

TEMMUZ 2024

Yüksek Lisans Tezi- Biyoloji

SONGÜL KONU

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CYPERMETHRİN UYGULANMIŞ BUĞDAY TOHUMLARININ
ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNDE DIŞSAL
EPİBRASSİNOLİD'İN ETKİSİ

BİYOLOJİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SONGÜL KONU
TEMMUZ 2024

**CYPERMETHRİN UYGULANMIŞ BUĞDAY TOHUMLARININ
ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNDE DIŞSAL
EPİBRASSİNOLİD'İN ETKİSİ**

Gaziantep Üniversitesi

Biyoloji

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Muhittin DOĞAN

Songül KONU

Temmuz 2024

©2024[Gaziantep Üniversitesi]

**CYPERMETHRİN UYGULANMIŞ BUĞDAY TOHUMLARININ
ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNDE DIŞSAL
EPİBRASSİNOLİD'İN ETKİSİ**

başlıklı bu çalışma, **Songül KONU** tarafından hazırlanmış ve yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde** Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Çiğdem AYKAÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

Prof. Dr. Murat KÜTÜK
Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı

.....

Prof. Dr. Muhittin DOĞAN
Danışman, Biyoloji
Gaziantep Üniversitesi

.....

Sınav Tarihi: 16 Temmuz 2024

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Muhittin DOĞAN
Gaziantep Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Mustafa SEVİNDİK
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Celal BAL
Gaziantep Üniversitesi

.....

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilmek suretiyle tezde yeraldığını beyan ederim.

Songül KONU

ABSTRACT

EFFECT OF EXOGENOUS EPIBRASSINOLID ON GERMINATION AND EARLY SEEDLING GROWTH OF CYPERMETHRIN TREATED WHEAT SEEDS

KONU, Songül

M.Sc. in Biology

Supervisor: Prof. Dr. Muhittin DOĞAN

July 2024

Page 69

This study was carried out to determine the effects of exogenous Epibrassinolide (EBr) application on germination and early seedling growth of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum durum* Desf.) seeds under the influence of Cypermethrin (CP) insecticide. The following applications were made in the controlled climate cabinet with 20 seeds in each petri dish: 0 (no application), 25 ppm CP, 50 ppm CP, 100 ppm CP, 25 ppm CP+10⁻⁵ M EBr, 50 ppm CP+10⁻⁵ M EBr, 100 ppm CP+10⁻⁵ M EBr. As a result, CP concentrations caused a decrease in germination rates in durum and bread wheats. When the applications were compared, it was seen that the germination rates in the CP-EBr combination were higher than in CP applications alone. On the other hand, CP caused physiological changes in wheats. Increases in hydrogen peroxide and MDA levels showed that CP caused oxidative stress in wheat cells. EBr application has shown that this hormone may have a role in reducing the toxic effects of CP. The effect of EBr applications on germination was not found to reduce the effects of CP. Similar findings were also found in total phenolic contents. In contrast, non-protein sulfhydryl group contents were found to increase relative to control. In addition, the fact that the highest hydrogen peroxide and malondialdehyde contents were determined in individual CP applications compared to CP+EBr applications.

Key Words: Wheat, Oxidative stress, Epibrassinoloid, Cypermethrin, Physiological response

ÖZET

CYPERMETHRİN UYGULANMIŞ BUĞDAY TOHUMLARININ ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNDE DIŞSAL EPİBRASSİNOLİD'İN ETKİSİ

KONU, Songül
Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji
Danışman: Prof Dr Muhittin DOĞAN
Temmuz 2024
69 sayfa

Bu çalışma, Cypermethrin (CP) insektisitinin etkisi altındaki ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ve makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) tohumlarında ekzojen Epibrassinolide (EBr) uygulamasının çimlenme ve erken fide büyümesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Her petri kabında 20 tohum bulunan kontrollü iklimlendirme kabinde şu uygulamalar yapıldı: 0 (uygulama yok), 25 ppm CP, 50 ppm CP, 100 ppm CP, 25 ppm CP+10⁻⁵ M EBr, 50 ppm CP+10⁻⁵ M EBr, 100 ppm CP+10⁻⁵ M EBr. Sonuç olarak, CP derişimlerinin makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda çimlenme oranlarında azalmaya neden olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında, CP-EBr kombinasyonundaki çimlenme oranlarının yalnız CP uygulamalarından daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Diğer yandan, CP buğdaylarda fizyolojik değışimlere neden olmuştur. Hidrojen peroksit ve MDA düzeylerindeki artışlar, CP'nin buğday hücrelerinde oksidatif strese neden olduğunu göstermiştir. EBr uygulaması ise CP'nin toksik etkilerini azaltmada bu hormonun rolünün olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Oksidatif stres, Epibrassinoloid, Cypermethrin, Fizyolojik tepki



“Canim aileme”

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, Gaziantep Üniversitesi öğretim üyelerinden danışman hocam, sayın Prof. Dr. Muhittin DOĞAN'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Üzerimde emeği olan tüm bölüm hocalarıma,

Çalışma süresince beni hep destekleyen, bana güvenen, her koşulda yanımda olan canım annem, canım babam ve canım kardeşlerime,

Çalışma sürecinde bana destek olan canım eşim ve canım kızıma,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ABSTRACT	i
ÖZET	ii
İTHAF	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Pestisit Tanımı ve Kullanım Amaçları	1
1.2 Pestisit Kullanımının Tarihçesi.....	2
1.3 Pestisitlerin Toksisite Yönünden Sınıflandırılması	3
1.4 Zararlı Grubu Yönünden Pestisitler	4
1.4.1 İnsektisitler.....	4
1.4.2 Herbisitler	6
1.4.3 Fungusitler	7
1.5 Tarımda Pestisit Kullanımı	8
1.6 Dünyada ve Türkiye’de Pestisit Kullanımına İlişkin Mevcut Durum	8
1.7 Pestisitlerin Çevre ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri	10
1.8 Cypermethrin	12
1.8.1 Cypermethrin’in Kullanım Amaçları	13

1.8.2 Cypermethrin'in Kimyasal Yapısı	13
1.9 Bitkisel Hormonlar	14
1.10 Brassinosteroidler	16
1.10.1 Epibrassinolid ve Kullanım Amaçları.....	17
1.10.2 Epibrassinolid'in Kimyasal Yapısı	18
BÖLÜM 2 LİTERATÜR TARAMASI.....	20
BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1 Deney Ortamı ve Uygulama	30
3.2 Biyokimyasal Analizler	30
3.2.1 Toplam Fenolik Madde	30
3.2.2 Protein Olmayan Sülfidril Gruplar (NP-SH)	30
3.2.3 Hidrojen Peroksit İçerikleri.....	31
3.2.4 Malondialdehit (MDA) Analizi	31
3.3 Veri Analizleri	31
3.3.1 Final Çimlenme Oranı.....	31
3.3.2 Çimlenme İndeksi	31
3.3.3 İstatistiksel Analiz.....	31
BÖLÜM 4 BULGULAR.....	32
4.1 Çimlenme Üzerine Etkisi.....	32
4.2 Biyokimyasal Analiz Sonuçları	36
4.2.1 Toplam Fenolik Bileşik İçeriği	36
4.2.2 NP-SH İçeriği.....	37
4.2.3 Hidrojen Peroksit İçerikleri.....	39
4.2.4 MDA İçerikleri.....	40
BÖLÜM 5 TARTIŞMA VE SONUÇ	42
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ.....	68

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 WHO'nun toksisiteye göre pestisit sınıflandırması.....	4
Tablo 1.2 Biyosidal olarak kullanımına izin verilen piretroidler.....	12



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Cypermethrin'in kimyasal yapısı.....	13
Şekil 1.2 24-epibrassinolidin kimyasal yapısı	19
Şekil 4.1 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayda Final çimlenme (%) etkisi	32
Şekil 4.2 CP ve CP+EBr uygulanan makarnalık buğdayda çimlenme oranı.....	33
Şekil 4.3 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayda çimlenme indeksi etkisi.....	33
Şekil 4.4 CP ve CP+Ebr uygulamalarının ekmeklik buğdayda final çimlenme (%) etkisi.....	34
Şekil 4.5 CP ve CP+EBr uygulanan ekmeklik buğdayda çimlenme oranı.....	35
Şekil 4.6 CP ve CP+EBr uygulanan ekmeklik buğdayın çimlenme indeksi.....	35
Şekil 4.7 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayların toplam fenolik bileşik içeriklerine etkisi	36
Şekil 4.8 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların toplam fenolik bileşik içeriklerine etkisi	37
Şekil 4.9 CP ve CP+Ebr uygulamalarının makarnalık buğdayların NP-SH içeriklerine etkisi	38
Şekil 4.10 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların NP-SH içeriklerine etkisi.....	38
Şekil 4.11 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayların hidrojen peroksit içeriklerine etkisi	39
Şekil 4.12 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların hidrojen peroksit içeriklerine etkisi	40
Şekil 4.13 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayların MDA içeriklerine etkisi	41

Şekil 4.14 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların MDA içeriklerine etkisi.....	41
--	----



KISALTMALAR LİSTESİ

H₂O₂	Hidrojen Peroksit
MDA	Malondialdehit
CP	Sipermetrin
BR	Brassinosteroid
EBr	Epibrassinolide
NP-SH	Protein olmayan sülfidril gruplar

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Pestisit Tanımı ve Kullanım Amaçları

Pestisitler; insektisit, herbisit, fungusit ve tarımda kullanılan diğer çeşitli maddeleri de kapsayan, zararlıları kontrol altına almak amacıyla herhangi bir zararlıyı (böcekler, akarlar, nematodlar, yabancı otlar, sıçanlar vb.) önlemek, yok etmek, uzaklaştırmak veya etkisini hafifletmek için kullanılan herhangi bir madde veya madde karışımı olarak tanımlanmaktadır (EPA, 2009).

Pestisitler genellikle kimyasal maddeler olmakla birlikte bazen virüs veya bakteri gibi biyolojik ajanlar da olabilmektedir. Bir pestisit aktif bileşen olarak bilinen aktif kısmı, genellikle üretici tarafından emülsifiye edilebilir konsantreler veya katı parçacıklar (toz, granüller, çözünür toz veya ıslanabilir toz) halinde formüle edilmektedir. Pek çok ticari formülasyonun kullanımdan önce suyla seyreltilmesi gereklidir. Bu formülasyonlar, ayrıca, pestisit tutulmasını ve yapraklar veya sürgünler tarafından emilimini iyileştirmek için yardımcı maddeler içermektedir (Tadeo vd., 2019). Pestisitlerin en yaygın kullanım amacı bitki ürünlerini korumaktır. Bu kimyasallar genel olarak bitkileri yabancı ot, mantar veya böcek gibi zararlıların zararlı etkilerinden korumaktadır. Pestisitlerin kullanımı çok yaygın olduğu için pestisit terimi sıklıkla bitki koruyucu madde ile eş anlamlı olarak ele alınmaktadır (Randall vd., 2013). Pestisitler doğal, organik veya sentetik olabilir ve zararlıları kontrol etmek, önlemek, öldürmek, bastırmak veya uzaklaştırmak için kullanılabilir. Pestisit; böcek öldürücüler, herbisitler (ot veya bitki öldürücüler) mantar öldürücüler, kemirgen öldürücüler, büyüme düzenleyicileri, mitisitler (akar kontrolü), salyangozlar ve sümüklü böcekler (yumuşakça öldürücüler) gibi diğer materyalleri veya öldürücü ürünleri içeren geniş bir terimdir (Begum vd., 2017).

Genel olarak çiftçiler, yıl boyunca çeşitli mahsuller yetiştirebilmeleri sayesinde mahsul verimindeki artıştan faydalanırken, tarım ürünleri tüketicileri de yıl boyunca mevcut olan büyük miktarlardaki ürünlerden yararlanmaktadır. Toplamlar ise sıtma gibi böcek kaynaklı hastalıkların kontrolü için pestisitlerin kullanımından yararlanmaktadır (Cooper ve Dobson, 2007).

1.2 Pestisit Kullanımının Tarihçesi

Zararlıları kontrol etmek için tarihsel olarak uzun zamandır farklı kimyasallar kullanılmaktadır. Sümerler, 4500 yıl önce böcekleri ve akarları kontrol altına almak için kükürt bileşiklerini kullanmışlardır. *Chrysanthemum cinerariaefolium*'un kurutulmuş çiçeklerinden elde edilen bir bileşik olan Pyrethrum, 2000 yıldan fazla bir süredir böcek ilacı olarak uygulanmaktadır. Yabani otları kontrol altına almak için tuz veya deniz suyu kullanılmıştır. Sodyum klorat ve sülfürik asit gibi inorganik maddeler veya doğal kaynaklardan elde edilen organik kimyasallar, 1940'lara kadar haşere kontrolünde yaygın olarak kullanılmıştır (Unsworth, 2010).

1600'lü yıllarda karıncalarla mücadelede bal ve arsenik karışımı kullanılmıştır. 1800'lerin sonlarında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çiftçiler, tarlayla ilgili işler için nikotin sülfat, kalsiyum arsenat ve kükürt gibi bazı kimyasalları kullanmaya başlamışlardır. Yine de bu maddeler ilkel uygulama yöntemleri nedeniyle başarısız olmuştur (Delaplane, 2000). 1867'de bakırın saf olmayan bir formu olan arsenik, ABD'de Colorado patates böceği salgınına kontrol etmek için kullanılmıştır (Kaur vd., 2019).

Dikloro difenil trikloroetan'ın (DDT) 1939 yılında Paul Herman Muller tarafından bir pestisit olarak tanımlanması ve Nobel Ödülü alması, kimyasalların çeşitli amaçlarla yaygın olarak kullanılmasının kapısını açmıştır. İkinci Dünya Savaşı (1939-1945) sırasında pestisitlerin yaygınlığı artmıştır. Bunun nedeni, gıda üretimini artırmak ve potansiyel kimyasal savaş ajanlarını bulmaktır. Sonuç olarak 1940'lı yıllarda DDT, aldrin, dieldrin, endrin, parathion ve 2,4-D gibi sentetik pestisitlerin üretiminde belirgin bir artış görülmüştür. 1950'li yıllarda tarımda pestisit kullanımının avantajlı olduğu düşünülmüştür ve o dönemde bu kimyasalların çevreye

ve insan sağlığına olası riskleri konusunda herhangi bir endişe duyulmamıştır (Gyawali, 2018).

Birçok faydasına rağmen pestisitler hem insanlara hem de çevreye zararlı olabilmektedir. 1962’de Rachel Carson, pestisitlerin gelişigüzel kullanılmasından kaynaklanabilecek sorunlardan bahsetmiştir. Carson, pestisitlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri konusunda yaygın endişelere yol açmıştır. 1970’li yıllarda haşerelere karşı direncin ortaya çıkması ve Carson’ın etkisiyle birleşerek pestisitlerin etkilerine dair kanıtların birikmesi, 1972 yılında ABD’de DDT kullanımının yasaklanmasıyla sonuçlanmıştır. Daha sonra diğer ülkeler de DDT kullanımını durdurmuştur (Bernands vd., 2015). Diğer bazı pestisitler de çevresel olarak stabil, biyolojik birikime eğilimli ve toksik çevrede yıllarca varlığını sürdürebilir niteliktedir. Pestisitlerin çevresel kontaminasyonu veya mesleki kullanımı, genel popülasyonu pestisit kalıntılarına maruz bırakabilmektedir (Mostafalou vd., 2013).

1.3 Pestisitlerin Toksisite Yönünden Sınıflandırılması

Pestisitler toksisitelerine göre Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından aşırı tehlikeli, yüksek derecede tehlikeli, orta derecede tehlikeli ve az tehlikeli olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır (Kaur vd., 2019). Farklı kaynaklarda aşırı derecede toksik, yüksek derecede toksik, orta derecede toksik, hafif toksik ve akut tehlike oluşturması muhtemel olmayan şeklinde beşe ayrılmış bir sınıflandırma görölmektedir (Damalas ve Eleftherohorinos, 2011; Yadav ve Devi, 2017). WHO, fareler ve diğer laboratuvar hayvanları üzerinde ağızdan ve deriden bir doz pestisit uygulayarak deneyler yapmışlardır. Daha sonra pestisitlere maruz kalan hayvanların %50’sinde ölüme yol açan ortalama ölümcül dozu (LD₅₀) tahmin ederek en düşükten en yüksek toksisiteye (I’den IV’e kadar) sıralama yapmışlardır (Tablo 1) (WHO, 2009; Yadav ve Devi, 2017).

Tablo 1.1 WHO'nun toksisiteye göre pestisit sınıflandırması (WHO, 2009)

WHO sınıfları	Toksosite düzeyleri	Sıçanlar için LD ₅₀ (mg/kg vücut ağırlığı)		Örnekler
		Oral	Dermal	
Ia sınıfı	Aşırı derecede toksik	<5	<50	Parathion, Dieldrin
Ib sınıfı	Yüksek derecede toksik	5-50	50-200	Eldrin, Dichlorvos
II. sınıf	Orta derecede toksik	50-2000	200-2000	DDT, Klordan
III. sınıf	Hafif toksik	>2000	>2000	Malatyon
IV. sınıf	Akut tehlike oluşturması muhtemel değil	≥5000	-	Karbetamid, Sikloprotrin

1.4 Zararlı Grubu Yönünden Pestisitler

Uygulandıkları organizma grubuna göre en fazla kullanılan pestisitler genel olarak herbisitler, insektisitler ve fungusitler olarak üçe ayrılmaktadır. Herbisitler sınıfında amidler, benzoik asitler, karbamatlar, nitriller, nitroanilinler, organofosfor, fenoksi asitler, piridinler ve kuaterner amonyum bileşikler, piridazinler ve piridazinonlar, triazinler ve üreazlar yer almaktadır. İnsektisitler benzoilüreler, karbamatlar, organoklorinler, organofosfor ve piretroidlerden oluşurken, fungusitler ise azoller, benzimidazoller, ditiyokarbamatlar ve morfolinlerden meydana gelmektedir (Tadeo vd., 2019).

1.4.1 İnsektisitler

İnsektisitler, kimyasal ve biyolojik kökenli olup tarımda, bahçecilikte, ormancılıkta, bahçelerde, evlerde ve ofislerde kullanılmaktadır. Ayrıca insan ve hayvan hastalıklarının yayılmasında rol oynayan sivrisinek ve keneler gibi vektörleri kontrol etmek için de kullanılmaktadır. Böcek öldürücüler çok sayıda kimyasal sınıfı oluşturmakta ve farklı etki mekanizmaları yoluyla böceklerde, hedef olmayan

memelilerde (insanlar dâhil) ve kuş türlerinde toksisite göstermektedir. İnsektisitler farklı enzimlere, reseptörlere ve diğer proteinlere bağlanabilmektedir. İnsektisitlerin kalıntıları ve metabolitlerinin yanı sıra bağlanma bölgeleri ve katkı maddeleri de maruz kalma ve etkilerin biyobelirteçleri olarak kullanılabilir (Gupta vd., 2019). Bitkisel preparatların eski insanlar tarafından böcek ilacı olarak kullanılan ilk maddeler olduğu görülmektedir. Örneğin, dalmaçyalı piretrum çiçekleri %1,5'e kadar piretrin (aktif böcek öldürücü madde) içermektedir. Bu madde antik Çin'de ve daha sonra Orta Çağ'da İran'da böcek ilacı olarak kullanılmıştır (Davies vd., 2007). M.Ö.1000'li yıllardan itibaren insanlar zararlı böceklerle mücadelede doğal kimyasallardan yararlanmışlardır. İnorganik kükürt bu doğal kimyasallardan biridir. MS 900'lü yıllarda arsenik kullanılmaya başlanmış, daha sonra kurşun arsenat ($PbHAsO_4$) ve kriyolit (Na_3AlF_6) hücresel zehir olarak, boraks ($Na_2B_4O_7$) ise kurutucu olarak böcek yemlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Popov vd., 2003).

DDT'nin bitkiler korumada en sık kullanıldığı dönem 20. yüzyılın ikinci yarısına kadar devam etmiş ve daha sonra organofosfatların (diklorvos, siyanofos, fonofos vb.) ve karbamatların (karbaril, karbofuran, aldikarb vb.) yaygın olarak kullanıldığı dönem başlamıştır. Karbamatlar ve organofosfatlar çevreye zarar vermesine rağmen, bu insektisitler hala en yaygın kullanılan preparat sınıfları arasındadır ve zararlı böceklerin kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır (Casida ve Durkin, 2013).

1949 yılında alletrin sentezinden sonra piretrinler böcek ilacı olarak yeniden kullanılmaya başlamıştır. Bunun nedeni, piretrinlere dayanarak birinci nesil piretroidlerin ortaya çıkmasıdır. İnsanlar için düşük toksisiteye sahip olan piretroidler, sağlığına önem veren insanların kullanımlarında hızla popülerlik kazanmıştır (Oberemok vd., 2015). 1970'lerin başında küresel böcek ilacı pazarında permetrin, cypermethrin ve deltametrinin ciddi bir dezavantajı ortaya çıkmıştır. Bunların ultraviyole ışıkla temas ettiklerinde çevredeki aktivitelerini nispeten hızlı bir şekilde kaybettikleri görülmüştür. Piretroidlerin bu özelliği uygulamalarını zorlaştırırsa da, piretroidlerin çevrede birikmesinin önlenmesine yardımcı olmuştur. Bu nedenle, bu sınıftaki insektisitler bitki korumada hala geniş uygulama alanı bulmaktadır (Davies vd., 2007).

2000’li yıllarda en popüler böcek öldürücüler neonikotinoidler olmuştur. Bitki dokularında sistematik olarak hareket ederek bitkinin tüm kısımlarını koruyarak etki etmektedirler. Çoğu eklembacaklı için nörotoksin görevi görerek böcek zararlılarına karşı etkili kontrol sağlamaktadır (Goulson, 2013). Neonikotinoidler, nikotinik asetilkolin reseptörlerine geri dönülemez şekilde bağlanarak sinir hücrelerinin aşırı uyarılmasına neden olmakta ve bu da böceği felç etmektedir. Böcek ilacı pazarında ortaya çıkan ilk neonikotinoid imidacloprid’dir (Oberemok vd., 2015).

Yeni insektisit arayışları ve eskilerinin geliştirilmesi günümüzde devam etmektedir. Neredeyse tüm böcek türleri, uygulanan böcek ilaçlarına karşı direnç geliştirmektedir. Bu durum, bilim adamlarını yeni hazırlıklar yapmaya yöneltmektedir (Oberemok vd., 2015).

1.4.2 Herbisitler

Herbisitlerin yaygın kullanımı, 1900’lerin başlarından itibaren ABD meyve ve sebze ürünlerine yönelik inorganik ve doğal olarak türetilmiş kimyasal formülasyonlarda rutin olarak kullanılan insektisit ve fungisitlerle karşılaştırıldığında, tarımda nispeten yeni bir gelişmedir. Bunun aksine, yabancı otları öldürmek için herbisitlerin yaygın kullanımı, 1940’ların sonlarında sentetik organik kimyasalların ortaya çıkışına kadar başlamamıştır (Gianessi ve Reigner, 2007).

1940’ların başında araştırmacılar, herbisit aktivitesi açısından yeni bir bitki büyüme düzenleyici kimyasal bileşik olan 2,4-diklorofenoksi asetik asidi (2,4-D) test etmeye başlamışlardır. Herbisitlerin buğday (*Triticum spp.*), mısır (*Zea mays* L.) ve pirinç (*Oryza spp.*) gibi ürünlere zarar vermeden geniş yapraklı yabancı otların seçici kontrolü için yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Benzer şekilde protham (IPC) test edilmiş ve geniş yapraklı bitkilere zarar vermeden yabancı otları öldürdüğü görülmüştür (Peterson, 1967). 1950’lerde oksinik fenoksi asitlerle başlayıp ardından sırasıyla fotosentezi inhibe eden fenilüre ve s-triazin bileşiklerinin, ağartıcı amitrolün ve giderek artan sayıda yeni yapıların eklenmesiyle yaklaşık 400-500 organik herbisit bileşiğinin ticarileştirildiği bilinmektedir (Fedtke ve Duke, 2004). 1962 yılına gelindiğinde şirketler, 6.000 farklı formülasyonda yaklaşık 100 herbisit pazarlanmaya başlamıştır. Farklı toprak ve iklim koşulları altında tek tek her

üründeki belirli yabancı ot sorunlarına yönelik artan özgüllük, ürünlerin bu hızlı gelişimini açıklamaktadır (Peterson, 1967).

Geniş yapraklı yabancı otları kontrol etmek için uygun herbisitlere olan bağımlılık, tahılların ekimindeki artışla birleştiğinde, yabancı ot florasının kontrol edilmesi zor türlere, özellikle de yabancı otlarına doğru değişmesine neden olmuştur (Andreasen vd., 1996).

Pek çok herbisitlerin etkinliği, özellikle hedef protein mutasyonları nedeniyle herbisit direncinin hızla ortaya çıkması sonucu ciddi şekilde engellenmiştir. Akılcı moleküler tasarımlar ve direnç tahminleri, mutasyonun neden olduğu herbisit direncinin üstesinden gelmek için etkili ve pratik yaklaşımlar sağlayabilir. Spesifik olarak substrat tanıma bölgesi bazlı molekül tasarımı ve kendi kendine uyum sağlayan konformasyon bazlı inhibitör tasarımı, yeni herbisit aktif bileşenlerinin geliştirilmesi için önemli iki stratejidir (Qu vd., 2021).

1.4.3 Fungisitler

Fungisitler, bitkilerden veya tohumlardan kaynaklanan mantar enfeksiyonlarını önlemek veya yok etmek için kullanılan ajanlardır. Fungisitlerin çoğu düşük-orta derecede toksisiteye sahiptir (Gupta, 2018).

1970'den bu yana piyasaya sürülen en önemli modern fungisitler etki şekline veya kimyasal sınıfına göre benzimidazol, morfolin, piperazinler, imidazoller, pirimidinler, triazoller, anilidler ve strobilurinler olarak sıralanmıştır (Morton ve Staub, 2008). Tarımsal alanlarda fungisitler ağırlıklı olarak meyve ve sebzelerde kullanılmaktadır ve dünya çapındaki pestisit pazar payının %35'inden fazlasına katkıda bulunmaktadır. Coğrafi olarak Avrupa; tahıllar (örneğin buğday), meyveler (özellikle bağcılıkta yoğun kullanım) ve sebzeler üzerinde temel uygulamaları olan fungisitlerin egemen pazarı olarak kabul edilmektedir. Kuzey Amerika'daki toplam fungisit kullanımının %80'ini temsil eden ABD'de fungisitler, uygulanan toplam pestisit kütlesinin (inorganik fungisitler dahil) %10'undan azını oluşturmaktadır (Zubrod vd., 2019).

1.5 Tarımda Pestisit Kullanımı

Kimyasal pestisitler, zararlıları ve hastalıkları kontrol altına alarak tarımda verimin artmasına ve ayrıca insan sağlığı alanında böcek kaynaklı hastalıkların (sıtma, dang humması, ensefalit vb.) kontrol edilmesine büyük katkı sağlamıştır (Rekha vd., 2006). Hızla artan nüfus için dünyada gıda üretimini artırma ihtiyacı son derece önemlidir (Agoramoorthy, 2008). Mahsul verimliliğini arttırmaya yönelik stratejilerden biri de etkili haşere yönetimidir. Bunun nedeni, yıllık gıda üretiminin %45'inden fazlasının haşere istilası nedeniyle zarara uğramasıdır. Tropikal ülkelerde yüksek sıcaklık ve nem, zararlıların hızla çoğalmasına karşı oldukça uygun koşullar olduğundan ürün kaybı daha da artmaktadır (Lakshmi, 1993). Bu nedenle, tropik bölgelerde zararlılarla ve hastalıklarla mücadele etmek için mahsul bitkileri üzerinde çok çeşitli pestisitlerin uygulanması gereklidir. Bununla birlikte, sporadik kullanım sadece halk sağlığı açısından değil, aynı zamanda gıda kalitesi açısından da önemli sonuçlara yol açmakta, bu da çevre üzerinde bir etki yüküne ve dolayısıyla zararlılara karşı direncin gelişmesine neden olmaktadır. Pestisitlerin aşırı ve yanlış kullanımı nedeniyle önemli miktarda atık meydana gelmekte ve maliyetler artmakta, ayrıca olumsuz çevre ve sağlık sonuçları ortaya çıkmaktadır. Pestisitlerin yanlış uygulanması, besin zincirindeki kalıntılara girerek toprağı, havayı, yer altı ve yüzey sularını kirleterek tüm ekosistemi etkilemektedir (Abhilash ve Singh, 2009).

1.6 Dünyada ve Türkiye’de Pestisit Kullanımına İlişkin Mevcut Durum

Pestisitler modern tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır ve verimin kalitesini ve miktarını artırmanın etkili ve ekonomik bir yoludur. Böylece dünya çapında giderek artan nüfus için gıda güvenliği sağlanmaktadır. Dünya çapında yılda yaklaşık 2 milyon ton pestisit kullanılmakta ve bu rakama en çok katkıda bulunan ülke Çin olup, bunu ABD ve Arjantin takip etmektedir. Ancak 2020’li yıllarda küresel pestisit kullanımının 3,5 milyon tona kadar çıkacağı öngörülmüştür (Sharma vd., 2019).

Pestisitler yaygın olarak hasada kadar olan büyüme aşamalarında doğrudan ürünlere uygulanmaktadır. Dünya genelinde bu pestisit kalıntıları, işlenmemiş domates gibi hem taze sebze ve meyvelerde hem de tahıllar, deniz ürünleri, üzüm, marul ve çay gibi birçok gıda ürününde tespit edilmiştir (Hepsağ ve Kizildeniz, 2021).

Hepsağ ve Kizildeniz (2021), serada yetiştirilen domateslerde örneklerin %61,5’inde bir veya daha fazla pestisit kalıntısı bulunduğunu ortaya koymuşlardır. AB yönergelerinin üzerinde izin verilen maksimum kalıntı seviyesi, numunelerin %12,2’sinde görülmüştür. Serada yetiştirilen domateslerde belirlenen başlıca pestisit kalıntılarının klorpirifos metil, siflutrin, deltametrin ve asetamiprid olduğu belirlenmiştir. Tehlike indeksini en çok artıran kalıntılar klorpirifos metil (%9,5), siflutrin (%6,6), deltametrin (%5,5) ve asetamiprid (%3,2) olarak kabul edilmiştir.

Dülger ve Tiryaki (2021) tarafından Çanakkale’de yapılan çalışmada, şeftali ve nektarda pestisit ölçümlerinin maksimum kalıntı limitinin altında olduğu ortaya çıkmıştır. Hiçbir numunede kalıntılar maksimum limit üzerinde bulunmamıştır. Şeftali ve nektarda sırasıyla maksimum 567,80 ve 322,10 µg/kg boscalid seviyeleri tespit edilirken, tebukonazol için maksimum seviyeler sırasıyla şeftali için 47,53 µg/kg ve nektar için 56,90 µg/kg olarak belirlenmiştir.

Kazar-Soydan vd. (2021), Ege Bölgesi’nde gerçekleştirilen çalışmada pestisit kalıntılarını belirlemek amacıyla 16 farklı meyve ve sebze ürününden toplam 3044 numune alınmış ve bu kalıntıların tüketiciler için oluşturduğu sağlık riski değerlendirilmiştir. Bulgular, 354 numunenin maksimum kalıntı limitinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Çalışmada 3044 numunede 64 farklı pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Bunların %11,6’sı, Türk otoriteler tarafından onaylanan maksimum kalıntı limiti seviyesiyle karşılaştırıldığında limiti aşmıştır. Maksimum kalıntı limiti yüksek olan örneklerin 74 tanesi klorpirifos (%2,43), 145 tanesi azoksistrobin (%3,8), 112 tanesi triadimenol (%3,8), 103 tanesi karbendazim (%3,4), 98 tanesi klorpirifos (%3,2), 94 tanesi pirimetanil (%3,10), 90 tanesi siprodinil (%2,9), 76 tanesi fludioksonil (%2,50), 75 tanesi indoksakarb (%2,40), 66 tanesi imidakloprid (%2,10) ve 60 tanesi boscalid (%1,90) içermiştir. Bazı numunelerde iki, üç, dört ve hatta beşten fazla pestisit kalıntısı tespit edilmiştir.

Aydın ve Albay (2022) İznik Gölü’nün su kaynakları ve sedimentlerindeki organoklorlu pestisit konsantrasyonlarını değerlendirmişler ve yüzey sularında 0,01-60,80 µg/L ve sedimentlerde 0,06-14,21 ng/g arasında değişen organoklorlu pestisit tespit etmişlerdir. Endrin keton, endrin aldehit, endosülfan II, endrin, heptaklor

epoksi, beta-BHC, gama-BHC, ppDDD ve ppDDT konsantrasyonları WHO'nun yüzey suları için belirttiği maksimum kalıntı sınırlarını aşmıştır.

Takim ve Aydemir (2023) tarafından yapılan çalışmada, yurtiçinde üretilen ve yurtdışından ithal edilen 79 çay numunesinin 28 tanesinde pestisit kalıntısına rastlanmıştır. Pestisit kalıntıları oranları menşei ülkelerde İran (%100), Hindistan (%33,3) ve Sri Lanka (%17,3) olarak hesaplanmıştır. Türkiye'de üretilen çaylarda pestisit kalıntısına rastlanmamıştır. Pestisit bulunan numunelerde diuron, ethion, cypermethrin, thiacloprid, thiamethoxam, fenpyroximate, acetamiprid, imidacloprid, flubendiamide, deltamethrin ve hexythiazox gibi bileşikler tespit edilmiştir. Pestisit kalıntısı tespit edilen 15 tür için Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenen maksimum limit aşılmıştır. Ayrıca pestisit kalıntısı tespit edilen 28 numunenin 13'ünde Codex Alimentarius tarafından belirlenen kabul edilebilir günlük alım miktarını aşan 4 tür pestisit tespit edilmiştir.

1.7 Pestisitlerin Çevre ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Pestisitler çeşitli haşere kontrolünde kullanılırken insan sağlığını ve çevredeki canlı organizmaları olumsuz yönde etkileyebilecek büyük bir hava, su ve toprak kirliliği kaynağı olmaya devam etmektedir (Al-Zaidi vd., 2011). Pestisitlerin insanlara, evcil hayvanlara ve yaban hayatına yönelik akut ve kronik toksisitesi, bitkilere karşı fitotoksisite, yeni zararlı türlerinin geliştirilmesi, zararlıların bu kimyasallara karşı direnç geliştirmesi, pestisitlerin toprakta ve suda kalıcılığı ve bunların küresel taşıma ve çevresel kirlenme potansiyeli mevcuttur (Edwards, 1993). Pestisitlerden kaynaklanan bu tür potansiyel çevresel tehlikelerin tanınmasına tepki olarak çoğu gelişmiş ülke ve ilgili uluslararası kuruluşlar, karmaşık kayıt sistemleri, izleme organizasyonları ve yeni bir pestisit genel kullanıma sunulabilmesi için karşılanması gereken gereklilikler oluşturmuştur. Memelilere ve diğer organizmalara yönelik toksisite, bozunma yolları ve sonuçlar hakkında veriler talep edilmektedir. Toprak, su ve gıdanın yanı sıra flora ve faunadaki pestisit kalıntılarını belirlemek için izleme programları başlatılmıştır (Carey vd., 1979).

Çevreye salınan pestisitler, ekosistemin normal işleyişinde uzun vadeli etkilerden kısa süreli değişikliklere kadar çeşitli olumsuz ekolojik etkilere sahip olabilir.

Tarımda pestisit kullanımının olumlu sonuçlarına rağmen, bunların kullanımına genellikle zararlı çevre ve halk sağlığı etkileri eşlik etmektedir. Pestisitler, yüksek biyolojik toksisiteleri (akut ve kronik) nedeniyle çevresel kirleticiler arasında benzersiz bir konuma sahiptir (Zacharia, 2011).

Pestisitlerin bitkiler üzerindeki etkileri çimlenme, büyüme ve gelişme, biyokimyasal ve fizyolojik etkiler, oksidatif stres ve antioksidatif savunma sistemi, verim, sebze ve meyvelerdeki kalıntılar olmak üzere farklı boyutlardadır (Parween vd., 2016). Devlin ve Cunningham (1970), alaklor ve propaklor herbisitlerin, *Hordeum vulgare* L.'nin çimlenmesini ilgili metabolik aktivitelere müdahale ederek azaltan olumsuz etkileri bildirmişlerdir.

Dubey ve Fulekar (2011), klorpirifos'un yüksek konsantrasyonlarda (75 ve 100 mg/kg) bitki tohumu çimlenmesinde önemli azalma ve gecikme yarattığını görmüşlerdir. Başka bir çalışmada çimlenme yüzdesi, yüksek pendimetalin konsantrasyonunda yaklaşık %69 oranında önemli ölçüde azalmıştır (Rajashekhar vd., 2012).

Mishra vd. (2008), yüksek konsantrasyondaki insektisit dimetoatın kök ve sürgün uzunluğunun büyümesini azalttığını göstermiştir. Yüksek konsantrasyonda dimetoat uygulamasını takiben azalan kök büyümesi, sürgündekinden daha belirgin olmuştur. Bu durum, muhtemelen pestisit ile doğrudan temas halinde olduğu için bitki kökünde daha fazla dimetoat birikmesinden kaynaklanmaktadır.

Murthy vd. (2005), *Glycine max* L. üzerinde de benzer gözlemler yapılmıştır. Yüksek konsantrasyonda monokrotofos ile büyümenin neredeyse tamamen engellendiği Saraf ve Sood (2002) tarafından rapor edilmiştir. Rimsulfuron, imazethapyr, alaklor, atrazin ve fluometuron'un önerilen tarla dozu, 10 günlük mısır fidelerinin sürgün taze ve kuru ağırlığını ve sonraki 12 gün boyunca yaprak protein içeriğini farklı şekilde azaltmıştır (Nemat Alla vd., 2007).

Glover-Amengor ve Tetteh (2008)'in deneyinde patlıcan, bamya ve domates üzerinde lindan, unden ve ditanın artan konsantrasyonlarının etkisi araştırılmış ve patlıcan veriminin tüm lindan konsantrasyonları ile baskılandığı ortaya çıkmıştır. Domateslerde daha düşük lindan oranları verimi artırırken, daha yüksek oranlar

kontrol grubuna göre verimi azaltmıştır. Bamyada uygulanan linden miktarının tüm düzeylerinde verim artışları düşük olmasına rağmen kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur.

1.8 Cypermethrin

1990'lı yıllarda çevrede yaygın kullanım potansiyeline sahip birçok yeni geniş spektrumlu pestisit geliştirilmiştir. Bu pestisitlerin ürünlere tozlama, meyve bahçeleri ve ormanlara ilaçlama veya sivrisinek kontrolü gibi yöntemlerle büyük ölçekli uygulamalarında, bazıları kaçınılmaz olarak su ortamına karışmaktadır. Sentetik piretroid insektisitler, zararlıları kontrol etmek için organoklorin, organofosforlu insektisitler ve karbamatlar yerine yaygın olarak kullanılmaktadır (Aydın vd., 2005). 1977 yılında cypermethrin'in tarımda, hayvan yetiştiriciliğinde ve evlerde birçok haşere türünün kontrolünde etkili olan çok aktif bir sentetik piretrin insektisit olarak kullanılmasına izin verilmiştir. Evdeki uygulamalardan sonra yaklaşık üç ay boyunca havada, duvarlarda ve mobilyalarda cypermethrin varlığını sürdürmüştür (Luty vd., 2000). Sağlık Bakanlığına göre Türkiye'de bitki koruma ürünü olarak kullanılabilen piretroidler Tablo 1.2'de gösterilmiştir.

Tablo 1.2 Biyosidal olarak kullanımına izin verilen piretroidler (Güntay vd., 2021)

Biyosidal Ürünlerde Kullanımı Onaylanan Piretroid Grubu Aktif Maddeler Listesi		
Aktif Madde İsmi	Onay Başlangıç Tarihi	Onay Bitiş Tarihi
Bifenthrin	01/02/2013	31/01/2023
Cyfluthrin	01/03/2018	28/02/2028
lambda-Cyhalothrin	01/10/2013	30/09/2023
Cypermethrin	01/06/2020	31/05/2030
alpha-Cypermethrin	01/07/2016	30/06/2026
Cyphenothrin	01/02/2020	31/01/2030
Deltamethrin	01/10/2013	30/09/2023
Etofenprox	01/07/2015	30/06/2025
Phenothrin	01/09/2015	31/08/2025
Transfluthrin	01/11/2015	31/10/2025
Permethrin	01/05/2016	30/04/2026

Tablo 1.2'ye göre cypermethrin ve alfa-cypermethrin onaylı aktif maddeler arasında yer alırken, beta-cypermethrin'in yasaklı maddeler arasında olduğu belirtilmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2021). Cypermethrin yüksek insektisidal aktiviteye, düşük düzeyde kuş ve memeli toksisitesine, hava ve ışıktaki yeterli stabiliteye sahip sentetik, piretroid bir insektisittir (Jones, 1995).

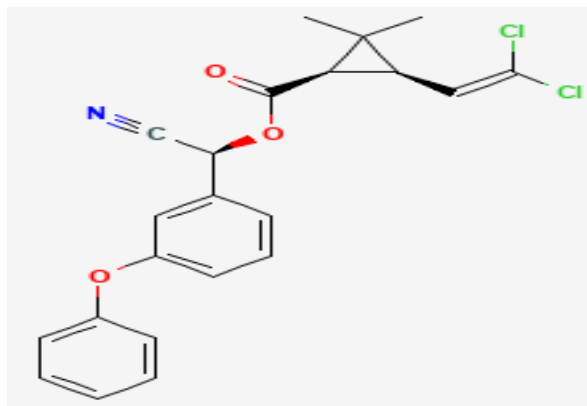
1.8.1 Cypermethrin'in Kullanım Amaçları

Cypermethrin pamuk, meyve ve sebze mahsullerindeki pul kanatlı zararlılar da dahil olmak üzere birçok zararlıyı kontrol etmek için kullanılmaktadır. Ürün doğrudan suya veya yüzey suyunun bulunduğu bölgelere uygulanmamalıdır. Ayrıca rüzgârın amaçlanan uygulama alanının dışına sürüklenmesine neden olabileceği durumlarda cypermethrin uygulanmamalıdır. Balıklara ve suda yaşayan organizmalara karşı aşırı toksisitesi nedeniyle “sınırlı kullanımlı pestisit” olarak tescil edilmiştir (Jones, 1995).

Cypermethrin, bir böcek ilacı olduğu için diğer canlı organizmaları da olumsuz etkilemesi şaşırtıcıdır. Yeşil alglerin (*Scenedesmus bijugatus*) büyümesi, düşük cypermethrin konsantrasyonlarında engellenmektedir. Ayrıca soya fasulyesi kök nodüllerinde nitrojen fiksasyonu (atmosferik nitrojenin bitkiler tarafından kullanılabilir formda dönüştürülmesi) cypermethrin sayesinde azaltılmaktadır (Megharaj vd., 1987).

1.8.2 Cypermethrin'in Kimyasal Yapısı

Tüm piretroidler bir asit, bir merkezi ester bağı ve bir alkol kısmına sahip, suda çözünürlüğü çok az olan lipofilik bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Güntay vd., 2021). Cypermethrin, emülsifiye edilebilir konsantre veya ıslatılabilir toz halinde çeşitli formülasyonlarda mevcut olan sentetik, piretroid bir insektisittir (Jones, 1995). Cypermethrin'in kimyasal yapısı Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Cypermethrin'in kimyasal yapısı

(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cypermethrin>)

Cypermethrin ışığa karşı ve 220°C'nin altındaki sıcaklıklarda oldukça stabildir. pH 4'te optimum stabilite ile alkali ortama göre asidik ortamda daha dirençlidir (Worthing ve Walker, 1983; WHO, 1989).

Doğal piretrinlerin aksine, cypermethrin güneş ışığına karşı nispeten stabildir ve fotodegradasyonun, ürünün yaprak yüzeyleri ve yüzey sularındaki bozunmasında önemli bir rol oynaması muhtemel olmasına rağmen, topraktaki etkileri sınırlıdır (WHO, 1989).

1.9 Bitkisel Hormonlar

Bitki hormonları bitkilerin büyümesi, gelişimi ve çevresel tepkinin çeşitli yönlerini düzenlemektedir. Bitki boyunun uzaması, bölünme ve farklılaşma için gerekli olan farklı genlerin bolluğunun ifadesini modüle eden çeşitli sinyal iletim yolları dizisi aracılığıyla gerçekleşmektedir (Grzelak vd., 2023). Oksinler, absisik asit, sitokininler, etilen ve gibberellinler genellikle doğal olarak oluşan bitki hormonlarının beş temel sınıfını oluşturmaktadır (Bari ve Jones, 2009).

Oksinler, çok geniş bir yelpazedeki bitki büyüme ve gelişim süreçlerini düzenlemektedir. Hücre bölünmesini, hücre büyümesini ve hücre farklılaşmasını içeren bu süreçler, birçok organogenez ve büyüme tepkisinin temelini oluşturmaktadır (Leyser, 2018).

Sitokininler, bitki büyümesini ve gelişimini düzenleyen bir fitohormon sınıfıdır. Sitokininler aynı zamanda bazı fitopatojenler tarafından hormonal dengeyi bozmak ve konakçılarında niş oluşumunu kolaylaştırmak için sentezlenmektedir (Radhika vd., 2015). Sitokininler apikal baskınlık, çiçek ve meyve gelişimi, yaprak yaşlanması ve tohum çimlenmesi gibi çeşitli gelişimsel süreçlerin düzenlenmesine katkıda bulunan bitki hormonlarıdır. Farklı bitki türlerinde çok sayıda sitokinin karakterize edilmiştir. Sitokininler arasındaki farklılıklar genellikle bir adenin kısmına bağlanan yan zincir, şekerlerle konjugasyon ve fosforilasyon gibi yapısal özelliklerle ilişkilidir. Bu hormonlar hücre yüzeyi reseptörlerine bağlanmakta ve doku gelişiminde rol oynayan genlerin aktivasyonuna yol açan bir sinyal iletim zincirini başlatmaktadır (Galuszka vd., 2008).

Çoğu bitkide giberellik asitlerin hücre genişlemesini ve bölünmesini teşvik ettiği, bunun da bitki boyutunun kontrolüyle sonuçlandığı gösterilmiştir (Achard vd., 2009). Giberellinin bitki gelişimindeki rolleri arasında kapalı tohumlularda polenlerin farklılaşması, eğrelti otlarında erkek organ oluşumu ve tohum çimlenmesi, vejetatif büyüme sırasında olgunluk özelliklerinin kazanılması, üreme aşamasına giriş ve erken meyve gelişimi gibi gelişim aşaması geçişlerinin teşvik edilmesi yer almaktadır (Evans ve Poethig, 1995; Singh vd., 2002). Giberellik asitler ayrıca patojen enfeksiyonu veya soğuk, tuz ve ozmotik stres gibi biyotik ve abiyotik işaretlerin tetiklediği tepkilerin modülasyonunda da rol oynamaktadır (Colebrook vd., 2014).

Absisik asidin dokularda birikmesi stomaların kapanmasına neden olmakta, bunu takiben terleme seviyesi azalmakta ve dolayısıyla hücrelerdeki su içeriği artmaktadır. Endojen absisik asit konsantrasyonundaki değişiklikler, soğuk stresine duyarlı proteinlerin gen ekspresyonu için bir sinyaldir (Romanenko vd., 2015).

Etilen, yapısının (C_2H_4) tüm basitliğine rağmen, bitki büyümesi ve gelişiminin birçok yönünü düzenlemektedir. Büyüme açısından etilen en yaygın olarak hücre boyutunun düzenlenmesiyle ilişkilidir ve sıklıkla hücre uzamasını kısıtlamaktadır. Ancak aynı zamanda hücre bölünmesini de düzenleyebilir. Gelişim açısından etilen kimi zaman olgunlaşma, yaşlanma ve yok olma gibi süreçler için gerekli olması nedeniyle “yaşlanma” hormonu olarak kabul edilmektedir (Schaller, 2012). Etilen birçok bitki türünde kök oluşumunu uyarmakta, baklagillerde kök nodüllerinin oluşumunu kontrol etmekte, yumrular ve çiçek soğanları gibi depolama organlarının oluşumunu engellemekte, bazı türlerde çiçeklenmeyi teşvik etmekte ve kabakgillerde erkek çiçek yerine dişi çiçek üretimini desteklemektedir (Chen vd., 2005).

Oksinler, sitokininler ve oksin-sitokinin etkileşimleri, genellikle bu iki hormon sınıfına ihtiyaç duyulması nedeniyle bitki dokusu ve organ kültürlerinde büyümeyi ve organize gelişmeyi düzenlemek için en önemli etkileşimler olarak kabul edilmektedir (Vasil ve Thorpe, 1994). Ancak absisik asit, etilen, gibberellinler ve diğer hormon benzeri bileşiklerin kültür sistemlerinde göz ardı edilmemesi gereken düzenleyici rolleri bulunmaktadır. Örneğin, organogenez veya hücre çoğalmasını sağlamak için kültürlenmiş hücrelere absisik asit, etilen ve gibberellinlerin eklenmesi

gerekmese de, bu bitki hormonlarının hiçbir önemi olmadığı anlamına çıkmamaktadır. Bunun yerine belirtilen hormonlar dokularda sentezlenmekte, büyüme ve gelişmede aktif ancak gizli bir rol oynamaktadırlar. Kùltùrlere eklenen oksinler ve sitokininler, diğèr endojen bitki hormonlarıyla etkileşime girecektir. Ayrıca dirençli dokular olarak adlandırılan dokular, bu diğèr hormon sınıflarının eksojen uygulamasına da iyi tepki verebilmektedir (Gaspar vd., 1996).

1.10 Brassinosteroidler

Bitkiler, işlevleri genellikle hormon olarak ön plana çıkan çok çeşitli steroidleri biyosentezleme yeteneğine sahiptir. Ancak bitkilerde steroidal hormonların varlığı 1979 yılına kadar doğrulanmamıştır. 1979'da Amerikalı bilim insanları, arılar tarafından toplanan *Brassica napus* L. poleninden izole edilen brassinolid adı verilen yeni bir steroidal lakton keşfetmişlerdir (Grove vd., 1979). Bu keşiften üç yıl sonra brassinolidin biyosentetik bir öncüsü olan castasteron, *Castanea crenata*'nın böcek safralarından izole edilmiştir (Yokota vd., 1982).

2000'li yıllara gelindiğinde doğal kaynaklardan yapısal ve işlevsel olarak ilişkili 40'tan fazla steroid tanımlanmıştır. Bu bileşikler brassinosteroidler olarak adlandırılan yeni bir bitki hormonu sınıfıdır (Khriparch vd., 2000).

Brassinosteroidler çevre dostu bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle pestisit ve fungusitlerin yerine kullanılabilirler (Grzelak vd., 2023). Yaygın olarak bitkilerin büyüme ve gelişmesini teşvik etmek ve aynı zamanda bitki stres etkilerini azaltmak için kullanılmaktadırlar. Brassinosteroidler karbamat, organofosfor ve organoklorlu pestisit kalıntılarını %30-70 oranında azaltmak için bitkinin kendi detoksifikasyon mekanizmalarının kullanımını geliştirebilmektedir (Zhou vd., 2015). Ancak saha koşullarında düşük stabilite göstermekte, bu nedenle geniş ölçekli uygulaması ancak daha stabil ve uygun maliyetli brassinosteroid analoglarının kullanılmasıyla mümkündür. Eş zamanlı olarak benzer bitki büyüme aktiviteleri göstermesine rağmen brassinosteroidlerden daha stabil olan 130'un üzerinde yapısal ve fonksiyonel analog bulunmaktadır. Bunlar çeşitli tarım ve bahçe bitkilerinin verimliliğini arttırmak için sıklıkla kullanılmaktadırlar (Grzelak vd., 2023). Ancak

Barket (2017) analogların sayısının fazlalığı nedeniyle araştırmaların yetersiz olduğunu ve şu ana kadar yeterince bilinmediklerini öne sürmüştür.

Brassinosteroidler, yapısal olarak hayvan steroid hormonlarıyla ilişkili olan ve bitkilerde büyüme, gelişme ve çeşitli fizyolojik tepkilerin düzenlenmesinde rol oynayan benzersiz bir bitki hormonu sınıfıdır. Brassinosteroidlerin bitkilerde tohum çimlenmesi, hücre bölünmesi, hücre uzaması, çiçeklenme, üreme gelişimi, yaşlanma ve abiyotik stres tepkileri gibi çeşitli gelişim süreçlerini etkilediği bilinmektedir (Bari ve Jones, 2009).

Brassinosteroidler büyüme süreçlerini, fotosentezin verimliliğini teşvik etmekte ve bitkileri ağır metaller, tuz, ısı şoku, soğuk veya kuraklık gibi birçok stres etkenine karşı korumaktadır. Brassinosteroidler, bitkiler stres altındayken optimal koşullarda yetiştirildikleri zamana göre genellikle daha önemli bir etkiye sahiptir. Brassinosteroidler, doğal bitki bileşenleri olarak tarım ve bahçecilik üretimindeki uygulamalara yönelik çevre dostu düzenleyicilerdir. Brassinosteroidlerin uygulanması, bitki biyokütlesinin daha yüksek üretimini sağlamakta ve böylece buğday, patates, pirinç, hardal, patates fasulyesi, darı vb. gibi ekonomik açıdan önemli ürünlerin kalitesi ve verimini artırmaktadır (Janeczko vd., 2009).

Literatüre göre tarımsal deneylerde brassinosteroidler, genellikle bitki ilaçlama yoluyla uygulanmaktadır. Bu uygulama yöntemi aynı zamanda pratik açıdan da faydalıdır. Bunun nedeni, brassinosteroidlerin mevcut ekipman ve teknolojiler kullanılarak sahada uygulanabilmesidir. Brassinosteroidler nadir de olsa kök sistemi veya tohumların önceden ıslatılması yoluyla da uygulanmaktadır (Hayat ve Ahmad, 2003).

1.10.1 Epibrassinolid ve Kullanım Amaçları

Önemli bir brassinosteroid olan 24-epibrassinolid, biyotik ve abiyotik streslere aracılık etmede çok iyi özelliklere sahiptir (Sharma vd., 2015). Epibrassinolid tohum çimlenmesi, büyümenin uyarılması, üreme ve yaşlanmayı içeren bir dizi fizyolojik ve gelişimsel sürecin düzenlenmesinde zorunlu rol oynayan polihidroksile steroidal bir bileşiktir (Clouse ve Sasse, 1998). Bazı çalışmalarda, uygulanan epibrassinolid patates (*Solanum tuberosum*) yumrularında apikal meristemlerin büyümesini

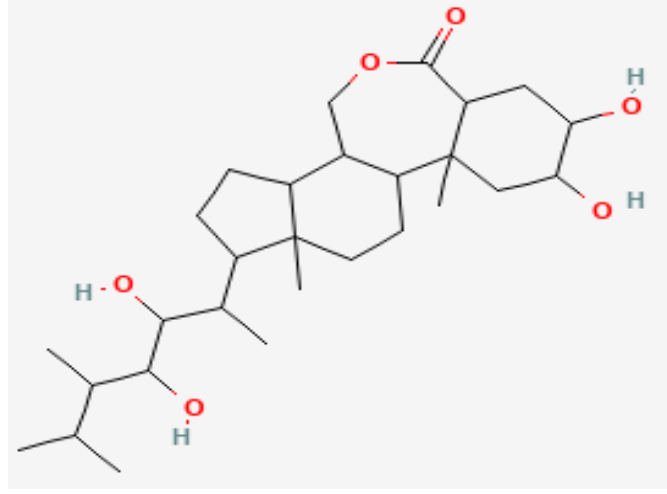
düzenlemiş, *Petunya* hibritinin izole protoplastlarında hücre bölünme hızını hızlandırmış ve *Arabidopsis thaliana*'da hücre bölünmesini ve yaprak genişlemesini geliştirmiştir (Shahzad vd., 2018).

Epibrassinolid uygulaması bitki büyümesini hızlandırmakta, fizyolojik aktiviteleri iyileştirmektedir. *Catharanthus roseus* L.'nin farklı morfolojik kısımlarında alkaloid üretimini teşvik etmiştir (Alam vd., 2016). Dışarıdan uygulanan epibrassinolidin üzümlerde (*Vitis vinifera*) olgunlaşma sürecini hızlandırdığı, flavonoid ve antosiyanin birikiminin yanı sıra ikincil metabolizmayı desteklediği de rapor edilmiştir (Xi vd., 2013). Üzümlerde epibrassinolid uygulaması çözünabilir şekerleri arttırmakta, üzüm meyvelerindeki şeker boşaltımını modüle etmekte ve düzenlemektedir (Xu vd., 2015).

Epibrassinolid uygulaması, antioksidan üretimini modüle ederek hücresel organellerdeki oksidatif bozulmayı ve malondialdehit içeriğindeki düşüşü azaltmıştır (Shahzad vd., 2018).

1.10.2 Epibrassinolid'in Kimyasal Yapısı

24-epibrassinolidin kimyasal yapısına ilişkin temel veriler Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Mevcut toksisite çalışmaları, 24-epibrassinolidin oral yolla zayıf bir şekilde absorbe edildiğini ve sıçanlarda oral, dermal ve inhalasyon yollarıyla düşük akut toksisiteye sahip olduğunu göstermiştir. Epibrassinolid, ciltte hassaslaştırıcı değildir ve cildi ya da gözleri tahriş etmemektedir. 24-epibrassinolidin genotoksik olması muhtemel değildir. 24-epibrassinolidin gıda takviyelerinde kolesterol düşürücü madde olarak kullanılan bitki sterollerine benzer olduğu düşünülmektedir. Topraktaki kalıcılığı orta düzeyde ve toprak organizmaları için düşük riske sahiptir. Sudaki organizmalar için düşük risk oluşturmaktadır (European Food Safety Authority, 2020).



Şekil 1.2 24-epibrassinolidin kimyasal yapısı.

(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24Epibrassinolide#section=InChIKey>)

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Çavuşoğlu vd. (2012) cypermethrin'in *Allium cepa* L. (soğan) hücrelerine toksik etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla toksisite göstergesi olarak pigment içeriğindeki değişiklikler, antioksidan enzimler, mitotik indeks ve kromozomal anormallikler incelenmiştir. Tohumlara 72 saat boyunca farklı dozlarda (1.5, 3.0, 6.0 ppm) cypermethrin uygulanması sonucunda, tohumlarda doza bağlı olarak test edilen parametrelerin tümünde kontrol grubuna göre anlamlı değişiklikler görülmüştür. Tüm numunelerde karotenoid, klorofil a ve b pigmentleri önemli ölçüde azalmıştır. Süperoksit dismutaz aktivitesi, konsantrasyon ve zamana bağlı bir artış göstermiş ve maksimum artış, uygulamanın 15. gününde 6,0 ppm cypermethrin uygulamasında gözlenmiştir. Cypermethrin konsantrasyonunun artmasıyla katalaz aktivitesi kademeli olarak artmış, ancak 15 günlük 1,5 ppm ve 3,0 ppm cypermethrin uygulamasından sonra katalaz aktivitesindeki azalma düşmüştür. 1.5, 3.0 ve 6.0 ppm cypermethrin uygulanan köklerde malondialdehit düzeyi, kontrol grubuna göre sırasıyla yaklaşık 1.8, 2.4 ve 3.4 kat daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca cypermethrin'in mitoz üzerine mitodepresif etki gösterdiği ve doza bağlı olarak mitotik indeksin azaldığı belirlenmiştir.

Chahid vd. (2013) alfa-cypermethrin'in domates tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkisini, dört seyreltisi (%100, %75, %50, %25) kullanarak incelenmiştir. Bulgulara göre alfa-cypermethrin'in çimlenme ve büyüme sürecinde bir gecikmeye neden olduğu belirlenmiştir. Alfa-cypermethrin uygulanan tohumların çimlenme oranı genellikle kontrol grubuna göre %20 daha düşük bulunmuştur. Alfa-cypermethrin'in tüm konsantrasyonlarında çimlenme oranında azalma gözlenmiş, bu oran %80-%88,7 arasında hesaplanmıştır. Ayrıca uygulama yapılan tohumlarda kök ve sürgünlerin uzunluğu önemli ölçüde azalmıştır. Fidelerin sürgün uzunluğu %25 ve %100 konsantrasyonlarda sırasıyla %25 ve %50 azalmıştır. Fidelerin kök uzunluğu

da benzer şekilde %25 ve %100 konsantrasyonlarda sırasıyla %29 ve %50 oranında azalmıştır. Uygulama yapılan fidelerdeki büyüme gecikmesi, test periyodunun 2. haftasında gözlemlenmiştir. Fidelerin sürgün uzunluğu, kontrol grubuna kıyasla yaklaşık %12 oranında kısalmıştır. Benzer sonuç, uygulama yapılmayan fidelerin köklerinde %7 oranında kısalma şeklinde tespit edilmiştir.

Shakir vd. (2016) emamektin benzoat, alfa-cypermethrin, lambda-sihalotrin ve imidakloprid pestisitlerinin yüksek miktarda uygulamasının domatesteki çimlenme, fide sağlamlığı ve fotosentetik pigmentler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, pestisitlerin tohum çimlenmesini azalttığını ve bu etkinin pestisitlere maruz kalmanın erken aşamalarında daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Test edilen tüm pestisitler, önerilen dozdan daha yüksek konsantrasyonda uygulandığında domatesin büyümesini azaltmış, ancak daha düşük dozlarda kontrole grubuna kıyasla büyüme üzerinde bazı uyarıcı etkileri bulunmuştur. Pestisitlerin benzer bir etkisi fotosentetik pigmentler üzerinde de gözlenmiştir. Daha yüksek dozlardaki pestisit uygulamasında pigment konsantrasyonlarında bir azalma meydana gelirken, daha düşük dozlarda artış belirlenmiştir. EC₅₀ değerlerinin hesaplanması sonucunda en düşük EC₅₀ değerlerinin emamektin (51-181 mg/L) olduğunu, ardından alfa-cypermethrin (191,74-374,39 mg/L), lambda-sihalothrin (102,43-354,28 mg/L) ve imidakloprid (430,29-1979,66 mg/L) olduğu ortaya çıkmıştır.

Dalyan, Yüzbaşıoğlu ve Akpınar (2018) *Brassica juncea* L'de kurşun (Pb) stresine tepki olarak epibrassinolidin antioksidan savunma sistemi üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Yüzeyi sterilize edilmiş tohumlar, petri kaplarında Pb (0 ve 2 mM) iyon toksisitesine maruz bırakılmış ve ardından tohumlara deiyonize su veya farklı konsantrasyonlarda (10⁻¹² M, 10⁻¹⁰ M ve 10⁻⁸ M) epibrassinolid püskürtülmüştür. Dokuz gün sonra *B. juncea* fidelerinin kökleri ağır metal içeriğini, kök uzunluğunu, hidrojen peroksit seviyesini, lipid peroksidasyonunu, toplam protein içeriğini ve antioksidan enzimlerin aktivitelerini analiz etmek için hasat edilmiştir. Bulgulara göre *B. juncea* köklerinde biriktirilen Pb iyonları H₂O₂ ve malondialdehit düzeyini artırarak oksidatif strese yol açmış, dolayısıyla antioksidan enzimlerin (katalaz hariç) aktivitesini artırmış, büyümeyi ve toplam protein içeriğini azaltmıştır. Diğer yandan Pb stresli fidelerin köklerine epibrassinolid uygulaması, kurşunun neden olduğu

oksidatif stresi hafifletebilmiştir. Epibrassinolid uygulaması üzerine Pb birikiminde H_2O_2 ve malondialdehid seviyelerinde bir azalma yanı sıra toplam protein içeriğinde ve hidrojen peroksiti detoksifiye eden antioksidatif enzimlerin aktivitesinde artış gözlenmiştir.

Ghasemi vd. (2022) su stresine maruz kalan mısır bitkisinde epibrassinolid, poliamin spermin ve silikonun tekli, çiftli ve üçlü kombine uygulamasının büyüme, fotosentetik metabolitler ve antioksidan enzimler üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmede bir mısır hibriti epibrassinolid, poliamin spermin ve silikonun yaprağa püskürtülmesiyle iyi sulanan ve su eksikliği olan iki farklı koşul altında büyütülmüştür. Kuraklık koşulları büyümeyi, üremeyi, su içeriğini ve klorofil içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak epibrassinolid (0,1 mg/L), poliamin spermin (25 mg/L) ve silikonun (7 mg/L) ikili ve üçlü uygulamaları, belirtilen parametreleri önemli ölçüde iyileştirmiştir. Su stresine H_2O_2 ve malondialdehit düzeylerini önemli ölçüde artırmıştır. Strese maruz kalan bitkilerdeki H_2O_2 ve malondialdehit içeriği, üç maddenin aynı anda uygulamasıyla önemli ölçüde azalmıştır. Su stresine koşullarında epibrassinolid uygulaması ardından süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz aktivitelerinin yanı sıra toplam çözünür proteinlerin, fenolik bileşiklerin, prolin ve glisin betain miktarlarının tamamı artmıştır.

Khan vd. (2021) iki buğday türünde (Chakwal-50 ve Faisalabad-2008) epibrassinolid'in yaprağa uygulanması ile kuraklık stresini iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Epibrassinolid, hem optimal hem de kuraklık koşullarında bitki büyümesini önemli ölçüde artırmıştır. Epibrassinolid, kontrol grubuna kıyasla bitki boyunu, başak uzunluğunu ve köklerin, sürgünlerin ve tanelerin kuru ağırlığını iyileştirmiştir. Ayrıca osmolit birikimini olumlu yönde arttırmış, fotosentetik pigmentlerin miktarını arttırmış ve gaz değişim parametrelerini iyileştirmiştir. Diğer yandan elektrolit sızıntısını, malondialdehit ve hidrojen peroksit içeriğini azaltarak oksidatif stresi en aza indirirken, kuraklık stresinde katalaz, süperoksit dismutaz ve peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerini arttırmıştır. Epibrassinolid, kuraklık stresinde absisik asit, indol asetik asit ve sitokinin gibi stres hormonlarının seviyesini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Kuraklık stresinde

epibrassinolid uygulanan *Chakwal-50* buğday türünün büyüme tepkisi, *Faisalabad-2008* türünden daha yüksek bulunmuştur.

Wen vd. (2017) ometoat ve cypermethrin'in mısır (*Zea mays*) fide yapraklarına uygulanmasının, laboratuvar koşullarında yaprak yapısındaki değişiklikler üzerinde olumsuz etkilere yol açtığını göstermişlerdir. Elektron mikroskobu incelemeleri sonucunda; organofosforlu insektisit ometoatın topikal uygulamasının abaksiyel epidermis hücrelerinin, iç hücrelerin, stoma koruma hücrelerinin hücre duvarı parçalanması gibi yaprak yapılarında doğrudan hasara, mitokondriyal membranın ve kloroplast zarf membranının bozulmasına, kloroplastın lamel düzenindeki anormal değişikliklere neden olduğu gözlemlenmiştir. Cypermethrin insektisitinin topikal uygulaması ise, adaksiyal epidermis hücrelerinin plazmolize ve mitokondriyal kristallerin (iç membran çıkıntıları) bozulmasına yol açmıştır. Tüm bu değişiklikler, ometoat ve cypermethrin'in bitki yapılarında ve biyokimyasal moleküllerde olumsuz etkilere neden olan stres faktörleri olduğunu göstermiştir.

Naha vd. (2020) fenvalerat, cypermethrin ve klorpirifosun *Coriandrum sativum* bitkisi büyümesi üzerindeki etkilerinin, bitkiler çiçeklenme aşamasına ulaşana kadar geçen 35 gün boyunca incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada pestisit kaynaklı çimlenme oranı, sürgün yüksekliği, biyokütle ve nem içeriği gibi çeşitli büyüme parametreleri hesaplanmış ve kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. 35. Günde pestisit uygulanan bitkiler, kontrol grubuna (9.12 ± 0.06 cm) kıyasla cypermethrin (11.41 ± 0.08 cm) ve fenvaleratın (12.43 ± 0.2 cm) 2.5 mL/L'lik dozları sayesinde sürgün yüksekliklerinde artış sergilemiştir. Ancak chlorpyrifos uygulanan fidelerde bitki büyümesi ve erken ölümler üzerinde zararlı etkiler gözlenmiştir. Öte yandan farklı pestisit konsantrasyonları, bitki büyümesinde anlamlı bir farklılık yaratmıştır. Sürgün yüksekliği analizi ve varyans analizi (ANOVA), kontrol grubundaki bitkilerle 5,0 ve 7,5 mL/L konsantrasyonlu cypermethrin ve fenvalerat stresi altında yetiştirilen bitkiler arasında anlamlı bir ortalama farklılık olmadığını göstermiştir.

Zhang vd. (2013) yaptıkları çalışmada kavunun (*Cucumis melo* L.) yüksek sıcaklık stresine karşı toleransında 24-epibrassinolidin rolünü ve fotosentetik performansı belirlemeyi amaçlamışlardır. Yüksek sıcaklık stresine karşı dirençli ve duyarlı iki farklı kavun çeşidiyle yapılan çalışmada, sıcaklığa dirençli kavun daha yüksek

biyokütle birikimi ve daha düşük ısı hasarı indeksi göstermiştir. En etkili konsantrasyon olan 1,0 mg/L miktarda epibrassinolidin ekzojen uygulaması, her iki tür kavunda yüksek sıcaklığın neden olduğu büyüme baskısını önemli ölçüde hafifletmiştir. Benzer şekilde, bitkilerin epibrassinolid ile ön işlemleri sayesinde nispi klorofil içeriği, net fotosentetik oran, stoma iletkenliği, stoma sınırlaması ve su kullanım verimliliğindeki azalma hafiflemiştir. Epibrassinolid uygulaması ayrıca hücre içi CO₂ konsantrasyonu, yaprak terleme hızı, karanlığa uyarlanmış minimum floresansı, termal dağılım ve foton aktivite dağılım katsayılarındaki artışı da inhibe etmiştir. Burada elde edilen sonuçlar, epibrassinolidin yapraklardaki fotosentezi iyileştirerek yüksek sıcaklığın bitki büyümesi üzerindeki zararlı etkilerini hafifletebileceğini göstermiştir.

Rothová vd. (2014) epibrassinolid ve ekdisteroidin'in mısır ve ıspanaktaki birincil fotosentetik süreçlerin çeşitli kısımları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ayrıca steroidlerin gaz değişimi, pigment içeriği ve biyokütle birikimi üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Bitkilere ayrı ayrı uygulanan hormonlar, mısırdaki fotosentetik pigmentlerin içeriğini olumlu yönde etkilerken ıspanaktaki içeriği anlamlı etkilememiştir. Öte yandan mısırdaki gaz değişimini etkilememiş ancak ıspanakta azalmaya neden olmuştur. Her iki steroidin kombinasyonunun uygulandığı bitkiler, çoğunlukla kontrol grubuna göre anlamlı olarak farklılık göstermemiştir.

Sharma vd. (2015) imidacloprid stresi altında *Brassica juncea* L. bitkisinde bulunan aktif fitokimyasallar üzerinde epibrassinolid'in etkisini gözlemlemişlerdir. 30 günlük yaprakların metanolik ekstraktlarının GC-MS analizi, pestisit stresi altında *B. juncea* L. bitkilerinde çeşitli fitokimyasalların sentezini indükleyerek epibrassinolid'in stres koruyucu rolünü ortaya çıkarmıştır. Tespit edilen başlıca bileşikler 3-n-bütiltiyolan, 8-metil-alfa iyonon, 3,5,6-Tetrafloroanizol, oksalik asit, etil 2-izopropilfenil ester, nonilfenol izomerleri, linoleik asit, benzenpropanoik asit 3,5-bis(1,1) -dimetiletil-4-hidroksi-metil ester, (1E)-1-etiliden-7a metiloktahidro-1H-inden, palmitik asit, cis-jasmon, stearik asit, heksadekanoik asit, 2-hidroksi-1-(hidroksimetil)etil ester, klionasterol ve 6-oktadesenoik asit olarak sıralanmıştır.

Guedes vd. (2021) tarafından yapılan çalışmanın amacı, epibrassinolid uygulamasının kurşun stresine maruz kalan pirinç bitkilerinde oksidatif hasarı azaltıp

azaltamayacağını araştırmak, anatomik yapıları ölçmek ve redoks metabolizmasıyla bağlantılı fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri değerlendirmektir. Deney, iki farklı kurşun (0 ve 200 mM PbCl₂) ve epibrassinolid (0 ve 100 nM) uygulamasını içeren dört uygulamayla randomize edilmiştir. Bulgular, kurşuna maruz kalan bitkilerin önemli bozulmalara maruz kaldığını, ancak epibrassinolid'in kök yapılarındaki ve antioksidan sistemdeki gelişmeler sayesinde bu bozulmaları hafiflettiği belirlenmiştir. Epibrassinolid, kök yapılarını uyararak epidermis kalınlığını (%26) ve aerenkima alanını (%50) artırarak bu dokunun Pb²⁺ iyonlarına karşı daha iyi korunmasını sağlamıştır. Ayrıca epibrassinolid; süperoksit dismutaz (%26), katalaz (%24), askorbat peroksidaz (%54) ve peroksidaz (%63) enzimlerinde önemli artışlar sağlayarak kurşun stresli bitkilerde oksidatif stresi azaltmıştır.

Ali vd. (2022) epibrassinolid'in çilek bitkisinin büyümesi, verimi ve meyve kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, bitki yapraklarına 1,2 ve 3 µM epibrassinolid içeren spreyci uygulamışlardır. Epibrassinolidin yaprağa uygulanması, spesifik yaprak alanını ve kök-gövde oranını konsantrasyona bağlı olarak arttırmıştır. Bununla birlikte, kök ağırlık oranı ve yaprak alanı oranı da olumlu yönde etkilenmiş, ancak 2 µM epibrassinolid uygulanan bitkiler maksimum tepkiyi göstermiştir. 3 µM epibrassinolid uygulanan bitkilerde daha iyi gelişim, kontrol grubuna kıyasla çiçeklenmede üç kat artış ve daha iyi meyve hasat indeksi ortaya çıkmıştır. Epibrassinolidin konsantrasyona bağlı etkilerini tanımlamak için ayrıca temel bileşen analizi kullanılmıştır. 1 µM epibrassinolid'in yaprağa uygulanması meyve pH'sı ile pozitif korelasyon göstermiş ve 2 µM epibrassinolid uygulamasının yaprak alanı, bitki kuru ağırlığı ve meyve şekerleri üzerinde destekleyici bir etkisi olmuştur. Ancak 3 µM epibrassinolidin uygulanması, bitkinin vejetatif büyüme verimini ve çilek meyvelerinin kalite özelliklerini teşvik etmede en etkili olmuştur.

Xia vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada 24-epibrassinolid uygulamasının çeşitli pestisitlerin metabolizmasını hızlandırdığı ve sonuç olarak salatalıkta (*Cucumis sativus* L.) bunların kalıntı seviyelerini azalttığı gösterilmiştir. Epibrassinolid'in pestisit metabolizması üzerindeki uyarıcı etkisi, pestisit metabolizmasında rol oynayan genlerin ve artan aktivitenin kaynağı olan cypermethrin, klorotalonil ve karbendazim için de gözlemlenmiştir. 24-epibrassinolidin pestisitlerin kalıntı

seviyelerini azaltarak klorpirifos, karbendazim, cypermethrin ve klorotalonil metabolizmasını arttırdığı düşünülmektedir.

Zhou vd. (2015) brassinosteroidlerin bitkilerdeki pestisit metabolizmasının genel aktivatörleri olup olmadığını belirlemek için bitkiler ve çeşitli pestisitlerle testler yapmışlardır. 0,1 mM epibrassinolid pirinç, çay, salatalık, brokoli, kuşkonmaz, çilek, kereviz, sarımsak, Çin frenk soğanı ve Çin lahanasında ticari olarak tavsiye edilen dozlarda klorpirifos, phoksim, klorotalonil, ometoat, cypermethrin, karbofuran veya 3-hidroksikarbofuran ile birlikte işleme tabi tutulmuştur. Epibrassinolid uygulamasından sonraki ilk 7 gün boyunca bu ürünlerin tamamında pestisit kalıntılarında ortalama %34,0-71,3 oranında anlamlı azalmalar meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, brassinosteroidlerin genel olarak tarımsal önemi yüksek bitkilerde çeşitli pestisitlerin bozunmasını arttırmada etkili olduğunu göstermektedir.

Shahbaz vd. (2008) ekzojen olarak uygulanan epibrassinolid'in, tuzun buğday üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletip hafifletemeyeceğini değerlendirmişlerdir. İki buğday (*Triticum aestivum* L.) türü olan tuza dirençli ve tuza orta derecede duyarlı bitkiler, kontrol (0mM NaCl) ve tuzlu koşullar altında (150 mM NaCl) büyütülmüştür. Buğday bitkilerinin tuzlu koşullar altında 41 günlük büyümesinden sonra epibrassinolid, yapraklara sprey ile uygulanmıştır. Epibrassinolid 0 (su), 0,0125, 0,025 ve 0,0375 mg/L olmak üzere dört farklı düzeyde kullanılmıştır. Epibrassinolid uygulaması, tuzsuz koşullar altında her iki tür buğdayda da bitki biyokütlesini ve bitki başına yaprak alanını arttırmıştır. Ancak tuzlu koşullar altında epibrassinolid'e bağlı büyümede iyileşme yalnızca tuza dirençli türde gözlenmiştir. Her iki çeşitte de tuz stresi nedeniyle fotosentetik oran azalmıştır. Ancak bu inhibitör etki, epibrassinolid'in ekzojen uygulamasıyla önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Ekzojen olarak uygulanan epibrassinolid, her iki türde de fotosistem-II verimliliğini arttırmıştır. Her iki buğday türünde tuz stresine bağlı olarak antioksidan enzimler olan süperoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz aktiviteleri artmış olsa da, epibrassinolid'in antioksidan sistem üzerinde değişken etkileri olduğu görülmüştür. Süperoksit dismutaz aktivitesi, epibrassinolid uygulaması sonrasında her iki türde de etkilenmeden kalmış, peroksidaz ve katalaz aktivitesi yalnızca tuza dirençli türde artmıştır.

Hnilička vd. (2009) epibrassinolid'in Ebi, Estica, Samanta, AC Helena, Mollera ve Lucia buğday türlerinin tanelerindeki kimyasal yapı ve enerji içeriği üzerindeki etkisini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Epibrassinolidin stres koşullarında uygulanması lipidlerin içeriği, proteinler, toplam nişastanın enzim tespiti ve enerji içeriği üzerinde olumlu etkiye sahiptir. AC Helena ve Samanta türleri, düşük dirence sahip Estica ve Lucia ile karşılaştırıldığında kuraklığa ve yüksek sıcaklığa daha toleranslıdır. *Mollera* türü, epibrassinolid uygulanmasına en iyi reaksiyonu gösterirken, strese dayanıklı tür olan Samanta ise epibrassinolid uygulamasına en az reaksiyonu göstermiştir.

Janeczko vd. (2009) epibrassinolid uygulaması ardından bitki tohumlarındaki tokoferol ve β -karoten içeriğinin yanı sıra fitosterol ve yağ asidi bileşimini incelenmişlerdir. Soya fasulyesi, yağlı tohum kolzası ve buğday tarla koşullarında kültüre alınmış ve ekim öncesi tohum ıslatma veya püskürtme yoluyla epibrassinolid uygulanmıştır. Genel olarak epibrassinolid, soya fasulyesi ve yağlı tohum kolzasında β -karoten ve tokoferol içeriğini arttırmıştır. Epibrassinolid, soya fasulyesi ve buğdaydaki tokoferollerini etkilememiştir. Epibrassinolid, soya fasulyesi tohumlarındaki fitosterol kompozisyonunu tamamen tersine çevirmiş, ancak yağlı tohumlu kolzası ve buğdaydaki fitosterollerini etkilememiştir. Yağ asitlerinde epibrassinolid'in neden olduğu değişiklikler oldukça az bulunmuştur.

Janeczko vd. (2010) epibrassinolidin buğdayın tane verimi ve tane kimyasal bileşimi (karbonhidratlar, proteinler, yağlar ve mineraller) üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Ayrıca epibrassinolid uygulamasından sonra yeni oluşan buğday tanelerinde brassinosteroidlerin varlığı analiz edilmiştir. Deneyler saksıda yetiştirilen bitkiler ve tarlada gerçekleştirilmiştir. Epibrassinolid, 48 saat tohum ıslatma (1 mg dm^{-3}) veya bitkilere büyüme aşamasında püskürtme (0.25 mg dm^{-3}) yoluyla uygulanmıştır. Epibrassinolid, tarlada yetişen bitkilerde tane verimini arttırmış (yaklaşık %20), ancak saksıda yetiştirilen bitkilerde bu artış görülmemiştir. Buğdayın kimyasal bileşimi, saksıda yetiştirilen buğdayda epibrassinolid tarafından değişime uğramış, çözünebilir şekerlerin içeriği artarken toplam yağlar ve kalsiyumun içeriği azalmış, nişasta ve çözünen protein içeriği etkilenmemiştir. Bu sonuçlarda hormonun etkisinin uygulama yöntemine bağlı olduğu belirtilmiştir.

Tarlada yetiştirilen bitkiler için buğdayın içerdiği karbonhidrat, protein, yağ ve mineral miktarı üzerindeki hormon etkisi oldukça ihmal edilebilir düzeyde bulunmuştur. Buğday tanelerinde brassinolid, castasteron ve 24-epikasteron varlığına rastlanmıştır. Bitkilere eksojen olarak uygulanan epibrassinolid ise, yeni oluşan buğday tanelerinde birikim göstermemiştir.

Gourgouta vd. (2019) buğday ve mısıra uygulanan ticari bir cypermethrin formülasyonunun, *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha dominica*) ve *Prostephanus truncatus*'a yönelik insektisidal etkinliğini araştırmışlardır. Cypermethrin, buğday ve mısıra etiketlerdeki dozlara göre uygulanmış ve birbirini takip eden dört ay boyunca her ay bir biyoanaliz yapılarak toplamda 5 biyoanaliz gerçekleştirilmiştir. Her biyoanalizde yetişkin böcek ölüm seviyeleri 7, 14 ve 21 günlük maruziyet sonrasında belirlenmiştir. Nihai değerlendirmenin ardından tüm böcekler (ölü ve canlı) çıkarılmış ve 65 günlük ek bir aradan sonra yavru sayısı değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, test edilen cypermethrin formülasyonunun tahıl koruyucu olarak uygulanması, *R. dominica* ve *P. truncatus* yetişkin böceklerle karşı uzun süreli koruma sağlamıştır. *S. oryzae* ve *O. surinamensis* 'te hiçbir durumda yetişkin ölüm oranı %100'e ulaşmamış, ayrıca 4 aylık depolama süresi boyunca ölüm seviyelerinde kademeli bir düşüş kaydedilmiştir. Son olarak *S. oryzae* ve *P. truncatus*'un yavru üretimi, cypermethrin tarafından belirgin şekilde bastırılmıştır.

Wakil vd. (2023) yaptıkları çalışmada *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis* ve *Trogoderma granarium* gibi başlıca buğday depolama zararlılarına karşı spinosad ve alfa-cypermethrin kombinasyonunun etkinliğini araştırmışlardır. Spinosad iki konsantrasyonda test edilmiş ve laboratuvar koşullarında alfa-cypermethrin tek konsantrasyonda kullanılmıştır. Bulgulara göre her iki maddeyi bir arada kullanmak, tek tek yapılan uygulamalara kıyasla daha yüksek haşere ölümlerine yol açmıştır. En etkili uygulama kombinasyonu, yüksek dozda spinosadın alfa-cypermethrin ile uygulanması olarak belirlenmiştir. Bu uygulama, en yüksek ölüm oranı ve önemli ölçüde suşların azalması ile sonuçlanmıştır.

Trogoderma granarium'un en dirençli zararlı olduğu tespit edilirken, bunu *O. surinamensis*, *C. ferrugineus*, *T. castaneum*, *S. oryzae* ve *R. dominica* takip etmiştir.



BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Deney Ortamı ve Uygulama

Makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) ve ekmeklik buğday (*T. aestivum* L.) tohumları uygulamalardan önce %5'lik sodyum hipoklorit ile 15 dakika sterilize edildi. Uygulamalar petri kabında her petride 20 tohum olacak şekilde şu uygulamalar yapıldı: 0 (uygulama yok), 25 ppm CP, 50 ppm CP, 100 ppm CP, 25 ppm CP+10⁻⁵ M EBr, 50 ppm CP+ 10⁻⁵ M EBr, 100 ppm CP+10⁻⁵ M EBr. Çalışma kontrollü iklimlendirme dolabında yürütüldü (Snijders Scientific). İhtiyaç durumunda tohumlar kendi çözeltileri ile sulandı. Tohumlar günlük olarak kontrol edildi ve çimlenme sayıları kaydedildi. Ayrıca, altı gün uygulamalar sonrasında bazı biyokimyasal analizler yapıldı.

3.2 Biyokimyasal Analizler

3.2.1 Toplam Fenolik Madde

Buğday fidelerinin toplam fenolik bileşiklerinin belirlenmesi Ratkevicius vd. (2003)'na göre yapıldı. Taze buğday örneklerinin homojenize edilmesini takiben süpernatantından 50 µl alındı ve son hacim 1 ml olacak şekilde % 3'lük sodyum karbonat ve 0.3 N Folin-Ciocalteau eklenerek oda sıcaklığında 20 dakika bekletildi. Numuneler 765 nm'de UV/VIS spektrofotometrede okundu. Standart olarak Gallik asit kullanıldı.

3.2.2 Protein Olmayan Sülfidril Gruplar (NP-SH)

Protein olmayan sülfidril gruplar (NP-SH) Ellman (1959)'a göre belirlendi. Homojenize edilen taze buğday fideleri santrifüj edildikten sonra Süpernatanttan 0,5ml alındı. Bunun üzerine 5 mM etilen diamintetra asetik asit içeren 150 mM'lık P tamponu (pH 7.4) eklendi. Daha sonra bunların üzerine 0,5 ml 6 mM'lık dithio nitro benzoik asit eklendi.

Örnekler spektrofotometrede 412 nm’de okunmadan önce 20 dakika oda sıcaklığında bekletildi. Standart olarak glutatyon kullanıldı.

3.2.3 Hidrojen Peroksit İçerikleri

Buğdayların hidrojen peroksit içerikleri Sergiev vd. (1997)’e göre belirlendi. Taze buğday örnekleri %0,1’lik trikloroasetik asitte (TCA) homojenize edildi. Santrifüj edilen örneklerden 0,5 ml alındı ve. 0,5 ml P tamponu ve 1 M’lık KI’dan 1 ml eklendi. Numuneler 390 nm’de spektrofotometrede okundu.

3.2.4 Malondialdehit (MDA) Analizi

Buğday örneklerinin MDA içeriği Zhou (2001)’ya göre yapıldı. Buğdaylar %10’luk TCA’da homojenize edildi. Bu örnekler santrifüj edildikten sonra 2 ml süpernatanttan alındı ve üzerine 2 ml tiyobarbitirik asit eklendi. Örnekler 95°C’de 30 dakika su banyosunda bekletildikten sonra buzlu su ortamında şok soğutmaya tabi tutuldu. Numuneler spektrofotometrede 532, 600 ve 450 nm’de okundu.

3.3 Veri Analizleri

3.3.1 Final Çimlenme Oranı

Final çimlenme oranı aşağıdaki formül ile hesaplandı:

$$\text{Final Çimlenme oranı(\%)} = \frac{n}{nt} \times 100$$

Burada n çimlenen buğday tohumlarının sayısını, nt ise toplam tohum sayısıdır.

3.3.2 Çimlenme İndeksi

Çimlenme indeksi aşağıdaki formül ile hesaplandı (Salehzade vd., 2009)

$$\text{Çimlenme İndeksi} = \left(\frac{n_1}{1} \right) + \left(\frac{n_2}{2} \right) + \dots + \left(\frac{n_i}{i} \right)$$

3.3.3 İstatistiksel Analiz

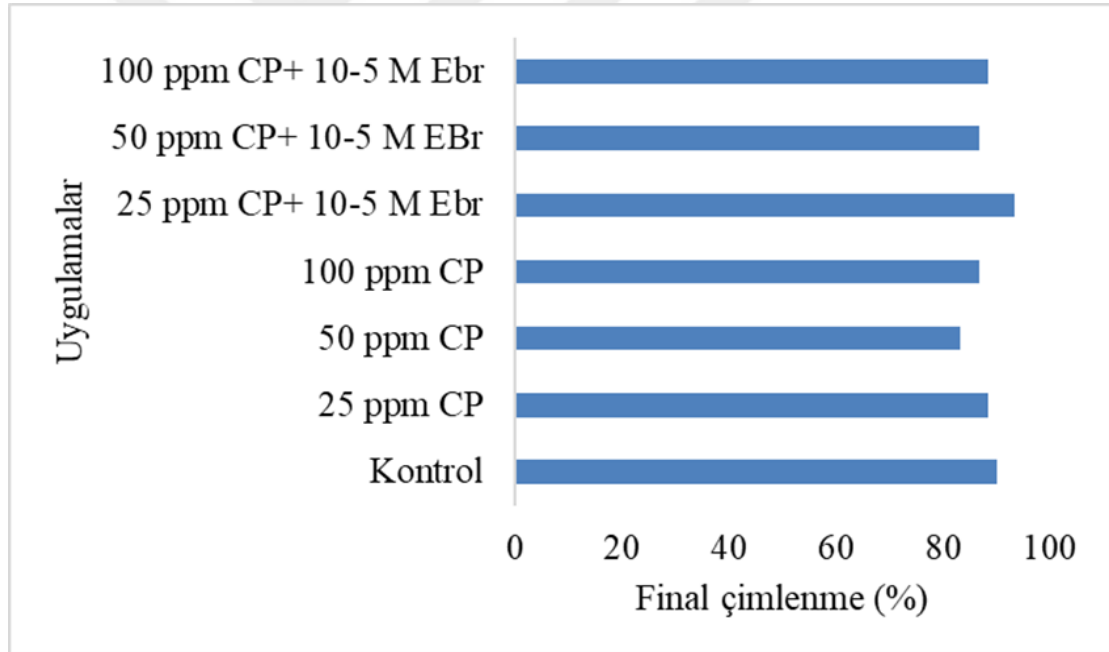
Elden edilen verilerin istatistiksel analizleri için SPSS 22 programı kullanıldı.

BÖLÜM 4

BULGULAR

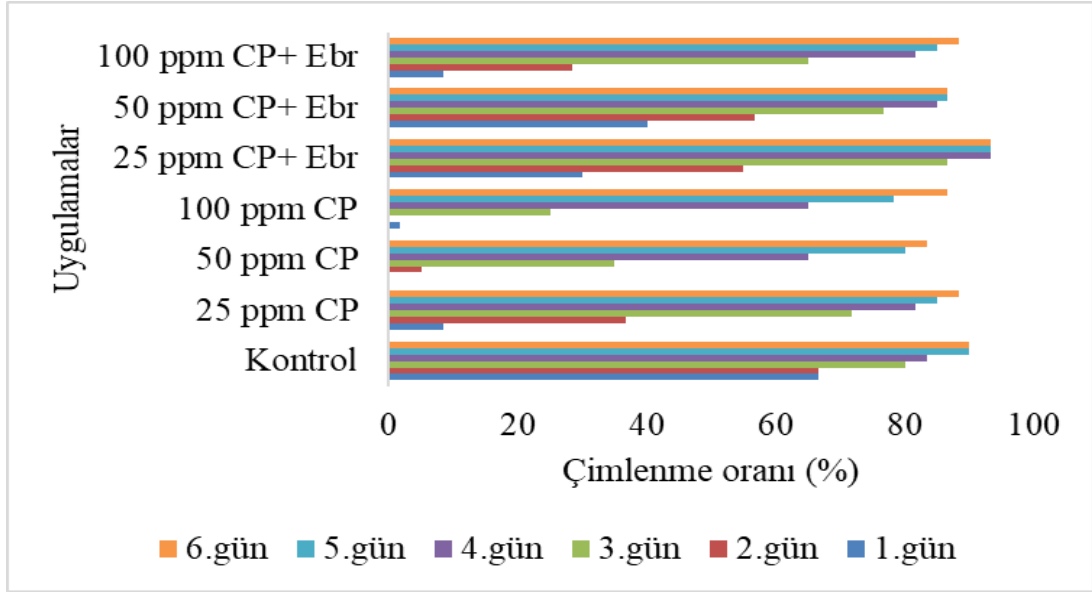
4.1 Çimlenme Üzerine Etkisi

CP ve CP-EBr uygulamalarının makarnalık buğdayın final çimlenme üzerine etkisi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Yalnız CP uygulamasının 25 ve 50 ppm konsantrasyonunda kontrole göre final çimlenme oranı azalmıştır ($p>0.05$). Ancak CP birlikte EBr uygulamalarında final çimlenme oranlarında önemsiz artış gözlenmiştir ($p>0.05$). En fazla artış 25 ppm CP-EBr konsantrasyonunda olduğu belirlenmiştir.



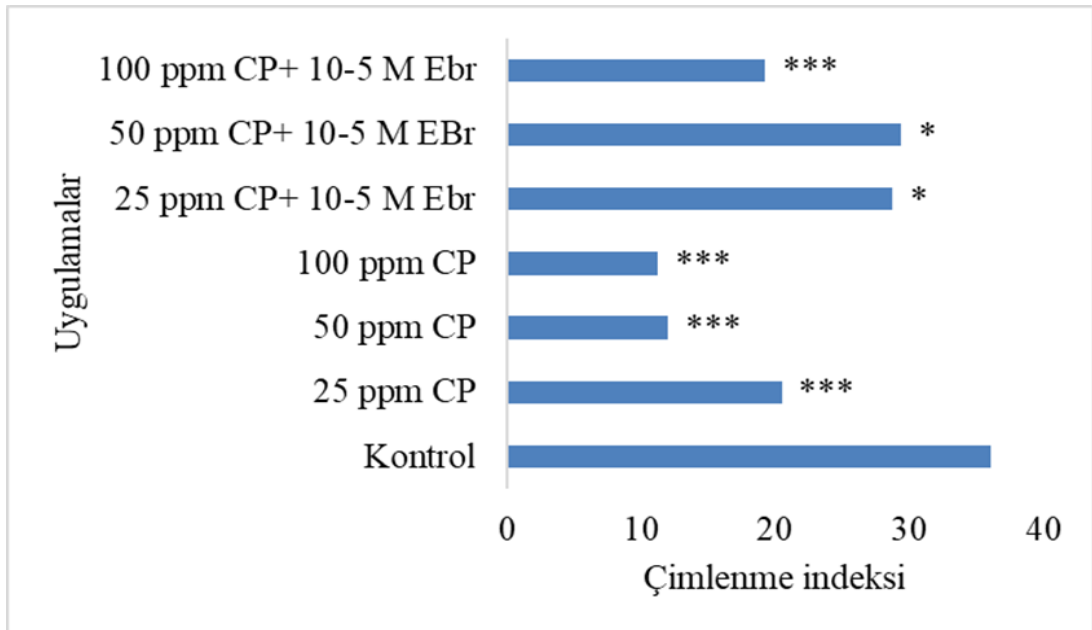
Şekil 4.1 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayda final çimlenme (%) etkisi.

Makarnalık buğdayda çimlenme oranı CP konsantrasyonunun artışına bağlı olarak azalmıştır (Şekil 4.2). Sipermetrin - EBr uygulaması ise çimlenme oranına pozitif katkı sağlamıştır. Özellikle bu etki 25 ppm konsantrasyonunda daha fazla belirlenmiştir.



Şekil 4.2 CP ve CP+EBr uygulanan makarnalık buğdayda çimlenme oranı

Makarnalık buğdayda çimlenme indeksindeki sonuçlara göre, CP konsantrasyonu arttıkça indekste ciddi azalmalar gözlenmiştir (Şekil 4.3). Sipermetrinin 25, 50 ve 100 ppm konsantrasyonlarında çimlenme indeksi kontrole göre önemli düzeyde azalmıştır. En fazla azalış 100 ppm CP etkisinde tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Ancak CP-EBr uygulamaları yalnız CP uygulamasına göre çimlenme indekslerinde artışlar meydana getirmiştir.

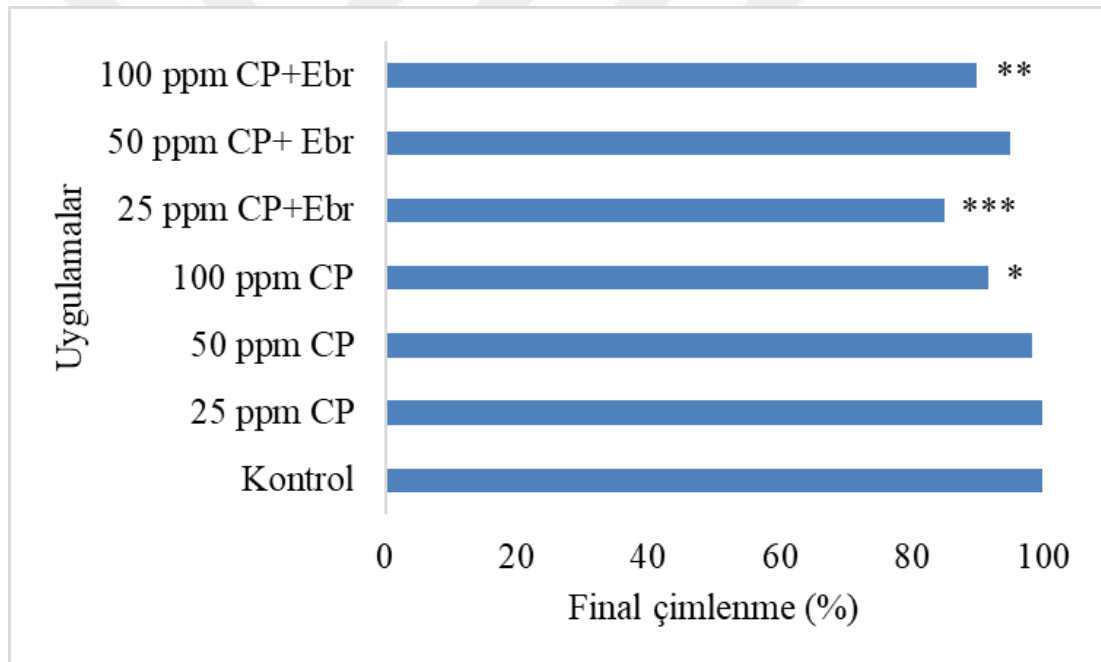


Şekil 4.3 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayda çimlenme indeksi etkisi. * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$

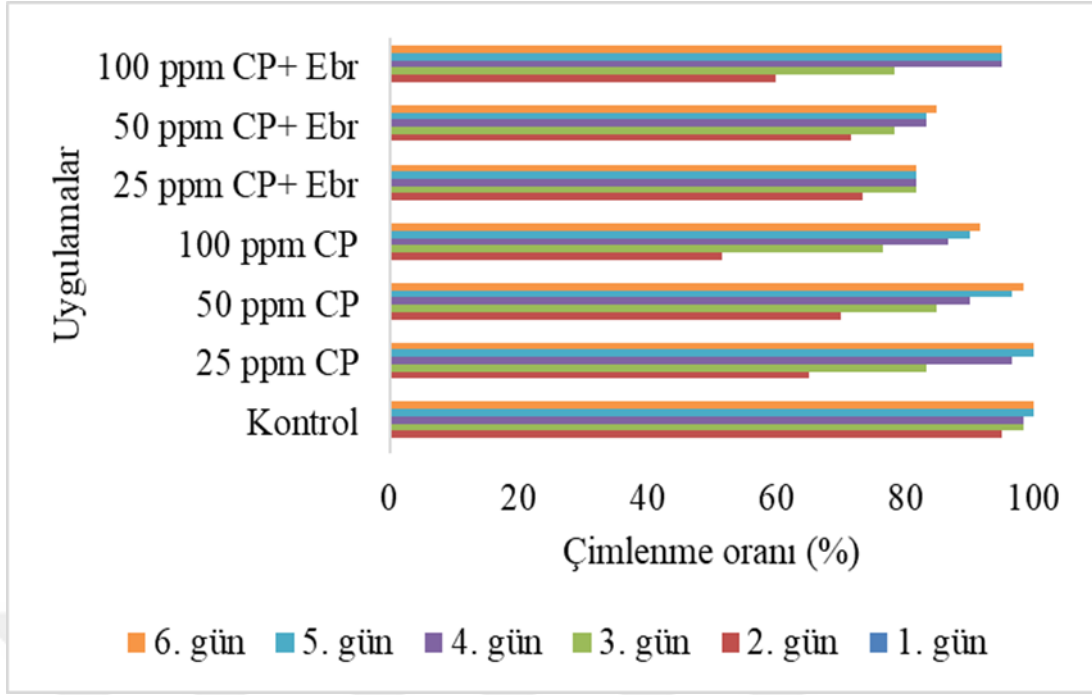
Ekmeklik buğdayda final çimlenme oranları 25 ve 50 ppm CP uygulamalarında anlamlı bir değişime neden olmamıştır ($p>0.05$). Bunun aksine, 100 ppm CP’de ise kontrole göre önemli bir azalma belirlenmiştir ($p<0.05$). CP-EBr uygulamalarında ise kontrole göre azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

Ekmeklik buğdayda çimlenme oranı 25,50 ve 100 ppm CP konsantrasyonunda kontrole göre azalmıştır (Şekil 4.5). Genel olarak EBr uygulması ekmeklik buğdayda CP’nin günlük çimlenme oranında olumlu bir etkisi görülememiştir.

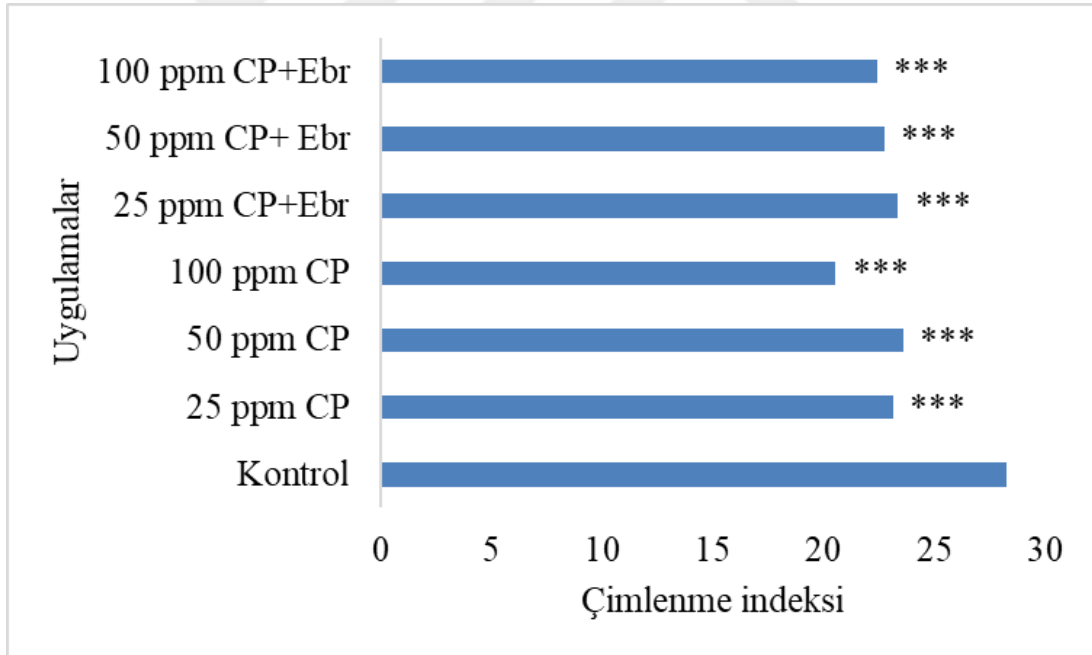
Ekmeklik buğdayın çimlenme indeksi, CP konsantrasyonlarında kontrol grubuna göre azalma göstermiştir. Özellikle en fazla azalma 100 ppm CP’de meydana gelmiştir ($p<0.001$). Ayrıca CP+EBr konsantrasyonlarında da kontrol gruplarına göre azalmalar olmuştur ($p<0.001$) (Şekil 4.6).



Şekil 4.4 CP ve CP+Ebr uygulamalarının ekmeklik buğdayda final çimlenme (%) etkisi. * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$



Şekil 4.5. CP ve CP+EBr uygulanan ekmeklik buğdayda çimlenme oranı



Şekil 4.6 CP ve CP+EBr uygulanan ekmeklik buğdayın çimlenme indeksi.

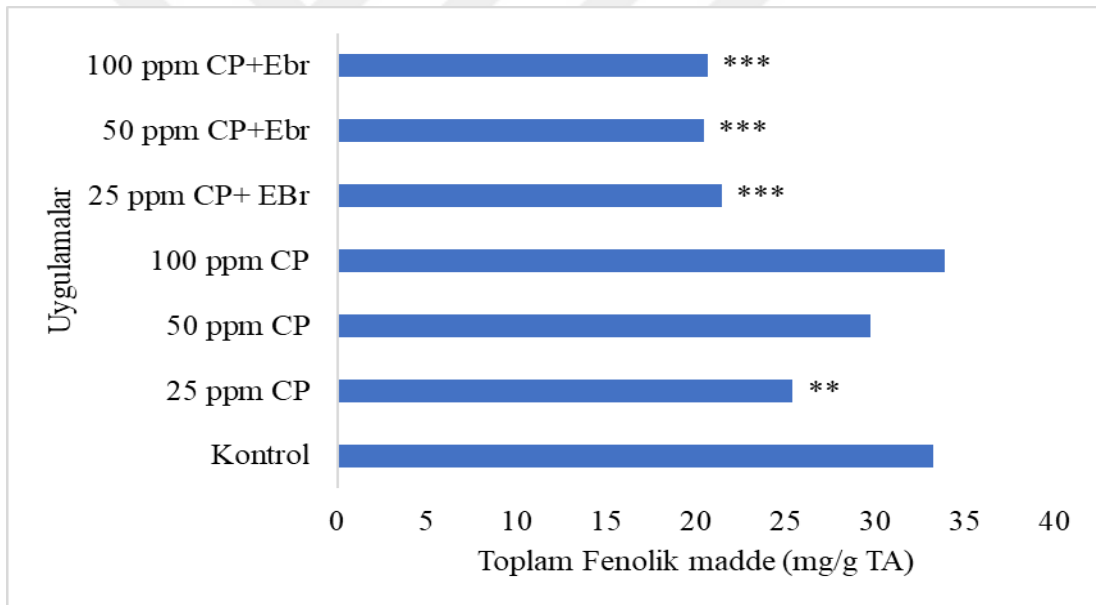
*** p<0.001

4.2 Biyokimyasal Analiz Sonuçları

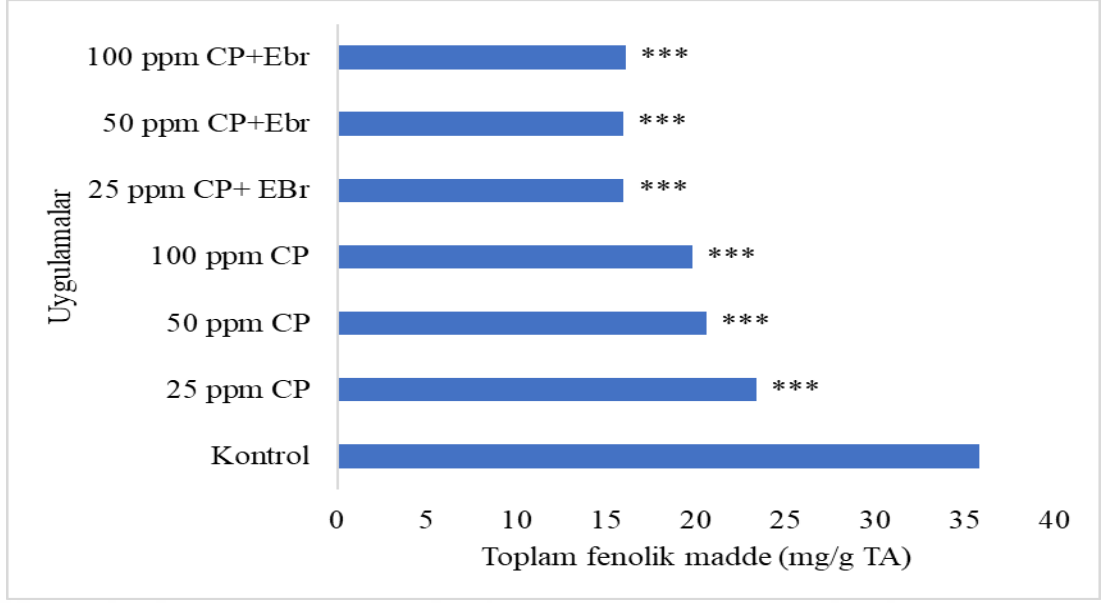
4.2.1 Toplam Fenolik Bileşik İçeriği

CP ve CP-EBr etkisinde ekmeklik ve makarnalık buğdayların toplam fenolik içeriklerinde değişimler olmuştur. Makarnalık buğdayda 25 ppm CP etkisinde toplam fenolik içeriğinde önemli azalma olmuştur ($p<0.01$) (Şekil 4.7). Diğer yandan, 50 ve 100 ppm CP etkisinde ise önemli bir değişim tespit edilememiştir ($p>0.05$). CP+EBr'nin kombine uygulamalarında ise toplam fenolik içeriklerinin kontrole göre önemli düzeyde azalmalar belirlenmiştir ($p<0.001$).

CP ve CP-Ebr etkisinde ekmeklik buğdayların toplam fenolik içeriklerinde azalmalar olmuştur ($p<0.001$) (Şekil 4. 8). Toplam fenolik içerikleri CP-EBr uygulamalarında, yalnız CP uygulamalarına göre daha düşük düzeyde bulunmuştur.



Şekil 4.7 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayların toplam fenolik bileşik içeriklerine etkisi. ** $p<0.01$; *** $p<0.001$

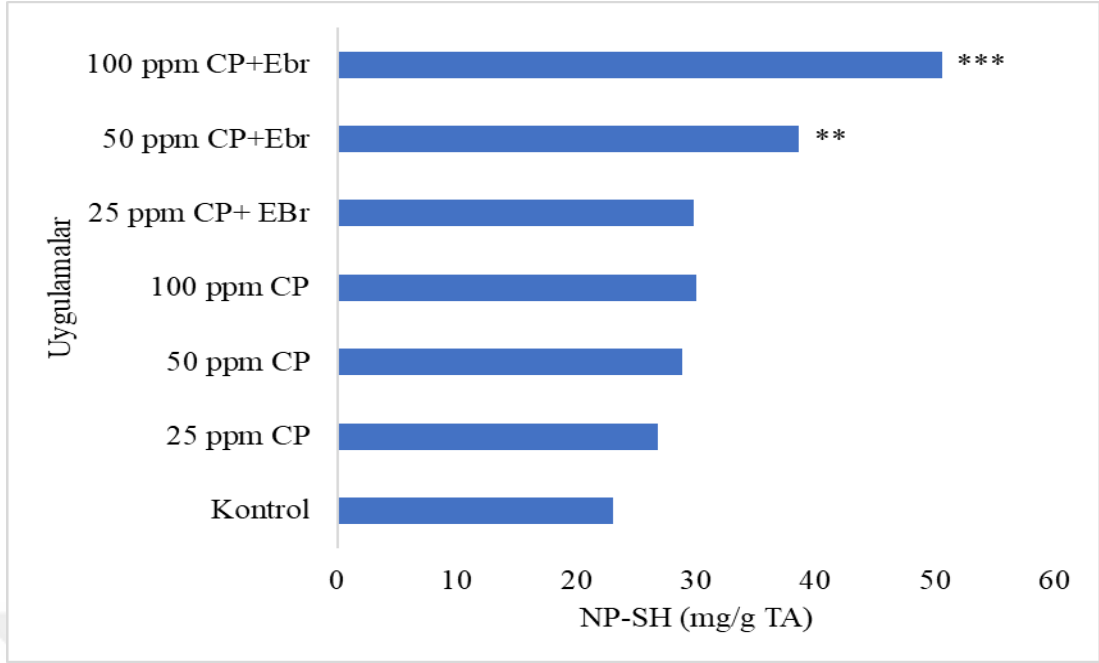


Şekil 4.8 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların toplam fenolik bileşik içeriklerine etkisi. *** $p < 0.001$

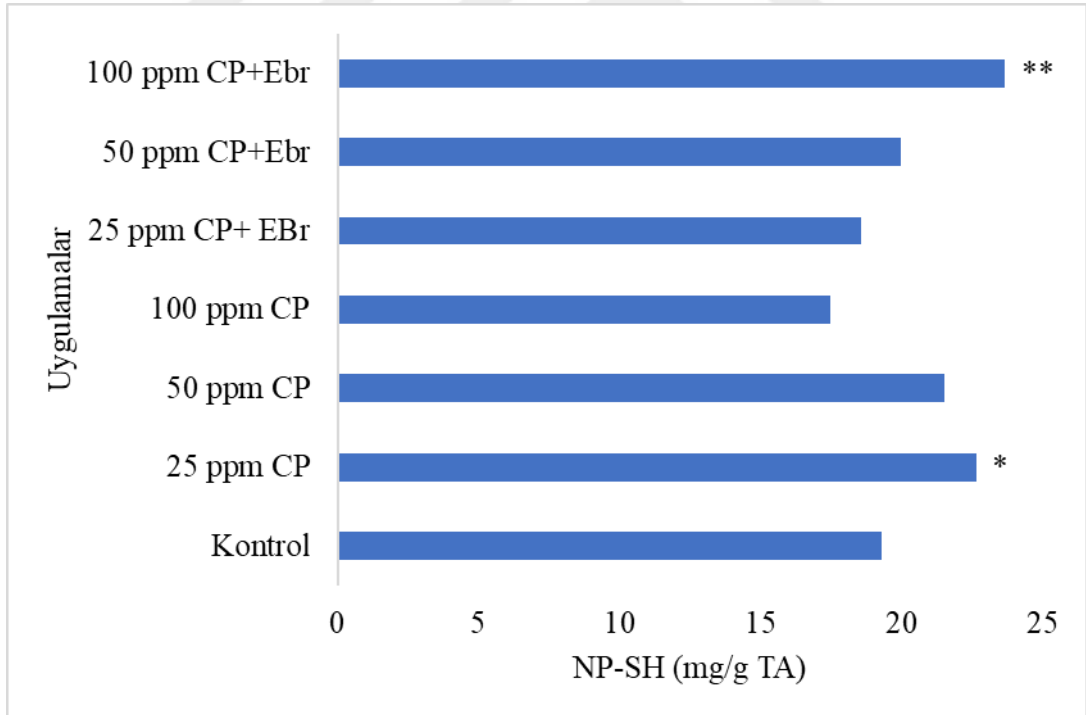
4.2.2 NP-SH İçeriği

CP ve CP+EBr etkisinde ekmeklik ve makarnalık buğdayların NP-SH içeriklerinde değişimler olmuştur. Makarnalık buğdayda kontrole göre 25, 50 ve 100 ppm CP etkisinde NP-SH içeriğinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir ($p > 0.05$) (Şekil 4.9). CP+EBr nin kombine uygulamalarında 25ppm de önemli bir değişim olmazken, 50 ve 100 ppm CP-EBr etkisinde önemli düzeyde artışlar tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Kontrole göre en fazla değişim 100 ppm CP-EBr uygulamalarında tespit edilmiştir. NP-SH içerikleri CP-EBr uygulamalarında, yalnız CP uygulamalarına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur.

Ekmeklik buğdayda kontrole göre 25 ppm CP etkisinde NP-SH içeriğinde önemli değişimler olmuştur ($p < 0.05$) (Şekil 4.10). 50 ve 100 ppm CP etkisinde NP-SH içeriğinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). 25 ppm CP-EBr ve 50 ppm CP+EBr uygulamalarında kontrole göre önemli bir değişim olmazken ($p > 0.05$), 100 ppm CP+EBr etkisinde önemli düzeyde artış tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Kontrole göre en fazla değişim 100 ppm CP+Br uygulamalarında tespit edilmiştir.



Şekil 4.9 CP ve CP+Ebr uygulamalarının makarnalık buğdayların NP-SH içeriklerine etkisi. ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

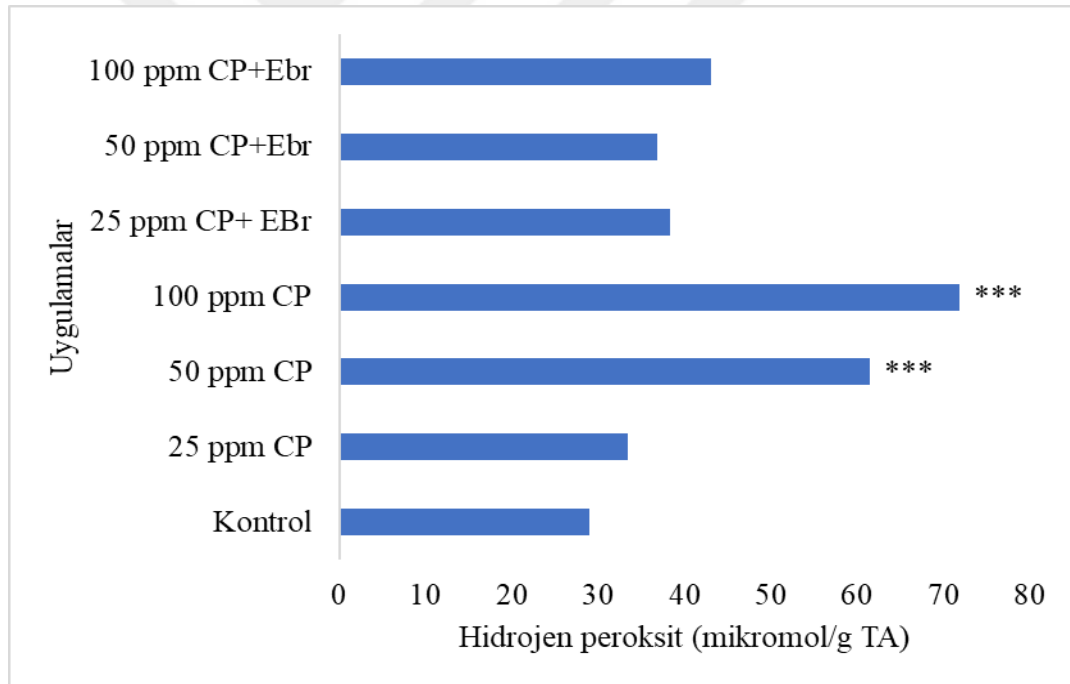


Şekil 4.10 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeclik buğdayların NP-SH içeriklerine etkisi. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

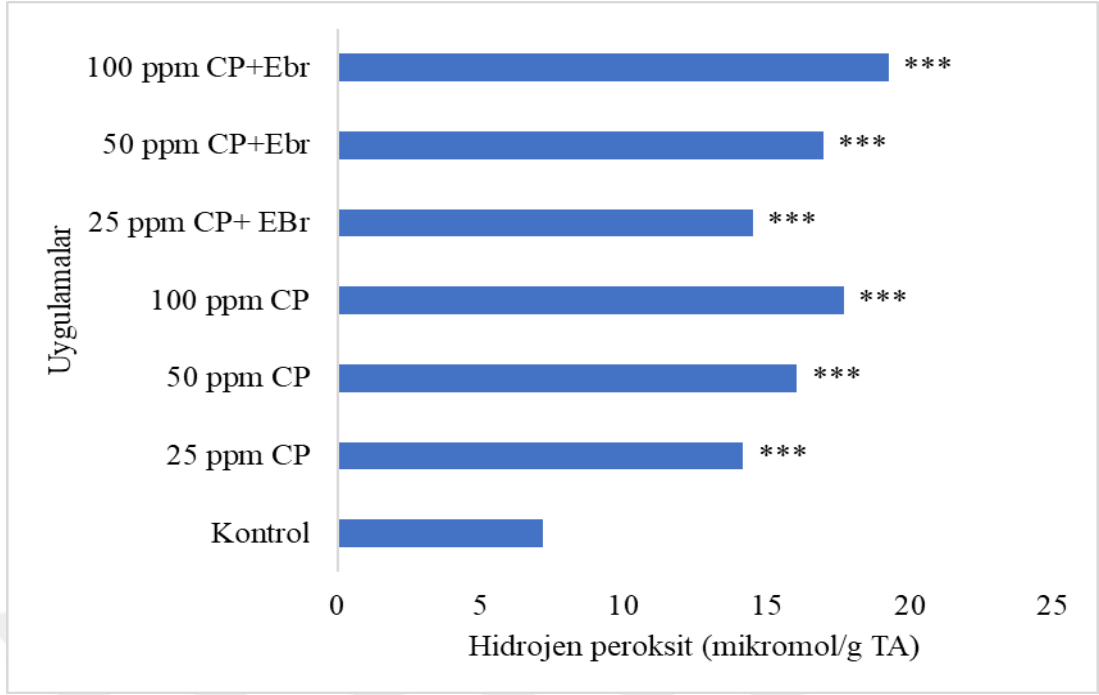
4.2.3 Hidrojen Peroksit İçerikleri

CP ve CP+EBr etkisinde ekmeklik ve makarnalık buğdayların hidrojen peroksit içeriklerinde değişimler belirlenmiştir. Makarnalık buğdayda kontrole göre 25ppm CP etkisinde önemli bir değişim gerçekleşmezken ($p>0.05$), 50 ve 100 ppm CP etkisinde ise önemli düzeyde artış tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Şekil 4.11). CP+EBr'nin kombine uygulamalarında ise hidrojen peroksit içeriklerinin kontrole göre önemli bir değişim tespit edilememiştir ($p>0.05$). En fazla artış 100ppm CP etkisinde tespit edilmiştir. Hidrojen peroksit içerikleri Cp uygulamalarında, CP+EBr uygulamalarına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur.

Ekmeklik buğdayda kontrole göre 25, 50ve 100 ppm CP etkisinde ve CP-EBr kombinasyonlarında önemli düzeyde artış tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Şekil 4.12). En fazla artış 100 ppmCP+EBr de gerçekleşmektedir.



Şekil 4.11 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayların hidrojen peroksit içeriklerine etkisi. *** $p<0.001$.

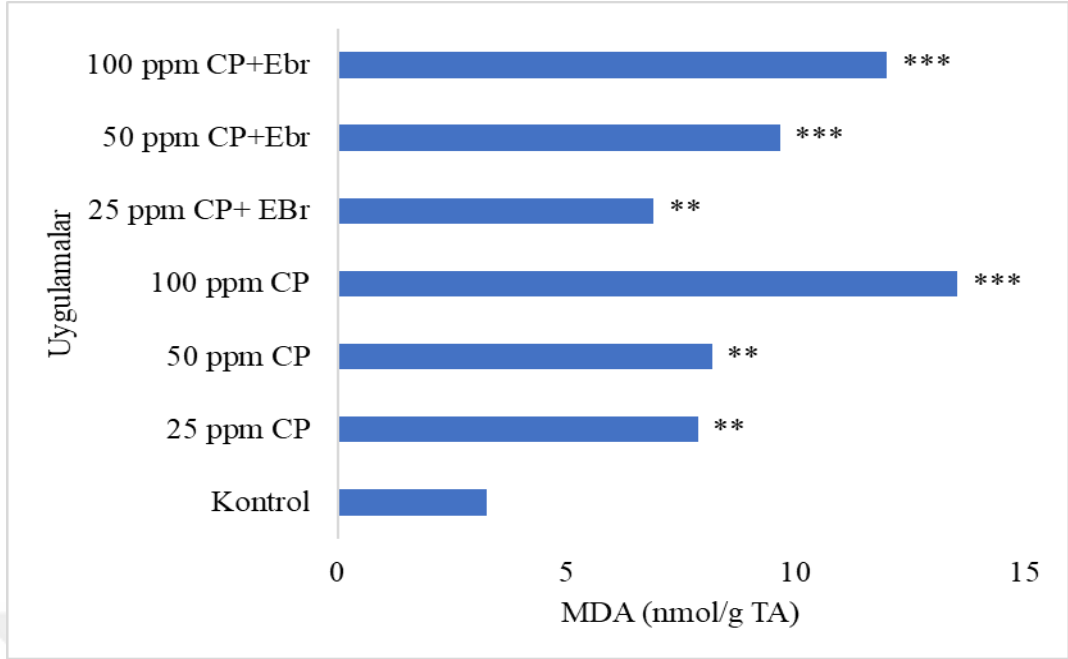


Şekil 4.12 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların hidrojen peroksit içeriklerine etkisi. *** $p < 0.001$

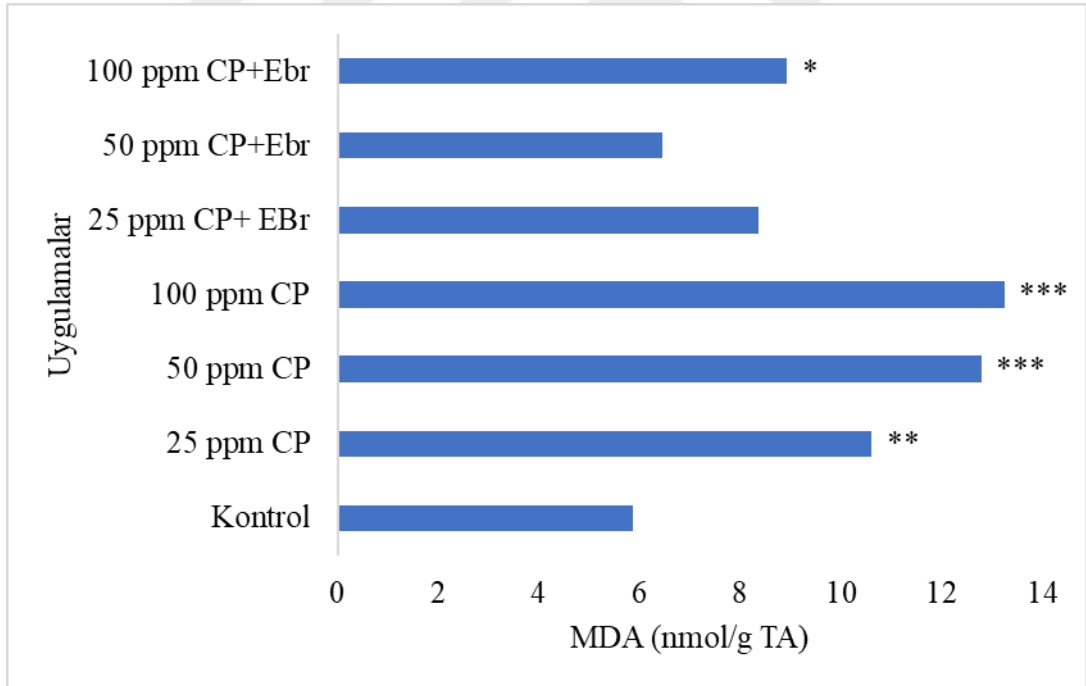
4.2.4 MDA İçerikleri

Makarnalık buğdayda MDA içeriğinde artışlar olmuştur (Şekil 4.13). Bu artışlar CP ve CP-EBr etkisinde uygulanan derişimle birlikte artığı tespit edilmiştir. Ancak CP-EBr kombine uygulamalarındaki bu artışlar genel olarak yalnız CP uygulamalarından düşük düzeyde olmuştur.

Ekmeklik buğdayda da MDA içeriklerinde uygulamalarla paralel olarak artış bulunmuştur (Şekil 4.14). Kontrole göre en yüksek MDA içeriği 100 ppm CP’de belirlenmiştir ($P < 0.001$). Ebr uygulamalarındaki MDA içeriği 50 ppm CP+EBr hariç, yalnız CP uygulamalarına göre daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.13 CP ve CP+EBr uygulamalarının makarnalık buğdayların MDA içeriklerine etkisi. ** p<0.01; *** p<0.001



Şekil 4.14 CP ve CP+EBr uygulamalarının ekmeklik buğdayların MDA içeriklerine etkisi. * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Pestisitler zararlı böcekleri, bitki patojenlerini ve yabani otlar vb. zararlıları önlemek ve kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan kimyasal bileşiklerdir (Sharma vd., 2019). Pestisitlerin uygulanması, dünya çapında sürdürülebilir mahsul üretimi için modern tarımın ayrılmaz bir parçasıdır (Tiwari vd., 2019). Her ne kadar pestisitler ürün kayıplarını %80'e kadar güvence altına alsın da (Oerke 2005), pestisit uygulama oranları ve miktarları gelişmekte olan ülkelerde son derece yüksektir (Liu vd., 2016).

Pestisitlerin gelişigüzel kullanımı, hedef dışı çeşitli türler üzerinde olumsuz etki göstermektedir. Etki şekli sadece belirli organizmalara değil, aynı zamanda insanlar da dahil olmak üzere hedef olmayan türlere de toksik etki gösterir. Scilicet, kitazin, heksakonazol ve karbendazim gibi pestisitlerin bezelye bitkilerinin kuru madde birikimi, fotosentetik pigmentler, simbiyotik özellikler, besin alımı ve tohum verimi üzerine zararlı etkileri rapor edilmiştir (Shahid vd., 2018). Pestisitlerin bitki dokularına alımı bitkilere ve kimyasallara göre değişir ve kimyasalın doğasından, çevre koşullarından ve uygulama şeklinden büyük ölçüde etkilenebilir. Pestisitlerin bitki dokusuna nüfuz etmesinin etken maddenin fizikokimyasal özellikleriyle ilişkili olduğu bilinmektedir. Sistemik yapıya sahip pestisitler kök veya yapraklar tarafından alınıp bitkinin her yerine taşınmaktadır (Simon-Delso vd. 2015).

Brassinosteroidler (BR'ler), endojen bitki büyüme düzenleyicileri olarak steroidal bileşiklerin önemli bir ailesi olarak kabul edilir ve bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gereklidir (Mandava vd.,1981). Birçok çalışma BR'lerin *Zea mays*(Mori, 1980)*Vigna radiata*, *Pisum sativum* ve *Vigna angularis* gibi farklı bitki türlerinde büyüme üzerindeki olumlu etkilerini göstermiştir (Gregory ve Mandava, 1982; Mandava, 1988; Yopp vd., 1981). BR'ler sadece çok sayıda bitkinin büyümesini ve verimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda pestisitler ve ağır metal stresi dahil olmak üzere çeşitli abiyotik streslere karşı direnci de artırır (Ali vd., 2008; Janeczko vd., 2005; Xia vd., 2009).

Önemli bir brassinosteroid olan 24-Epibrassinolide (EBr), biyotik ve abiyotik streslere aracılık etmede olağanüstü özelliklere sahiptir (Anuradha ve Rao, 2007; Sharma vd., 2015). EBr, tohum çimlenmesi, büyüme uyarımı, üreme ve yaşlanma dahil olmak üzere bir dizi fizyolojik ve gelişimsel sürecin düzenlenmesinde zorunlu rol oynayan polihidroksillenmiş steroidal bileşiktir (Clouse ve Sasse, 1998). EBr uygulaması, antioksidan üretimini modüle ederek hücrel organellerdeki oksidatif bozulmayı ve malondialdehit (MDA) içeriğindeki azalmayı azaltmıştır (Zhao vd., 1990).

Pestisitler sanayileşme ve aşırı kullanımları nedeniyle ciddi çevresel kirleticilerdir (Anjum vd., 2017; Shah vd., 2016). EBr uygulamasının antioksidan sistemin düzenlenmesinde ve pestisit detoksifikasyonunda etkili olduğu bulunmuştur (Xia vd., 2009). 24-epibrassinolidin (24-EBr) peroksidaz (POD), glutatyon redüktaz (GR) ve GST dahil pestisit detoksifikasyon enzimlerinin aktivasyonunda önemli bir rol oynadığı rapor edilmiştir (Xia vd., 2009). BR'lerin ekzojen olarak uygulandığında domates, pirinç, çay, brokoli, salatalık ve çilek gibi bitkilerde organofosfor, organoklor ve karbamat pestisit kalıntılarını azalttığı rapor edilmiştir (Zhou vd. 2015).

Çimlenme ve fide oluşumu bitkinin yaşam döngüsündeki kritik aşamalardır. Pestisit kullanımının tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde ciddi zararlı etkilere neden olduğu görülmüştür. Pestisitlerin tohum çimlenmesi üzerindeki olumsuz etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bozulmuş bir çimlenme metabolizmasının, pestisit uygulamasını takiben çimlenmenin gecikmesiyle ilişkili olduğu bulunmuştur (Hatamleh vd., 2022). *Phaseolus vulgaris*'te kontrol tohumlar çimlenmede herhangi bir hasar göstermezken, incelenen tüm pestisitlerin 100 ppm'lik derişimi tohumların çimlenmesini %86,66 (diklorvos), %83,33 (fenpiroksimat), %90 (heksitiazoks), %93,33 (imidakloprid) ile engellemiştir. *Pisum sativum*'da da sırasıyla %86,66 (diklorvos), %90 (fenpiroksimat), %90 (heksitiazoks), %86,66 (imidakloprid) ve tiyametoksamda %93,33 çimlenme oranıyla benzer sonuç elde edilmiştir (Nath vd., 2024). Rajashekar vd., (2012), *Zea mays*'da pendimetalin konsantrasyonunun artmasıyla çimlenme yüzdesinin önemli düzeyde azaldığını bulmuştur. Frank ve Ralph (1987), klorsülfuron ve paraquat uygulanan bitkilerden elde edilen *Salsola iberica* tohumunun çimlenmesinde

%64'lük bir azalma rapor etmiştir. Devlin ve Cunningham (1970), ilgili metabolik aktivitelere müdahale ederek *Hordeum vulgare*'nin çimlenmesini azaltan alaklor ve propaklor herbisitlerin olumsuz etkilerini bildirmiştir. Benzer şekilde herbisit pendimetalin ve trifluralinin, sırasıyla *Vigna radiata* L. ve *Zea mays* L. mahsullerinde tohum çimlenmesi ve erken büyüme üzerindeki önleyici etkisini gözlemlemiştir (Schultz ve Funderburk, 1967; Nehru vd. 1999). Wang (1994), pirinçte yüksek derişimde fıpronile maruz kalmanın çimlenmeyi önemli ölçüde bozduğunu belirtmiştir. Bulgularımız 25-100 ppm CP uygulamalarının makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda çimlenme oranlarında azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında, CP-EBr uygulamalarındaki çimlenme oranlarının yalnız CP uygulamalarından daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Bu durum, uygulanan EBr'nin CP'nin çimlenme üzerindeki olumsuz etkilerini azaltığını gösterebilir. Benzer şekilde, Sharma vd. (2012), Klorpirifosun (CPF) neden olduğu stresin, özellikle 10^{-7} M konsantrasyonunda 24-epibrassinolide (EBr) uygulanmasıyla iyileştirildiğini bildirilmiştir. BR'lerin strese duyarlı belirteçleri modüle ederek pestisitlere karşı bitki toleransını arttırdığını özellikle bildirmişlerdir. Ayrıca, EBr'nin pirinç fidelerine iki yönlü koruma sağladığını, bunlardan birinin ROS'un daha iyi temizlenmesine aracılık eden antioksidan enzimlerle, diğeri ise enzimleri korumak ve bozulma meydana geldikten sonra hasarı onarmak için prolin içeriğini artırarak sağladığı belirtilmiştir. Diğer yandan, bu araştırmacılar pestisit uygulamasının bitkisel üretim sürecinin bir parçası haline geldiği modern tarım çağında, brassinosteroidlerin pestisitlerle birlikte kullanılması sürdürülebilir tarım için yeni yollar açabileceğini önermişlerdir. Tohumlar nispeten yüksek miktarda BR içerir ve tohumlardaki BR seviyeleri çimlenmeyi, büyümeyi ve stres toleransını etkiler (Divi ve Krishna, 2010). Sharma vd. (2008), 28-homobrassinolit ile tohum uygulamasının *Brassica juncea*'da nikel stresi altında tohum çimlenmesini ve fide büyümesini artırabildiğini bildirmiştir. Eksojen BR'lerin uygulanması endojen BR'lerin seviyesini uyarabilir ve dolayısıyla stres toleransını indükleyebilir. Ekmeklik ve makarnalık buğdaylarda CP ve CP-EBr ait bulgularımız da bu bilgiyle uyumludur.

Bitkilerde pestisit toksisitesi oksidatif strese, bitkilerin fizyolojik süreçlerinin bozulmasına, ROS birikmesine ve fotosentezin engellenmesine ve sonuçta bitkilerin ölümüne yol açarak mahsul verimini olumsuz yönde etkiler. Bitki büyüme

hormonları bitkinin düzgün büyümesi ve gelişmesi için önemlidir. Bunlar aynı zamanda farklı stres sinyal yollarının aktivasyonu ve bitkilerde strese duyarlı genlerin ekspresyonunun modülasyonu yoluyla çeşitli çevresel streslerin azaltılmasında da çok önemlidir. Salisilik asit, jasmonik asit, brassinosteroidler, sitokininler gibi farklı hormonların ekzojen uygulaması, bitkilerde antioksidan savunma mekanizmasının uyarılması yoluyla bitkilerin oksidatif hasara karşı korunmasına yönelik enzimatik yolların aktivitelerini artırarak pestisit toksisitesinin azaltılmasında olumlu sonuçlar vermiştir (Khan vd., 2023).

Brassinosteroidler, bitkilerin büyümesi ve olgunlaşması için gerekli olan steroidal hormondur. Çok sayıda abiyotik ve biyotik strese karşı bitki tepkilerini düzenlerler (Cui vd., 2010; Xie vd., 2011; Yang vd., 2011). 24-epibrassinolit, polihidroksillenmiş bir steroid hormondur. Epibrassinolidler, *Brassica juncea*'deki fitokimyasal dizisini sentezleyerek pestisit stresine karşı koruma sağlar. 24-epibrassinolidin muamelesi pestisit degradasyonu için kullanılan çeşitli metabolik enzimleri indükler. 24-epibrassinolidin önceden ıslatma işlemi, klorpirifos'a maruz kalan domates bitkisi yapraklarındaki savunmaya özgü genler olan çeşitli antioksidanların transkripsiyonunu önemli ölçüde düzenleyebilir, böylece 24-epibrassinolidin gen ekspresyonundaki olumlu etkisini gösterir (Jan vd., 2020).

Sharma vd. (2016) tohumların 24-epibrassinolit (EBR) ile ıslatılmasının, imidacloprid (IMI) toksisitesi altında yetiştirilen *Brassica juncea* L. fidelerinin fizyolojisi üzerindeki etkilerini değerlendirmek çalışma yapmıştır. Fenolik bileşiklerin içeriği, EBr'nin yanı sıra imidacloprid (IMI) uygulamasıyla da arttığını bulmuşlardır. Bir başka çalışmada, artan polifenol seviyeleri ve toplam fenolik içerik, fenilpropanoid yolunun stres kaynaklı aktivasyonuna bağlı olabileceği bildirilmiştir (Korkina, 2007). Ayrıca EBr uygulaması, fenilpropanoid yolun anahtar enzimi olan Fenilalanin amonyum liyaz (PAL) aktivitesini de arttırmıştır (Ahammed vd., 2013; Xi vd., 2013). BR'lerin ayrıca *Vitis vivifera* L. (Champa vd., 2015) ve *Cichorium endivia* L.'de (Serna vd., 2013) toplam fenol içeriğini arttırdığı da rapor edilmiştir. Bunların aksine, birçok herbisit in spesifik olmayan mekanizmalarla sekonder bileşiklerin düzeylerini azalttığı bildirilmiştir. Alachlor, biyosentetik yolun sonlarında bir aşamada flavonoid sentezini azaltır ve glifosat, 5-enolpiruvil şikimat-3-fosfat (EPSP) sentazı inhibe ederek tüm sinamat türevlerinin sentezini bloke

edebileceği bildirilmiştir (Lydon ve Duke, 1989). Benzer olarak, çalışmamızda da CP ve CP-EBr etkisinde ekmeklik ve makarnalık buğdayların toplam fenolik içeriklerinde azalmalar olmuştur. Toplam fenolik içerikleri CP-EBr uygulamalarında, yalnız CP uygulamalarına göre daha düşük düzeyde bulunmuştur. EPSP sentazın inhibisyonu, hidroksifenolik asitler, flavonoidler ve lignin gibi daha karmaşık polifenolik bileşikler dahil olmak üzere sinamik asit ve türevlerini oluşturmak için fenilalanin amonyum liyaz ile deaminasyon için aromatik amino asitlerin mevcudiyetinde bir azalmaya neden olur. Bu aromatik amino asit türevlerindeki azalmaya genel olarak, muhtemelen PAL sentezinin feedback inhibisyonunun azalması nedeniyle, ekstrakte edilebilir PAL seviyelerinin yükselmesi eşlik eder (Duke ve Hoagland, 1985).

CP ve CP+EBr etkisinde ekmeklik ve makarnalık buğdayların NP-SH içeriklerinde değişimler bulunmuştur. Makarnalık buğdayda 25, 50 ve 100 ppm CP etkisinde NP-SH içeriğinde önemli bir değişim tespit edilmemiş iken, CP+EBr'nin 50 ve 100 ppm etkisinde önemli düzeyde artışlar bulunmuştur. NP-SH düzeyi özellikle CP-EBr uygulamalarında, yalnız CP uygulamalarına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Yine ekmeklik buğdayda 50 ve 100 ppm CP etkisinde NP-SH içeriğinde önemli bir değişim olmamış iken, 100 ppm CP+EBr etkisinde önemli düzeyde artış tespit edilmiştir. Bitkilerde, prokaryotlarda ve hayvanlarda NP-SH'ların çoğunluğunu tripeptit olan glutatyon (GSH) oluşturur (Kunert ve Foyer, 1993). GSH bitki hücrelerinde yaygın olarak dağılmıştır. Hem kloroplastta hem de sitozolde sentezlendiği ve her iki hücre altı bölümünde de nispeten yüksek seviyelerde bulunmaktadır (Hausladen ve Alscher, 2017). Bitkinin birincil metabolizmasının ürünleri olarak son yıllarda büyük ilgi görmüştür. Çünkü bunlar sadece indirgenmiş kükürtün bitki içinde depolanması ve dağıtımında ve dolayısıyla kükürt beslenmesinin düzenlenmesinde rol almakla kalmaz, aynı zamanda bitkinin çevresel strese karşı savunma sisteminin temel bileşenleridir (Rennenberg ve Brunold, 1994). Pestisitlerin çoğu, yüksek bitkilerdeki GSH ve sistein gibi tiyollerin hedefidir. Ancak tiyollere olan ilgileri büyük ölçüde pestisitlerin türüne bağlıdır (Zhang ve Yang, 2021).

Bitkinin fizyolojisinde pestisit kaynaklı olumsuz değişiklikler çoğunlukla doza bağımlıdır ve genellikle reaktif oksijen türlerinin artan üretimi aracılığıyla

gerçekleşir. ROS üreten ve ROS temizleyici sistemler arasındaki hassas denge, pestisit toksisitesi altında bozulur ve oksidatif patlama olarak adlandırılan ROS birikiminin artmasına neden olur. ROS birikimindeki bu artış, bitkilerde membran hasarı, lipid peroksidasyonu, hücre ölümü vb. gibi diğer bozucu değişikliklere yol açar (Sharma vd., 2024).

Brassinosteroidlerin çay, salatalık, domates, brokoli ve pirinç gibi çeşitli bitkilerde organofosfor, karbamat ve organoklorin dahil olmak üzere birçok pestisiti detoksifiye ettiği belirtilmektedir (Zhou vd., 2015). Salatalık çeşitlerinde pestisitler (klorotalonil, klorpirifos, karbendazin ve sipermetrin), brassinosteroid uygulaması yoluyla spesifik dokularda biriktirilir (Xia vd., 2009). Brassinosteroidler, stres koşullarında pestisitlerin detoksifikasyonunda görev alan antioksidatif savunma sistemini güçlendirdiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Sharma vd., 2012, 2013, 2015; Xia vd., 2009; Zhou vd., 2015). Bir çalışmada, reaktif oksijen türlerinden (ROS) süperoksit radikali ve H_2O_2 düzeyinin, imidacloprid varlığında arttığı bulunmuştur. Araştırmada 24-epibrassinolit uygulamasından sonra ROS içeriğinde azalma gözlenmiştir. ROS üretimi, antioksidan sistemi bozan pestisit stresinin neden olduğu oksidatif patlamadan kaynaklanmaktadır. 24-epibrassinolide uygulamasından sonra süperoksit radikalindeki azalma, süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aracılığıyla H_2O_2 'ye dönüştürülmesi nedeniyle meydana geldiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, 24-epibrassinolit muamelesinden sonra H_2O_2 seviyelerinin de azaldığı bulunmuştur. Bunun, H_2O_2 'nin catalaz (CAT) enzimi yoluyla H_2O ve oksijene dönüştürülmesinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Sharma vd., 2016).

CP ve CP+EBr etkisinde ekmeklik ve makarnalık buğdayların hidrojen peroksit içeriklerinde değişimler belirlenmiştir. Makarnalık buğdayda 50 ve 100 ppm CP etkisinde önemli düzeyde artış olmuş iken, CP+EBr'nin kombine uygulamalarında ise hidrojen peroksit içeriklerinin kontrole göre önemli bir değişim tespit edilememiştir. Sonuç olarak, hidrojen peroksit içerikleri CP uygulamalarında, CP+EBr uygulamalarına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Ekmeklik buğdayda ise kontrole göre 25, 50 ve 100 ppm CP ve CP-EBr kombinasyonlarında önemli düzeyde artış tespit edilmiştir. Farklı pestisitlere (emamectin, alfa-cypermethrin and imidacloprid) maruz kalan domates fidelerinde ROS seviyeleri önemli ölçüde artmıştır. H_2O_2 düzeyindeki en yüksek artış imidacloprid uygulanan

kök dokularında gözlenmiştir. Köklerde imidacloprid tarafından daha yüksek ROS üretiminin olası bir açıklaması, bu pestisit sistematik yapısına dayanmaktadır. Ayrıca bu durum, bu pestisitlerin uygulanan dozunun emamektin ve sipermetrinden daha yüksek olmasından da kaynaklanıyor olabilir. Bu sonuçlar, pestisitlerin oksidatif stresi indüklediği ve maruz kalan bitki dokularında ROS seviyelerinin artmasına yol açtığına dair daha önceki bulgularla tutarlı olduğu bildirilmiştir (Shakir vd., 2018).

Makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda MDA içeriğinde artışlar olmuştur. Bu artışlar CP ve CP-EBr etkisinde uygulanan derişimle birlikte artığı tespit edilmiştir. Özellikle CP-EBr kombine uygulamalarındaki bu artışlar genel olarak yalnız CP uygulamalarından düşük düzeyde olmuştur. MDA konsantrasyonu genellikle lipid peroksidasyonunun yanı sıra stres seviyesinin de genel bir göstergesi olarak kabul edilir. 1,5 ppm sipermetrine maruz bırakılan *Allium cepa*'nın MDA içeriği kontrole göre düşük seviyede değişiklikler göstermiştir. MDA, 6,0 ve 3,0 ppm sipermetrin uygulanan gruplarda konsantrasyona bağlı olarak kademeli olarak arttığı bulunmuştur. 1.5, 3.0 ve 6.0 ppm sipermetrin uygulanan köklerde MDA düzeyi kontrol grubuna göre sırasıyla yaklaşık 1.8, 2.4 ve 3.4 kat daha yüksek olmuştur (Çavuşoğlu vd., 2012). Özellikle, brassinosteroidlerin eksojen uygulaması antioksidatif enzim aktivitesini arttırdığı ve pestisit stresi altında MDA içeriğini ise azalttığı bildirilmiştir. Antioksidatif savunma sisteminin artan aktivitesi, oksidatif stres koşulları altında tolerans sağlar. Brassinosteroidler ayrıca çimlenme ve fide büyümesinde pestisit kaynaklı engellemeye mücadele etmek için ROS temizlemeyi ve hormonal homeostaziyi desteklemektedir (Ahammed vd., 2012). Elstner (1990), stresli koşullar altında, yüksek seviyedeki lipid peroksidasyonunun, sonuçta membran lipidlerini etkileyen ve sonuç olarak MDA oluşumuyla sonuçlanan ROS'un hızlı oluşumu nedeniyle ortaya çıkabileceğini öne sürmüştür. Endosülfana maruz kalma, siyanobakteri *Plectonema boryanum* gibi bazı prokaryotik organizmalarda bile ROS seviyesinin artmasına neden olmuştur (Prasad vd., 2005).

Sonuç olarak, CP derişimlerinin makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda çimlenme oranlarında azalmaya neden olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında, CP-EBr kombinasyonundaki çimlenme oranlarının yalnız CP uygulamalarından daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Diğer yandan, CP buğdaylarda fizyolojik değişimlere neden olmuştur. Hidrojen peroksit ve MDA düzeylerindeki artışlar, CP'nin buğday

hücrelerinde oksidatif strese neden olduğunu göstermiştir. EBr uygulaması ise CP'nin toksik etkilerini azaltmada bu hormonun rolünün olabileceğini göstermiştir.



KAYNAKLAR

- Abhilash, P.C., & Singh, N. (2009). Pesticide use and application: an Indian scenario. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1-3), 1-12.
- Achard, P., Gusti, A., Cheminant, S., Alioua, M., Dhondt, S., (2009). Gibberellin signaling controls cell proliferation rate in Arabidopsis. *Curr. Biol.* 19(14), 1188-1193.
- Agoramoorthy, G. (2008). Can India meet the increasing food demand by 2020? *Futures*, 40, 503-506.
- Anuradha, S., & Rao, S. S. R. (2007). The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. *Plant Soil and Environment*, 53(11), 465.
- Ahammed, G. J., Zhang, S., Shi, K., Zhou, Y. H., & Yu, J. Q. (2012). Brassinosteroid improves seed germination and early development of tomato seedling under phenanthrene stress. *Plant Growth Regulation*, 68, 87-96.
- Ahammed, G. J., Zhou Y. H., Xia X. J., Mao W. H., Shi K., Yu J. Q. (2013). Brassinosteroid regulates secondary metabolism in tomato towards enhanced tolerance to phenanthrene. *Biol. Plant.* 57, 154–158.
- Alam, M. M., Naeem, M., & Khan, M. M. A. (2016). Exploiting the epibrassinolide as a plant growth promoter for augmenting the growth, physiological activities and alkaloids production in *Catharanthus roseus* L. *J Med Plant Std*, 4, 88-93.
- Ali, B., Hasan, S. A., Hayat, S., Hayat, Q., Yadav, S., Fariduddin, Q., & Ahmad, A. (2008). A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna*

- radiata L. Wilczek). *Environmental and Experimental Botany*, 62(2), 153-159.
- Ali, B. (2017). Practical applications of brassinosteroids in horticulture—some field perspectives. *Scientia Horticulturae*, 225, 15-21.
- Ali, M. M., Anwar, R., Malik, A. U., Khan, A. S., Ahmad, S., Hussain, Z., & Chen, F. (2022). Plant growth and fruit quality response of strawberry is improved after exogenous application of 24-epibrassinolide. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(4), 1786-1799
- Alla, M. M. N. Hassan, N. M., & El-Bastawisy, Z. M. (2007). Differential influence of herbicide treatments on activity and kinetic parameters of C4 photosynthetic enzymes from *Zea mays*. *Pesticide biochemistry and physiology*, 89(3), 198-205.
- Al-Zaidi, A. A., Elhag, E. A., Al-Otaibi, S. H., & Baig, M. B. (2011). Negative effects of pesticides on the environment and the farmers awareness in Saudi Arabia: A case study. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(3), 605-611.
- Andreasen, C., Stryhn, H., & Streibig, J.C. (1996) Decline of the flora on Danish arable fields. *Journal of Applied Ecology*, 33, 619-626.
- Anjum, S. A., Tanveer, M., Hussain, S., Ashraf, U., Khan, I., & Wang, L. (2017). Alteration in growth, leaf gas exchange, and photosynthetic pigments of maize plants under combined cadmium and arsenic stress. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228, 1-12.
- Aydın, R., Köprücü, K., Dörücü, M., Köprücü, S. Ş., & Pala, M. (2005). Acute toxicity of synthetic pyrethroid cypermethrin on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae. *Aquaculture International*, 13, 451-458.
- Aydın, F., & Albay, M. (2022). Accumulation of organochlorine pesticide (OCP) residues in surface water and sediment from the İznik Lake in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(12), 872.

- Bari, R., & Jones, J. D.(2009). G. Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant Mol. Biol*, 69(4), 473-488.
- Begum, A., Alam, S. N., & Jalal Uddin, M. (2017). Management of pesticides: Purposes, uses, and concerns. *Pesticide Residue in Foods: Sources, Management, and Control*, 53-86.
- Bernardes, M.F.F., Pazin, M., Pereira, L.L., and Dorta, D.J. (2015). Impact of Pesticides on Environmental and Human Health, *Toxicology Studies-Cells, Drugs and Environment*, Dr. Ana Cristina Andreazza (Ed.), In Tech, DOI: 10.5772/59710
- Carey, A.E., Garven, J.A., Tai, H., Mitchell, W.G. and Wiersma, G.B. 1979. Pesticide residue levels in soils and crops from 37 states--National Soils Monitoring Program (IV). *Pesticides Monitoring Journal*, 12(4), 209-233.
- Casida J.E,Durkin K.A. 2013. Anticholinesterase insecticide retrospective. *Chemico-Biological Interactions*, 203(1): 221–225.
- Chahid, K., Laglaoui, A., Zentar, S., & Ennabili, A. (2013). Effect of Alphacypermethrin on morphological parameters in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *American Journal of Environmental Protection*, 2(6), 149-153.
- Champa, W. H., Gill, M. I. S., Mahajan, B. V. C.,Aror, N. K., & Seema Bedi, S. B. (2015). Brassinosteroids improve quality of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless.
- Chen, Y.F.Etheridge, N., & Schaller, G.E.(2005). Ethylene signal transduction. *Annals of botany*, 95(6), 901-915.
- Clouse, S. D., & Sasse, J. M. (1998). Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annual Review of Plant Biology*, 49(1), 427-451.
- Colebrook, E. H.Thomas, S. G., Phillips, A. L., & Hedden, P. (2014). The role of gibberellin signalling in plant responses to abiotic stress. *Journal of experimental biology*, 217(1), 67-75.

- Cooper, J. & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop protection*, 26(9), 1337-1348.
- Cui, J., Zhang, R., Wu, G. L., Zhu, H. M., & Yang, H. (2010). Salicylic acid reduces napropamide toxicity by preventing its accumulation in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Archives of environmental contamination and toxicology*, 59, 100-108.
- Çavuşoğlu, K., Kaya, A., Yilmaz, F., & Yalçın, E. (2012). Effects of cypermethrin on *Allium cepa*. *Environmental Toxicology*, 27(10), 583-589.
- Dalyan, E., Yüzbaşıoğlu, E., & Akpınar, I. (2018). Effect of 24-epibrassinolide on antioxidative defence system against lead-induced oxidative stress in the roots of *Brassica juncea* L. seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology*, 65, 570-578.
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
- Davies, T.G., Field L.M., Usherwood P.N., Williamson M.S. 2007. DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels. *IUBMB Life*, 59(3): 151-162.
- Delaplane, K.S., 2000, Pesticide usage in the United States: history, benefits, risks, and trends. Cooperative Extension Service. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences. Bulletin 1121.
- Devlin, R. M., & Cunningham, R. P. (1970). The inhibition of gibberellic acid induction of α -amylase activity in barley endosperm by certain herbicides. *Weed Research*, 10(4), 316-320.
- Divi, U. K., & Krishna, P. (2010). Overexpression of the brassinosteroid biosynthetic gene AtDWF4 in *Arabidopsis* seeds overcomes abscisic acid-induced inhibition of germination and increases cold tolerance in transgenic seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29, 385-393.

- Dubey, K. K., & Fulekar, M. H. (2011). Effect of pesticides on the seed germination of *Cenchrus setigerus* and *Pennisetum pedicellatum* as monocropping and co-cropping system: implications for rhizospheric bioremediation. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(1), 5908-5918.
- Duke, S. O. & Hoagland, R. E., In The Herbicide Glyphosate, ed. E. Grossbard & D.29. Laanest, L., Eesti N S V T e u d . Akad. Toim., Biol., 36 (1987) 204-9. Atkinson, Butterworths, London, 1985, pp. 75-91.
- Dülger, H., & Tiryaki, O. (2021). Investigation of pesticide residues in peach and nectarine sampled from Çanakkale, Turkey, and consumer dietary risk assessment. *Environmental monitoring and assessment*, 193(9), 561.
- Edwards, C.A. (1993). The Impact of Pesticides on the Environment. In: Pimentel, D., Lehman, H. (eds) The Pesticide Question. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-585-36973-0_2
- Ellman, G. L. (1959). Tissue sulfhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82(1): 70-77.
- Elstner, E. F. (1990). *Der sauerstoff: biochemie, biologie, medizin*. BI-Wiss.-Verlag.
- EPA, (2009). What is a pesticide? <http://www.epa.gov/opp00001/about/>
- EFSA, Anastassiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Brancato, A., Bura, L., & Villamar-Bouza, L. (2020). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance 24-epibrassinolide. *EFSA Journal*, 18(6), e06132.
- Evans MMS, Poethig RS. 1995. Gibberellins promote vegetative phase change and reproductive maturity in maize. *Plant Physiol.* 108(2), 475-487.
- Frank, L. Y. and Ralph, E. W. (1987). Efficacy of post harvest herbicides on Russian Thistle (*Salsola iberica*) control and seed germination. *Weed Sci.* 35:554–559.
- Fedtko, C., & Duke, S O. (2004). Herbicides. In *Plant toxicology* (pp.261-344). CRC Press.

- Galuszka, P., Spíchal, L., Kopečný, D., Tarkowski, P., Frébortová, J., Šebela, M., & Frébort, I. (2008). Metabolism of plant hormones cytokinins and their function in signaling, cell differentiation and plant development. *Studies in Natural Products Chemistry*, 34, 203-264.
- Gaspar, T., Kevers, C., Penel, C., Greppin, H., Reid, D. M., & Thorpe, T. A. (1996). Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 32, 272-289.
- Ghasemi, A., Farzaneh, S., Moharramnejad, S., Sharifi, R. S., Youesf, A. F., Telesinski, A., & Mojski, J. (2022). Impact of 24-epibrassinolide, spermine, and silicon on plant growth, antioxidant defense systems, and osmolyte accumulation of maize under water stress. *Scientific Reports*, 12(1), 14648.
- Gianessi, L. P., & Reigner, N. P. (2007). The value of herbicides in US crop production. *Weed Technology*, 21(2), 559-566.
- Glover-Amengor, M., & Tetteh, F. M. (2008). Effect of pesticide application rate on yield of vegetables and soil microbial communities. *West African Journal of Applied Ecology*, 12(1).
- Goulson, D. 2013. Review: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4): 977-987.
- Gourgouta, M., Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2019). Residual toxicity of a commercial cypermethrin formulation on grains against four major storage beetles. *Journal of Stored Products Research*, 83, 103-109.
- Gregory, L. E., Mandava, N. B., 1982. The activity and interaction of brassinolide and gibberellic acid in mung bean epicotyls. *Plant Physiol.* 54, 239–243.
- Grove MD, Spencer GF, Rohwedder WK, Mandava N, Worley JF, Warthen JD, Stevens GL, Flippen-Anderson JL, Cook JC. 1979. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*, 281, 216-217.

- Grzelak, M., Pacholczak, A., & Nowakowska, K. (2023). Practical aspects of brassinosteroids in drought stress protection and its usage in agriculture. *Herba Polonica*, 69(3), 29-33.
- Guedes, F. R. C. M., Maia, C. F., da Silva, B. R. S., Batista, B. L., Alyemeni, M. N., Ahmad, P., & da Silva Lobato, A. K. (2021). Exogenous 24-Epibrassinolide stimulates root protection, and leaf antioxidant enzymes in lead stressed rice plants: central roles to minimize Pb content and oxidative stress. *Environmental Pollution*, 280, 116992.
- Gupta, P. K. (2018). Toxicity of fungicides. In *Veterinary toxicology* (pp. 569-580). Academic Press.
- Gupta, R. C., Mukherjee, I. R. M., Malik, J. K., Doss, R. B., Dettbarn, W. D., & Milatovic, D. (2019). Insecticides. *Biomarkers in toxicology* (pp. 455-475). Academic Press.
- Güntay, O., Çay, H., Durusel, B., & Terzi, Y. (2021). Sentetik Piretroidlere Genel Bakış. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(2), 201-223.
- Gyawali, K. (2018). Pesticide uses and its effects on public health and environment. *Journal of Health Promotion*, 6, 28-36.
- Hatamleh, A. A., Danish, M., Al-Dosary, M. A., El-Zaidy, M., & Ali, S. (2022). Physiological and oxidative stress responses of *Solanum lycopersicum* (L.) (tomato) when exposed to different chemical pesticides. *RSC advances*, 12(12), 7237-7252.
- Hausladen, A., & Alscher, R. G. (2017). Glutathione. In *Antioxidants in higher plants* (pp. 1-30). CRC Press
- Hayat, S., & Ahmad, A. (2003). Soaking seeds of *Lens culinaris* with 28-homobrassinolide increased nitrate reductase activity and grain yield in the field in India. *Annals of applied biology*, 143(1), 121-124.
- Hepsağ, F., & Kizildeniz, T. (2021). Pesticide residues and health risk appraisal of tomato cultivated in greenhouse from the Mediterranean region of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(18), 22551-22562.

- Hnilička, F., Hniličková, H., Martinková, J., Bláha, L., & Kadlec, P. (2009). Impact of 24-epibrassinolide on chemical structure and energy content in wheat grain. *Vagos*, (83), 17-22.
- Jan, S., Singh, R., Bhardwaj, R., Ahmad, P., & Kapoor, D. (2020). Plant growth regulators: a sustainable approach to combat pesticide toxicity. *3 Biotech*, 10(11), 466.
- Janeczko, A., Koscielniak, J., Pilipowicz, M., Szarek-Lukaszewska, G., & Skoczowski, A. (2005). Protection of winter rape photosystem 2 by 24-epibrassinolide under cadmium stress. *Photosynthetica*, 43, 293-298.
- Janeczko, A., Biesaga-Kościełniak, J., & Dziurka, M. (2009). 24-Epibrassinolide modifies seed composition in soybean, oilseed rape and wheat. *Seed Science and Technology*, 37(3), 625-639.
- Janeczko, A., Biesaga-Kościełniak, J., Oklešťková, J., Filek, M., Dziurka, M., Szarek-Lukaszewska, G., & Kościełniak, J. (2010). Role of 24-epibrassinolide in wheat production: *physiological effects and uptake*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(4), 311-321.
- Jones, D. (1995). Environmental fate of cypermethrin. *Environmental Monitoring and Pest Management*, 1-10.
- Kaur, R., Mavi, G. K., Raghav, S., & Khan, I. (2019). Pesticides classification and its impact on environment. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 8(3), 1889-1897.
- Kazar Soydan, D., Turgut, N., Yalçın, M., Turgut, C., & Karakuş, P. B. K. (2021). Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from the Aegean region of Turkey and assessment of risk to consumers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 27511-27519.
- Khan, I., Awan, S. A., Ikram, R., Rizwan, M., Akhtar, N., Yasmin, H., & Ilyas, N. (2021). Effects of 24-epibrassinolide on plant growth, antioxidants defense system, and endogenous hormones in two wheat varieties under drought stress. *Physiologia plantarum*, 172(2), 696-706.

- Khan, M., Aymen, U., Singh, R., Raju, A. D., Prasad, S. M., & Parihar, P. (2023). Plant hormones for the regulation of pesticide metabolism. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 227-250). Elsevier.
- Khripach, V.Zhabinskii, V., & de Groot, A. (2000). Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany*, 86(3), 441-447.
- Kunert, K. J., & Foyer, C. H. (1993). Thiol/disulphide exchange in plants. *Sulfur Nutrition and Assimilation in Higher Plants. Regulatory Agricultural and Environmental Aspects. SPB Academic Publishers, The Hague, The Netherlands*, 139-151.
- Korkina, L.G.(2007). Phenylpropanoids as naturally occurring antioxidants: from plant defense to human health. *Cellular and molecular biology*, 53(1), 15-25.
- Lakshmi, A.(1993). Pesticides in India: risk assessment to aquatic ecosystems. *Science of the total environment*, 134, 243-253.
- Leyser, O. (2018). Auxin signaling. *Plant physiology*, 176(1), 465-479.
- Luty, S., Latuszynska, J., Obuchowska-Przebirowska, D., Tokarska, M., & Haratym-Maj, A. (2000). Subacute toxicity of orally applied alpha-cypermethrin in Swiss mice. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 7(1).
- Liu S, Che Z, Chen G (2016) Multiple-fungicide resistance to carbendazim, diethofencarb, procymidone, and pyrimethanil in field isolates of *Botrytis cinerea* from tomato in Henan Province, China. *Crop Prot* 84:56–61.
- Lydon, J. & Duke, S. O. (1989). Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. *Pesticide Science*, 25(4), 361-373.
- Mandava, N. B., Sasse, J. M., & Yopp, J. H. (1981). Brassinolide, a growth-promoting steroidal lactone: II. Activity in selected gibberellin and cytokinin bioassays. *Physiologia Plantarum*, 53(4), 453-461.

- Mandava, N. B. 1988. Plant growth-promoting brassinosteroids. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 23–52.
- Megharaj, M., Venkateswarlu K., & Rao, A. S. (1987). Influence of cypermethrin and fenvalerate on a green alga and three cyanobacteria isolated from soil. *Ecotoxicology and environmental safety*, 14(2), 142-146.
- Mishra, V., Srivastava, G., Prasad, S. M., & Abraham, G. (2008). Growth, photosynthetic pigments and photosynthetic activity during seedling stage of cowpea (*Vigna unguiculata*) in response to UV-B and dimethoate. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 92(1), 30-37.
- Morton, V., & Staub, T. (2008). A short history of fungicides. *APSnet Features*, 308, 1-12.
- Mori, K. (1980). Synthesis of a brassinolide analog with high plant growth promoting activity. *Agricultural and Biological Chemistry*, 44(5), 1211-1212.
- Mostafalou, S., & Abdollahi, M. (2013). Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and applied pharmacology*, 268(2), 157-177.
- Murthy, P. G., Mahadeva, P. G. and Sudarshana, M. S. (2005). Toxicity of different imbibitions periods of dimethoate on germination, chlorophyll a/b, and dry matter of Glycine max (L) Merrill. Cv. KHSB-2, during early seedlings growth. *J. Physiol. Res.* 18:199–201.
- Naha, A., Nath, D. C., & Nath, S. (2020). Impact of pesticides on the growth of *Coriandrum sativum*. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 12(1), 17-25.
- Nath, U., Puzari, A., & Jamir, T. (2024). Toxicological assessment of synthetic pesticides on physiology of *Phaseolus vulgaris* L. and *Pisum sativum* L. along with their correlation to health hazards: A case study in south-west Nagaland, India. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 23(4), 300-311.

- Nehru, S. D., Rangaiah, S., Ramarao, G. and Shekar, G. C. (1999). Effect of some herbicide on seed germination and seedling vigour in mungbean. *Crop Res.* 17:425–426.
- Oberemok, V. V., Laikova, K. V., Gninenko, Y. I., Zaitsev, A. S., Nyadar, P. M., & Adeyemi, T. A. (2015). A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 55(3), 221-226.
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of agricultural science*, 144(1), 31-43.
- Parween, T., Jan, S., Mahmooduzzafar, S., Fatma, T., & Siddiqui, Z. H. (2016). Selective effect of pesticides on plant—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(1), 160-179.
- Peterson, G. E. (1967). The discovery and development of 2, 4-D. *Agricultural history*, 41(3), 243-254.
- Popov, S. Y., Dorozhkina, L. A., & Kalinin, V. A. (2003). Fundamentals of chemical plant protection. *Art-Lion, Moskva*, 208.
- Prasad, S. M., Kumar, D., & Zeeshan, M. (2005). Growth, photosynthesis, active oxygen species and antioxidants responses of paddy field cyanobacterium *Plectonema boryanum* to endosulfan stress. *The Journal of general and applied microbiology*, 51(2), 115-123.
- Qu, R. Y., He, B., Yang, J. F., Lin, H. Y., Yang, W. C., Wu, Q. Y., & Yang, G. F. (2021). Where are the new herbicides?. *Pest Management Science*, 77(6), 2620-2625.
- Radhika, V., Ueda, N., Tsuboi, Y., Kojima, M., Kikuchi, J., Kudo, T., & Sakakibara, H. (2015). Methylated cytokinins from the phytopathogen *Rhodococcus fascians* mimic plant hormone activity. *Plant Physiology*, 169(2), 1118-1126.

- Rajashekhar, N., Prakasha and Murthy, T. C. S. (2012). Seed germination and physiological behavior of Maize (cv. Nac-6002) seedlings under abiotic stress (Pendimethalin) condition. *Asian J. Crop Sci.* 4(2):80–85.
- Randall C, Hock W, Crow E, Hudak-Wise C, Kasai J. (2013). National Pesticide Applicator Certification Core Manual. *National Association of State Departments of Agriculture Research Foundation, Washington, DC.*
- Ratkevicius, N., J.A. Correa, and A. Moenne. 2003. Copper accumulation, synthesis of ascorbate and activation of ascorbate peroxidase in *Enteromorpha compressa* (L.) Grev. (Chlorophyta) from heavy metal-enriched environments in northern Chile. *Plant, Cell and Environment* 26:1599-1608.
- Rekha, Naik, S. N., & Prasad, R. (2006). Pesticide residue in organic and conventional food-risk analysis. *Journal of Chemical Health & Safety*, 13(6), 12-19.
- Rennenberg, H., & Brunold, C. (1994). Significance of glutathione metabolism in plants under stress. In *Progress in Botany: Structural Botany Physiology Genetics Taxonomy Geobotany/Fortschritte der Botanik Struktur Physiologie Genetik Systematik Geobotanik* (pp. 142-156). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Romanenko, E. A., Kosakovskaya, I. V., & Romanenko, P. O. (2015). Phytohormones of microalgae: biological role and involvement in the regulation of physiological processes. Pt I. auxins, abscisic acid, ethylene. *International Journal on Algae*, 17(3).
- Rothova, O., Hola, D., Kocova, M., Tumova, L., Hnilicka, F., Hnilickova, H., Kamlar, M., Macek, T. (2014). 24-Epibrassinolide and 20-hydroxyecdysone affect photosynthesis differently in maize and spinach. *Steroids*, 85, 44-57.
- Sağlık Bakanlığı, <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligibiyosidal/ab-uygulamalar%C4%B1,-mevzuat,-organizasyon,-koruyucular-ve-di%C4%9Ferbiyosidal-%C3%BCr%C3%BCnlerbirimi/aktif-maddelere-ait-listeler-guncel.html>

- Salehzade, H., Shishvan, M.I., Ghiyasi, M., Forouzin, F., Siyahjani, A.A. (2009). Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Res. J. Biol. Sci.* **4**(5), 629–631.
- Saraf, M. and Sood, N. (2002). Influence of monocrotophos on growth, oxygen uptake and exopolysaccharide production of rhizobium NCIM 2271 on chickpea. *J. Indian Bot. Soc.* 82: 157–164.
- Schultz, D. P. and Funderburk, H. H. J. (1967). Effect of herbicide trifluralin on nucleic acid of corn seedlings. *Physiology.* 42:50–51.
- Sergieva, I., Alexieva, V., & Karanov, E. (1997). Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plants. *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci.*, 51(3): 121-124.
- Serna, M., Hernández, F., Coll, F., Coll, Y., & Amorós, A. (2013). Effects of brassinosteroid analogues on total phenols, antioxidant activity, sugars, organic acids and yield of field grown endive (*Cichorium endivia* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(7), 1765-1771.
- Shahbaz, M., Ashraf, M., & Athar, H. U. R. (2008). Does exogenous application of 24-epibrassinolide ameliorate salt induced growth inhibition in wheat (*Triticum aestivum* L.)?. *Plant Growth Regulation*, 55, 51-64.
- Shahzad, B., Tanveer, M., Che, Z., Rehman, A., Cheema, S. A., Sharma, A., Zhaorong, D. (2018). Role of 24-epibrassinolide (EBL) in mediating heavy metal and pesticide induced oxidative stress in plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 935-944.
- Shahid, M., Ahmed, B., & Khan, M. S. (2018). Evaluation of microbiological management strategy of herbicide toxicity to greengram plants. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 14, 96-108.
- Shakir, S. K., Kanwal, M., Murad, W., ur Rehman, Z., ur Rehman, S., Daud, M. K., & Azizullah, A. (2016). Effect of some commonly used pesticides on seed germination, biomass production and photosynthetic pigments in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Ecotoxicology*, 25, 329-341.

- Shakir, S. K., Irfan, S., Akhtar, B., Rehman, S. U., Daud, M. K., Taimur, N., & Azizullah, A. (2018). Pesticide-induced oxidative stress and antioxidant responses in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. *Ecotoxicology*, 27, 919-935.
- Sharma, P., Bhardwaj, R., Arora, N., Arora, H. K., & Kumar, A. (2008). Effects of 28-homobrassinolide on nickel uptake, protein content and antioxidative defence system in *Brassica juncea*. *Biologia Plantarum*, 52, 767-770.
- Sharma, I., Bhardwaj, R., & Pati, P. K. (2012). Mitigation of adverse effects of chlorpyrifos by 24-epibrassinolide and analysis of stress markers in a rice variety Pusa Basmati-1. *Ecotoxicology and environmental safety*, 85, 72-81.
- Sharma, I., Bhardwaj, R., & Pati, P. K. (2013). Stress modulation response of 24-epibrassinolide against imidacloprid in an elite indica rice variety Pusa Basmati-1. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 105(2), 144-153.
- Sharma, A., Kumar, V., Singh, R., Thukral, A. K., & Bhardwaj, R. (2015). 24-Epibrassinolide induces the synthesis of phytochemicals effected by imidacloprid pesticide stress in *Brassica juncea* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4(3), 60-64.
- Sharma, I., Bhardwaj, R., & Pati, P. K. (2015). Exogenous application of 28-homobrassinolide modulates the dynamics of salt and pesticides induced stress responses in an elite rice variety Pusa Basmati-1. *Journal of plant growth regulation*, 34, 509-518.
- Sharma, A., Kumar, V., Singh, R., Thukral, A. K., & Bhardwaj, R. (2016). Effect of seed pre-soaking with 24-epibrassinolide on growth and photosynthetic parameters of *Brassica juncea* L. in imidacloprid soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 195-201.
- Sharma, A., Thakur, S., Kumar, V., Kanwar, M. K., Kesavan, A. K., Thukral, A. K., ... & Ahmad, P. (2016). Pre-sowing seed treatment with 24-epibrassinolide ameliorates pesticide stress in *Brassica juncea* L. through the modulation of stress markers. *Frontiers in plant science*, 7, 1569.

- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1, 1-16.
- Sharma, A., Yuan, H., Kumar, V., Ramakrishnan, M., Kohli, S. K., Kaur, R., ... & Zheng, B. (2019). Castasterone attenuates insecticide induced phytotoxicity in mustard. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 179, 50-61.
- Sharma, A., Sharma, S. K., Singh, N., Maurya, V., Kaur, S., Kumar, R., & Sharma, I. (2024). Pesticides-mediated ROS generation in plants. In *Pesticides in a Changing Environment* (pp. 179-202). Elsevier.
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., Downs, C. & Wiemers, M. (2015). Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 5-34.
- Schaller, G. E. (2012). Ethylene and the regulation of plant development. *BMC Biology*, 10(1), 1-3.
- Shah, A. N., Tanveer, M., Hussain, S., & Yang, G. (2016). Beryllium in the environment: Whether fatal for plant growth?. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15, 549-561.
- Singh, D. P., Jermakow, A. M., & Swain, S. M. (2002). Gibberellins are required for seed development and pollen tube growth in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 14(12), 3133-3147.
- Tadeo, J.L., Albero, B., & Pérez, R.A. (2019). Pesticides: classification and properties. In *Analysis of Pesticides in Food and Environmental Samples, Second Edition* (pp. 1-40). CRC Press.
- Takim, K., & Aydemir, M. E. (2023). GC-MS and LC-MS Pesticide Analysis of Black Teas Originating from Sri Lanka, Iran, Turkey, and India. *Toxics*, 11(1), 34. .

- Tiwari, B., Kharwar S, Tiwari DN (2019) Pesticides and rice agriculture. In: Mishra AK, Tiwari DN, Rai AN (eds) *Cyanobacteria*. Academic Press, London, pp 303–325.
- Unsworth, J. (2010). History of pesticide use. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Retrieved from http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31
- Vasil, I. K., Thorpe, T. A., (ed.) 1994. *Plant cell and tissue culture*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wakil, W., Kavallieratos, N.G., Eleftheriadou, N., Asrar, M., Yaseen, T., Tahir, M., Rasool, K.G., Husain, M., Aldawood, A.S. 2023. Evaluating the Compatibility of Spinosad and Alpha-Cypermethrin for Controlling Six Insect Pests Infesting Stored Wheat. *Insects*, 14(11), 855.
- Wang, W. (1994). Rice seed toxicity tests for organic and inorganic substances. *Environmental monitoring and assessment*, 29, 101-107.
- Wen, Y. M., Meng, L. Y., Liu, S. T., Zhu, C. M., Liu, Y. J., & Qu, A. J. (2017). Ultrastructure effects of omethoate and cypermethrin insecticides on maize seedlings. *Chemistry and Ecology*, 33(9), 883-892.
- WHO (1989). Environmental Health Criteria 82: Cypermethrin. IPCS International Programme on Chemical Safety.
- WHO (2009). *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009*. World Health Organization,
- Worthing, C.R., & Walker, S. B. (1983). The Pesticide Manual, British Crop Protection Council. *British Crop Protection Council, Croydon*, 89.
- Xi, Z. M., Zhang, Z. W., Huo, S. S., Luan, L. Y., Gao, X., Ma, L. N., & Fang, Y. L. (2013). Regulating the secondary metabolism in grape berry using exogenous 24-epibrassinolide for enhanced phenolics content and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 141(3), 3056-3065.

- Xia, X. J., Zhang, Y., Wu, J. X., Wang, J. T., Zhou, Y. H., Shi, K., ... & Yu, J. Q. (2009). Brassinosteroids promote metabolism of pesticides in cucumber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8406-8413.
- Xie, L., Yang, C., & Wang, X. (2011). Brassinosteroids can regulate cellulose biosynthesis by controlling the expression of CESA genes in Arabidopsis. *Journal of experimental botany*, 62(13), 4495-4506.
- Xu, F., Xi, Z. M., Zhang, H., Zhang, C. J., & Zhang, Z. W. (2015). Brassinosteroids are involved in controlling sugar unloading in *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' berries during véraison. *Plant Physiology and Biochemistry*, 94, 197-208.
- Yadav, I. C., & Devi, N. L. (2017). Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental Science and Engineering*, 6, 140-158.
- Yang, C. J., Zhang, C., Lu, Y. N., Jin, J. Q., & Wang, X. L. (2011). The mechanisms of brassinosteroids' action: from signal transduction to plant development. *Molecular plant*, 4(4), 588-600.
- Yokota, T., Arima M, Takahashi N. 1982. Castasterone, a new phytosterol with plant-hormone potency from chestnut insect gall. *Tetrahedron Letters*, 23, 1275-1278.
- Yopp, J. H., Mandava, N. B. & Sasse, J. M. 1981a. Brassinolide, a growth-promoting steroidal lactone. I. Activity in selected auxin bioassays. *Physiol. Plant.* 53: 445–452.
- Zacharia, J. T. (2011). Ecological effects of pesticides. *Pesticides in the modern world-Risks and Benefits*, IntechPublisher, 129-142.
- Zhang, Y. P., Zhu, X. H., Ding, H. D., Yang, S. J., & Chen, Y. Y. (2013). Foliar application of 24-epibrassinolide alleviates high-temperature-induced inhibition of photosynthesis in seedlings of two melon cultivars. *Photosynthetica*, 51, 341-349.

- Zhang, J. J., & Yang, H. (2021). Metabolism and detoxification of pesticides in plants. *Science of the Total Environment*, 790, 148034.
- Zhao, Y., Xu, R., & Luo, W. (1990). Antagonist effect of ABA on detached cucumber cotyledon senescence induced by eBR. *Chinese Sci. Bull*, 35, 928-931.
- Zhou, Q. (2001). The measurement of malondialdehyde in plants. *Methods in Plant Physiology. China Agricultural Press, Beijing*, pp 173-174
- Zhou, Y., Xia, X., Yu, G., Wang, J., Wu, J., Wang, M., ... & Yu, J. (2015). Brassinosteroids play a critical role in the regulation of pesticide metabolism in crop plants. *Scientific reports*, 5(1), 9018.
- Zubrod, J. P., Bundschuh, M., Arts, G., Brühl, C. A., Imfeld, G., Knäbel, A., & Schäfer, R. B. (2019). Fungicides: an overlooked pesticide class?. *Environmental Science & Technology*, 53(7), 3347-3365.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Songül KONU

ÖĞRENİM BİLGİLERİ:

Lisans ve Tezsiz Yüksek Lisans: Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi
Biyoloji Öğretmenliği (2008)

Yüksek Lisans: Gaziantep Üniversitesi (2024) Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji
Anabilim Dalı, Genel Biyoloji Dalı

Mesleği: Biyoloji Öğretmeni

ESERLER

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan

Bildiriler

Gündüz, S. Doğan M., Ş. Yılmaz, Bozlar Ebru (2022). Effect of exogenous epibrassinoid on germination and some physiological parameters in cypermethrin-treated wheat, 4th International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology December 14-16, 2022.

KATILDIĞI EĞİTİM VE BİLİMSEL ETKİNLİKLER:

TÜBİTAK Bilim Fuarı (4006), İklim Değişikliği ve Çevre Eğitimi Semineri, Fatih Projesi Etkileşimli Sınıf Yönetimi Kursu, Çalışanların Temel İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Kursu, Öğretmen Olmak Semineri, Öğretmenlik Uygulaması Danışmanlığı Eğitimi Kursu, Türk İşaret Dili Uzaktan Eğitim Semineri, Öğretimsel Liderlik Semineri, Uzaktan Eğitim Süreçlerinde Öğretim Becerilerinin Geliştirilmesi Semineri, Geçici Koruma Statüsündeki Çocuklara Rehberlik Hizmetleri Semineri, Çocuklarda Sorumluluk Bilinci Oluşturma Eğitimi Semineri, Yönetimsel Beceriler Semineri, Kendilik Cesareti Semineri, Merhamet ve Yavaşlamak Semineri,

Öğretmenin Fabrika Ayarları Semineri, Zor Durumların Yönetimi, Mesleki Doyum, Bilgelik Psikolojisi, Bilimsel Liderlik, Değişen Dünya ve Eğitim Semineri, Sosyal Medya Kullanımı ve İletişim Semineri, Başlangıç Düzeyi Piyano Eğitimi Semineri, Çöpün Yolculuğu ve Geri Dönüşüm Semineri, Okuma Kültüründe Anadolu Mektebi Yazar Okuma Modeli Eğitimi Semineri, Hayatımızdaki Öğretmen Semineri, Türk Mitolojisinin Eğitimdeki Yeri ve Önemi Semineri, Türklerin Dünya Tarihindeki Yeri Semineri, Afet Sonrası Ortaöğretim Öğretmenlerinin Psikososyal Destek Becerilerinin Geliştirilmesi Semineri, 5 Kelime1 Hikâye Semineri, Okul Kültürünün Geliştirilmesi Semineri, Gençlerle İletişim Semineri, Zümrelerin Etkin Kullanımı Semineri, MEB Birim Amirlerinin Öğretmen Bilgilendirme Semineri, Acil Durum Ekipleri Eğitimi Semineri.

