



Araştırma Makalesi

## DSSAT Bitki Simülasyon Modeli'nin Buğday Bitkisinde Kullanım Olanaklarının Değerlendirilmesi

Alper Baydar<sup>\*a</sup>, Mete Özfidaner<sup>b</sup>, Engin Gönen<sup>c</sup>, Burak Dalkılıç<sup>d</sup>

a Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Siirt, Türkiye

b Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erdemli-Mersin, Türkiye

c Yağlı Tohumlar Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Osmaniye, Türkiye

d Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

### ÖNE ÇIKANLAR

- DSSAT bitki simülasyon modeli verim tahmini yapabilir.
- Modellerin bulunduğu yöreye göre doğrulama işlemleri yapılmalıdır.
- Araziden elde edilen ölçümler ile model çıktıları karşılaştırılmalıdır.

### MAKALE BİLGİSİ

#### Anahtar kelimeler:

Adaptasyon  
Tane verimi  
Yerli çeşit

Geliş tarihi: 06.11.2024

Revizyon tarihi: 10.12.2024

Kabul tarihi: 12.12.2024

Yayın tarihi: 30.12.2024

\* Sorumlu yazar:

[alper.baydar@siirt.edu.tr](mailto:alper.baydar@siirt.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada 2018-2019 yılları arasında Mersin yöresi koşullarında gelecek yıllarda oluşabilecek iklimsel değişikliklerin belirlenebilmesi amacıyla buğday bitkisinin bitki simülasyon modeline olan entegrasyonu incelenmiştir. Bu anlamda DSSAT bitki simülasyon modeline ait Ceres alt modelinin buğday bitkisinde kullanım durumu belirlenmiştir. Araziden elde edilen ve model tarafından kestirilen bitki boyu (cm), yaprak alan indeksi ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ), biyokütle ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ile verim ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) değerleri karşılatılarak %5 önem seviyesinde t testi uygulanmıştır. Araştırmanın her iki yılında da arazide ölçülen ve modelin kestirdiği anılan parametrelerde %5 önem seviyesinde farklılıklar görülmemişken ( $P > 0.05$ ) yaprak alan indeksi değeri farklılık göstermiştir. DSSAT-Ceres bitki simülasyon modeli 2018 ve 2019 yıllarında sırası ile 5840-3970  $\text{kg ha}^{-1}$  verim değeri elde ederken arazi ölçümleri ise 6220-3800  $\text{kg ha}^{-1}$  şeklinde elde edilmiştir. DSSAT bitki simülasyon modelinin kalibrasyon sonucu elde edilen bitki genetik katsayıları ile buğday tahmini yapabileceği sonucuna varılmıştır.

Research Article

## Evaluation of the Possibilities of Using DSSAT Crop Simulation Model in Wheat

Alper Baydar<sup>\*a</sup>, Mete Özfidaner<sup>b</sup>, Engin Gönen<sup>c</sup>, Burak Dalkılıç<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Bio System Engineering, Siirt, Türkiye

<sup>b</sup> Alata Horticultural Research Institute, Erdemli-Mersin, Türkiye

<sup>c</sup> Oil Seed Research Institute, Osmaniye, Türkiye

<sup>d</sup> Malatya Turgut Özal University, Faculty of Agriculture, Department of Bio System Engineering, Malatya, Türkiye

### HIGHLIGHTS

- DSSAT-CSM can estimate yield.
- Validation progress should be done according to the region where the models are ran.
- Model outputs should be compared with the datas obtained from the field.

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Adaptation

Grain yield

Local variety

Received: 06.11.2024

Revised: 10.12.2024

Accepted: 12.12.2024

Published: 30.12.2024

\*Corresponding author:

[alper.baydar@siirt.edu.tr](mailto:alper.baydar@siirt.edu.tr)

### ABSTRACT

In this study, the integration of wheat into the crop simulation model (CSM) was examined in order to determine the climatic changes that may occur in Mersin region conditions in the future between 2018-2019. In this sense, the possible usage of Ceres sub-model of DSSAT crop simulation model in wheat was determined. Plant height (cm), leaf area index ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ), biomass ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) and yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) values obtained in the field and estimated by the DSSAT model were compared and t test was applied at 5% significance level. In both years of the study, the parameters measured in the field and predicted by the model were not found to be statistically significant ( $P > 0,05$ ), while the leaf area index values were significant. The DSSAT-Ceres crop simulation model estimated yield value of 5840-3970  $\text{kg ha}^{-1}$  in 2018 and 2019, respectively, while field measurements were obtained as 6220-3800  $\text{kg ha}^{-1}$ . It was concluded that the DSSAT-CSM can predict wheat with the plant genetic coefficients obtained as a result of calibration.

## 1. GİRİŞ

Tarımsal üretim, insanlığın tarihi boyunca devamlılığını sürdürebilmesi amacıyla en önemli aktivitedir. Günümüzde nüfusun artması, insanların gıdaya olan talebini de artırmakta ve bu durum güvenilir gıdaya olan erişimi daha da zorunlu hale getirmiştir. Tarım, tüm ülkelerin kendi halkının yaşamını sürdürebilmesi ve dışa bağımlı kalmaması nedeniyle, gelecek yıllarda politikaların da yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

Günümüzde etkilerini daha da fazla hissettiğimiz iklimsel değişikliklerin, gelecekte tarımsal üretim üzerine olacak etkileri, en önemli çevre sorunu olarak gösterilmektedir. İklim değişikliğine zamansal dağılımın haricinde fosil yakıtların kullanımı, ormanların azalması ve sanayileşme gibi insan etkilerinin (antropojenik) de etkilerinin bulunduğu açık bir şekilde belirtilmiştir (İKDB, 2024). Dünyada bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar 2.7°C'lik bir küresel sıcaklık artışına doğru gidildiği; ve bu durumun Paris İklim Anlaşması'nın hedeflerinin çok üzerinde olduğu ayrıca Dünya'nın ikliminde felaket boyutunda değişikliklere yol açacağı belirtilmektedir. Bu anlamda küresel ısınmayı 1.5°C'nin altında tutabilmek için, Paris Anlaşması'nda belirlenen, dünyanın önümüzdeki sekiz yıl içinde yıllık sera gazı emisyonlarını yarıya indirmesi gerekmektedir (UNEP, 2021). Küresel ısınma, insan faaliyetleri sonucu (antropojenik) artan sera gazları etkisiyle, yaklaşık olarak son 100 yıl içerisinde yüzey sıcaklıklarının 1.1°C artmasına sebep olmuştur. Atmosfere salınan sera gazları; yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı, yanlış arazi kullanımları, insanların yaşam şekli ve ülkelerin tarih boyunca katkılarıyla birlikte artarak devam etmektedir (IPCC, 2023).

Tarım sektörünün, üretimde en çok etki altında kaldığı koşul iklimdir. Dolayısı ile gelecek yıllarda ortalama sıcaklıkların artması, CO<sub>2</sub> miktarlarında değişim gibi etkenler tarımsal üretimi doğrudan etkileyecektir. Bu durum özellikle tahıllarda verimlerin değişkenlik göstereceği ve ekonomik anlamda ülkelerin stratejiler geliştirmesini sağlayacaktır. İklimsel değişikliklere uyum sürecinde geleceğe yönelik tahminler yaparak politikaların izlenmesi bu anlamda önemini artırmaktadır.

Bahsedilen etkiler sonucu ortalama

sıcaklıklardaki 1°C artış bile buğday bitkisinde yaklaşık %6, verim azalması olacağı belirtilmektedir. Ayrıca benzer durum mısır, çeltik ve soya bitkilerinde de %3-7 arasında verim azalmaları da olasıdır. IPCC son olarak yayınladığı raporunda küresel sıcaklıklarda yaklaşık 3°C artışın bitkilerde %50 seviyelerinde verim azalmalarına sebep olacağını bildirmiştir. (TÜSİAD, 2020).

2022-2023 dünya buğday üretiminde, ekim alanı içerisinde %3'lük, üretimde ise %2'lik paya sahip olan Türkiye dünya buğday üretiminde 10. sırada yer almaktadır aynı zamanda %3'lük pay ile dünya ihracatında ise 8. sıradadır. Türkiye'de yaklaşık 67 milyon da alanda buğday üretimi yapılmaktadır. 2021-2022 pazarlama yılı itibarıyla bu alan içerisinde %9.8'lik pay alan Konya, buğday ekim alanında ilk sırada yer alırken, %5.1'lik pay ile Şanlıurfa ikinci sırada, %4.5'lik pay ile Ankara üçüncü sırada yer almaktadır (TEPGE, 2023).

Bitki simülasyon modelleri tarımsal etkilerin belirlenmesi amacıyla yoğun olarak kullanılsa da yapılan çoğu araştırma, tek tabanlı simülasyonların sorunlar ortaya çıkardığı ve bu anlamda çoklu simülasyon modellerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır (Kassie ve ark., 2016). Dinamik modeller, toprak-bitki-atmosfer sistemindeki toprak besinleri, bitki gelişimi ve toprak su içeriği arasındaki ilişkileri ölçmek amacıyla bitki gelişimini ve toprak besin içeriğinin dinamik süreçlerini simüle etmek için tasarlanmıştır. Böylece, yönetim uygulamalarının bitkisel üretim ve çevre üzerindeki etkisini araştırmak için bir fırsat sağlanır ve bitkisel üretimi iyileştirmek için en iyi yönetim uygulamalarının veya stratejilerinin geliştirilmesine izin verilir (Liu ve ark., 2017).

Tarımsal üretim, tüm aşamalarında zaman gerektiren, iklimsel ve çevresel faktörlere fazlaca bağlı bir sistemdir. Gelecekte daha kaliteli ve yüksek verimli ürünleri tüketebilmek amacıyla tarım ve teknoloji arasındaki entegrasyonun daha da güçlendirilmesi çalışmaları son zamanlarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygınlaşmaktadır. Verim tahminleri yapabilmek amacıyla, bilgisayar ortamında geliştirilen bitki simülasyon modelleri ile yapılan çalışmalar bunlara örnek olarak

verilebilir. Modeller yardımı ile üretimin her aşamasında izlenmesi, değerlendirilmesi ve geleceğe yönelik kestirimler yapılabilir. Bitki simülasyon modelleri ile toprak-bitki-atmosfer arasındaki etkileşim bilgisayar ortamına yansıtılarak olası durum değerlendirmeleri yapmak mümkündür. Modellerin bir diğer avantajı ise bölgesel iklim modelleri de kullanarak geleceğe yönelik iklimsel değişikliklerin etkilerini kestirebilmektir. Bahsi geçen aşamaların güvenilir ve doğru bir şekilde izlenebilmesi için kullanılacak olan modelin çalışılan yöreye uygunluğu çeşitli yöntemler ile tespit edilmektedir.

Çalışmanın amacı, farklı coğrafya, iklim ve toprak özelliklerine sahip ülkemizde Buğday bitkisinde DSSAT bitki simülasyon modelinin kalibrasyon yeteneğinin belirlenmesi, çalışılan çevresel şartlara göre bitki genetik katsayılarının tespit edilmesi ve gelecek yıllara beklenen iklimsel değişikliklerin Mersin yöresinde olası etkilerinin saptanabilmesi amacıyla DSSAT bitki simülasyon modelinin uygunluğunun saptanması ve kullanılabilirliğinin belirlenmesidir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çizelge 2.1 Deneme alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (g cm <sup>-3</sup> )	%Kil	%Silt	%Kum	Bünye Sınıfı
0-30	24.49	12.14	1.44	25.29	38.0	36.1	tn
30-60	27.58	9.63	1.41	31.6	80.8	17.7	siltli killi tn
60-90	28.86	11.17	1.34	46.2	27.6	26.2	kil

Çizelge 2.2 Deneme alanı topraklarının kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	E.C (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Kireç (%)	Yarayışlı		Organik Madde (%)
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	
0-30	0.589	7.67	57.53	2.4	86.15	1.16
30-60	0.496	7.50	58.94	0.7	24.33	0.49
60-90	0.445	7.76	63.77	0.5	28.13	0.48

### 2.3. Kullanılan buğday çeşidi ve özellikleri

Çalışmada Mersin yöresinde yoğun olarak yetiştirilen Ceyhan 99 çeşidi kullanılmıştır. Anılan çeşit; kışa ve kurağa orta derecede dayanıklı ekmeçlik bir buğday çeşididir. Pas ve septorya hastalığına dayanıklı ve verimi ortalama 6000-7000 kg ha<sup>-1</sup> olan bir çeşittir.

### 2.1. Araştırma alanı

Çalışma 2018-2019 yılları arasında Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü'nde yürütülmüştür. Bölgenin uzun yıllık yağış ortalaması 598.1 mm, buharlaşma miktarı ise 1480 mm'dir. En fazla buharlaşma 216.8 mm ile Temmuz ayında olmaktadır. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması %70.3'dür. Yılın en yağışlı geçen ayları Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, en kurak ayları ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Toplam yağışın %54'ü kış aylarında düşmektedir (Çizelge 2.1).

### 2.2. Araştırma yerinin toprak ve iklim özellikleri

Deneme alanında belirli noktalardan toprak örnekleri alınarak laboratuvar ortamında fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları analizi Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2 de verilmiştir.

Ayrıca 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 200 mm/90 cm'dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri 90 cm derinlik için 338 ve 138 mm olarak belirlenmiştir.

### 2.4. DSSAT bitki simülasyon modeli

Araştırmada IBSNAT tarafından geliştirilen içerisinde buğday için kullanılma olanağını sağlayan DSSAT bitki simülasyon modeline ait Ceres alt modülü kullanılmıştır. Bitki simülasyon modelleri araştırmacılar tarafından olası durumları tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bitki simülasyon modelleri

iklim-toprak arasında ki döngü ile bitkilerin fizyolojik ilişkisini matematiksel olarak irdeleyen, bunun sonucunda bitkilere ait verileri tahmin etmekte kullanılan araçlardır. (Hoogenboom ve ark., 1991). Ceres, DSSAT paket programı içerisinde büyüme periyodu boyunca bitkinin gelişimini günlük olarak hesaplayan bir modeldir. Model farklı matematiksel ağırlık dengeleri hesaplamalarına göre çalışmaktadır. Yapılan hesaplamalar model içerisindeki her girdinin günlük gelişme hızlarına göre belirlenmektedir. Bahsi geçen hesaplamalar farklı hız ve anlık değişkenlerden oluşmaktadır. Bu değişkenler bitkideki ağırlık ile karbon azot döngüsündeki değişiklikleri belirtmektedir (Boote ve ark., 2004).

## 2.4. Yöntem

DSSAT modelinin çalışabilmesi için arazi, toprak, iklim ve deneysel dosyaların oluşturulması gereklidir. Bu anlamda arazi ve çalışılan bitkiye dair koşullarının yansıtılabilmesi amacıyla buğday bitkisinin sıra arası ve sıra üzeri ekim mesafeleri, yapılan kültürel işlemler, metrekaraya düşen bitki yoğunluğu, çalışılan bölgenin enlem ve boylam dereceleri vb. değerler model içerisinde (FileX) bitki ve arazi modülüne işlenmiştir. DSSAT, çalışmanın yapıldığı yörenin toprak özelliklerine ait geniş veri girdisi imkanı sağlamaktadır. Bu amaçla araştırmanın yürütüldüğü yukarıda anılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri model içerisinde (SBuild) toprak profili modülüne tanımlanmıştır (Şekil 2.1).

Depth (bottom), cm	Clay, %	Silt, %	Stones, %	Lower limit	Drained Upper limit	Saturation	Bulk density, g/cm3	Sat. hydraulic conduct, cm/h	Root growth factor, 0.0 to 1.0
30	25.3	38	-95	0.194	0.335	0.425	1.44	1.32	1
60	31.6	30	-95	0.197	0.32	0.441	1.41	0.23	0.407
90	46.2	27.6	-95	0.27	0.396	0.466	1.34	0.06	0.223

Şekil 2.1 DSSAT toprak dosyası.

İklim (Weatherman) istasyonu profilinin oluşturulmasında ise minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, yağış ve solar radyasyon değerleri araştırmanın yürütüldüğü yıllardaki iklim istasyonundan elde edilerek modele girdisi sağlanmıştır. Modelin daha hassas çalışabilmesi amacıyla araştırmanın yürütüldüğü tüm yılları kapsayacak şekilde iklim verileri modele eklenmiştir. İklim modülü kullanıcılara her ne kadar eksik verilerin tamamlanması imkanı sağlasa da

modele manuel olarak girdileri sağlanmıştır (Şekil 2.2).

Bitki simülasyon modelinin en önemli aşaması kalibrasyon sürecidir. DSSAT modeli çalışılan bitkinin çeşidi ile yöreyi yansıtabilmesi amacıyla bitki genetik katsayıları içermektedir. Modelde buğday bitkisi için 7 farklı bitki genetik katsayıları bulunmakta ve bunlar genotip klasöründe (.CUL) saklanmaktadır.

Date	RAIN	FRAD	THAX	FTMA	THIN	FTMD	SRAD	FSRA	SUNH	FSUN	DEWP	FDEWF	WIND	FWIND	PAR	FPAJ	TDYR	FTDR	TWET	FTWE	EVAP	FEVA	RHU
1.01.2017	0		7		6.4		14.1																
2.01.2017	0		7.7		6.6		13.8																
3.01.2017	23.6		12.7		5.2		14.4																
4.01.2017	0		12.7		2.7		13.9																
5.01.2017	0.2		9.7		7.7		14																
6.01.2017	8.4		15.5		8.4		13.9																
7.01.2017	0		12.4		7.5		14.3																
8.01.2017	11		11.5		7.9		12.9																
9.01.2017	7.4		10.5		4.7		13.2																
10.01.2017	1.8		9.3		2.5		14.1																
11.01.2017	27.8		14		6.3		14.3																
12.01.2017	0		15.2		2.2		14.1																
13.01.2017	0		14.9		5.4		8.4																
14.01.2017	0		11		1.6		14.1																
15.01.2017	0		14.9		2.6		13.8																
16.01.2017	0		13.3		3.6		13.8																
17.01.2017	0		16.2		4.8		7.1																
18.01.2017	0		17		4.5		14																
19.01.2017	0		17.3		3		12.9																
20.01.2017	0		15.9		3.7		12.2																
21.01.2017	0		16.3		3		10.9																
22.01.2017	0		13.4		-0.3		9.9																
23.01.2017	0		17.2		-0.1		14.1																
24.01.2017	0		15.5		0.6		6.9																
25.01.2017	0		18.5		9.1		14.1																
26.01.2017	0		14.6		6.3		11.2																
27.01.2017	0		9.5		2.8		14.1																

Şekil 2.2 DSSAT iklim dosyası.

Model içerisinde A ve T dosyalarına araziden elde edilen verilerin girilebildiği deneysel kısım mevcuttur. Her ne kadar modelde GLUE adı verilen hassasiyet analizi sağlayan uygulama olsa da araştırmada modelin kalibrasyonu amacıyla, bitkinin gelişme evreleri ve araziden elde edilen verilerin t-testi ile karşılaştırılması yapılarak bahsi geçen bitki genetik katsayıları elde edilmiştir. Bu anlamda DSSAT modelinde bulunan A ve T dosyalarının oluşturulabilmesi amacıyla araştırmanın her iki yılı süresince bitki boyu, yaprak alan indeksi, biyokütle ve verim değerleri üretim sezonu boyunca izlenmiştir. Modelin doğrulanması aşamasında kullanılmak üzere buğday bitkisinin tüm fenolojik evreleri de takip edilmiştir. Modelin kestirdiği ve araziden elde edilen veriler arasında olası farklılıkların belirlenebilmesi amacıyla %5 önem seviyesinde t testi uygulanmıştır. Test sonucunda çalışılan bölgeye dair Ceyhan 99 buğday çeşisi için bitki genetik katsayıları elde edilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. DSSAT modelinin çalıştırılması

Arazide elde edilen ölçümler ile model kestirimlerinin karşılaştırılması ve buna dayalı olarak modelin kalibrasyonu en önemli aşamadır. Bu anlamda araştırmanın her iki yılında DSSAT içerisinde araştırmacıların

kullanımına sunulan A ve T dosyaları kullanılarak araziden elde edilen verilerin girişi sağlanmıştır. A dosyaları daha kısa zaman aralığında alınan verilerden oluşurken T dosyası ise bitki boyu gibi büyüme mevsimi boyunca sık sık alınabilecek verilerden oluşmaktadır.

Çalışmanın 2018 birinci deneme yılında DSSAT modeli içerisinde ki tüm modüllere gerekli veri girişi sağlanıp çalıştırılmasından sonra kalibrasyon işleminin yapılabilmesi için Çizelge 3.1'de verilen araziden elde edilen bitki boyu (cm), biyokütle ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), yaprak alan indeksi ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ) ve verim ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) değerleri kullanılmıştır. Bahsi geçen değerler modelin değerleri ile karşılaştırılarak kalibrasyon yoluna gidilmiştir. Model içerisinde kullanıcılara sunulan Gencalc bitki genetik katsayısı düzenleme uygulaması doğru sonuçlar verse bile modelin bitki genetik katsayılarını belirleme işlemi elle yapılmıştır. Arazide ölçülen değerler ile modelin kestirdiği değerler arasında %5 önem seviyesinde t testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

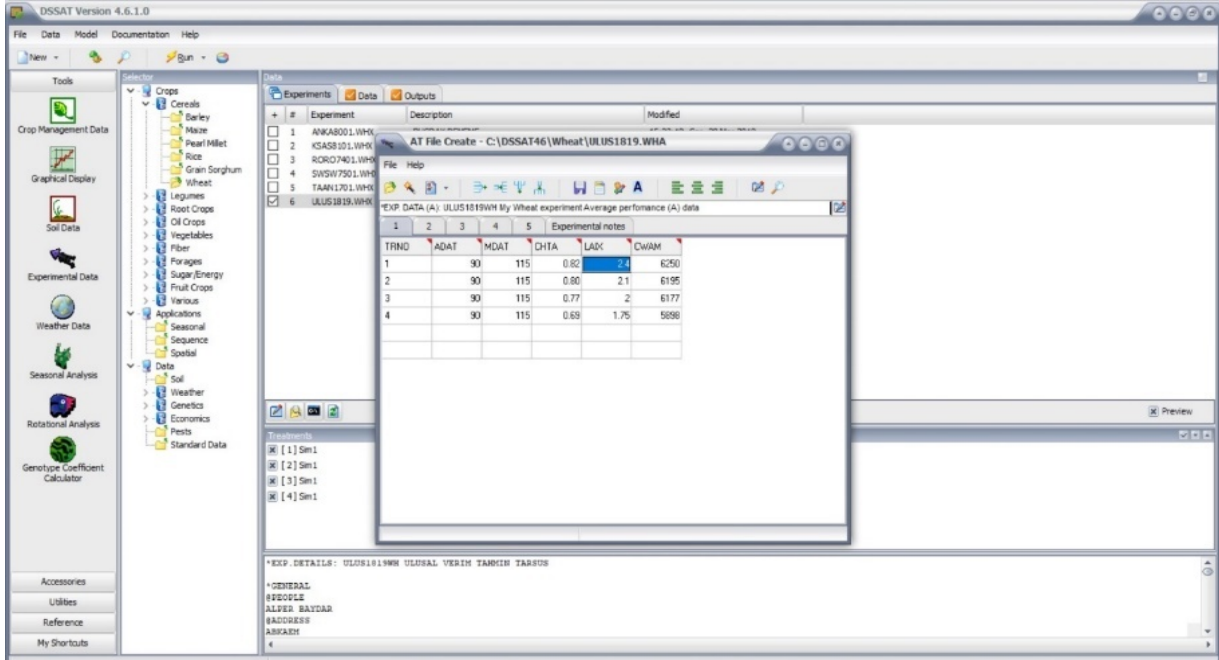
t-testi sonucuna göre araziden elde edilen ve modelin kestirdiği sonuçlar arasında %5 önem düzeyinde bitki boyu (cm), biyokütle ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ile verim ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) değerleri arasında farklılık görülmemiştir ( $P > 0.05$ ). Yaprak alan indeksi ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ) değerinde ise farklılık

tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1. DSSAT ile kestirilen ve araziden elde edilen değerlerin t-testi Sonuçları, 2018

Parametre	Model		Ölçülen		p
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Bitki Boyu (cm)	0.70	0.0080	0.77	0.0032	0.252
Biyokütle (kg ha <sup>-1</sup> )	5789.50	78913.66	6130.00	24886.00	0.104
Yaprak Alan İndeksi (cm <sup>2</sup> cm <sup>-2</sup> )	1.87	0.0600	2.06	0.0722	0.0006
Verim (kg ha <sup>-1</sup> )	584		622		

P > 0.05, %5 güven düzeyinde önemsizdir.



Şekil 3.1. DSSAT modelinde oluşturulan A ve T dosyalarının görünümü.

Mor, (2005) buğday bitkisinde DSSAT-Ceres modelini kullanarak yaptığı çalışmada araziden elde edilen ve modelin kestirdiği verim değerlerini denemenin her iki yılında da birbirine yakın olduğunu bildirmiştir. Çalışmanın yapıldığı her iki yılda da, modelin kestirdiği ile arazide elde edilen ölçüm sonuçları ilk yılda sırasıyla 6613-6240 kg ha<sup>-1</sup>, ikinci yılda ise 3517-3447 kg ha<sup>-1</sup> ortalama ile büyük oranda benzerlik göstermiştir. Bursa yöresinde DSSAT modeli ile verim tahminleri yapılabileceğini bildirmiştir.

Çalışmanın 2019 ikinci deneme yılında da ilk deneme yılında olduğu gibi anılan parametrelerin DSSAT modeli içerisinde ki tüm modüllere gerekli veri girişi sağlanıp çalıştırılmıştır. Çizelge 3.2'de verilen araziden elde edilen bitki boyu (cm), biyokütle (kg ha<sup>-1</sup>), yaprak alan indeksi (cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>) ve verim (kg ha<sup>-1</sup>) değerleri kullanılmıştır. Genetik katsayıların

belirlenmesi ilk deneme yılında olduğu gibi manuel olarak belirlenmiştir. Arazide ölçülen değerler ile modelin kestirdiği değerler arasında %5 önem seviyesinde t testi uygulanmış ve sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Araştırmanın ikinci yılında yapılan istatistiki değerlendirmeye göre yine ilk araştırma yılında olduğu gibi anılan parametrelerde yaprak alan indeksi (cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>) değerleri dışında diğer parametrelerde %5 önem düzeyinde farklılık görülmemiştir. Bu anlamda DSSAT modeli yaprak alan indeksi değerlerini kestirmede doğru yaklaşım vermediği araştırmanın ikini yılında belirlenmiştir. Demelash ve ark., (2021) buğday bitkisinin DSSAT modelinde kalibrasyon işlemi sonucunda yaptıkları regresyon analizine göre araştırmanın yapıldığı 3 bölgede de yüksek R<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0.93) değerleri

elde etmişlerdir. Attia ve ark., (2016) Buğday bitkisinde DSSAT modelini kullanarak yaptıkları araştırmada, modelin kalibrasyonu işleminde araziden ve modelden elde edilen

verim değerlerini sırası ile 5100 ve 5190 kg ha<sup>-1</sup> olarak elde etmiş ve model etkinlik katsayısını 0.9 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 3.2. DSSAT ile kestirilen ve araziden elde edilen değerlerin t-testi Sonuçları, 2019

Parametre	Model		Ölçülen		p
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Bitki Boyu (cm)	0.67	0.0070	0.71	0.0050	0.4364
Biyokütle (kg ha <sup>-1</sup> )	4544.25	405652.25	4635.00	426616.66	0.80
Yaprak Alan İndeksi (cm <sup>2</sup> cm <sup>-2</sup> )	1.70	0.0464	1.9550	0.108167	0.00968
Verim (kg ha <sup>-1</sup> )	397		380		

P > 0.05, %5 güven düzeyinde önemsizdir.

Çalışmanın her iki yılında önceden açıklanan kalibrasyon sonucunda Çizelge 3.3’de verilen Ceyhan 99 çeşidi buğday bitkisine dair Mersin yöresi iklim koşullarında bitki genetik katsayıları tespit edilmiştir. Her ne kadar Gencalc alt modülü genetik katsayıların tespit edilmesi olanağı sağlasa da çalışmada katsayıların manuel olarak düzenlenmesi yoluna gidilmiştir.

#### 4. TARTIŞMA

Araştırmanın her iki deneme yılında DSSAT bitki simülasyon modeli verim (kg ha<sup>-1</sup>), bitki boyu (cm) ve biyokütle (kg ha<sup>-1</sup>) değerlerinde doğru tahminler yapabildiği belirlenmiştir. DSSAT modelinin buğday bitkisinde farklı çevresel ve gelişme periyotlarındaki performansı kabul edilebilir düzeydedir. Model çalışmaları çevre ve çalışılan çeşide bağlı olup çoğu zaman direk karşılaştırılma yapılması mümkün olmasa bile arazide ölçülen ve modelin kestirdiği verimin RMSD değeri çoğu çalışmaya yakındır (Kassie ve ark., 2016). DSSAT modeli dikkatli bir şekilde kalibrasyon işlemi sonrasında buğday bitkisindeki farklı yönetimlerin kestiriminde kullanılabilen yararlı bir araçtır (Liu ve ark., 2017). DSSAT bitki simülasyon modeli yaprak alan indeksi (cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>) değerlerinde doğru kestirimler yapamadığı 2018-2019 deneme yılında gözlenmiştir. Yang ve ark., (2006) DSSAT modelinde buğday bitkinin kalibrasyon aşamasında LAI değerlerini kullanmış ve araziden ölçülen değerlerin modelin kestirdiği LAI değerlerinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar SLA değerinin modelin yazılım kodunda sırasıyla 150 ve 200 olarak cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>

denemiş ve diğer büyüme parametrelerini de dikkate alarak sorunu düzeltmeye çalışmışlardır. Öte yandan arazi ölçümlerinde LAI değerinin 3’den büyük olduğu durumlarda simülasyon modelleri verim tahmininde daha az hassas olduğu ayrıca asimilasyon evrelerinin kompleks olması LAI değerlerinin kestiriminde zorluklar ortaya çıkardığı bildirilmiştir (Asseng ve ark., 2004; Ewert, 2004). LAI parametresi özellikle su kısıntısı ve diğer stres koşulları altında hızlı değişkenlik gösterebilmektedir. Model özellikle verim değerlerinde araziden alınan ölçümler ile çok yakın değerler kestirebilme yeteneğine sahiptir. Bitki genetik katsayıları belirlenirken çalışmada tüm büyüme periyodu boyunca fenolojik gözlemlerin takip edilmesi kalibrasyon açısından doğru sonuçlar alınmasında yardımcı olmuştur. Bitki büyüme modelleri günümüzde mısır, buğday, soya, ayçiçeği gibi çoğu bitkide kalibrasyon edilmesi gerektiği ve geleceğe yönelik verim tahminlerinde ayrıca farklı sulama ile gübreleme gibi tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir araçlar olduğunda dair çalışmalar mevcuttur (Li ve ark., 2024; Kumar ve ark., 2024; Ahmet ve ark., 2024; Lal ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024; Nargund ve ark., 2024; Gürkan, 2024; Pouryazdankhah ve ark., 2024). Araştırma sonucuna göre Mersin yöresi iklim koşullarına uygun Ceyhan 99 bitki genetik katsayıları tespit edilmiş ve belirlenen bitki genetik katsayıları gelecek yıllarda verim tahminleri yapılabilmesi amacıyla elde edilmiştir. Özellikle bölgesel iklim modelleri, çalışılan bitkiye dair kalibrasyon sürecinin tamamlanmasından sonra bitki simülasyon modellerine entegre edilerek iklimsel



değişikliklerin etkilerinin araştırılması, ülkelerin iklim değişikliğine uyum süreçleri boyunca tarımsal üretim sistemine katkı sağlayabilecektir.

Çizelge 3.3. Yıllara göre kalibrasyon sonucu belirlenen bitki genetik katsayıları

Bitki Genetik Katsayıları	Yıllara göre katsayılar	
	2018	2019
P1V	21	21
P1D	96	96
P5	311	319
G1	27	38
G2	9	8
G3	2	4
PHINT	150	133
Ölçülen verim (kg da <sup>-1</sup> )	622	380
Kestirilen verim (kg da <sup>-1</sup> )	584	397

## 5. SONUÇ

Bitki simülasyon modelleri gereksinim duyulan minimum veriler sağlandığında rahatlıkla çalışabilmektedir fakat model çıktılarının günümüz arazi koşullarında elde edilen veriler ile mutlaka karşılaştırması gereklidir. Bitki simülasyon modelleri sadece tahmin-kestirim yapabilmektedir. Modeller iyi kalibrasyona tabi tutulduğunda bitkiye dair gelişim ve verim tahminlerinde kullanılabilirler.

DSSAT bitki simülasyon modelinin içerdiği bitki genetik katsayıları modelin doğrulanması işleminde araştırmacılara kolaylıklar sağlasa da halen kullanılabilirlik ve modelin doğrulanması noktasında sorunlar yaşanmaktadır. Modelin zaman içinde güncellenmesi ve geliştirilmesi ile mutlaka daha doğru sonuçlar vermesini sağlayacaktır. DSSAT modelinin en büyük avantajı, kullanıcılara tarımsal işlemleri tüm detayı ile girdi olarak sağlayabilmesidir. Bu anlamda model çalışmalarında, arazide elde edilen tüm tarımsal işlemlerin girdisinin sağlanması ve kalibrasyon işlemleri ile genetik katsayıların belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Sonuç olarak DSSAT bitki simülasyon modeli, verim tahmini ve gelecek yıllarda bölgesel iklim modellerinin de kullanımı ile iklimsel değişikliklerin buğday bitkisi üzerindeki olası etkilerinin tahmininde kullanılabilir bir araçtır.

### Yazar katkısı:

Fikir/Hipotez, Materyal, Yöntem, Alper BAYDAR; Araştırma, Alper BAYDAR, Mete ÖZFİDANER; Veri İşleme, Veri Analizi,

Görselleştirme, Mete ÖZFİDANER, Engin GÖNEN; Yazılım, Alper BAYDAR; Yazma-İnceleme ve Düzenleme, Burak DALKILIÇ. Tüm yazarlar makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### Finansman:

Bu çalışma, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından TAGEM/TSKA/16/A13/P08/01 nolu proje ile desteklenmiştir.

### Çıkar çatışması beyanı:

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## 6. KAYNAKÇA

- Ahmed, M., Bilal, M., & Ahmad, S. (2024). Simulation of source sink partitioning in wheat under varying nitrogen regimes using DSSAT-CERES-wheat model. *Agricultural Water Management*, 303, 109028.
- Asseng, S., Jamieson, P. D., Kimball, B. A., Pinter, P. J., Sayre, K. D., Bowden, J. W., & Howden, M. S. (2004). Simulated wheat growth affected by rising temperature, increased water deficit and elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Field Crops Research*, 85(2-3), 85-102. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00154-0)
- Attia, A., Rajan, N., Xue, Q., Nair, S., Ibrahim, A., & Hays, D. (2016). Application of DSSAT-CERES-Wheat model to simulate winter wheat response to irrigation management in the Texas High Plains.

- Agricultural Water Management*, 165, 50-60.
- Boote, K. J., Jones, J. W., Hoogenboom, G., Batchelor, W. D., Porter, C. H. (2004). Cropgro Plant Growth And Partitioning Module. Agricultural and Biological Engineering Department Research Report No 2000-1204. University of Florida, Gainesville, Florida.
- Demelash, T., Amou, M., Gyilbag, A., Tesfay, G., Xu, Y. (2022). Adaptation Potential of Current Wheat Cultivars and Planting Dates under the Changing Climate in Ethiopia. *Agronomy*, 12(1):37. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010037>
- Ewert, F. (2004). Modelling plant responses to elevated CO<sub>2</sub> : How important is leaf area index? *Annals of Botany*, 93(6), 619–627. <https://doi.org/10.1093/aob/mch101>
- Gürkan, H. (2019). Konya Havzasında İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L) Verimine Olası Etkilerinin Tahmin Edilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Boote, K.J. (1991). A Decision Support System for Prediction of Corn Yield, Evapotranspiration and Irrigation Management. *Irrigation And Drainage*, 198-204 p.
- IPCC, (2023). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- İKDB, (2024). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. İklim Değişikliği Başkanlığı. <https://iklim.gov.tr/sss/temel-kavramlar>. Erişim Tarihi: (05.11.2024).
- Kassie, B.T., Asseng, S., Porter, C.H., Royce, F.S. (2016). Performance of DSSAT-Nwheat across a wide range of current and future growing conditions. *European Journal of Agronomy*. 81:27-36. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.08.012>
- Kumar, K., Parihar, C.M., Nayak, H.S. ve ark. Modeling maize growth and nitrogen dynamics using CERES-Maize (DSSAT) under diverse nitrogen management options in a conservation agriculture-based maize-wheat system. *Scientific Reports* 14, 11743. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61976-6>
- Lal, D., & Niwas, R. (2024). Yield Predication by DSSAT Model of Wheat Crop: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(2), 519-524.
- Liu, H., Liu, H., Lei, Q., Zhai, L., WANG, H., ZHANG, J., Zhu Y., Liu, S., Li, S., ZHANG, J., LIU, X. (2017). Using the DSSAT model to simulate wheat yield and soil organic carbon under a wheat-maize cropping system in the North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture*. 16(10): 2300-2307. ISSN 2095-3119, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61678-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61678-2)
- Li, W., Liu, W., Huang, Y., Xiao, W., Xu, L., Pan, K., & Li, C. (2024). Modeling the Effects of Sowing Dates on Maize in Different Environments in the Tropical Area of Southwest China Using DSSAT. *Agronomy*, 14(12), 2819.
- Mor, A. (2005). Bitki - İklim Modeli Dssat Kullanılarak Bursa'da Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Analizi. Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu-Doktora Tezi. Bursa.
- Nargund, R., Bhatia, V. S., Sinha, N. K., Mohanty, M., Jayaraman, S., Dang, Y. P., Dalal, R. C. (2024). Assessing Soybean Yield Potential and Yield Gap in Different Agroecological Regions of India Using the DSSAT Model. *Agronomy*, 14(9), 1929.
- Pouryazdankhah, H., Shahnazari, A., Ahmadi, M. Z., Khaledian, M., & Andersen, M. N. (2024). Development and validation of a sunflower crop growth module for the Daisy model. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1370063.
- UNEP, (2021). Emissions Gap Report 2021, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>. Erişim tarihi: (05.11.2024).
- TEPGE, (2023). Durum ve Tahmin/Buğday. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20DurumTahmin%20Raporlar%20C4%B1/2023%20DurumTahmin%20Raporlar%20C4%B1/Bu%20C4%9Fday%20Duru>

m%20Tahmin%20Raporu%202023  
384%20TEPGE.pdf. Erişim tarihi:  
06.11.2024.

TÜSİAD, (2020). Tarım ve Gıda 2020.  
Sürdürülebilir Büyüme Bağlamında Tarım  
ve Gıda Sektörünü Analizi. ISBN: 978-  
605-165-045-6.

Yang, Y.H., Masataka, W., Zhang, X.Y., Hao,  
X.H. & Zhang, J.Q. (2006). Estimation of  
groundwater use by crop production  
simulated by DSSAT-wheat and DSSAT-  
maize models in the piedmont region of the  
North China Plain. *Hydrological Process*,  
20, 2787–2802.  
<https://doi.org/10.1002/hyp.6071>

Zhang, L., Cao, Z., Gao, Y., Huang, W., Si, Z.,  
Guo, Y., Wang, H., Wang, X. (2024).  
Soybean Yield Simulation and  
Sustainability Assessment Based on the  
DSSAT-CROPGRO-Soybean Model.  
*Plants*, 13(17), 2525.