerinin kuraklık indeksinden etkilenmediğini, yani toprak nemi bakımından hem stres hem de stres olmayan koşullarda intercropping sisteminin faydalı olduğunu göstermişlerdir. Bu çıkarım, önceden yapılan meta analiz çalışmalarındaki veriler ile örtüşmektedir (Ren et al., 2014). Bununla birlikte, Zhang et al. (2007), buğday-pamuk *relay strip intercropping* sistemini araştırdıkları çalışmalarında, LER değerinin 1.20 ile 1.53 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Yamane et al. (2016), *relay intercrop* soyayı araştırdıkları çalışmalarında, LER değerini 2.0 değerine yakın olduğunu tespit etmişlerdir. *Intercrop* arazi kullanımını destekler nitelikte, toplam 41 ülkede yayınlanmış 126 çalışmadan elde edilen verilere göre LER değeri ortalama 1.28 olarak bulunmuştur (Martin-Guay et al., 2018). Bir diğer meta analiz,

küresel çapta 100 adet çalışmayı incelemiş ve LER değerini ortalama 1.17 olarak tespit etmişlerdir (Yu et al., 2015).



Şekil 4.3. Farklı sulama miktarları (tam su: TS ve kısıtlı su: KS) ve farklı yıllarda (2017/18 ve 2019/20) incelenen Arazi Denklik Oranı - LER (a), Alan Zaman Denklik Oranı – ATER (b), Brüt Kazanç Oranı - GMR (c) ve Oransal Arazi Verimi – RLO (d) değerleri

Alan-Zaman Denklik Oranı (ATER), *intercrop* ekim sisteminin zaman kullanımı bakımından tek ekime göre avantajlarını daha gerçekçi bir şekilde ortaya koyan bir indekstir (Hiebsch, 1980). LER, ürünün tarlada kaldığı süreyi hesaba katmazken, ATER hem *intercrop* ekim sisteminde iki ürünün beraber yetiştiği, hem de tek ekim sisteminde ürünlerin yetiştiği süreyi dikkate almaktadır (Aasim et al., 2008). LER'e benzer şekilde ATER'in 1.0'den büyük olması *intercrop* sisteminin avantajlı olduğunu göstermektedir (Sultan et al., 2012). Mevcut çalışmada, tüm faktörlerin ortalaması alındığında, ATER 4.9 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, buğday-pamuk *relay strip intercrop* sisteminin oldukça avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun en büyük sebebinin, farklı sezonlarda yetiştirilen buğday ve pamuğun, uygulanan *intercrop* sisteminde, belirli bir süre bir arada yetiştiği ve kısa süreli rekabet sebebiyle dezavantajın oldukça az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yıldırım ve Ekinci (2017), *intercrop* sistemde tamamlayıcı ürünün farklı hasat zamanına sahip olmasının her iki ürünün aynı zaman diliminde benzer kaynaklar için rekabetini düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Araştırma yılları arasındaki farklılık değerlendirildiğinde, ikinci yıl ortalama ATER %18 oranında

arttığı dikkat çekmektedir (Şekil 4.3b). LER sonuçlarına paralel olarak su kısıtlaması ATER değerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Bkz. Çizelge 4.1).

Intercropping sisteminin toplam faydası, Oransal Arazi Verimi (RLO) ile değerlendirildiğinde, dominantlık etkisi de hesaba katılmaktadır (Loreau and Hector, 2001; Fox, 2005). Dominantlık etkisi, tek ekimde üretkenlik bakımından üstün olan ürünün, intercrop sistemde de diğer ürüne göre üstün olduğu durumlarda gerçekleşmektedir (Martin-Guay et al., 2018). Aynı zamanda, RLO intercrop ekimdeki her bir ürünü brüt enerji bağlamında değerlendirmekte (Martin-Guay et al., 2018) ve hasat enerjisi bakımından en üretken türlerin *intercrop* ekimde daha çok fayda sağladığı söylenmektedir. Mevcut çalışmada, ortalama RLO değeri 1.6 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, LER ve ATER indekslerine benzer şekilde *intercrop* ekim sisteminin, hasattan elde edilen enerji değeri ve ürünlerin birim alanı kaplama oranları dikkate alındığında daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Deneme yılları arasındaki ortalama RLO farkı incelendiğinde, ilk yıl RLO 1.37 tespit edilirken, ikinci yıl yaklaşık %35 artarak 1.85 değerine ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte, birinci yıl su kısıtlaması, RLO'yu düşürürken ikinci yıl ise tam tersi bir etki ile yükselmesine sebep olmuştur.

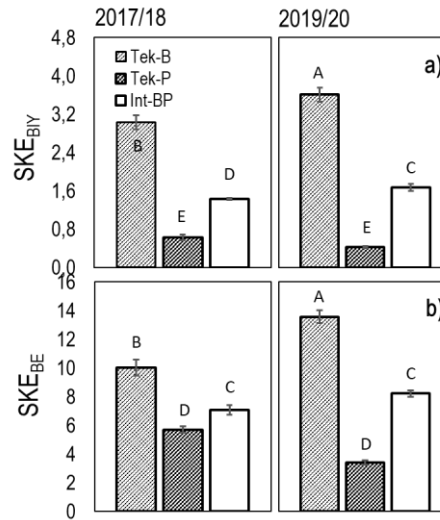
Intercropping sistemi, her ne kadar birim alanı etkin kullanmada avantajlı olsa da çiftçiler birim alandan elde edilen kazanç ile ilgilenmektedir. Brüt kazanç oranı (GMR) sadece brüt geliri dikkate alır ve bazı durumlarda *intercropping* her ne kadar birim alanda verimli olsa da kazanç bakımından daha dezavantajlı olabilmektedir (van Oort, 2020). GMR değerinin, 1.0'dan yüksek olması intercrop ekim sisteminin, en kazançlı tek ekim sisteminden daha üstün olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmada, yıl ve farklı su miktarlarının GMR'ye etkisi Şekil 4.3d'de gösterilmiştir. Tüm faktörlerin ortalama GMR değeri 0.8 tespit edilmiş, birim alan daha etkin kullanılmasına rağmen mevcut çalışmada, *intercrop* sisteminin tek pamuk ekimine göre kazanç düzeyi düşük olmuştur. Bununla birlikte, yıllar arası GMR farkı önemli bulunurken, Yıl x Su interaksiyonunun da dikkate değer olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1). İlk yıl GMR değeri 0.68 bulunurken, ikinci yıl bu değer 0.93'e yükselmiş, neredeyse *intercrop* sisteminin daha kazançlı olacağı 1.0 değerine ulaşmıştır. Ayrıca, diğer indekslerde olduğu gibi *intercrop* sisteminin, ikinci yılda, suyun kısıtlandığı koşullarda daha avantajlı konuma gelerek, 1.07 GMR değerine ulaştığı, benzeri olumsuz koşullarda bu sistemin daha kazançlı olabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, masrafları da dikkate alarak yapılan detaylı ekonomik analizlerin gerçekleştirilmesi, intercrop

sisteminin ekonomik avantaj ya da dezavantajını daha gerçekçi ortaya koyacaktır. Feng et al. (2017), buğday-pamukta ikili ekim sistemlerini araştırdıkları çalışmalarında, girdi masrafları ve çıktılarına dayalı net kâr hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuca göre buğday-pamuk ikili ekim sistemlerinin tek ekim pamuğa göre %17-55 oranlarında daha kârlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde, birçok araştırmacı, intercrop ekim sisteminin yüksek verim sağladığı gibi birim alandan daha yüksek kârlılık sağladığını ortaya koymuşlardır (Emuh et al., 2006; Karlidag and Yildirim, 2007; Yildirim and Turan, 2013).

Buğday-pamuk *relay strip intercrop* sisteminin, birim alanı verimlilik bakımından daha etkin kullandığı ancak brüt kazanç olarak tek ekim pamuğun daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ATER hariç ölçülen tüm arazi kullanım indekslerinde yıl ve su interaksiyonu tespit edilmiştir. İlk yıl su kısıtlaması indekslerde düşüşe sebep olurken, ikinci yılda ise suyun kısıtlanması indekslerde artışa neden olmuştur. Bunun sebebinin sıcaklık artışının olduğu ikinci yılda, suyun kısıtlandığı koşullarda, Int-P'nin Tek-P'ye göre sağladığı verim avantajından olduğu düşünülmektedir. Intercrop ekim sisteminin sağladığı bu avantaj, normal koşullarda tek ekim pamuğa göre daha düşük brüt kazançla sahip olan intercrop ekim sisteminin daha yüksek brüt kazançla sahip olmasını sağlamıştır.

4.1.4. Su kullanım indeksleri

Intercrop ekim sisteminin, ışık tutulumunu ve gölgelemeyi arttırdığı, böylece düşük toprak evaporasyonu ile topraktaki suyun muhafaza edildiği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Yıldırım and Ekinci, 2017; Ghanbari et al., 2010). Ele alınan ekim sistemlerinin, su kullanım etkinliklerini incelediğimiz mevcut çalışmada, her iki yöntem ile hesaplanan su kullanım etkinliklerinde önemli farklılıklar meydana gelmiştir. $SKE_{BİY}$ (Şekil 4.4a) ve SKE_{BE} (Şekil 4.4b) yıllar ve ekim sistemleri arasında benzer eğilimler sergilemişlerdir.



Şekil 4.4. Farklı su ekim sistemleri (tek buğday: Tek-B, tek-pamuk: Tek-P ve intercrop buğday ve pamuk: Int-BP) ve farklı yıllarda (2017/18 ve 2019/20) incelenen Biyokütleyle dayalı su kullanım etkinliği - SKE_{BİY} (a) ve Brüt enerjiye dayalı su kullanım etkinliği – SKE_{BE} (b) değerleri

Yetiştirilen ürünlerin farklılığına bakılmaksızın, toplam biyokütle dikkate alınarak hesaplanan SKE_{BİY}'de en yüksek değer ikinci yılda Tek-B (3.61 kg/ton) uygulamasından elde ederken, en düşük değer yine ikinci yılda, Tek-P (0.42 kg/ton) uygulamasından elde edilmiştir. Ekim sistemlerinin, ortalama SKE_{BİY}'i değerlendirildiğinde ise en yüksekten en düşüğe, sırasıyla; Tek-B (3.33 kg/ton), Int-BP (1.55 kg/ton) ve Tek-P (0.53 kg/ton) uygulamaları kaydedilmiştir. Deneme yılları arasında dikkate değer farklılıklar gözlemlenmiş, ikinci yıl ortalama SKE_{BİY} 1.90 kg/ton değeri ile birinci yıl hesaplanan SKE_{BİY} (1.71 kg/ton)'den önemli derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Su kullanım etkinliğini, ürün verimlerinin brüt enerjisini hesaplayarak tespit eden SKE_{BE}'de ise en yüksek değer 12.6 MJ/ton ile ikinci yılda, Tek-B uygulamasından elde edilirken, en düşük değere ise 4.5 MJ/ton ile ikinci yılda Tek-P uygulamasında kaydedilmiştir. SKE_{BE}, ekim sistemleri bakımından değerlendirildiğinde, Tek-B, Int-BP ve Tek-P sırasıyla 11.8 MJ/ton, 7.7 MJ/ton ve 4.6 MJ/ton değerlerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Bununla birlikte, yıllar arası SKE_{BE} farkı istatistiki olarak önemli bulunmuştur. SKE_{BE}, ilk yıl 7.6 MJ/ton tespit edilirken ikinci yıl ise 8.4 MJ/ton 'a yükselmiştir.

Moradi et al. (2014), *intercrop* sisteminin suyu daha etkin kullandığı ifade edilmiştir (Moradi et al., 2014). Bunun yanında, *relay strip intercropping* sistemlerinin, suyu kısa sürede daha etkin kullandığına dair araştırma sonuçları bulunmaktadır (Tanveer et al., 2017; Ali and Sarker, 2013). Mevcut çalışmada, her iki su kullanım etkinliği indeksinde de en yüksek değere Tek-B ve en düşük değere Tek-P sahip olurken Int-BP, su kullanım etkinliği bakımından her ikisinin ortasında bir değer almıştır. Int-BP sisteminde su kullanım etkinliğinin Tek-B'ye göre düşük olmasının sebebi, pamuk veriminde meydana gelen azalış, Tek-P'ye göre yüksek olmasının sebebi ise ekstra ürün olarak buğdayın da hasat edilmesi olarak düşünülmektedir. Bununla birlikte, tek ekime kıyasla *intercrop* sistemlerde bitki kökleri toprağın derinlerinde daha çok geliştiği için (Yang et al., 2010), Tek-P'ye göre Int-BP'nin suyu daha etkin kullandığı düşünülmektedir.

4.2. Buğday-pamuk beraber yetiştirme sisteminde, farklı ekiliş yöneylerinin pamuk büyüme ve gelişimine etkilerinin belirlenmesi

Araştırmanın mevcut bölümünde farklı yöneylerde ekimi gerçekleştirilen Int-B ve Int-P uygulamalarının, verim parametreleri ve kalite özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda, *intercrop* ekim sisteminde, buğday gölgesinde yetişen pamuk bitkilerinin, ekiliş yöneyi farkı neticesinde fizyolojik ve morfolojik özelliklerindeki değişimleri karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen istatistikî analizlerde, ölçümlenen parametrelere ait Varyans Analiz Tablosu *P* değerleri ve istatistikî önem düzeyleri Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Çalışmada, iki farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen parametrelere ait *P* değerleri

Bağımsız faktörler	Yıllar (Y)	Yöney (D)	Ekim sistemi (C)	Y x D	Y x C	D x C	Y x D x C
BUĞDAY							
Başak Sayısı (adet/m ²)	0.51	0.01*	-	0.99	-	-	-
Bitki boyu (cm)	0.03*	0.25	-	0.40	-	-	-
Tek bitki verimi (g/bitki)	0.00**	0.66	-	0.80	-	-	-
Biyokütle (g/bitki)	0.00**	0.62	-	0.05*	-	-	-
Tane verimi (ton/ha)	0.00**	0.66	-	0.80	-	-	-
BDA (g)	0.00**	0.41	-	1.00	-	-	-
Sedimentasyon (ml)	0.00**	0.66	-	0.01*	-	-	-
Düşme sayısı	0.01**	0.15	-	0.86	-	-	-
Hektolitre ağırlığı (kg/100lt)	0.02*	0.62	-	0.54	-	-	-
Un randımanı (%)	0.00**	0.16	-	0.01**	-	-	-
PAMUK							
Lif randımanı (%)	0.00**	0.47	-	0.06	-	-	-
Lif verimi (kg/ha)	0.01**	0.07	-	0.33	-	-	-
Kütlü verimi (kg/ha)	0.04**	0.06	-	0.38	-	-	-
Biyokütle (kg/da)	0.02*	0.38	-	0.22	-	-	-
Bitki boyu (cm)	0.92	0.55	-	0.05*	-	-	-
Koza sayısı (adet/bitki)	0.78	0.48	-	0.05*	-	-	-
Mikroner	0.00**	0.49	-	0.89	-	-	-
Mukavemet (g/text)	0.48	0.13	-	0.80	-	-	-
Lif uzunluğu (mm)	0.66	0.48	-	0.04*	-	-	-
Parlaklık	0.00**	0.65	-	0.51	-	-	-
Üniformite indeksi (%)	0.45	0.98	-	0.22	-	-	-
PAMUK BÜYÜME PARAMETRELERİ							
Oransal Büyüme Miktarı -RGR (mg/g/gün)	0.02*	0.32	0.28	0.64	0.79	0.91	0.58
Net Asimilasyon Oranı - NAR (mg/cm ² /gün)	0.00**	0.04*	0.04*	0.86	0.31	0.48	0.98
Ürün Büyüme Miktarı - CGR (g/m ² /gün)	0.55	0.04*	0.00**	0.01**	0.41	0.05	0.51
Radyasyon Kullanım Etkinliği – RUE (g/MJ)	0.22	0.00**	0.00**	0.01**	0.06	0.03*	0.34

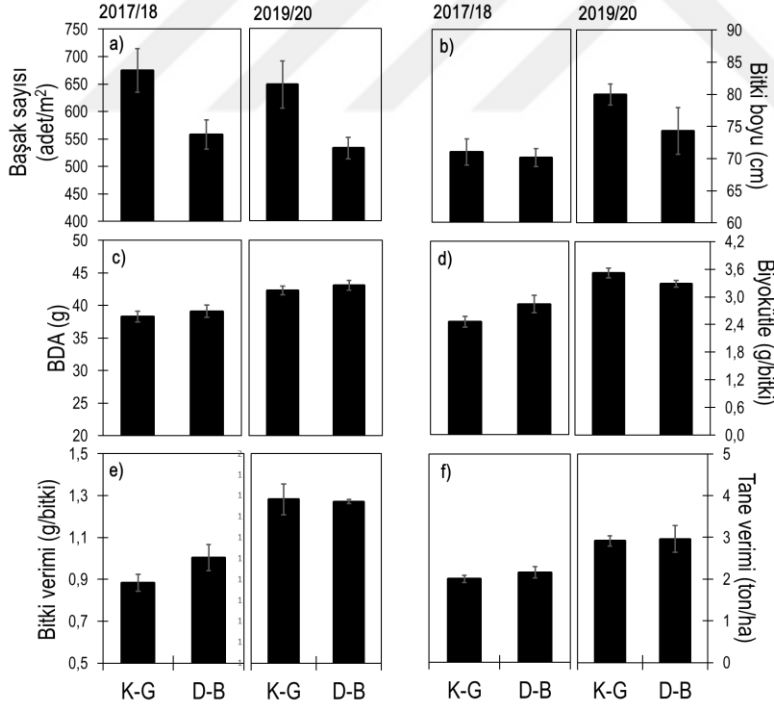
* 0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli

4.2.1. Verim ve verim parametreleri

Ekiliş yöneyi farkının hem buğday hem de pamuk verim ve verim parametrelerine etkilerinin incelendiği araştırmanın bu kısmında, Int-B ve Int-P uygulamaları değerlendirmeye alınmıştır.

Buğday

Araştırmada, ekiliş yöneyindeki fark başak sayısında önemli derecede varyasyona neden olmuştur (Bkz. Çizelge 4.4). Her iki yılda da D-B yöneyi, başak sayısını olumsuz etkilemiş (Şekil 4.5a), K-G yöneyine göre ortalama % 18 düşüşe neden olmuştur. Her ne kadar D-B yöneyinde, radyasyon kanopi içerisine daha homojen yayılsa da *intercrop* ekim sisteminde, pamuk için ayrılan boşluklar daha fazla güneş ışığı aldığı için toprak su kaybının daha fazla olmasına neden olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle, başak sayısında önemli bir düşüşün meydana gelmesi söz konusu olmuştur. Morgan (2003), buğdayda özellikle sapa kalkma ve çiçeklenme dönemleri arası su stresinden kaçınılması gerektiğini ve özellikle bayrak yaprak çıkış zamanı meydana gelen su stresinin, kardeş sayısının ve buna bağlı olarak başak sayısının azaltabileceğini ifade etmiştir. Başak sayısında, deneme yılları arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmasa da ikinci yıl ortalama %4 oranında bir azalış gözlemlenmiştir. En yüksek başak sayısı, ilk yıl K-G yöneyinde 675 adet/m² olarak gerçekleşirken en düşük başak sayısına ise 533 adet/m² ile ikinci yılda D-B yöneyinde yetiştirilen Int-B sahip olmuştur.



Şekil 4.5. Ekiliş yöneyinin (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B), her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) Int-B uygulamasın'da incelenen başak sayısı (a), bitki boyu (b), BDA (c), biyokütle (d), bitki verimi (e) ve tane verimi (f)'ne etkisi.

Int-B, bitki boyu her ne kadar ekiliş yöneyinden istatistiki olarak önemli derecede etkilenmese de D-B yöneyinde iki yılın ortalaması ele alındığında, bitkilerin 3 cm daha kısa olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.5b). D-B yöneyinde, Int-B bitki boyunda meydana gelen bu düşüşün özellikle gün doğumu ve batımında, K-G yöneyine göre daha fazla radyasyon almasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, deneme yılları arasında, bitki boyunda önemli fark gözlemlenmiş olup ikinci yılda, bitki boyunun %9 daha uzun olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre BDA, yöney farklılıklarından önemli derecede etkilenmemiştir. Bunun sebebi olarak, BDA 'nın önemli ölçüde belirlendiği tane doldurma dönemine kadar, buğdayın mevcut koşullara adapte olduğu ve bu sayede yöney farkından etkilenmediği düşünülmektedir. Bitki boyunda, ekiliş yöneyine dayalı farklılıklar bu öneriyi destekler niteliktedir (Bkz. Şekil 4.5a and 4.5b). Ayrıca, tane dolumunda en büyük katkıya sahip olan bayrak yaprak ve yeşil başak (Ma et al., 2021), direkt olarak ışığa ulaşabildiği için BDA'ye yöney etkisinin daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Int-B uygulamasına ait BDA değeri, ikinci yılda ortalama %10'luk artış göstererek 42.7 g değerine ulaşmıştır (Şekil 4.5c).

Int-B uygulamasına ait biyokütle değerlerinde, yöney ve yıl interaksyonun önemli olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.4). Denemenin ilk yılı, D-B uygulamasında, K-G uygulamasına göre yaklaşık %16 daha yüksek biyokütle değeri tespit edilirken, ikinci yıl D-B uygulamasında %7 daha düşük değer kaydedilmiştir (Şekil 4.5d). D-B yöneyinde, buğday arasına K-G yöneyine göre daha fazla ve homojen giren radyasyonun ilk yıl avantaj yaratırken, ikinci yıl sıcaklık artışından kaynaklı *intercrop* boşluklarında evaporasyonun artması nedeni ile dezavantaja döndüğü düşünülmektedir. Giayetto et al. (2005), evaporasyonu düşürmek için ekiliş yöneyinin değiştirilmesini önermişlerdir.

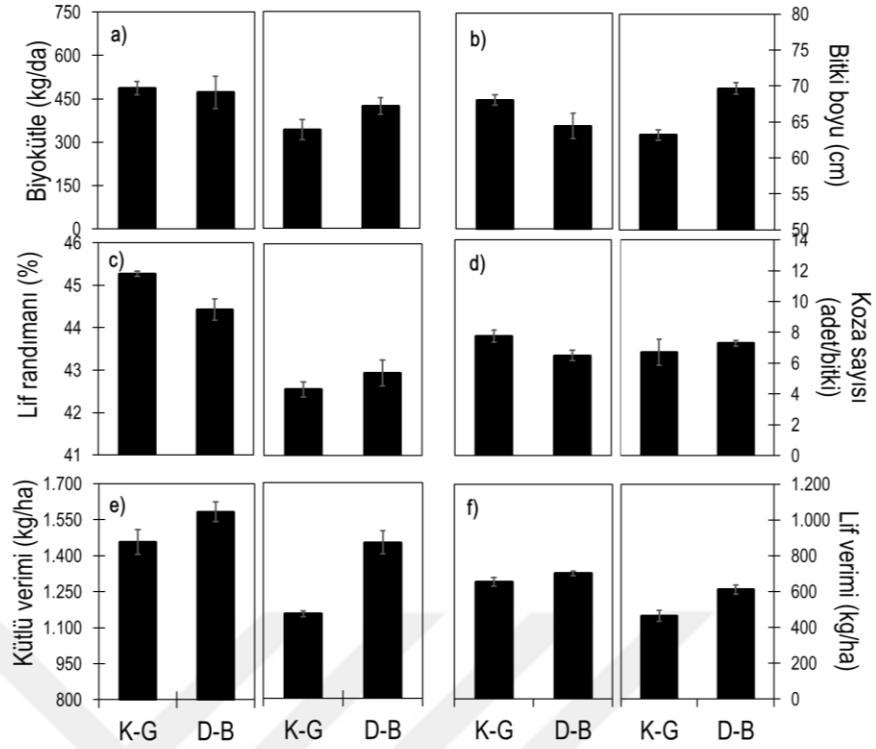
Mevcut çalışma sonuçlarına göre, tek bitki ve tane verimi, yöney değişiminden istatistiki olarak önemli düzeyde etkilenmemiştir. Ancak hem tek bitki verimi hem de tane veriminde D-B uygulamasında ilk yıl az da olsa bir avantaj sağladığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.5e ve 4.5f). K-G uygulamasına ait ortalama tek bitki verimi 1.08 g/bitki olarak tespit edilirken, D-B uygulamasında tek bitki verimi 1.14 g/bitki olarak kaydedilmiştir. Ortalama tane veriminde ise D-B (2.56 ton/ha), K-G (2.46 ton/ha)'e göre yaklaşık %4 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Pal et al. (2021), doğu-batı yöneyinin, kuzey-güney yöneyine göre buğdayda verim avantajı sağladığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Cook et al. (2015), doğu-batı yöneyindeki benzer verim avantajını ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, mevcut

Çalışmada, her iki parametrede de yıllar arasında önemli farklılıklar meydana gelmiştir (Bkz. Çizelge 4.4). Tek bitki veriminde, ikinci yıl ortalama %36 artış meydana gelirken tane veriminde benzer şekilde ikinci yıl ortalama %39'luk bir artış gerçekleşmiştir.

Pamuk

Ekiliş yöneyinin pamuk biyokütlesi üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Bkz. Çizelge 4.4). Ancak D-B yöneyi, Int-P ortalama biyokütlesinin yaklaşık %8 oranında artmasına neden olmuştur (Şekil 4.6a). Bunun yanında, iki deneme yılı arasında, Int-P uygulamasına ait biyokütle değerinde önemli farklılık tespit edilmiştir. İlk yıl ortalama biyokütle değeri 480 kg/da kaydedilirken, ikinci yıl bu değer %20 oranında düşük göstererek 382 kg/da seviyesine ulaşmıştır. Biyokütle değerindeki bu düşüşün, ikinci yılda meydana gelen yüksek sıcaklıkların pamuk bitkisinde yarattığı stresten kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek sıcaklığın kurak ve yarı kurak bölgelerde birçok tarla bitkisinin büyüme, gelişme ve verimliliğini olumsuz etkilediği bilinmektedir (Challinor et al., 2005). Majeed et al. (2021), Çin'de 2-3°C'lik sıcaklık artışının pamuk biyokütlesinde yaklaşık %10 düşüşe neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Pamuk bitki boyunda, ekiliş yöneyi ve yıl interaksyonu önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.4). İlk deneme yılında, bitki boyu D-B uygulamasında K-G uygulamasına göre yaklaşık %6 oranında düşük bulunmuş, ancak ikinci yılda yaklaşık %11 yüksek bulunmuştur (Şekil 4.6b). İkinci yılda, D-B yöneyinde, bitki boyunda ki bu artışın sebebi; özellikle buğday ve pamuğun beraber yetiştiği Mayıs ayından itibaren gündüz sıcaklıklarının daha yüksek olması ve bu sayede pamuğun daha hızlı büyümesi ile bitki boyunun bir miktar daha yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Ekiliş yöneyinin (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) Int-P’da incelenen biyokütle (a), bitki boyu (b), lif randımanı (c), koza sayısı (d), kütlü verimi (e) ve lif verimi (f)’ne etkisi.

Lif randımanında ekiliş yöneyi ile yıllar arasında interaksiyon önemli bulunmamasına rağmen iki yıl arasında az da olsa bir fark dikkati çekmiştir (Şekil 4.6c). İlk yıl, D-B yöneyinde lif randımanı bir miktar azalırken (%2), ikinci yıl tam tersi sonuç alınarak D-B yöneyindeki lif randımanında bir miktar artış gözlemlenmiştir. Ancak, denemenin ikinci yılında, Int-P uygulamasına ait ortalama lif randımanı değeri %5 oranında düşük gerçekleşmiş ve ortalama lif randımanı değeri %43 olarak tespit edilmiştir.

Pamuk bitkisinde, önemli verim bileşenlerinden olan koza sayısına ait Yöney x Yıl interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.4). Bitki boyu ve lif randımanı parametrelerine benzer şekilde, denemenin ilk yılı, Int-P uygulamasına ait D-B yöneyinde, koza sayısı (6.5 adet/bitki), K-G yöneyine göre daha düşük, ikinci yılda tam tersi D-B yöneyinde daha yüksek koza sayısı değerine ulaşılmıştır (7.3 adet/bitki) (Şekil 4.6d).

Farklı ekim yöneyi ve deneme yılları, kütlü ve lif veriminde benzer farklılıklara neden olmuştur. Ortalama kütlü verimi, D-B uygulamasında 1503

kg/ha, K-G uygulamasında ise 1275 kg/ha olarak kaydedilmiştir. D-B uygulamasına ait ortalama lif verimi değeri ise 658 kg/ha, K-G uygulamasında ise %18 daha düşük bulunup 560 kg/ha değerine sahip olmuştur. Bununla birlikte, deneme yılları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuş, ilk yıl ortalama lif verimi 679 kg/ha bulunurken, ikinci yıl 539 kg/ha olarak kaydedilmiştir.

Ekiliş yöneyi avantajı, yetiştiricilik yapılan bölgenin iklim koşullarına ve toprak yapısına göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin, Çin'in kuzey bölgelerinde pamuk yetiştiriciliği yapan çiftçiler genellikle Kuzey-Güney yöneyinde ekim gerçekleştirmektedirler. Bunun sebebi, yaz aylarında hâkim olan kuzey rüzgarlarının pamuk sıraları arasına girip serinletme etkisi yapması olduğu belirtilmektedir (Zhang et al., 2008c). Dhingra et al. (1991), yürüttükleri çalışmalarında dominant olan mısır bitkisinin gölgesi altında yetişen intercrop maş fasulyesinin, Kuzey-Güney yöneyinde ekiminin daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada ise ekim yapılan bölgenin iklim ve toprak koşullarında, D-B yöneyinin pamuk verimi açısından her iki yılda da daha avantajlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.6e ve 4.6f). Araştırmanın ikinci yılında verimde gerçekleşen düşüş özellikle Nisan ayından sonra gün içi maksimum sıcaklıkların ilk yıla göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 3.1). Gün içi sıcaklığın hem kısa hem de uzun süreli artışının, koza biyokütlesini düşüreceği ve buna bağlı olarak verimde azalışa neden olacağı ifade edilmiştir (Li et al., 2020). Bununla birlikte optimumun üstünde olan sıcaklıklarda fotosentezin kısıtlandığı (Bibi et al., 2008), solunum ve fotosolunumun arttığı (Krieg, 1986; Ludwig et al., 1965), metabolizmanın yavaşladığı (Burke et al., 1988), tozlaşma ve döllemenin azaldığı (Snider et al., 2009) ve bitki büyüme oranının azaldığı (Reddy et al., 1996) birçok araştırmacı tarafından ortaya koyulmuştur.

4.2.2. Kalite parametreleri

Buğday

Mevcut araştırmada, Int-B uygulamasına ait sedimentasyon değerleri deneme yılları arasında istatistiki olarak farklılık gösterirken, yöney uygulaması önemli bir farklılığa neden olmamıştır (Bkz. Çizelge 4.4). Bunun yanında, Yöney x Yıl interaksyonunun önemli olduğu tespit edilmiştir. Denemenin ilk yılı, sedimentasyon değeri D-B yöneyinde ekilen bitkilerde, K-G yöneyinde ekilen bitkilere göre yaklaşık %19 yüksek olmuştur. İkinci yılda ise tam tersi bir sonuç elde edilerek D-B yöneyinde sedimentasyon değeri yaklaşık %8 daha düşük

bulunmuştur (Çizelge 4.5). Elde edilen bu sonuç biyokütle değeri ile benzer eğilim göstermiştir (Şekil 4.5d).

Çizelge 4.5. Farklı yöney (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen buğday kalite parametrelerine ait değerler

BUĞDAY UNU KALİTE PARAMETRELERİ	2017-18	
	K-G	D-B
Sedimentasyon (ml)	18 ± 0.6	21 ± 1.2
Düşme sayısı	485 ± 8	507 ± 6
Hektolitre ağırlığı (kg/100lt)	82 ± 0.5	81 ± 1.0
Un randımanı (%)	34 ± 0.3	33 ± 0.4
	2019-20	
	K-G	D-B
Sedimentasyon (ml)	32 ± 0.6	30 ± 0.5
Düşme sayısı	534 ± 21	562 ± 16
Hektolitre ağırlığı (kg/100lt)	78 ± 0.3	78 ± 0.8
Un randımanı (%)	22 ± 0.4	25 ± 1.1

Düşme sayısında ise yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuş (Bkz. Çizelge 4.4) ve denemenin ikinci yılı düşme sayısı, birinci yıla göre %10 daha yüksek gerçekleşmiştir. Her ne kadar istatistiki olarak önemli bulunmasa da düşme sayısı ekim yöneyine göre bir miktar değişim göstermiştir. Düşme sayısı, K-G yöneyinde 509 olarak kaydedilirken, D-B yöneyinde yaklaşık %5 artarak 534 değerine ulaşmıştır. Hektolitre ağırlığında ise yöneyin önemli bir etkisi bulunmamıştır. Ancak, yıllar arasındaki fark dikkate değer olduğu belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.4). Denemenin ikinci yılında hektolitre ağırlığı, ilk yıla kıyasla %4 daha düşük gerçekleşmiş, 78.4 kg/100lt değerine sahip olmuştur.

Un randımını değerinde yıllar arasında önemli bir fark kaydedilmemiştir. Ancak, Yıl x Yöney interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.4). Denemenin ilk yılında, Int-B uygulamasına ait un randımanı değeri, D-B yöneyinde %4 daha düşük kaydedilirken, ikinci yılda %15 daha yüksek bulunmuştur. En yüksek un randımanı değeri, ilk yıl K-G yöneyinde (%34) elde edilirken en düşük un randımanı değeri ise ikinci yıl K-G yöneyinde (%22) tespit edilmiştir.

Pamuk

Mevcut çalışmada, farklı ekiliş yöneyleri, Int-P uygulamasına ait mikroner değerlerini önemli ölçüde etkilememiştir. Ancak, ışığın kanopi içerisine daha homojen

yayıldığı D-B yöneyinde ekilen pamukların mikroner değeri bir miktar daha yüksek bulunmuştur. Mevcut çalışmada, gölgelemenin daha fazla olduğu K-G yöneyinde elde edilen düşük mikroner, Pettigrew (1995)'in bulduğu sonuçlar ile paralel olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Chen et al. (2017), mikroner değerinin, düşük ışık koşullarına en hassas lif kalite özelliği olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, yıllar arasında mikroner değerinde dikkate değer bir farklılık meydana gelmiştir (Bkz. Çizelge 4.4). İlk yıl, Int-P uygulamasına ait mikroner değeri, ortalama 5.0 olarak tespit edilirken, ikinci yıl ortalama 4.5 değerine kadar düşüş göstermiştir. Önceki yıla göre, ikinci yılda meydana gelen mikroner düşüşünün, yaz aylarında artan maksimum sıcaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Bkz. Şekil 3.1).

Çizelge 4.6. İki farklı ekim yöneyi (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20) ölçülen pamuk kalite parametrelerine ait değerler

PAMUK LİF KALİTE PARAMETRELERİ	2017-18	
	K-G	D-B
Mikroner	5.0 ± 0.1	5.1 ± 0.1
Mukavemet (g/tex)	31.4 ± 0.7	32.4 ± 0.6
Lif uzunluğu (mm)	27.9 ± 0.4	27.4 ± 0.3
Parlaklık	75.6 ± 0.4	75.7 ± 0.6
Tekdüzelik indeksi (%)	84.9 ± 0.4	84.1 ± 0.3
	2019-20	
	K-G	D-B
Mikroner	4.4 ± 0.1	4.5 ± 0.1
Mukavemet (g/tex)	31.7 ± 0.5	33.0 ± 0.5
Lif uzunluğu (mm)	27.4 ± 0.1	28.2 ± 0.3
Parlaklık	78.1 ± 0.4	77.6 ± 0.4
Tekdüzelik indeksi (%)	83.7 ± 0.6	84.4 ± 0.5

Lif mukavemeti değeri, tüm faktörler altında istatistiki olarak önemli bir değişim göstermemiştir. Bununla birlikte, ışığın kanopi içerisine daha çok alındığı D-B yöneyinde, K-G yöneyine göre %4 yüksek bulunmuş, özellikle koza oluşumu döneminde sıcaklığın daha yüksek olduğu ikinci yılda, denemenin birinci yılına göre yaklaşık %2 artış göstermiştir. Mevcut çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde Chen et al. (2017), yürüttükleri çalışmalarında, ışığın kozalara daha az ulaştığı koşullarda lif mukavemetinin olumsuz etkilendiğini rapor etmişlerdir. Lokhande and Reddy (2014) ise sıcaklık artışı ile lif mukavemeti arasında pozitif yönlü lineer bir ilişki ($r^2=0.86$) olduğunu tespit etmişlerdir.

Lif uzunluğu değerleri arasında, lif mukavemetine benzer şekilde, yıl ve yöney farklılıklarına bağlı olarak ayrı ayrı istatistiki açıdan önemli bulunmazken gölgelemenin az olduğu D-B yöneyinde ve ikinci yılda hafif bir artış gözlemlenmiştir. Gölgelemenin lif

uzunluğuna etkisini inceleyen çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Wang et al (2005), gölgelemenin lif uzunluğunu azalttığını ortaya koyarken çalışmaların büyük çoğunluğu ise koza gelişim süresince gölgelemenin lif uzunluğuna etki etmediğini öne sürmüşlerdir (Zhao and Oosterhuis, 2000; Echer and Rosolem, 2015). Buna ek olarak, mevcut çalışmada, lif uzunluğunda Yöney x Yıl interaksyonun önemli olduğu tespit edilmiştir. Denemenin ilk yılında, D-B yöneyine ait lif uzunluğu değeri K-G yöneyine göre düşük bulunurken, ikinci yıl yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek lif uzunluğu değeri (28.2 mm) elde edilen, denemenin ikinci yılı, D-B yöneyinde pamuk kanopisinde radyasyon daha homojen yayılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Düşük ve yüksek sıcaklıkların genellikle selüloz sentezini kısıtlayarak, lif olgunluğu ve uzamasını olumsuz etkilediği önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Lokhande and Reddy, 2014; Roberts et al., 1992).

Pamuk lifinin parlaklığı, ürünün fiyatının belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Mevcut çalışmada, farklı ekiliş yöneyleri, lif parlaklığı değeri üzerinde önemli farklılıklara neden olmamıştır. Ancak, lif parlaklığı deneme yılları arasında önemli değişim göstermiştir (Bkz. Çizelge 4.4). İkinci yıl, pamuk lifleri, ilk yıla göre yaklaşık %3 daha yüksek parlaklık değerine sahip olmuştur. Tekdüzelik indeksi ise hem yıllar arasında hem de farklı ekiliş yöneylerinde dikkate değer bir değişim göstermemiştir.

Lif özellikleri, lif hücre duvarı içerisine fotosentez ürünlerinin depolanması ile belirlendiği için çevresel değişimlere oldukça hassastır (Lokhande and Reddy, 2014). Pamuk lif verimi ile birlikte lif uzunluğu, mukavemeti ve mikroneri gibi lif kalite özelliklerinin de sıcaklıktan etkilendiği rapor edilmiştir (Pettigrew, 2008). Mevcut çalışmada da ekiliş yöneyinin istatistiki etkisi bulunmasa da lif kalitesi üzerine bir miktar etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Önceki çalışmalarda, pamuk bitkisinin, tomurcuk ve kozalarına düşen gölgenin artması, yani düşük ışık alması neticesinde, lif mikroneri ve mukavemetinin düşüş gösterdiği ortaya koyulmuştur (Pettigrew and Meredith, 1994; Pettigrew, 1995; Zhao and Oosterhuis, 1998). Benzer şekilde, mevcut çalışmada da K-G yöneyinde ekilen, yani ışığın daha az ulaştığı *intercrop* pamuklarda, lif kalitesinin bir miktarda olsa olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Yıllar arasında oluşan sıcaklık farkının ise pamuk kalitesinde önemli değişimlere neden olduğu ortaya konulmuştur.

4.2.3. Pamuk bitkisine ait fizyolojik ve morfolojik özellikleri

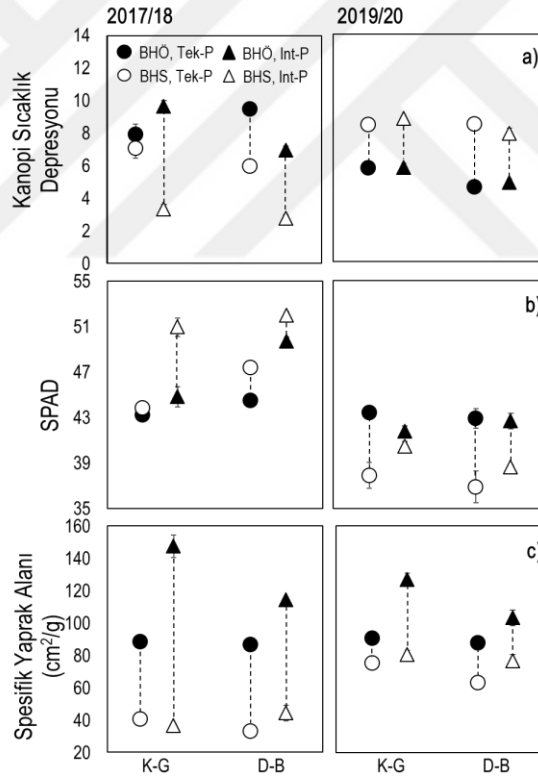
Çalışmanın ilk yılında kanopi sıcaklık depresyonunda (CTD) zaman içerisinde genel bir düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 4.7a). Bu düşüşün etkisi, buğday

hasadından dolayı Int-P uygulamasında, Tek-P uygulamasına göre daha yüksek seviyede seyir etmiştir. Bununla birlikte, buğday hasadı sonrasında en yüksek değişim K-G yöneyinde yetiştirilen Int-P uygulamasında gerçekleşmiştir. Denemenin ilk yılında, buğday hasadı öncesi, Tek-P uygulamasına ait ortalama CTD değerleri 8.7 olarak tespit edilirken, buğday hasadı sonrası % 25 düşüş göstermiştir. Buğday hasadı öncesi, 8.3 değerine sahip olan ortalama Int-P ise, buğday hasadı sonrasında ise %64 önemli bir CTD azalışı ile 3.0 seviyelerine kadar düşmüştür. İkinci yılda ise tüm faktörlerin ortalama CTD değerlerinde buğday hasat sonrası %58 artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte hem buğday hasadı öncesi hem de buğday hasadı sonrası Int-P ve Tek-P arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir. D-B yöneyinde, ortalama CTD değeri buğday hasadı öncesi 4.9 bulunmuş ve K-G yöneyine göre %18 daha düşük bir değere sahip olmuştur. Buğday hasadı sonrasında ise D-B yöneyi ortalama CTD değerinde 8.4 bulunmuş ve K-G yöneyindeki pamukların ortalama CTD değerini (8.9) oldukça yaklaştırmıştır.

Yaprak klorofil içeriğinin göstergesi olan SPAD değerinde ise her iki yılda da CTD'nin tersi bir etki gözlemlenmiştir (Şekil 4.7b). İlk yıl, zaman içerisinde SPAD değerleri artış gösterirken bu artışın Int-P uygulamasında daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. CTD değerinde olduğu gibi buğday hasadı sonrasında en yüksek değişim K-G yöneyindeki Int-P uygulamasında gerçekleşmiştir. Denemenin ilk yılında, buğday hasadı öncesi Tek-P uygulamasına ait ortalama SPAD değeri 43.9 olarak tespit edilirken, buğday hasadı sonrasında bir miktar artış (% 4) göstererek 45.6 değerine ulaşmıştır. Değişimin daha belirgin olduğu, Int-P uygulamasında ise SPAD değeri, buğday hasadı sonrası yaklaşık %9 artarak ortalama 51.5 değerine ulaşmıştır. İkinci yılda ise zaman içerisinde SPAD değerinde bir azalış meydana gelirken bu azalış Int-P uygulamasında daha düşük bulunmuştur. Buğday hasadı öncesi, ortalama 43.2 SPAD değerine sahip olan Tek-P uygulaması, buğday hasadı sonrası %13 düşüş göstererek 37.4 olarak kaydedilmiştir. Int-P uygulamasında ise buğday hasadı öncesi ortalama 42.3 buğday hasadı sonrası ortalama 39.6 SPAD değeri belirlenmiştir. Buğday hasadı sonrası, D-B yöneyine ait Int-P yapraklarının SPAD değerleri K-G yöneyine göre daha hızlı bir düşüş sergileyip, Tek-P uygulamasına ait SPAD değerlerine yaklaştırmıştır.

Spesifik yaprak alanı (SYA), yaprağın inceliği hakkında bilgi vermektedir. Denemenin ilk yılında, zaman içerisinde SYA değerinde genel olarak düşüş gerçekleşmiş yani yapraklar kalınlaşmıştır (Şekil 4.7c). Bununla birlikte, buğday hasadı öncesi, Int-P uygulamasına ait ortalama SYA değeri ($131 \text{ cm}^2/\text{g}$), Tek-P

uygulamasına göre ($88 \text{ cm}^2/\text{g}$) yüksek bulunmuş, yani daha ince bir yaprak yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak buğday hasadı sonrası, Int-P uygulamasına ait yapraklar, güçlü bir uyum göstererek SYA değerinde %69 düşüş sağlamış, Tek-P uygulamasına ait yapraklarla benzer SYA değerlerine ulaşmıştır. Bununla birlikte, ilk yıl buğday hasadından sonra, Int-P uygulamasına ait SYA değerinde, K-G yöneyinde %75 düşüş tespit edilirken, D-B yöneyinde bu düşüş %49 olarak kaydedilmiştir. Denemenin ikinci yılda da zaman içerisinde SYA değerinde bir düşüş gerçekleşmiştir. Buğday hasadı öncesi, ortalama SYA değerinin, Int-P uygulamasında ($115 \text{ cm}^2/\text{g}$), Tek-P uygulamasına ($89 \text{ cm}^2/\text{g}$) göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buğday hasat sonrası ise elde edilen SYA değerleri Int-P ve Tek-P uygulamasında sırası ile $79 \text{ cm}^2/\text{g}$ ve $69 \text{ cm}^2/\text{g}$ olarak tespit edilmiş ve birbirine yakın yaprak kalınlıklarına sahip olmuşlardır. Int-P uygulamasında SYA değerindeki hızlı düşüş K-G ve D-B yöneyinde sırasıyla %36 ve %26 olarak seyir etmiştir.

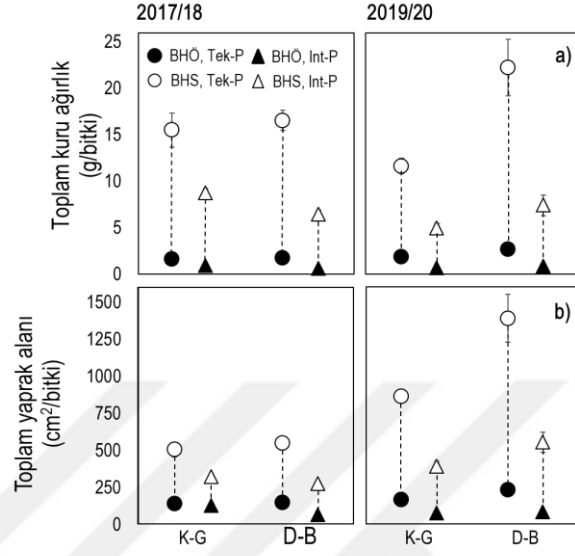


Şekil 4.7. Her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20), farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) ve ekim sisteminin (tek pamuk: Tek-P ve intercrop pamuk: Int-P) buğday hasadı öncesi (BHÖ) ve buğday hasadı sonrası (BHS) pamuk bitkilerinde kanopi sıcaklık depresyonu - CTD (a), SPAD (b) ve spesifik yaprak alanı - SYA (c) üzerine etkileri.

Denemenin ilk yılında, Tek-P uygulamasına ait yaprak alanı değeri, Int-P uygulamasına göre, buğday hasadı öncesi %51, buğday hasat sonrasında %76 daha yüksek bulunmuştur. Ekiliş yöneyi, Tek-P uygulamasında, yaprak alan üzerinde önemli bir etki yaratmazken, Int-P uygulamasında K-G yöneyinde buğday hasadı öncesi 125 cm²/bitki yaprak alanı kaydedilmiş, D-B yöneyinde ise bu değer önemli düzeyde düşük olup 63 cm²/bitki olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, buğday hasadı sonrasında, D-B yöneyinde, Int-P uygulamasına ait yaprak alanı (275 cm²/bitki), kısa sürede K-G yöneyindeki yaprak alanı değerine (319 cm²/bitki) ulaşmıştır. Denemenin ikinci yılında, buğday hasadı öncesi Tek-P uygulamasına ait ortalama yaprak alanı, Int-P uygulamasından %148 daha yüksek bulunurken, buğday hasadı sonrası ise bu farkın %139 oranında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ekiliş yöneyi, hem Tek-P uygulamasında hem de Int-P uygulamasında önemli farklara neden olmuştur. Buğday hasadı sonrasında, D-B yöneyi, her iki ekiliş sisteminde de daha hızlı bir yaprak alanı artışına neden olarak K-G yöneyinden elde edilen değere göre %55 daha fazla ortalama toplam yaprak alanına sahip olmuştur.

Hem buğday hasadı öncesi hem de buğday hasadı sonrası, denemenin ilk yılında, pamuk bitkisine ait toplam kuru ağırlık (TKA) değerleri, Int-P uygulamasında, Tek-P uygulamasına göre daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.8a). Buğday hasadı öncesi, ortalama TKA değeri, Tek-P ve Int-P uygulamalarında sırasıyla 1.67 g/bitki ve 0.73 g/bitki olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, buğday hasadı sonrası ortalama TKA değeri Tek-P ve Int-P uygulamalarında sırasıyla 8 ve 9 kat artış göstermiştir. Int-P uygulamasına ait TKA değerinde, Tek-P uygulamasına göre buğday hasadından sonra, bir miktar daha hızlı artış gözlenmesine rağmen, TKA değerleri sırasıyla 6.8 g/bitki (Int-P) ve 13.5 g/bitki (Tek-P) olarak bulunmuş, neredeyse iki kat fark gözlemlenmiştir. Bununla birlikte ekiliş yöneyi, Tek-P uygulamasına ait TKA değerlerinde dikkate değer bir fark oluşturmazken, Int-P uygulamasında K-G yöneyi, D-B yöneyine göre hem buğday hasadı öncesi (0.9 g/bitki), hem de buğday hasadı sonrasında (8.7 g/bitki) daha yüksek TKA değerine sahip olmuştur. Denemenin ikinci yılında da benzer şekilde hem buğday hasadı öncesi hem de buğday hasadı sonrasında Int-P uygulamasına ait TKA değeri, Tek-P uygulamasından daha düşük gerçekleşmiştir. Buğday hasadı öncesi, Tek-P ortalama TKA değeri, 2.27 g/bitki tespit edilirken, Int-P uygulamasına ait ortalama TKA 0.71 gr/bitki olarak belirlenmiştir. Buğday hasatı sonrasında ise Tek-P ve Int-P uygulamalarına ait ortalama TKA değerleri sırasıyla 16.9 g/bitki ve 6.9 g/bitki olarak bulunmuştur. Ekiliş yöneyinin, her iki ekim sisteminde önemli farklılığa neden olduğu gözlenmiş, D-B yöneyine ait ortalama

TKA değeri, K-G yönüne göre Tek-P uygulamasında %87, Int-P uygulamasında ise %46 daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.8. Her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20), farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) ve ekim sisteminin (tek pamuk: Tek-P ve intercrop pamuk: Int-P) buğday hasadı öncesi (BHÖ) ve buğday hasadı sonrası (BHS) pamuk bitkilerinde toplam kuru ağırlık (a) ve toplam yaprak alanı (b) değerleri üzerine etkileri.

Elde edilen sonuçlar ışığında, buğdayın dominant olduğu intercrop sistemde yetişen pamuk fidelerinin, araştırmanın ilk yılında, buğday hasadı sonrası ani değişen yeni çevre koşullarına uyum sağlaması amacı ile transpirasyon seviyesini düşürdüğü ve dolayısı ile yaprak sıcaklığındaki artış neticesinde CTD değerinin düşüş gösterdiği düşünülmektedir. Ayrıca, kloroplastlardaki fotosentetik sistemin zarar görmemesi için, aşırı ışık enerjisini ısı olarak dağıtan sistemler var olduğu bildirilmektedir (Tai and Zeiger, 2002). Böylece, yaprak ısısındaki artışa bağlı olarak CTD değerinde düşüş gerçekleştiği de bir diğer ihtimaldir. Denemenin ikinci yılında ise özellikle pamuk ekim tarihinden itibaren, maksimum sıcaklıklarda ilk yıla göre önemli artışlar meydana gelmiştir. Bu sıcaklık artışı, buğday hasadı öncesi ve sonrası Tek-P ve Int-P uygulamalarına ait CTD değerlerinde önemli bir fark oluşmamasına neden olduğu düşünülmektedir. İkinci yılda, ilk yılın aksine, zaman içerisinde CTD değerlerinin artış göstermediği gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklıkların, stoma iletkenliğini (Althawadi and Grace, 1986) ve transpirasyon kapasitesini (Crawford et al., 2012) arttırabildiği bilinmektedir. Bu nedenle pamuk

fidelerinin artan sıcaklıklara karşı daha fazla transpirasyon yapması neticesinde, yaprağı serinletebildiği yani CTD değerinde artış olduğu düşünülmektedir.

Bununla birlikte, gölgede yetişen yaprakların güneşte yetişen yapraklara göre genellikle daha ince olduğu ve birim alanda daha çok toplam klorofil içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir (Taiz and Zeiger, 2002; Valladores and Niinemets, 2008). Mevcut çalışmanın ilk yılında, buğday hasadı öncesi, oldukça ince bir yaprak yapısına sahip olan Int-P uygulamasına ait pamuk bitkilerinin, buğday hasadı sonrası, güneş ışığına daha kolay ulaşabilmesinden ötürü, mevcut çevre koşuluna uyum sağlayarak, kısa sürede yaprak kalınlığını arttırmış ve bu sayede birim alandaki klorofil miktarında da bir artış gerçekleştirdiği düşünülmektedir. Ancak denemenin ikinci yılında, buğday hasadı sonrası, Int-P uygulamasına ait pamuk yapraklarında, her ne kadar kalınlaşma gözlemlense de SPAD değerinde genel bir düşüş meydana gelmiş ve bu durumun artan sıcaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda, artan sıcaklıkların SPAD değerini negatif yönde etkilediği rapor edilmiştir (Xie et al., 2012; Liu et al., 2013). Int-P uygulamasındaki pamuk bitkileri, her ne kadar K-G yöneyinde en ince yaprağa sahip olsa da her iki yılda da kısa sürede diğer uygulamalar ile benzer yaprak kalınlığına ulaşmıştır.

Mevcut çalışmada, yaprak büyümesi ve gelişimi yanında yaprak alanında da önemli değişimler gözlemlenmiştir. Buğday hasadı sonrasında, Int-P uygulamasına ait ortalama yaprak alanı ilk yıl %216, ikinci yıl ise %489 artarak hızlı bir büyüme göstermiştir. Benzer şekilde buğday-pamuk *relay strip intercropping* sistemi üzerine çalışma yürüten Zhang et al. (2008c), buğday hasadından sonra *intercrop* pamuk yaprak alanının hızlı bir şekilde arttığını ifade etmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada, Tek-P uygulamasına ait pamuk bitkilerinde yaprak oluşum hızının, Int-P uygulamasından daha yüksek olduğu ve bu farkın buğday hasadı sonrasında ortadan kalktığını ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada, denemenin ikinci yılında, birinci yıla göre daha fazla artan yaprak alanı değerinin pamuk fide döneminde artan sıcaklıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Reddy et al. (1992), sıcaklığın pamuk gelişiminin erken dönemlerinde büyüme ve gelişime etkisini inceledikleri çalışmalarında, 30 °C sıcaklığa kadar toplam yaprak alanı değerinin hızlı artış göstererek pik yaptığı ve bu sınırın altında ve üstünde toplam yaprak alanının düşüş gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, mevcut çalışmanın ilk yılında, Int-P uygulamasına ait yaprak alanı değeri, K-G yöneyinde, D-B yöneyine göre daha yüksek olmuş ve ikinci yılda ise tam tersi bir sonuç elde edilmiştir. Bu durumun, birim yaprak alanından ziyade, yaprak sayısından kaynaklı olduğu

düşünülmektedir. Gölgelemenin pamuk fidelerinde yaprak gelişimine önemli etkisinin olduğu daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Zhang et al., 2008c).

Denemenin ilk yıl ($r = 0.97$) ve ikinci yılına ait ($r = 0.99$) toplam kuru ağırlık ve yaprak alanı arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Pamuk bitkisini yaprağında meydana gelen fizyolojik ve morfolojik değişimlerin bitkinin toplam kuru ağırlığına benzer oranda etki ettiği gözlemlenmiştir. Düşük ışık koşullarında, fotosentez oranında meydana gelen azalmanın bitki büyümesini kısıtladığı bildirilmektedir (Niinemets, 2010; Valladares and Niinemets, 2008). Mevcut çalışmada da düşük ışık koşullarının olduğu, Int-P uygulamasına ait toplam kuru ağırlığı değeri, Tek-P uygulamasına göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, yaklaşık 22 günlük süreçte, incelenen pamuk bitkilerinde, ilk yıl K-G yöneyinde ekilen Int-P uygulamasında, toplam kuru ağırlık bakımından daha avantajlı olurken ikinci yıl bu avantaja D-B yöneyinde ekilen Int-P uygulaması sahip olmuştur. Farklı sıcaklık koşullarının ekiliş yöneyinde farklı etkilere sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2.4. Pamuk bitkisine ait büyüme parametreleri

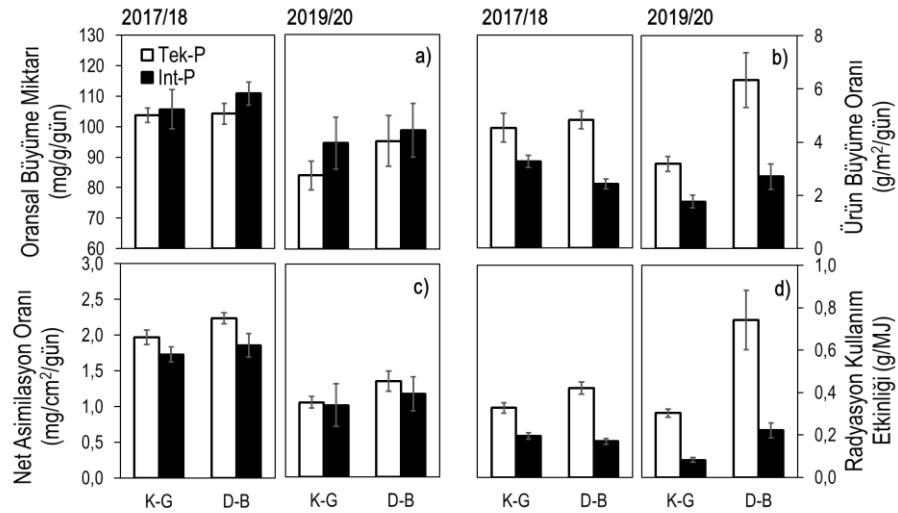
Bitkinin, kuru madde üretim kapasitesini değerlendiren oransal büyüme miktarı (RGR: *Relative Growth Rate*) değerinde yıllar arası önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.4). Denemenin ilk yılında, ortalama RGR değeri 106 mg/g/gün bulunurken, ikinci yılda bir miktar düşüş göstererek 93 mg/g/gün olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda, ilk yıl Int-P uygulamasına ait ortalama RGR değeri, Tek-P uygulamasından %4 daha yüksek bulunmuş, bu farkın ikinci yıl %8 olduğu kaydedilmiştir. Bununla birlikte, ekiliş yöneyinin pamuk RGR değeri üzerine dikkate değer bir etkisi olmadığı, ancak D-B yöneyinin, K-G yöneyine göre RGR değeri bakımından daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9a).

Ekilen ürünün, birim alandaki kuru madde üretim potansiyelini gösteren ürün büyüme oranı (CGR: *Crop Growth Rate*) değeri üzerine, yöney ve ekim sistemi uygulamalarının etkileri, kendi içerilerinde önemli bulunurken, Yıl x Yöney interaksyonu da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.4). Denemenin ilk yılında, ortalama CGR değeri bakımından, yöneyler arası önemli bir fark kaydedilmezken, ikinci yılda D-B yöneyine ait ortalama CGR değeri, K-G yöneyine göre %83 daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.9b). Bununla birlikte, Int-P uygulamasına ait pamuk bitkileri, beraber yetiştigi buğdaydan etkilenerek, Tek-P uygulamasına göre, ilk yıl ortalama 2.82 g/m²/gün CGR değerine sahip olup, %39

daha düşük gerçekleşmiştir. İkinci yılda ise bu düşüş (%53) biraz daha yüksek gerçekleşerek, 2.23 g/m²/gün CGR değerine ulaşmıştır.

Net asimilasyon oranı (NAR: *Net Assimilation Rate*) değeri ise birim yaprak alanının kuru madde üretebilme yeteneğinin bir göstergesidir. NAR değeri; Yıl, Yöney ve Ekim Sistemi faktörlerinden, ayrı ayrı önemli düzeyde etkilenmiştir. (Bkz. Çizelge 4.4). Denemenin ilk yılında, ortalama NAR değeri 1.95 mg/cm²/gün tespit edilirken, ikinci yıl % 41 azalarak, 1.15 mg/cm²/gün değeri kaydedilmiştir. Ekim sistemleri değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama NAR değerine 1.65 mg/cm²/gün ile Tek-P uygulamasında ulaşılırken, Int-P uygulamasında % 13 daha düşük gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, D-B yöneyi, K-G yöneyindeki ortalama NAR değerine göre %15 daha yüksek bulunmuş ve 1.66 mg/cm²/gün değerini elde etmiştir.

Son olarak, tutulan birim güneş enerjisi ile üretilen kuru madde hakkında bilgi veren radyasyon kullanım etkinliği (RUE: *Radiation Use Efficiency*) değeri üzerine, Yöney ve Ekim Sistemleri uygulamalarının istatistiki olarak önemli etkisi belirlenirken, Yıl x Yöney ve Yöney x Ekim Sistemi'ne ait interaksyonlar da önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.4). Tek-P uygulamasına ait radyasyon kullanım etkinliği (0.44 g/MJ), Int-P uygulamasına göre (0.17 g/MJ), %164 daha yüksek bulunmuştur. D-B yöneyine ait ortalama RUE değeri 0.39 g/MJ ile K-G yöneyinden (0.23 g/MJ) yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, ortalama Int-P uygulamasından elde edilen RUE değeri Tek-P ile kıyaslandığında, D-B yöneyinde %66 daha düşükken, K-G yöneyinde bu fark %56 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Her iki yetiştirme yılında (2017/18 ve 2019/20), farklı ekiliş yöneyi (Kuzey-Güney: K-G ve Doğu-Batı: D-B) ve ekim sisteminin (tek pamuk: Tek-P ve intercrop pamuk: Int-P) pamuk bitkilerinde oransal büyüme miktarı - RGR (a), ürün büyüme oranı - CGR (b), net asimilasyon oranı - NAR (c) ve radyasyon kullanım etkinliği üzerine - RUE (d) etkileri.

Mevcut çalışmada, *relay strip intercropping* sisteminin pamuk büyüme ve gelişiminde olumsuz bir etkisi olduğu tüm büyüme parametrelerinde açıkça ortaya koyulmuştur. Bu ekim sisteminde, pamuk bitkisi belirli dönemini buğdayın gölgesinde geçirdiği için radyasyon, su ve besin maddesi rekabetinden dolayı büyüme ve gelişiminin geciktiği, önceki çalışmalarda da ifade edilmiştir (Zhang et al., 2008c; Pan et al., 1994). Pamuk fidesinin çıkış yaptıktan sonra, 2 hafta boyunca, sıcaklığa duyarlı olduğu ve yüksek sıcaklıkların pamuk büyümesini olumsuz etkilediği önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Reddy et al., 1992). Mevcut çalışmada da maksimum sıcaklıkların daha yüksek seyir ettiği ikinci yılda, pamuk fidelerinin büyüme miktarları, ilk yıla göre daha düşük gerçekleşmiştir. Güneş ışınlarının daha fazla ve homojen yayıldığı D-B yöneyi, özellikle ikinci yılda bütün büyüme parametreleri bakımından, K-G yöneyine göre daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Buğday şeritleri arasında oluşan hava ve toprak sıcaklığı gölgeleme nedeniyle daha serin olabilmektedir (Zhang et al., 2008b). Ayrıca, D-B yöneyinde, güneş ışığını gün içerisinde daha fazla ve homojen aldığı için gerek kanopi gerekse de toprak ısısında gerçekleşen artış neticesinde, büyümenin K-G yöneyine göre bir miktar daha fazla olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak, *intercrop* sistemlerde pamuk büyümesinin önemli ölçüde kısıtlandığı ve bu kısıtlanmanın iklim koşullarına göre değişiklik gösterebileceği görülmüştür. Bunun yanı sıra, D-B yöneyinde ekimin, K-G yöneyine göre pamuk büyümesini daha fazla teşvik ettiği gözlemlenmiştir.

4.3. Sürdürülebilir pamuk yetiştiriciliği alternatifi olarak organik pamuk yetiştirme sisteminin değerlendirilmesi

Mevcut çalışmanın son başlığında tek pamuk (Tek-P) ve organik pamuk (Org-P) parsellerinde verim ve kalite parametreleri incelenmiştir. Genel olarak Org-P verim ve verim parametrelerinde Tek-P'a göre bir düşüş gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7). Bitki boyu değerlendirildiğinde, uygulamalar arası önemli bir fark bulunmasa da yılların ortalaması olarak Org-P, Tek-P'a göre %3 daha az bitki boyuna sahip olmuştur. Org-P bitki boyundaki düşüş ile birlikte ortalama Org-P biyokütlesinde de önemli bir azalış (%22) meydana gelmiştir. Bu azalış yıllar arasında da kendini göstermiş olup ikinci deneme yılında yaklaşık %20'lik bir biyokütle kaybı gerçekleşmiştir. Verimi belirleyen önemli parametrelerden biri olan koza sayısı bakımından Org-P'da, biyokütle ve bitki boyuna benzer şekilde %27'lik dikkate değer bir gerileme gerçekleşmiştir. Bunun aksine ikinci yılda ise Org-P, Tek-P'a kıyasla daha üstün performans göstermiş olup yaklaşık %20'lik bir koza sayısı farkı oluşturmuştur. Lif randımanı değerlendirildiğinde ise uygulamalar ve deneme yılları arasında kayda değer bir fark gözlemlenmemiştir. Verim parametrelerinde gerçekleşen bu farklılıklar kütlü ve lif verimine de benzer şekilde yansımıştır. Org-P, kütlü verimi bakımından Tek-P'a göre performansı bir miktar daha düşük (%4) bulunsa da istatistiki olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir. Bununla birlikte denemenin ikinci yılında, verim parametrelerine benzer şekilde kütlü veriminde %37 önemli bir gerileme kaydedilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı ekim sistemlerinin (tek ekim pamuk: Tek-P ve organik pamuk: Org-P) pamuk bitkisinde; bitki boyu, biyokütle, koza sayısı, lif randımanı, kütlü verimi ve lif verimi üzerine etkisi

PAMUK VERİM VE VERİM PARAMETRELERİ	2017-18	
	Tek-P	Org-P
Bitki boyu (cm)	72 ± 2	73 ± 4
Biyokütle (kg/da)	564 ± 23	402 ± 43
Koza sayısı (adet/bitki)	8.7 ± 0.4	6.8 ± 0.5
Lif randımanı (%)	44.9 ± 0.1	44.4 ± 0.3
Kütlü verimi (kg/ha)	2264 ± 73	2206 ± 165
2019-20		
Bitki boyu (cm)	75 ± 1	69 ± 1
Biyokütle (kg/da)	412 ± 46	361 ± 26
Koza sayısı (adet/bitki)	11.0 ± 0.9	7.5 ± 0.2
Lif randımanı (%)	44.5 ± 0.4	45.6 ± 0.1
Kütlü verimi (kg/ha)	1456 ± 75	1361 ± 53

Araştırmada Tek-P ve Org-P sistemlerinde yetiştirilen pamukların lif kalite özellikleri incelenmiş olup mikroner, mukavemet, lif uzunluğu, parlaklık ve tekdüzelik indeksi gibi lif kalite parametrelerine ait sonuçlar Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre pamuğun organik olarak yetiştirilmesinin lif kalite özelliklerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Ancak yıllar arasında parlaklık ve tekdüzelik indeksi arasında dikkat çekici bir fark tespit edilmiştir. Denemenin ikinci yılında lif parlaklığı anlamlı bir artış (%2.0) gösterirken, tekdüzelik indeksinde ise önemli bir azalış (%1.4) meydana gelmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı ekim sistemlerinin (tek ekim pamuk: Tek-P ve organik pamuk: Org-P) pamuk bitkisinde; mikroner, mukavemet, lif uzunluğu, parlaklık ve tekdüzelik indeksi üzerine etkisi

PAMUK LİF KALİTE PARAMETRELERİ	2017-18	
	Tek-P	Org-P
Mikroner	4.9 ± 0.1	5.0 ± 0.1
Mukavemet (g/tex)	31.7 ± 1.0	31.5 ± 1.1
Lif uzunluğu (mm)	28.4 ± 0.2	28.2 ± 0.7
Parlaklık	77.1 ± 0.4	76.3 ± 0.4
Tekdüzelik indeksi (%)	85.3 ± 0.3	84.6 ± 0.5
	2019-20	
	Tek-P	Org-P
Mikroner	4.7 ± 0.3	4.9 ± 0.1
Mukavemet (g/tex)	33.0 ± 1.0	30.0 ± 0.6
Lif uzunluğu (mm)	27.8 ± 0.3	27.7 ± 0.2
Parlaklık	78.3 ± 0.6	78.3 ± 0.3
Tekdüzelik indeksi (%)	84.0 ± 0.2	83.8 ± 0.3

Organik yetiştiricilikte; hastalık, zararlı ve yabancı otlar ile kimyasal mücadele yapılmadığı için yüksek üretim riski vardır (Trewavas, 2002; Borlaug, 2000; Nelson et al., 2004]. Bununla birlikte organik ve konvansiyonel pamuk yetiştiriciliğini kıyaslayan birçok araştırmada, organik yetiştiricilikte verimin azaldığı, ancak özellikle toprak verimliliği iyileştirilerek birçok ekolojik ve ekonomik avantaj sağlandığı ifade edilmiştir (Reganold et al., 2004; Birkhofer et al., 2008). Bazı araştırmacılar organik yetiştiricilikte, konvansiyonele göre %20-25 oranlarına varan verim düşüşlerinin gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Bunun aksine mevcut çalışmada az da olsa bir düşüş olmasına rağmen, Org-P veriminde dikkat

çekici bir kayıp olmamış ve bu durumun yapraktan uygulanan biyostimulant yaprak gübrelerinin sağladığı avantajdan kaynaklandığı düşünülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği'ne ait 6 m rakımda, 38°34'45"N ve 27°1'22"E koordinatlarında bulunan tarımsal alanda, 2017/18 ve 2019/20 üretim sezonlarında yürütülmüştür. Buğday ve pamuğun RSI (*Relay Strip Intercropping*) sistemi ile yetiştirildiği deneme alanında, her iki yılda da buğday büyüme sezonu boyunca, iklim verileri benzer değerlere sahip olurken 2019/20 yılında pamuk büyüme sezonunda Nisan ayından itibaren gün içi maksimum sıcaklık değerlerinde önemli bir yükseliş meydana gelmiştir. İkinci yılda, özellikle pamuk bitkisinde, çiçeklenme ve taraklanmanın gerçekleştiği temmuz ayı ve koza oluşumunun başladığı ağustos ayında, gün içi maksimum hava sıcaklıkları, pamuk fotosentezi için kritik olan 45°C hava sıcaklığını aşmıştır. Bu durum pamuk veriminin ilk yıla göre ikinci yılda daha düşük seyir etmesine neden olmuştur. Buğdayda büyüme sezonunda ise ikinci yıl gece-gündüz sıcaklık farkındaki artış, buğdayı olumlu yönde etkilemiş, ilk yıla göre verim ve verim parametrelerinde yükselişe neden olmuştur.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, buğday bitkisi RSI sisteminden genel anlamda olumlu olarak etkilenmiştir. Güneş ışığının kanopiye daha homojen yayıldığı, Int-B uygulamasında buğday bitkilerine ait ortalama bitki boyunun, Tek-B uygulamasına göre yaklaşık 5 cm daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, RSI sisteminde yetiştirilen buğday bitkilerine ait başak sayısı, biyokütlesi, BDA ve bitki verimi tek ekim sisteminde yetiştirilen buğdaya göre sırasıyla %4, %15, %31 ve %32 daha yüksek bulunmuştur. Her ne kadar RSI sisteminde buğdaya ait tek bitki verimi gelişse de tek buğdaya yetiştiriciliğine kıyasla ekiliş alanı %50 daha az olduğu için birim alandaki verim düşüş göstermiştir. Ancak, buğdayın tek bitki verimindeki artış sayesinde bu kayıp, ekiliş alanındaki %50 azalışın aksine %36 daha düşük gerçekleşmiştir.

RSI sisteminde, pamuk bitkisi gelişiminin ilk dönemlerini buğdayın gölgesinde geçirdiği için büyüme ve gelişmesinde gecikme meydana gelmiş ve genel anlamda tek pamuğa göre daha düşük verime sahip olmuştur. Int-P uygulaması, belirli bir dönem buğdayın gölgesinde yetiştirdiği için ortalama bitki boyu Tek-P uygulamasına göre yaklaşık %6 daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, suyun kısıtlanması RSI sisteminde pamuk boyunda %14'lük bir düşüşe neden olmuştur. Ortalama koza sayısında ise RSI'nin etkisi çok daha belirgin olmuş ve tek pamuğa kıyasla %21'lik bir azalış olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak

kısıtlanan su, ortalama koza sayısında %20 oranında düşüşe neden olarak dikkate değer bir etki yaratmıştır. Her ne kadar RSI sisteminde birim alandaki bitki sayısı daha fazla olsa da pamuk bitkisinde meydana gelen bu olumsuz etkiler pamuğun verimini olumsuz yönde etkilemiştir. Int-P uygulamasına ait ortalama biyokütle %7 oranında azalırken, kütlü verimindeki düşüş daha etkili olarak %23 oranında gerçekleşmiştir. RSI sistemlerde suyun kısıtlanması ise biyokütlede önemli bir kayıba (%19) neden olurken ve bu kayıp kütlü veriminde (%6) daha düşük gerçekleşmiştir. Lif randımanına hem RSI sisteminin hem de su kısıtlanmasının olumsuz etkisi olduğu belirlenmiş, lif verimindeki değişimler kütlü verimine benzer şekilde gerçekleşmiştir.

RSI sisteminde yetiştirilen buğday ve pamuk bitkilerine ait verim değerlerinin, bu ürünlerin tek ekimleri ile kıyaslandığında birim alanda bir düşüş olduğu görülmektedir. Ancak birim alandan elde edilen toplam verimlilik düşünüldüğünde RSI sisteminin daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yaygın olarak kullanılan ve RSI birim alan verimliliğini tek ekime göre değerlendiren LER indeksi ortalama 1.44 tespit edilmiştir. Bu sonuç RSI sisteminin tek ekim sistemine kıyasla birim alanı yaklaşık %31 oranında daha etkin kullandığını göstermektedir. Bununla birlikte, suyun kısıtlanması ile LER değerinde hafif bir azalış meydana gelmiştir. RSI sisteminde ürünlerin beraber yetiştigi süreyi ve ürünlerden elde edilen biyoenerji değeri dikkate alındığında, birim alan verimliliğini değerlendiren sırasıyla ATER ve RLO indeksleri de LER ile benzer eğilim göstermişlerdir. RSI sistemi her ne kadar birim alan verimliliğinde avantajlı olsa da brüt kazanç bakımından daha dezavantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Ancak ürün fiyatlarını baz alarak hesaplanan GMR indeksi tarım politikaları neticesinde değişen ürün fiyatlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Bununla birlikte, RSI sistemini kârlılık bakımından daha sağlıklı bir şekilde değerlendirmek için tarımsal üretim girdi ve çıktılarını dikkate alarak daha detaylı bir ekonomik analizin yapılması gerekmektedir.

RSI sistemlerde en az iki farklı ürün yetiştigi için su kullanım etkinliğinin klasik yöntemlerle hesaplanması zordur. O nedenle çalışmada biyokütle (SKE_{BIY}) ve brüt enerji (SKE_{BE}) değerleri dikkate alınarak ekim sistemlerine (Tek-B, Tek-P ve Int-BP) ait su kullanım etkinlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Tek-B uygulamasına ait su kullanım etkinliği en yüksek değerlere sahip olurken bunu Int-BP uygulaması takip etmiştir. Suyun kısıtlandığı koşullarda ise su kullanım etkinlikleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

RSI sistemi genel olarak, buğdayda ekmeklik kalitesi üzerine olumlu etki sağlamıştır. Her ne kadar sedimantasyon değeri, Int-B uygulamasında düşüş gösterse de Int-B uygulamasına ait buğdayların düşme sayısı, hektolitreye ağırlığı ve un randımanı olumlu yönde etkilenmiştir. Int-B ve Tek-B uygulamaları arasında oluşan bu kalite farkının ilk yıl ikinci yıla göre daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Pamuk lif kalitesinde ise RSI sistemin genel anlamda önemli bir etkisi bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre; mukavemet, lif uzunluğu ve tekdüzelik indeksi gibi lif kalite parametreleri önemli ölçüde etkilenmemiş, lif mikroneri kısıtlanan su koşullarında düşüş gösterirken lif parlaklığında ise RSI sisteminde azalış gözlemlenmiştir.

RSI sisteminin farklı ekiliş yöneylerinde (K-G ve D-B) denenmesi sonucunda buğday veriminde önemli bir değişim kaydedilmiştir. Ancak, ilk yıl buğday verimleri D-B yöneyinde hafif bir artış göstermiştir. Bununla birlikte, pamuk bitkisine ait verim ve verim parametreleri ekiliş yöneyinden etkilenmiştir. Her iki yılda da kütlü ve lif verimi bakımından D-B yöneyinin daha avantajlı olduğu görülmüştür. Biyokütle, bitki boyu, lif randımanı ve koza sayısı yıllar içerisinde değişen yöneye göre farklılık göstermiştir. Kalite özellikleri incelendiğinde ise buğday ve pamukta ekiliş yöneyinin dikkate değer bir farkı gözlemlenmemiştir.

RSI sisteminde, yaklaşık 7 hafta boyunca buğdayın gölgesinde yetişen pamuk fidelerinin, büyüme ve gelişiminde önemli etkiler gözlemlenmiştir. İlk yıl, buğday hasadından sonra, tüm pamukların CTD değeri düşüş gösterirken, Int-P uygulamasında bu etki daha fazla olmuştur. Bu durumun gölge tesiri altında büyüyen pamuğun güneşe direkt olarak maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunu destekler nitelikte gölgelemenin daha fazla olduğu K-G yöneyinde gerçekleşen CTD değerindeki düşüşün, D-B yöneyine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yaprak klorofil içeriği hakkında bilgi veren SPAD değerlerinde ise buğday hasadı sonrası Int-P uygulamasında önemli bir artış meydana gelmiş ve bu artışın gölgeleme etkisinin daha fazla olduğu K-G yöneyinde daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Buğday gölgesinde yetişen pamuk bitkilerinin daha ince yaprağa sahip oldukları, gölge etkisinin daha fazla olduğu K-G yöneyinde yetişen pamuk yapraklarında ise D-B yöneyine göre daha ince yaprak yapısına sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, buğday hasat edildikten sonra, Int-P uygulamasında yetişen pamukların yapraklarında hızlı bir değişimle, tek ekim uygulamasındaki pamuk yapraklarına benzer kalınlığı ulaştığı belirlenmiştir.

Bununla birlikte, ikinci yıl meydana gelen sıcaklık artışları neticesinde, pamuk bitkisine ait yaprak fizyolojik özelliklerinde ilk yıla göre farklılık oluştuğu tespit edilmiştir. SPAD ve CTD değerlerinde bir önceki yıla göre tam tersi etkiler ortaya çıkmıştır. Buğday hasadı sonrası, Int-P uygulamasına ait pamuk bitkilerinde CTD değeri artış göstermiş, Tek-P ve Int-P uygulamaları arasında CTD değeri bakımından bir farklılık oluşmamıştır. Ayrıca, buğday hasadı öncesinde K-G yöneyine ait CTD değerinin, D-B yöneyine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SPAD değerinde de ilk yılın aksine buğday hasadı sonrası pamuk bitkisine ait SPAD değerlerinde genel bir düşüş meydana gelmiştir. Bu ters etkinin, ikinci yıl pamuk sezonunda gün içi maksimum hava sıcaklıklarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaprak inceliğinde ise ilk yıla benzer ancak daha ılımlı bir değişim gözlemlenmiştir.

Her iki yılda da buğday hasadı sonrası, Int-P uygulamasında yetişen pamuk bitkilerinin büyümesi üzerindeki olumsuz etki ortadan kalksa da Tek-P uygulamasındaki toplam kuru ağırlık değerine ulaşamamıştır. İkinci yıl, toprak nemi gibi çevresel kaynakların yeterli olduğu koşullarda artan sıcaklıklar neticesinde transpirasyonu arttırmak amacı ile tüm pamuklar toplam yaprak alanını arttırmaya yönelmiş ve nitekim özellikle buğday hasat sonrasında daha yüksek CTD değerine sahip olmaları bunu kanıtlar niteliktedir. Tek bitki gelişimi dikkate alındığında, RGR bakımından her iki yılda da Int-P uygulaması daha avantajlı görülmekle birlikte, birim alandaki büyüme değerlendirildiğinde ise Int-P daha dezavantajlı bulunmuştur. Özellikle tutulan ışığın önemli ölçüde buğday tarafından kısıtlanması neticesinde, RUE bakımından Int-P uygulamasında önemli düşüşler meydana gelmiştir.

Tek-P ekim sistemine alternatif olarak yetiştirilen Org-P sisteminin incelendiği araştırmada, her ne kadar çevresel sürdürülebilirliği sağlasa da Org-P 'da gerçekleşen verim kaybı nedeniyle, küresel pamuk talebini karşılamada tek başına yeterli olamayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, lif kalitesinde önemli farklılıkların oluşmaması, ekonomik sürdürülebilirlik için bir avantaj olabileceği düşünülmektedir.

Tüm elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, özellikle birim alan verimliliği bakımından RSI sisteminin ümit vadettiği görülmüştür. Bununla birlikte, ürünlerin tek ekimlerine göre, buğday ekmeklik kalitesinin arttığı ve pamuk lif kalitesini koruduğu için birim ürün fiyatlarını geliştirebilir ve muhafaza edebilir düzeyde bulunmuştur. Ayrıca, küresel ısınma nedeni ile artış gösteren hava

sıcaklıklarına önlem olarak, RSI sisteminin K-G yöneyine ekilmesi ile pamuk fideleri daha fazla serinlemesi ve böylece pamuk büyüme ve gelişiminin korunması sağlanabilecektir. Suyun kısıtlı olduğu koşullarda da birim alandaki verimliliğini koruyabildiği ve tek pamuk yetiştiriciliğine göre suyu daha etkin kullanabildiği için RSI 'nin, tarımsal üretim sistemi olarak önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Bunlara ek olarak, RSI sisteminin pratikte uygulanabilir hale gelmesi için mekanizasyon çalışmalarının yürütülmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aasim, M., Muhammad, E.U., and Karim, A.,** 2008, Yield and competition Indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting patterns. Ankara, Turkey.
- Althawadi, A. M. and Grace, J.,** 1986, Water use by the desert Cucurbit *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad, *Oecologia*, 70, 475–480pp.
- Ali, M.O. and Sarker, A.,** 2013, More benefit from less land: a new rice-pea-rice cropping pattern for resource-poor farmers of Bangladesh, *J Agric Sci Technol* 3:204–210pp.
- Amossé, C., Jeuffroy, M.H., Celette, F., David, C.,** 2013, Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production, *Eur J Agron* 49:158–167pp.
- Anbarasi, M. and Rajendran, K.,** 2017, Physiological Growth Parameters of Cotton under Mechanized and Conventional Cultivation with Varying Crop Geometry, *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* (2017) 6(12): 408-415pp.
- Andersen, M.K.,** 2005, Competition and complementarity in annual intercrops—the role of plant available nutrients. PhD thesis, Department of Soil Science, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. Samfundslitteratur Grafik, Frederiksberg, Copenhagen.
- Anil, L., Park, J., Phipps, R.H. and Miller, F.A,** 1998, Temperate Intercropping of Cereals for Forage: Review of Potential for Growth and Utilization with Particular Reference to the UK, *Grass and Forage Science*, 1998, 53: 301-317pp.
- Anonim,** 2022, “Türkiye İstatistik Kurumu Merkezi Dağıtım Sistemi”, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim tarihi: 15 Nisan 2022)
- Arora, P., Bidalia, A. and Rao, K. S.,** 2016, Growth and Photosynthetic Response of Wheat and Mustard Plants to Intercropping, *Phytomorphology*, 66(1&2), 35-44pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Ayeneh, A., Ginkel, M., Reynolds, M.P. and Ammar, K.,** 2002, Comparison of leaf, spike, peduncle, and canopy temperature depression in wheat under heat stress, *Field Crops Research*, 79, 173-184pp.
- Aziz, M., Mahmood, A., Asif, M.U., and Ali, A.,** 2015, Wheat-based intercropping: a review, *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25, 896-904pp.
- Bandyopadhyay, P.K., Singh, K.C., Mondal, K., Nath, R., Ghosh, P.K., Kumar, N., Singh, S.S.,** 2016, Effects of stubble length of rice in mitigating soil moisture stress and on yield of lentil (*Lens culinaris* Medik) in rice-lentil relay crop, *Agric Water Manag* 173:91–102pp.
- Bantie, Y.B.,** 2015, Determination of effective spatial arrangement for intercropping of maize (*Zea mays* L.) and potato (*Solanum tuberosum* L.) using competition indices Ethiopia, *J Horticulture* 2: 137.
- Bednarz, C.W., Nichols, R.L. and Brown, S.M.,** 2007, Within-boll yield components of high yielding cotton cultivars, *Crop Sci* . 47, 2108–2112.
- Beets, W.C.,** 1982, *Multiple Cropping and Tropical Farming Systems*, West View Press Inc., Boulder, Colorado.
- Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., Gonias, E.G.,** 2008, Photosynthesis, quantum yield of photosystem II and membrane leakage as affected by high temperatures in cotton genotypes, *J. Cotton Sci.* 12, 150–159pp.
- Birkhofer, K., Bezemer, T.M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., et al.,** 2008, Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity, *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 2297–2308pp.
- Blaise, D., Bonde, A., Chaudhary, R.,** 2005, Nutrient uptake and balance of cotton plus pigeon pea strip intercropping on rainfed vertisols of central India, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 73, 135–145pp.
- Borlaug, N.E.,** 2000, Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry, *Plant Physiology*, 124: 487–490pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Boretti, A. and Rosa, L.**, 2019, Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water 2, 15.
- Burke, J.J., Hatfield, J.L. and Mahan, J.R.**, 1988, Crop specific thermal kinetic windows in relation to wheat and cotton biomass production, Agron. J. 80, 553–556pp.
- Bruun, T.B., Elberling, B., de Neergaard, A., Magid, J.**, 2015, Organic carbon dynamics in different soil types after conversion offorest to agricul- ture. Land Degrad Dev, 26(3):272–283pp.
- Cakalogullari, U. and Tatar, M. O.**, 2020, Adaptation of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to Limited Water Conditions: Reversible Change in Canopy Temperature, AgroLife Scientific Journal, Volume 9, Number 1, ISSN 2285-5718, 64-72pp.
- Cevher, C.**, 2020, Determination of Quality Criteria of Wheat Purchased in Commodity Exchanges (Eskişehir, Konya, Polatlı): The Case of Central Anatolia Region, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 57 (3):413-423pp. DOI: 10.20289/zfdergi.604709.
- Challinor, A., Wheeler, T., Craufurd, P. and Slingo, J.**, 2005, Simulation of the impact of high temperature stress on annual crop yields, Agric. For. Meteorol., 135, 180–189pp.
- Charles-Edwards, D.A. and Lawn, R.J.**, 1984, Light interception by grain legume rowcrops. Plant Cell Environ. 7, 247–251pp.
- Chen, B.L., Yang, H.K., Ma, Y.N., Liu, J.R., Lv, F.J., Chen, J., Meng, Y.L., Wang, Y.H. and Zhou, Z.G.**, 2017, Effect of shading on yield, fiber quality and physiological characteristics of cotton subtending leaves on different fruiting positions, Photosynthetica, 55(2), 240-250pp.
- Choudhary, V.K.**, 2014, Suitability of maizelegume intercrops with optimum row ratio in mid hills of eastern Himalaya, India. SAARC Journal of Agriculture, 2014;12(2):52-62pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Coll, L., Cerrudo, A., Rizzalli, R., Monzon, J.P. and Andrade, F.H.,** 2012, Capture and use of water and radiation in summer intercrops in the south-east Pampas of Argentina, *Field Crops Res*, 134: 105-113pp.
- Cook, A., Wilhelm, N., Shepperd, W. and Richter, I.,** 2015, Row orientation and weed competition, *Eyre Peninsula Farming Systems Summary*, 163-165pp.
- Coolman, R.M. and Hoyt, G.D.,** 1993, Increasing Sustainability by Intercropping, *HortTechnology*, 1993, 3: 309-311pp.
- Crawford, A. J., McLachlan, D. H., Hetherington, A. M., and Franklin, K. A.,** 2012, High temperature exposure increases plant cooling capacity, *Current Biology*, 22, R396–R397pp.
- Curtis, T. and Halford, N.G.,** 2014, Food security: The challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety, *Ann. Appl. Biol.*, 164, 354–372pp.
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syasar, B.S. and Ramroudi, M.,** 2009, Effect of intercropping maize with cowpea on green forage yield and quality evaluation, *Asian J. Plant Sci.* 8: 235-239pp.
- Dai, J. and Dong, H.,** 2014, Intensive cotton farming technologies in China: Achievements, challenges and countermeasures, *Field Crops Research*, Volume 155, 99-110pp.
- Dai, J.L., Luo, Z., Li, W.J., Tang, W., Zhang, D.M., Lu, H.Q., Li, Z.H., Xin, C.S., Kong, X.Q., Eneji, A.E. and Dong, H.Z.,** 2014, A simplified pruning method for profitable cotton production in the Yellow River valley of China, *Field Crops Res.* 164, 22–29pp.
- Deazevedo, D.M.P., Beltrao, N.E.D., Vieira, D.J., Danobrega, L.B.,** 1993, Annual cotton cowpea intercropping. 1. Effect of row arrangement. *Pesqui. Agropecu. Bras*, 28, 813–822pp.
- de Oliveira, S.P., de Lacerda, N.B., Blum, S.C., Escobar, M.E.O., de Oliveira, T.S.,** 2015, Organic carbon and nitrogen stocks in soils of northeastern Brazil converted to irrigated agriculture, *Land Degrad Dev* 26(1):9– 21.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S. and Sharma, K.,** 1991, Performance of maize and mungbean intercropping in different planting patterns and row orientations, *Indian Journal of Agronomy* 36, 207–212pp.
- Dizlek, H. and Islamoglu, M.,** 2014, Effects of Sunn Pest (*Eurygaster maura* L. Heteroptera; Scutelleridae) sucking number on physical and physicochemical characteristics of wheat varieties, *Journal of Applied Botany and Food Quality* 88, 10 – 15pp.
- Du, X., Chen, B., Shen, T., Zhang, Y. and Zhou, Z.,** 2015, Effect of cropping system on radiation use efficiency indouble-cropped wheat–cotton, *Field Crops Research* 170: 21–31pp.
- Du, X., Chen, B., Meng, Y., Zhao, W., Zhang, Y. and Shen, T., et al.,** 2016, Effect of cropping system on cotton biomass accumulation and yield formation in double-cropped wheat-cotton, *Int J Plant Prod.*, 10: 29–44pp.
- Dumanski, J., Peiretti, R., Benites, J.R., McGarry, D., Pieri, C.,** 2006, The paradigm of conservation agriculture, *ProcWorld association of soil and water conservation* 1:58–64pp.
- Ebrahimi, E., Kaul, H.P., Neugschwandtner, R.W. and Dabbagh Mohammadi Nassab A.,** 2016, Productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) intercropped with rapeseed (*Brassica napus* L.), *Canadian Journal of Plant Science*. 97(4): 557-568pp.
- Echer, F.R. and Rosolem, C.A.,** 2015, Cotton yield and fiber quality affected by row spacing and shading at different growth stages, *Eur. J. Agron.* 65: 18-26pp.
- Egan, P. and Ransom, K.P.,** 1996, Intercropping wheat, oats and barley into lucerne in Victoria, 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, Qld, pp 231-234pp.
- Ehleringer J. and Hammond S.,** 1987, Solar tracking and photosynthesis in cotton leaves, *Agricultural and Forest Meteorology*, 39,25–35pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Emuh, F.N., Ofuoku, A.E. and Oyefia, E,** 2006, Effect of Intercropping Okra (*Hibiscus esculentus*) with Pumpkin (*Cucurbita maxima*) on some Growth Parameters and Economic Yield of Maize (*Zea mays*) and Maximization Land use in a Fadama Soil. Research Journal of Biological Sciences, 1(1-4): 50-54pp.
- Eskandari, H.,** 2012, Intercropping of maize (*Zea mays*) with cow pea (*Vigna sinensis*) and mung bean (*Vigna radiata*): effect of complementarity of intercrop components on resource consumption, dry matter production and legumes forage quality, J. Basic Appl. Scient. Res. 2: 355-360pp.
- Feng, L., Wang, G., Han, Y., Li, Y., Zhu, Y., Zhou, Z. and Cao, W.,** 2017, Effects of planting pattern on growth and yield and economic benefits of cotton in a wheat-cotton double cropping system versus monoculture cotton, Field Crops Research, Volume 213, 2017, 100-108pp.
- Fereres, E.M. and Soriano, A.,** 2007, Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Integrated Approach to Sustain and Improve Plant Production under Drought Stress, Special Issue, J. Exp. Bot., 58: 147-159pp.
- Flesch, R.D.,** 1994, Wheat-soybean relay intercropping: Temporal and spatial effects, PhD thesis, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- Francis, C.A.,** 1989, Biological efficiencies in multiple-cropping systems. Advances in Agronomy, 42, 1–42pp.
- Fox, J.W.,** 2005, Interpreting the “selection effect” of biodiversity on ecosystem function. Ecol. Lett. 8, 846–856pp.
- Gangwar, B. and Prasad, K.,** 2005, Cropping system management for mitigation of second-generation problems in agriculture, Indian J Agr Sci. 2005; 75: 65–78pp.
- Gao, Y., Duan, A.W., Sun, J.S., Li, F.S., Liu, Z.G., Liu, H., et al.,** 2009, Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping, Field Crops Res, 111: 365-373pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Gao, Y. and Wu, P.,** 2014, Growth, yield, and nitrogen use in the wheat/maize intercropping system in an arid region of northwestern China, *Field Crops Res.* 167: 19-30pp.
- Gartner, B.H., Munich, M., Kleijer, G. and Mascher, F.,** 2008, Characterisation of kernel resistance against *Fusarium* infection in spring wheat by baking quality and mycotoxin assessments, *Eur. J. Plant Pathol.*, 120, 61–68pp.
- George-Jaeggli, B., Jordan, D.R., Van Oosterom, E.J., Broad, I.J., Hammer, G.L.,** 2013, Sorghum dwarfing genes can affect radiation capture and radiation use efficiency. *Field Crops Res.* 149, 283–290pp.
- Ghanbari, G., Dahmardeh, M., Siahars, B.A. and Ramroudi, M.,** 2010, Effect of Maize (*Zea mays* L.) - Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Intercropping on Light Distribution, Soil Temperature and Soil Moisture in Arid Environment. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2010, 8(1): 102-108pp.
- Ghule, P.L., Dahiphale, V.V., Jadhav, J.D. and Palve, D.K.,** 2013, Absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate as influenced on dry matter weight of Bt cotton, *Internat. Res. J. agric. Eco. & Stat.*, 4 (1) : 42-46pp.
- Giayetto, O., Cerioni, G.A. and Amin, M.S.,** 2005, Water use, growth and pod yield of two peanut cultivars under different interrow spacing, *J. Peanut Sci.* 34 (2), 5–13pp.
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavell, P., Izac, Swift, M.J.,** 1997, Agricultural intensification, soil biodiversity and agro ecosystem function, *Appl Soil Ecol* 6:3–16.
- Gooding, M. J. and Davies, W. P.,** 1997, *Wheat Production and Utilization: Systems, Quality and Environment.* Cab International, Cambridge, United Kingdom.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Gooding, M.J., Kasyanova, E., Ruske, R., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, E.S., Dahlmann, C., Von Fragstein, P., Dibet, A., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Pristerf, A., Romeo, M., Monti, M. and Launay, M.,** 2007, Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat, *J. Agric. Sci.* 145: 469-479pp.
- Guzman, G., Aguilera, E., Soto Fernández, D., Cid, A., Infante, J., García Ruiz, R., Herrera, A., Villa, I. and González de Molina, M.,** 2014, Methodology and Conversion Factors to Estimate the Net Primary Productivity of Historical and Contemporary Agroecosystems, *Sociedad Española de Historia Agraria*, Sevilla.
- Hake, S.J. and Silvertooth, J.,** 1990, High temperature effects on cotton, *Cotton Physiology Today*, Vol. 1, No. 10.
- Hall, A.E.,** 2001, Botany and Plant Sciences Department University of California, Riverside. Heat Stress and Its Impact. <https://plantstress.com/heat/> (Erişim zamanı: 10 Nisan 2022).
- Halverson, J. and Zeleny, L.,** 1988, Criteria of wheat quality. In: *Wheat: Chemistry and Technology* (Pomeranz Y ed), American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Vol. 1, pp. 15–45pp.
- Han, X.J., Chen, Y.Q. and Wang, L.X.,** 2014, Potato/cotton pattern preliminary evaluation of comprehensive benefit in central and southern Hebei plain, *J. Chin. Agric. Univ.* 19, 46–54pp.
- Han, J., Zhang, Z., Cao, J., Luo, Y., Zhang, L., Li, Z., and Zhang, J.,** 2020, Prediction of winter wheat yield based on multi-source data and machine learning in China, *Remote Sensing*, 12(2).
- Hiebsch, C.K.,** 1980, Principles of intercropping, Effect of N fertilization and crop duration on equivalency ratios in intercrops versus monoculture comparisons, PhD thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.
- Horwith, B.,** 1985, A role for intercropping in modern agriculture, *Biological Sciences* 35(5):286-291pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Huang, C.D., Liu, Q.Q., Gou, F., Li, X.L., Zhang, C.C., van der Werf, W. et al.**, 2017, Plant growth patterns in a tripartite strip relay intercrop are shaped by asymmetric aboveground competition, *Field Crops Research*. 2017; 201: 41–51pp.
- Humphries, A.W., Latta, R.A., Auricht, G.C. and Bellotti W.D.**, 2004, Overcropping Lucerne with wheat: effect of Lucerne winter activity on total plant production and water use of the mixture, and wheat yield and quality, *Aust. J. Agric. Res.* 55: 839-848pp.
- Hussein, F., Janat, M. and Yakoub, A.**, 2011, Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation, *Turk J Agric For*, 35 (6), 611-621pp.
- Hrušková, M. and Faměra O.**, 2003, Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique, *Czech J. Food Sci.*, 21: 91–96pp.
- ICC**, 1991, Standard No: 107/1 Determination of the “Falling Number” according to Hagberg-Perten as a measure of the degree of alpha-amylase activity in grain and flour, International Association for Cereal Science and Technology, Huddinge, Sweden.
- ICC**, 1994, Standard No: 116/1, Determination of the sedimentation value (according to Zeleny) as an approximate measure of baking quality. International Association for Cereal Science and Technology, Huddinge, Sweden.
- IPCC**, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, vol. 43. Cambridge University, Cambridge, 866–871pp.
- Iqbal, J., Cheema, Z.A. and An, M.**, 2007, Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.), *Plant Soil* 300, 163–171pp.
- İştipliler, D., Çakaloğulları, U. and Tatar, Ö.**, 2017, Mitigate grain yield losses of wheat under terminal drought stress by different nitrogen applications, *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LX(1), 275-280pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Jabbar, A., Ahmad, R., Bhatti, I.H., Aziz, T., Nadeem, M., Wasi-u-Din, R.A.,** 2011, Residual soil fertility as influenced by diverse rice-based inter/relay cropping systems, *Int J Agric Biol* 13:477–483pp.
- Jan, R., Saxena, A., Jan, R., Khanday, M. and Jan, R.,** 2016, Intercropping indices and yield attributes of maize and black cowpea under various planting pattern, *The Bioscan*, 2016;11(2):1-5pp.
- Kantor, S.,** 1999, Comparing Yields with Land Equivalent Ratio (LER). *Agricultural and Natural Resources*, Fact Sheet 532, 2980(206), 1–2pp.
- Karlidag, H. and Yildirim, E,** 2007, The Effects of Nitrogen Fertilization on Intercropped Strawberry and Broad Bean. *Journal of Sustainable Agriculture*, 29(4): 61-74pp.
- Kass, D.C.L.,** 1978, Polyculture cropping systems: review and analysis, *Cornell International Agricultural Bulletin* 32.
- Keesstra, S., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E.C., Azorin-Molina, C., Parras-Alcántara, L., Jordán, A., Cerdà, A.,** 2016, Effects of soil management techniques on soil erosion in apricot orchards, *Sci Total Environ* 551-552:357–366pp.
- Khan, M. B. and Khaliq, A.,** 2005, Production of winter cereals as relay crops by surface seeding in cotton based cropping system, *Journal of Research* 16:79–86pp.
- Kheroar, S. and Patra, B.C.,** 2013, Advantages of maize-legume intercropping systems, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013;3:733-744pp.
- Kılı, F.,** 2005. Effect of Early, Normal and Late Planting Dates on Yield Components of Two Cotton Cultivars Under Irrigated Conditions of Turkey. *Innovative Scientific Information & Service Network Bioscience Research* 2(1): 38-42pp.
- Kinaci, E., and Kinaci, G.,** 2004, Quality and yield losses due to sunn pest (Hemiptera: Scutelleridae) in different wheat types in Turkey, *Field Crop Res.* 89, 187-195pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Krieg, D.R.**, 1986, Feedback control and stress effects on photosynthesis. In: Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, Natl. Cotton Counc. Am., Memphis, TN, pp. 227–243pp.
- Li, L., Sun, J.H., Zhang, F.S., Li, X.L., Yang, S.C., Rengel, Z.**, 2001, Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and inter-specific interactions on nutrients, *Field Crops Res.* 71, 123–137pp.
- Li, L., Zhang, F., Li, X., Christie, P., Sun, J., Yang, S. and Tang, C.**, 2003, Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65(1): 61-71pp.
- Li, X., Shi, W., Broughton, K., Smith, R., Sharwood, R., Payton, P., Bange, M. and Tissue, D.T.**, 2020, Impacts of growth temperature, water deficit and heatwaves on carbon assimilation and growth of cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.), *Environ. Exp. Bot.*, 179, 104204.
- Lithourgidis, A.S., Dhim, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A. and Yiakoulaki, M.D.**, 2007, Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch, *Agron. Sust. Dev.* 27: 95-99pp.
- Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A. and Vlachostergios, D.N.**, 2011, Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture., *Aust. J. Crop Sci.* 5: 396-410pp.
- Liu, X., Herbert, S.J., Hashemi, A.M., Litchfield, G.V., Zhang, Q. and Barzegar, A.R.**, 2006, Yield and yield components responses of old and new soybean cultivars to source-sink manipulation under light enrichment. *Plant, Soil and Environment*, 52, 150–158pp.
- Liu, J.H., Zeng, Z.H., Jiao, L.X., Hu, Y.G., Wang, Y. and Li, H.**, 2006, Intercropping of different silage maize cultivars and alfalfa, *Acta. Agron. Sci.* 32: 125-130pp..
- Liu, Q., Wu, X., Li, T., Ma, J. and Zhou, X.**, 2013, Effects of elevated air temperature on physiological characteristics of flag leaves and grain yield in rice, *Chilean journal of agricultural research*, 73(2), 85-90pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Lokhande, S. and Reddy, K.R.**, 2014, Quantifying Temperature Effects on Cotton Reproductive Efficiency and Fiber Quality, *Agron. J.* 106:1275–1282.
- Loreau, M. and Hector, A.**, 2001, Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature* 412, 72–76pp.
- Lu, A.G.**, 2009., Spatial precipitation variation across China during 1951–2002, *Ecol. Environ. Sci.* 18, 45–50pp.
- Lu, H.Q., Dai, J.L., Li, W.J., Tang, W., Zhang, D.M., Eneji, A.E. and Dong, H.Z.**, 2017, Yield and economic benefits of late planted short-season cotton versus full-season cotton relayed with garlic, *Field Crops Res.* 200, 80–87pp.
- Ludwig, L.J., Saeki, T. and Evans, L.T.**, 1965, Photosynthesis in artificial communities of cotton plants in relation to leaf area. I. Experiments with progressive defoliation of mature plants, *Aust. J. Biol. Sci.* 18, 1103–1118pp.
- Ma, X.M., Liu, X.X., Zhang, Q.W., Zhao, J.Z., Cai, Q.N., Ma, Y.A., Chen, D.M.**, 2006, Assessment of cotton aphids, *Aphis gossypii*, and their natural enemies on aphid-resistant and aphid-susceptible wheat varieties in a wheat–cotton relay intercropping system, *Entomologia Experimentalis et Applicata* 121:235–241pp.
- Ma, C., Xie, P., Zhang, K., Yang, J., Li, X., Liu, F., Lin, L. and Zhang, H.**, 2021, Contribution of the flag leaf to lead absorption in wheat grain at the grain-filling stage, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 225, 112722.
- Ma, L., Li, Y., Wu, P., Zhao, X., Gao, X. and Chen, X.**, 2020, Recovery growth and water use of intercropped maize following wheat harvest in wheat/maize relay strip intercropping, *Field Crops Research*, Volume 256, 2020, 107924, 1-14pp.
- Machado, S.**, 2009, Does intercropping have a role in modern agriculture? *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Magino, H.N., Mugisha, J., Osiru, D.S.O. and Oruko, O.L.**, 2004, Profitability of sorghum-legume cropping practices among households in Eastern Uganda, *Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 688-692pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Majeed, S., Rana, I.A., Mubarik, M.S., Atif, R.M., Yang, S.H., Chung, G., Jia, Y., Du, X., Hinze, L. and Azhar, M.T.,** 2021, Heat Stress in Cotton: A Review on Predicted and Unpredicted Growth-Yield Anomalies and Mitigating Breeding Strategies. *Agronomy*, 11, 1825.
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C. et al.,** 2009, Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 43–62pp.
- Mamine, F. and Fares, M.,** 2020, Barriers and Levers to Developing Wheat–Pea Intercropping in Europe: A Review, *Sustainability*, 12, 6962, 1-19pp.
- Manley, M., Engelbrecht, M. L., Williams, P. C., and Kidd, M.,** 2009, Assessment of variance in the measurement of hectolitre mass of wheat, using equipment from different grain producing and exporting countries, *Biosystems engineering*, 103(2), 176-186pp.
- Martin-Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J. and Rivest, D.,** 2018, The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping, *Sci Total Environ*, 615:767-772pp.
- Matusso, J.M.M., Mugwe, J.N. and Mucheru-Muna, M.,** 2014, Potential Role of Cereal-Legume Intercropping Systems in Integrated Soil Fertility Management in Smallholder Farming Systems of Sub-Saharan Africa, *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 2014, 3(3): 162-174pp.
- Mead, R. and Willey, R.W.,** 1980, The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping, *Exp. Agric.* 16, 217–228pp.
- Midmore, D.J.,** 1993, Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. *Field Crops Research* 34, 357–380pp.
- Mitiku, A., Chala, A. and Beyene, Y,** 2014, Effect Of Intercropping On Aphid Vectors And Yield Of Pepper (*Capsicum annum* L.) In Southern Part Of Ethiopia, *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, 2, 28-34pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Mobasser, H.R., Vazirimehr, M.R. and Rigi, K.,** 2014, Effect of Intercropping on Resources use, Weed Management and Forage Quality, International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2014, 4(2): 706-713pp.
- Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R. and Imani A.A.,** 2011, Evaluation of drought tolerance of bread wheat genotypes using stress tolerance indices at presence of potassium humate, American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 10: 151-156pp.
- Monteith, J.L. and Unsworth, M.,** 1990, Principles of environmental physics, second ed. Edward Arnold, London.
- Moradi, M., Noori, M., Sobhkhizi, A., Fahramand, M. and Rigi, K,** 2014, Effect of Intercropping in Agronomy. Journal of Novel Applied Sciences, 3(3): 315-320pp.
- Morgan, J.M.,** 2003, Making the most of available water in wheat production, The State of New South Wales, Edited by Bill Noad, Information Delivery Program, Dubbo, July 2003, Agdex 112/10, Job no. 4287.
- Musinguzi, P., Ebanyat, P., Tenywa, J.S., Basamba, T.A., Tenywa, M.M., Mubiru, D.,** 2015, Precision offarmer-based fertility ratings and soil organic carbon for crop production on a Ferralsol, Solid Earth 6:1063–1073pp.
- Nelson, L., Giles, J., MacIlwain, C. and Gewin, V.,** 2004, Organic FAQs, Nature, 428: 796–798pp.
- Nelson, K.A., Meinhardt, C.G., Smoot, R.L.,** 2010, Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar selection affects double-crop and relay-intercrop soy- bean (*Glycine max* L.) response on clay pan soils, International Journal of Agronomy: 1–8pp.
- Niinemets, Ü.,** 2010, A review of light interception in plant stands from leaf to canopy in different plant functional types and in species with varying shade tolerance, Ecological Research, 25, 693–714pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Noor, H., Sun, M., Lin, W. and Gao, Z.**, 2022, Effect of Different Sowing Methods on Water Use Efficiency and Grain Yield of Wheat in the Loess Plateau China, *Water*, 14(4):577pp.
- Novara, A., Gristina, L., Guaitoli, F., Santoro, A., Cerdà**, 2013, A managing soil nitrate with cover crops and buffer strips in Sicilian vineyards, *Solid Earth* 4:255–262pp.
- Nyssen, J., Frankl, A., Zenebe, A., Poesen, J., Deckers, J.**, 2015, Environmental conservation for food production and sustainable livelihood in tropical Africa, *Land Degrad Dev* 26(7): 629–631pp.
- Ofori, F. and Stern, W.R.**, 1987, Cereal and legume intercropping systems, *Advanced Agronomy* 41: 41-90pp.
- Padhi, A.K., Sahoo, B.K., Das, K.C.**, 1993, Production potential, economic and energetics of upland cotton (*Gossypium hirsutum*)-based intercropping systems under upland, rain-fed situation, *Indian J. Agric. Sci.* 63, 160–165pp.
- Pal, R.K., Singh, A.K., Raj, P., Kumar, P., Anshuman, K., Kumar, A. and Yadav, P.**, 2021, Effect of direction of sowing on growth and yield of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar in Eastern Uttar Pradesh, *Pharma Innovation* 2021;10(10):917-920pp.
- Pan, X.B., Deng, S.H., Wang, Y.Q.**, 1994, Effects of PAR penetration on the fallow rows remained for cotton in the wheat field, *Acta Gossypii Sinica* 6, 109–113pp.
- Parajulee, M.N., Montandon, R., Slosser, J.E.**, 1997, Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton, *Int. J. Pest Manage.* 43, 227–232pp.
- Pearcy R.W., Valladares F., Wright S.J., de Paulis E.L.**, 2004, A functional analysis of the crown architecture of tropical forest *Psychotria* species: do species vary in light capture efficiency and consequently in carbon gain and growth? *Oecologia*, 139, 163–177pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Pettigrew, W.T.**, 1995, Source-to-sink manipulation effects on cotton fiber quality, *Agron. J.* 87: 947-952pp.
- Pettigrew, W.T.**, 2008, The effect of higher temperatures on cotton lint yield production and fiber quality, *Crop Sci.* 48:278–285pp.
- Pettigrew W.T. and Meredith W.R.**, 1994, Leaf gas exchange parameters vary among cotton genotypes, *Crop Sci.* 34: 700-705pp.
- Posner, E. S. and Hibbs, A.N.**, 2005, *Wheat Flour Milling* (second ed.), American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Queen, A., Earl, H., Deen, W.**, 2009, Light and moisture competition effects on biomass of red clover under seeded to winterwheat, *Agron J* 101: 1511–1521pp.
- Reddy, K., Reddy, V.R. and Hodges, H.**, 1992, Temperature Effects on Early Season Cotton Growth and Development, *Agron. J.*, 84: 229-237pp.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., McCarty, W.H. and McKinion, J.M.**, 1996, Weather and cotton growth. Present and future. In: Reddy, K.H. (Ed.), *Ag. Communic. Division of Agric., Forest and Vet. Med. Bulletin* 1061, Mississippi State, MS, 7–9pp.
- Reganold, J.P., Glover, J.D., Andrews, P.K. and Hinman, H.R.**, 2001, Sustainability of three apple production systems, *Nature*, 410: 926–930pp.
- Ren, W., Hu, L., Zhang, J., Sun, C., Tang, J., Yuan, Y. and Chen, X.**, 2014, Can positive interactions between cultivated species help to sustain modern agriculture? *Front. Ecol. Environ.* 12, 507–514pp.
- Ritchie, G.L., Whitaker, J.R., Bednarz, C.W. and Hook, J.E.**, 2009, Subsurface drip and overhead irrigation: a comparison of plant boll distribution in upland cotton. *Agron. J.* 101, 1336–1344pp.
- Roberts, C. A., Moore, K. J. and Johnson, K.D.**, 1989, Forage quality and yield of wheat-vetch at different stages of maturity and vetch seeding rate, *Agron. J.* 81: 57-60pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Sage, R.F. and Kubien, D.S.**, 2007, The temperature response of C3 and C4 photosynthesis, *Plant, Cell and Environment*, 30, 1086-1106pp.
- Saudy, H.S. and El-Metwally, I.M.**, 2009, Weed management under different patterns of sunflower –soybean intercropping, *J. Cent. Eur. Agric.* 10: 41-52pp.
- Schaefer, C.R., Ritchie, G.L., Bordovsky, J.P., Lewis, K. and Kelly, B.**, 2018, Irrigation timing and rate affect cotton boll distribution and fiber quality, *Agron. J.* 110, 922–931pp.
- Schepers, J.S, Francis, D.D., Shanahan, J.F.**, 2005, Relay cropping for improved air and water quality. *J Biosci* 60:186–189pp.
- Seran, T.H. and Brintha, I.**, 2009, Studies on determining a suitable pattern of capsicum (*Capsicum annum* L.)-vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping, *Karnataka J. Agric. Sci.* 22: 1153- 1154pp.
- Sharma, B., Mills, C.I., Snowden, C. and Ritchie, G.L.**, 2015, Contribution of boll mass and boll number to irrigated cotton yield, *Agron. J.* 107, 1845–1853pp.
- Siebert, J.D., Stewart, A.M., Leonard, B.R.**, 2006, Comparative growth and yield of cotton planted at various densities and configurations. *Agron J.* 2006; 98: 562–568pp.
- Sinclair, T.R., Shiraiwa, T., Hammer, G.L.**, 1992, Variation in crop radiation-use efficiency with increased diffuse radiation, *Crop Sci.* 32, 1281–1284pp.
- Singh, B. and Aulakh, C.S.**, 2017, Effect on Growth and Yield of Intercrops in Wheat+Chickpea, *Indian Journal of Ecology* (2017) 44 (Special Issue-5): 507-511pp.
- Singh, B., Kumar, R. and Kaur, M.**, 2019, Effect of lentil intercropping on growth, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum*), *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2019; SP4: 152-156pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Snider, J.L., Oosterhuis, D.M., Skulman, B.W. and Kawakami, E.M.,** 2009, Heat stress-induced limitations to reproductive success in *Gossypium hirsutum*, *Physiol. Plant.* 2009, 137, 125–138pp.
- Spanic, V., Dvojko, K., Babic, J., Drezner, G. and Zdunic, Z.,** 2021, Fusarium Head Blight Infestation in Relation to Winter Wheat End-Use Quality—A Three-Year Study. *Agronomy* 2021, 11, 1648, 1-17pp.
- Spitters, C.J.T.,** 1986, Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implications for modeling canopy photosynthesis Part II. Calculation of canopy photosynthesis, *Agric. For. Meteorol.* 38 (1–3), 231–242pp.
- Spitters, C.J.T., Toussaint, H.A.J.M. and Goudriaan, J.,** 1986, Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implications for modeling canopy photosynthesis Part I. Components of incoming radiation, *Agric. For. Meteorol.* 38 (1-3), 217–229pp.
- Sultan, M.S., El-Kassaby, A.T., Ghonema, M.H., Ogeaz, A.A. and Abd-Allah, A.M.,** 2012, Relay Intercropping Wheat and Cotton Studies: II-Effect of Sowing Dates and Ridge Width on Cotton. *Journal of Biological Sciences*, 12: 349-354pp.
- Swer, H. and Dkhar, M.,** 2014, Influence of Crop Rotation and Intercropping on Microbial Populations in Cultivated Fields Under Different Organic Amendments, *Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security*, Springer 571- 580pp.
- Taiz, L. and Zeiger, E.,** 2002, *Plant Physiology*, 3rd Edition, Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- Tanveer, M., Anjum, S.A., Hussain, S. et al.,** 2017, Relay cropping as a sustainable approach: problems and opportunities for sustainable crop production, *Environ Sci Pollut Res* 24, 6973–6988pp.
- Thorsted, M.D., Weiner, J. and Olesen, J.E.,** 2006, Above and below-ground competition between intercropped winter wheat *Triticum aestivum* and white clover *Trifolium repens*, *J. Appl. Ecol.*, 43: 237-245pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Trewavas, A.**, 2002, Malthus foiled again and again. *Nature*, 418: 668–670.
- Tsozué, D., Nghonda, J.P., Mekem, D.L.**, 2015, Impact of land management system on crop yields and soil fertility in Cameroon, *Solid Earth* 6(3):1087–1101pp.
- Tsubo, M.E., Mukhala, H.O., Ogindo, Walker, S.**, 2003, Productivity of maize-bean intercropping in a semiarid region of South Africa, *Water SA* 29: 381-388pp.
- Uddin, I.R. and Adewale, S.** 2014, Effects of intercropping sesame, *Sesamum indicum* and false sesame, *Ceratotheca sesamoides* on infestation by the sesame leafroller, *Antigastra catalaunalis*, the green semilooper, *Chrysodeixis acuta* and the parasitoid, *Apanteles syleptae*, *Ethiopian J. Envir. Studies Manag.* 7(1):, 108- 112pp.
- USDA**, 2022, Cotton: World Markets and Trade, United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, April 2022 Report. <https://www.fas.usda.gov/data/cotton-world-markets-and-trade>
- Ünlü, H., Sari, N., and Solmaz, İ.**, 2010, Intercropping effect of different vegetables on yield and some agronomic propertoies, *J. Food Agric. Environ.* 8: 723-727pp.
- Vandermeer, J.**, 1989, The ecology of intercropping. Cambridge University Press, New York.
- Valladares, F. and Niinemets, Ü.**, 2008, Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 237–257pp.
- van Oort, P.A.J., Gou, F., Stomph, T.J. and van der Werf W.**, 2020, Effects of strip width on yields in relay-strip intercropping: A simulation study, *European Journal of Agronomy*, Volume 112, 1-12pp.
- Wang, Q.C., Wang, Z.L., Song, X.L. et al.**, 2005, Effects of shading at blossoming and boll-forming stages on cotton fiber quality, *Chin. J. Appl. Ecol.* 16: 1465-1468pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Wang, Z.K., Wu, P.T., Zhao, X.N., Wang, Y.B., Gao, Y.,** 2013, Mathematical simulation of soil evaporation from a wheat/maize intercropping field, Trans. CSAE 29, 72–81pp (in Chinese with English preface).
- Wang, Z., Wu, P., Zhao, X., Gao, Y., Chen, X.,** 2015, Water use and crop coefficient of the wheat–maize strip intercropping system for an arid region in northwestern China, Agric. Water Manage. 161, 77–85pp.
- Welch, R. M., and Graham, R. D.,** 1999, A new paradigm for World agriculture: meeting human needs, productive, sustainable, nutritious, Field Crops Research, 60: 1-10pp.
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J. F., Ferrer, A. and Peigné, J.,** 2014, Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. (2014) 34:1–20pp.
- Whitmore, A.P., and Schröder, J.J.,** 2007, Intercropping Reduces Nitrate Leaching from under Field Crops without Loss of Yield: A Modelling Study, European Journal of Agronomy, 2007, 27(1): 81-88pp.
- Willey, R.W. and Osiru, D.S.O.,** 1972, Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. J. Agric. Sci., 79, 517–529pp.
- Witt, T.W., Ulloa, M., Pelletier, M.G., Mendu, V. and Ritchie, G.L.,** 2018, Exploring ethyl methanesulfonate (EMS) treated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to improve drought tolerance, Euphytica 214, 123.
- Worley, S., Culp, T.W., Harrell, D.C.,** 1974, The relative contributions of yield components to lint yield of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. Euphytica 23, 399–403pp.
- Wu, Y., Gong, W., Yang, F., Wang, X., Yong, T. and Yang, W.,** 2016, Responses to shade and subsequent recovery of soya bean in maize-soya bean relay strip intercropping, Plant Production Science, 19:2, 206-214pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Xia, J.**, 1997, Biological Control of Cotton Aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Cotton (inter)cropping Systems in China: A Simulation Study. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- Xie, X.J., Li, B.B., Zhu, H.X., Yang, S.B. and Shen, S.H.**, 2012, Impact of high temperature at heading stage on rice photosynthetic characteristic and dry matter accumulation, Chinese Journal of Agrometeorology 33:457-461pp.
- Xinghua, L., Shuxiao, W., Lei, I.D., Jiming, H., Chao, L., Yaosheng, C., Liu, Y.**, 2007, Particulate and trace gas emissions from open burning of wheat straw and maize stover in China. Environment Science Technology 41:6052–6058pp.
- Yamane, K., Ikoma, A. and Iijima, M.**, 2016, Performance of double cropping and relay intercropping for black soybean production in small-scale farms, Plant Production Science, 19(4): 449–457pp.
- Yang, C.H., Chai, Q. and Huang G.B.**, 2010, Root distribution and yield responses of wheat/ maize intercropping to alternate irrigation in the arid areas of north west China, Plant soil Environ. 56: 253-262pp.
- Yang, C., Huang, G., Chai, Q. and Luo, Z.**, 2011, Water use and yield of wheat/maize intercropping under alternate irrigation in the oasis field of northwest China, Field Crops Res, 124: 426-432pp.
- Yang, C. J., Luo, Y., Sun, L. and Wu, N.**, 2015, Effect of deficit irrigation on the growth, water use characteristics and yield of cotton in arid Northwest China, Pedosphere, 25(6): 910–924pp.
- Yildirim, E. and Turan, M.**, 2013, Growth, Yield and Mineral Content of Broccoli Intercropped with Lettuce. The Journal of Animal and Plant Sciences, 23(3): 919-922pp.
- Yıldırım, E. and Ekinci, M.**, 2017, Intercropping Systems in Sustainable Agriculture . Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (1) , 100-110pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Yogesh, S., Halikatti, S.I., Hiremath, S.M., Potdar, M.P., Harlapur, S.I. and Venkatesh, H.,** 2014, Light use efficiency, productivity and profitability of maize and soybean intercropping as influenced by planting geometry and row proportion, *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 2014;27(1):1-4pp.
- Yu, Y., Stomph, T.J., Makowski, D. and van der Werf, W.,** 2015, Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: a meta-analysis. *Field Crop Res.* 184, 133–144pp.
- Zhang, F. and Li, L.,** 2003, Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency, *Plant and Soil* 248: 305-312pp.
- Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B. and Spiertz, J.H.J.,** 2007, Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems, *Field Crops Research*, Volume 103, Issue 3, 178-188pp.
- Zhang, L., Spiertz, J. H. J., Zhang, S., Li, B., and van der Werf, W.,** 2008a, Nitrogen economy in relay intercropping systems of wheat and cotton. *Plant and Soil*, 303(1/2), 55–68pp. <http://www.jstor.org/stable/42951780>
- Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B. and Spiertz, J.H.J.,** 2008b, Temperature-mediated developmental delay may limit yield of cotton in relay intercrops with wheat, *Field Crops Research*. 2008; 106: 258–268pp.
- Zhang, L., van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.,** 2008c. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton, *Field Crops Research*, 107, 29-42pp.
- Zhang Y.L., Zhang H.Z., Feng G.Y., Tian J.S., Zhang W.F.,** 2009, Leaf diaheliotropic movement can improve carbon gain and water use efficiency and not intensify photoinhibition in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Photosynthetica*, 47, 609– 615pp.
- Zhang, FY., Wu, PT., Zhao, XN. and Cheng, XF.,** 2012, Water-saving mechanisms of intercropping system in improving cropland water use efficiency, *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 23(5):1400-6.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Zhao, D. and Oosterhuis, D.M.,** 1998, Cotton responses to shade at different growth stages: Nonstructural carbohydrate composition, Crop Sci. 38: 1196-1203pp.
- Zhao, D. and Oosterhuis, D.M.,** 2000, Cotton responses to shade at different growth stages: growth, lint yield and fibre quality, Exp. Agr. 36: 27-39pp.
- Zhi, X., Han, Y., Xing, F., Lei, Y., Wang, G. and Feng L, et al.,** 2019, How do cotton light interception and carbohydrate partitioning respond to cropping systems including monoculture, intercropping with wheat, and direct-seeding after wheat?, PLoS ONE 14(5): e0217243, 1-14pp.
- Zhu, J., van der Werf, W., Vos, J., Anten, N.P.R., van der Putten, P.E.L. and Evers, J.B.,** 2016, High productivity of wheat intercropped with maize is associated with plant architectural responses, Ann. Appl. Biol. 168, 357–372.

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin konusunu belirleyen ve tez denemesinin kurulması, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında yardım ve desteklerini esirgemeyen, doktora eğitimim boyunca bilgi, deneyim ve tavsiyelerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa Özgür TATAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında olduğu gibi doktora eğitimim boyunca her ne olursa olsun hep destek olan sevgili eşim Nihan ÇAKALOĞULLARI 'na, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, sayelerinde doktora eğitimimi tamamlayabildiğim annem Aynur ÇAKALOĞULLARI ve babam İbrahim ÇAKALOĞULLARI 'na çok teşekkür ederim. Tarla denemesi olarak yürüttüğüm çalışmamın zorlu süreçlerinde emekleri ile destek sağlayan Recep KARAKOÇ, Selda ŞEKER, Özge ZENGİN PEHLİVANOĞLU ve Volkan YEŞİL'e teşekkür ederim.

Ayrıca 2211 Yurt İçi Doktora Burs Programı'nın maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a ve 100/2000 Doktora Bursu ile maddi destek sağlayan YÖK'e teşekkürü borç bilirim.

29 /05/2022

Uğur ÇAKALOĞULLARI



ÖZGEÇMİŞ

2012 yılında Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri bölümünden mezun olmuştur. “*Bazı Pamuk Çeşitlerinin Tarla Koşullarında Su Kullanım Etkinliklerinin Belirlenmesi ve İlişkili Fizyolojik Parametrelerin İncelenmesi*” adlı yüksek lisans tezini Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü’nde 2015 yılında tamamlamış ve aynı yıl aynı bölümde doktora eğitimine başlamıştır. Doktora eğitimini sürdürdüğü bölümde 2020-22 yılları arası Arş. Gör. olarak görev almıştır.

