



BİDGE Yayınları

Deneme Kitap Oluşturma

Editör: DEMO DEMO

ISBN: 978-625-372-572-3

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-02-01

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

İÇİNDEKİLER

DENEME 3	1
<i>DEMO DEMO</i>	
DENEME 2	15
<i>DEMO DEMO</i>	
DENEME	36
<i>DEMO DEMO</i>	

CHAPTER 1

SPORA BAĞLILIK VE YAŞAM DOYUMU İLİŞKİSİ

Halil UYSAL¹

Giriş

Günümüzde spor, insan yaşamı için her geçen gün daha çok anlam ifade etmektedir. Özellikle son dönemlerde yoğun hayat temposu, teknolojik aletlere olan bağımlılık, besinlere kolaylıkla ulaşma gibi durumların getirmiş olduğu yaşam tarzından dolayı sağlık problemleri giderek artmaktadır (Uğun & Özşarı, 2024). Sporun, bireylerin sosyalleşme süreçleri, mental sağlıkları ve kendini gerçekleştirme adına ciddi faydaları bulunmaktadır. Sportif etkinliklerin fiziksel ve mental gelişime doğrudan katkısının bilinmesi, spora erken yaşta başlanması ve sürdürülebilir bir beceri haline getirilmesinin de gerekliliğini ortaya koymaktadır (Özgün, Türkmen & Ayhan, 2021). Spor, insanlara olumsuz duyguların yerini olumlu duygulara bırakacağı bir ortam sağlamaktadır (Kara & ark., 2023). Sportif etkinliklere katılım sağlamada istikrarlı bir görüntü çizen gençlerin kaygı düzeylerinin akranlarına oranla daha düşük seviyelerde olduğu belirtilmektedir (Ashdown-Franks & ark., 2017). Ayrıca sportif etkinliklere devamlı katılımın, bireylerin öz benlikleri, sportmenlik ve mutluluk duyguları, mental iyi oluşları ve akademik

¹ PhD, Mersin Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-6538-7312

başarı düzeyleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ortaya konmuştur (Gagliardi & ark., 2020; Özsarı & ark., 2023).

Sportif faaliyetler içerisinde yer alan bireyler sosyal olarak kendilerini güvende hissetmektedirler (Özsarı & Fişekçioğlu, 2023). Bireylerin ilgi duyduğu etkinliklere yönelik hissettikleri faktörlerin başında bağlılık duygusunun geldiği belirtilmektedir (Cihan, Ilgar, & Sırgancı, 2019). Bağlılık, güçlü istek duygusu, bazen kontrolsüz davranmak ve ısrarcı bir davranmak gibi üç önemli yönü bulunan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Shaffer, Hall, & Vander Bilt, 2000). Bağlılığın, kendini adama, zinde olma ve özümseme gibi pozitif düşüncelerle birlikte gün yüzüne çıkan olumlu bir durum olduğu vurgulanmaktadır (Schaufeli & ark., 2002). Bağlılık, sadık kalabilme ve bireyin bir kişi, bir düşünce veya bir kuruma karşı yerine getirmek mecburiyetinde olduğu sorumlulukları ifade etmektedir (Balay, 2014). Bağlılık, birçok etkinlikte olduğu gibi spora düzenli katılımın gerçekleşmesi noktasında pozitif etkiler yaratır (Wheatley & Bickerton, 2016). Sporda bağlılık, sporcuların hedeflerine ulaşmak adına göstereceği çaba ve bu uğurda zaman harcama arzusu olarak tanımlanmıştır (Lonsdale, Hodge, & Raedeke, 2007). Spora bağlılık, bir sporcunun sportif etkinliklere katılımı ile ilgili ısrarcı yaklaşımın doğrudan etki yarattığı mental bir durum olarak tarif edilmektedir (Scanlan & ark., 2013). Sporcu bağlılığı kavramı; sportif etkinliklerde çok yönlü kalıcı deneyimler yaşayabilmesi adına sporcunun özgüven, çaba ve zindelik gibi kendine has özellikleri kullanabilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Kelecek & Göktürk, 2017). Sporcuların, spora katılımında devamlılık ve kalıcılığı üzerinde psikolojik bir faktör olarak bağlılık kavramının destekleyici etkilerini araştıran önemli çalışmalar bulunmaktadır (Casper, Gray, & Babkes Stellino, 2007; Kang, Lee, & Kwon, 2019; Scanlan & ark., 2013).

Yaşam doyumu, bireylerin ellerinde mevcut varlıkları ile istek ve beklentilerinin kıyaslanmasıyla ortaya çıkan durumdur. Bu

kıyaslama ile birlikte beliren yaşam doyumu belirli bir zaman dilimi veya belirli bir olaya bağılı kalmadan genel yaşantı ile ilgili doyumu ifade etmektedir (Özer & Karabulut, 2003). Bireyin yaşantısı ile ilgili bilişsel yargıların ve algıladığı memnuniyetin belirtisi olan yaşam doyumunun, yaşamda mutlu kalabilmek ve yaşama anlam katabilmek adına önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir (Yaşartürk, Akyüz, & Karataş, 2017). Sporcuların yaşantılarında mutlu olabilmeleri ve spor yaşantılarının bir anlam kazanabilmesi için ihtiyaç duydukları temel bir unsur da “yaşam doyumu” dur (Doğru, 2019). Spor, içinde barındırdığı antrenman, müsabaka, sosyal iletişim vb. faktörler ile sporcuların hayatlarında önemli bir yer tutar. Sportif etkinlikler sporcuların fiziksel gelişimlerinin yanı sıra yaşam doyumu gibi bilişsel durumlar üzerinde de etkilere sahiptir (Han & Polat, 2022). Bu bağlamda sporcuların ilgilendikleri spor branşı özelinde mevcut bulundukları durum ile hedef ve beklentileri arasında meydana gelen uyum ya da uyumsuzluk sportif yaşam doyumları üzerinde belirleyici öneme sahip gözlenmektedir.

Günümüzde sporcuların başarıya ulaşmak ve elde edilen başarının devamlı olması olabilmesi adına rakipleriyle fiziksel ve mental anlamda çok yoğun bir mücadele içine girmekte ve bu yoğun mücadele durumu sporcuların çeşitli duygu durumlara sürekli maruz kalmasını gerekli kılmaktadır (Kelecek & Göktürk, 2017). Spora bağlılık ve yaşam doyumu arasındaki ilişkinin sporcuların mental sağlıklarının iyileştirilmesi ve buna bağılı olarak performanslarının desteklenebileceğı değerlendirilmektedir (Han & Polat, 2022). Bu bağlamda araştırma kapsamında sporcuların spora bağılılık ve yaşam doyumu düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Araştırma Modeli

Araştırma ilişkişel tarama modeli kullanılarak yürütölmüştür. İlişkişel tarama modelleri değışkenler arasındaki birlikte değışimin

varlığını veya derecesini belirlemeyi amaçlayan araştırma modelleridir (Karasar, 2019). Araştırma modeli kapsamında oluşturulan hipotezler aşağıda sunulmuştur.

Araştırma Grubu

Araştırmaya kolayda örnekleme yöntemi ile ulaşılan 289 kadın (% 45.4), 347 erkek (% 54.6) olmak üzere toplamda 636 sporcu gönüllü olarak katılım sağlamıştır.

Veri Toplama Araçları

Spora bağlılık Ölçeği: Türkçe uyarlaması Kayhan, Bardakçı & Caz (2020) tarafından yapılan ölçek, Guillen & Martinez-Alvarado (2014) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen ölçek 10 madde ve iki alt boyuttan oluşmaktadır. Alt boyutları dinç olma ve odaklanmadır. Ölçek 7’li derecelendirme tipinde dizayn edilmiştir. Bu araştırma için ölçeğin Cronbach’s Alfa (α) değeri dinç olma boyutu .71; odaklanma boyutu .69 ve ölçek geneli .81 olarak tespit edilmiştir.

Yaşam Doyumu Ölçeği: Diener & ark. (1985) tarafından geliştirilmiştir. Ölçeğin Türkçe uyarlaması Dağlı & Baysal (2016) tarafından yapılmıştır. Ölçek tek boyut ve 5 maddeden oluşmaktadır. Ölçek 5’li likert tipinde dizayn edilmiştir. Bu araştırma için ölçeğin Cronbach’s Alfa (α) değeri .89 olarak tespit edilmiştir.

Verilerin Analizi

Araştırmada öncelikli olarak kayıp değerlere bakılmış, ardından uç değerler incelenmiştir. Araştırma ölçeklerine ilişkin güvenirlik analizleri için Cronbach’s Alfa (α) yapılmıştır. Basıklık ve çarpıklık değerleri incelenmiş ve normal dağılım varsayımının kanıtlandığını gözlenmiştir. Bu sonuçlar dikkate alınarak araştırma parametrik testler kullanılarak yürütülmüştür. Betimsel istatistiğin yanı sıra uygun istatistik programlarından yararlanılarak korelasyon ve regresyon analizlerine yer verilmiştir.

Bulgular

Araştırma kapsamında elde edilen verilen uygun istatistiksel programlar aracılığıyla yapılan analizi sonucunda ulaşılan istatistiki bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Tablo 1. Araştırma Ölçekleri Çarpıklık ve Basıklık Değerleri

Spora Bağlılık			Yaşam Doyumu Ölçeği	
	Skewness	Kurtosis	Skewness	Kurtosis
Dinç olma	-1,005	,886	-,561	-,046
Odaklanma	-1,042	,876		

Tablo 1 incelendiğinde skewness ve kurtosis değerleri kabul edilebilir değer olan +1 ile -1 aralığında olduğu görülmektedir. Normal dağılımın iki unsuru çarpıklık ve basıklık değerlerinin +1 ile -1 arasında olması gerektiği vurgulanmaktadır (Kline, 2011).

Tablo 2: Katılımcıların demografik bilgileri

		<i>N</i>	%
Cinsiyet	Erkek	347	54,6
	Kadın	289	45,4
	Toplam	636	100
Spor yılı	1-3 yıl	342	53,8
	4-6 yıl	153	24,1
	7 ve üzeri	141	22,2
	Toplam	636	100
Branş	Atletizm	103	16,2
	Basketbol	58	9,1
	Futbol	153	24,1
	Güres	33	5,2
	Kickboks	20	3,1
	Hokey	32	5,0
	Voleybol	104	16,4
	Su topu	28	4,4
	Masa Tenisi	36	5,7
	Okculuk	47	7,4
	Hentbol	22	3,5
	Toplam	636	100

Tablo 2 incelendiğinde araştırmaya 347 erkek (%54,6), 289 kadın (%45,4) olmak üzere toplam 636 sporcunun katıldığı görülmektedir. Araştırmaya katılan 342 (%53,8) sporcu 1-3 yıl arasında spor deneyimine, 153 (%24,1) sporcu 4-6 yıl spor deneyimine, 141 (%22,2) sporcu ise 7 ve üzeri yıl spor deneyimine sahiptir. Araştırmaya katılan sporcuların branş dağılımları dikkate alındığında atletizm 103 (% 16.2), basketbol 58 (% 9.1), futbol 153

(% 24.1), güreş 33 (% 5.2), kickboks 20 (% 3.1), hokey 32 (% 5.0), voleybol 104 (% 16.4), su topu 28 (% 4.4), masa tenisi 36 (% 5.7), okçuluk 47 (% 7.4), hentbol 22 (% 3.5) sporcu şeklinde dağılım göstermektedir.

Tablo 3 . Araştırma değişkenleri korelasyon analizi sonuçları

	1	2	3
1-Dinç olma	-		
2-Odaklanma	.668**	-	
3-Yaşam doyumu	.410**	.362**	-

** $p<0.01$.

Tablo 3’ de gösterilen araştırmanın korelasyon analizi sonuçlarına göre; spora bağlılık ölçeği alt boyutu dinç olma ile yaşam doyumu arasında anlamlı, pozitif ve orta düzeyli ($r=.410$), Spora bağlılık ölçeğinin diğer bir alt boyutu olan odaklanma ile yaşam doyumu arasında anlamlı, pozitif ve orta düzeyli ($r=.362$) bir ilişki söz konusudur.

Tablo 4. Spora bağlılık-yaşam doyumu regresyon analizi sonuçları

Model	B	Std. Error	Beta (β)	t	F ₍₂₋₆₃₃₎ = 70.385 p=.000 D-W=1.784	R=.427 R ² =.182 Adj. R ² = .179
(Constant)	-.801	.398	-	-2.011		
Dinç olma	.520	.083	.303**	6.264		
Odaklanma	.189	.057	.160**	3.307		

** $p<0.01$. Bağımlı değişken: Yaşam Doyumu

Tablo 4’de bağımsız değişken olan spora bağlılık ile bağımlı değişken olan yaşam doyumu, arasında yapılan regresyon analizi sunulmuştur. model istatistiksel olarak anlamlıdır ($F_{(2-633)}= 70.385$; $p<.001$). Modelin R² değeri .182, düzeltilmiş R² değeri .179 olarak

bulgulanmıştır. Bu sonuç spora bağlılık bağımsız değişkeninin, bağımlı değişken olan yaşam doyumu üzerindeki değişimlerin yaklaşık % 18'ini açıkladığını göstermektedir. Beta göstergeleri göz önüne alınarak bu ilişkideki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni etkileme gücüne bakıldığında; ilk olarak anlamlı pozitif yordama spora bağlılık alt boyutu olan dinç olma ($\beta=.303$) boyutunda, ikinci olarak pozitif yordama odaklanma ($\beta=.160$) boyutundadır. Spora bağlılık arttıkça yaşam doyumunun artacağı ifade edilebilir.

Tartışma ve Sonuç

Araştırma kapsamında sporcuların spora bağlılıkları ve yaşam doyumları arasındaki ilişkinin varlığı araştırılmış ve elde edilen bulgular sunulmuştur. Elde edilen verilere uygulanan korelasyon analizi sonuçlarına göre spora bağlılık ve yaşam doyumu arasında pozitif ve orta düzeyli bir ilişkinin olduğu bulgulanmıştır. Ayrıca araştırma kapsamında yürütülen regresyon analizi sonuçlarına göre spora bağlılığın dinç olma ve odaklanma alt boyutlarının yaşam doyumu üzerinde pozitif yönde yordama gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma bulguları ışığında alan yazın tarandığında spora bağlılık ve yaşam doyumu kavramlarının birlikte kullanıldığı çalışmaların sınırlı olsa da varlığından söz edilmekle birlikte benzer çalışmalar ile araştırma sonuçları tartışılmıştır. İnan & Koç (2021) tarafından yürütülen çalışmada sporcuların yaşam doyumu ve spora bağlılıkları arasında pozitif ve orta düzeyli bir ilişki olduğu vurgulanmıştır. Benzer bir çalışmada fiziksel ve zihinsel faktörlerin yaşam doyumu üzerinde etkili olduğunu ve fiziksel aktivitelere katılım göstermenin yaşam doyumu üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermektedir (Payne, Mowen, & Montoro-Rodriguez, 2006). Han & Polat (2022) tarafından kış sporları ile ilgilenen sporcular üzerinde yapılan çalışmada spora bağlılığın

yaşam doyumu anlamlı ilişkisinin olduğu ve regresyon analizi sonuçlarına göre spora bağlılığın yaşam doyumu üzerinde pozitif doğrultuda yordayıcı olduğu tespit edilmiştir. Ekizoğlu (2023) tarafından açık yüzme sporcuları ile yürütülen çalışmada, katılımcıların spora bağlılık ve yaşam doyumu düzeyleri arasında pozitif ve anlamlı ilişkilerin varlığı tespit edilmiş ve spora bağlılığın yaşam doyumunu pozitif yönde yordadığı belirtilmiştir. Ayrıca fiziksel aktivitenin yaşam doyumu üzerinde olumlu etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bulgulayan çalışmalar mevcuttur (Olefir, Kuznetsov, & Plokhikh, 2019; Moreno-Murcia & ark., 2017; Zullig & White, 2011; Martin & ark., 2015; Wu & ark., 2023; Zhou & ark., 2023).

Sonuç olarak araştırma bulguları ve alan yazında mevcut çalışmalar ışığında özellikle sporcuların spora bağlılıkları ile yaşam doyumları arasındaki ilişkinin olumlu yönde seyrettiği; ayrıca sporcuların spora bağlılıklarının yaşam doyumlarını pozitif yönde yordama gücüne sahip olduğu söylenebilmektedir. Diğer yandan sedanter bireylerin, öğrencilerin, yetişkinlerin de bireysel veya grup olarak fiziksel aktiviteye katılımlarının yaşam doyumları üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu gözlenebilmektedir. Spor ve fiziksel aktivite katılım oranının artırılması, ilgi duyulan spor branşına ve fiziksel aktiviteye olan bağlılığın güçlendirilmesinin bireylerin yaşam kalitesi ve algılarını pozitif yönde etkileyebileceği söylenebilir.

Kaynakça

- Ashdown-Franks, G., Sabiston, C., Solomon-Krakus, S., & O'Loughlin, J. (2017). Sport participation in high school and anxiety symptoms in young adulthood. *Mental Health and Physical Activity*, 12, 19-24. Doi:10.1016/j.mhpa.2016.12.001
- Balay, R. (2014). *Yönetici ve öğretmenlerde örgütsel bağlılık*. Ankara: Pegem Akademi.
- Casper, J., Gray, D., & Babkes Stellino, M. (2007). A sport commitment model perspective on adult tennis player' participation frequency and purchase intention. *Sport Management Review*, 10(3), 253-278. Doi:10.1016/s1441-3523(07)70014-1
- Cihan, B., Ilgar, E., & Sırgancı, G. (2019). "Spora bağlılık ölçeği'nin geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Gençlik Araştırmaları Dergisi*, 7(17), 171-191.
- Dağlı, A., & Baysal, N. (2016). Yaşam doyumu ölçeğinin Türkçe'ye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(59), 1250-1262. Doi: 10.17755/esosder.75955
- Diener, E., Emmons, R., Larsen, R., & Griffin, S. (1985). The satisfaction with life scale. *Journal of Personality Assessment*, 49(1), 71-75. Doi: 10.1207/s15327752jpa4901_13
- Doğru, Z. (2019). Voleybol milli takım gelişim kampına çağrılan 14-15 yaş grubu erkek sporcuların hedef yönelimleri ve yaşam doyum düzeyleri. *Beden Eğitimi ve Spor Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 67-83. Doi: 10.30655/besad.2019.17

- Ekizoğlu, Ö. (2023). Açık su yüzme sporcularının spora bağlılıklarının yaşam doyumuna etkisi. *Spor Eğitim Dergisi*, 7(1), 68-76. Doi:10.55238/seder.1260479
- Gagliardi, A., Walker, G., Dahab, K., Seehusen, C., Provance, A., Albright, J., & Howell, D. (2020). Sports participation volume and psychosocial outcomes among healthy high school athletes. *Journal of Clinical and Translational Research*, 6(2), 54-60. Doi:10.18053/jctres.06.202002.003
- Guillen, F., & Martinez-Alvarado, J. (2014). The sport engagement scale: An adaptation of the utrecht work engagement scale (UWES) for the sport environment. *Universitas Psychologica*, 13(3), 15-24. Doi:10.11144/Javeriana.UPSY13-3.sesa
- Han, M., & Polat, E. (2022). Kış sporları ile ilgilenen sporcuların spora bağlılık ve yaşam doyumunu arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 20(3). Doi:10.33689/spormetre.1079970
- İnan, H., & Koç, M. (2021). The relationship between life satisfaction of the school of physical education and sports student and their levels of sports engagement. *Journal of Educational Issues*, 7(2), 1-17. Doi:10.5296/jei.v7i2.18756
- Kang, S., Lee, K., & Kwon, S. (2019). Basic psychological needs, exercise intention and sport commitment as predictors of recreational sport participation' exercise adherence. *Psychology & Health*, 35(8), 916-932. Doi:10.1080/08870446.2019.1699089
- Kara, M., Özsarı, A., Kara, N., & Çetin, M. (2023). Sportmenlik ve affetme esnekliği: Genç karate sporcuları araştırması. *Gençlik Araştırmaları Dergisi*, 11(29), 56-68. Doi:10.52528/genclikarastirmalari.1210491

- Karasar, N. (2019). *Bilimsel araştırma yöntemi* (34 b.). Ankara: Nobel.
- Kayhan, R., Bardakçı, S., & Caz, Ç. (2020). Adaptation of the sport engagement scale to Turkish. *Journal of The Human and Social Science Research*, 9(3), 2905-2922. Doi: 10.15869/itobiad.676854
- Kelecek, S., & Göktürk, E. (2017). Kadın futbolcularda sporcu bağlılığının sporcu tükenmişliğini belirlemedeki rolü. *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 2(2), 162-173.
- Kline, R. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th b.). New York: The Guilford Press.
- Londsale, C., Hodge, K., & Raedeke, T. (2007). Athlete engagement: I. A qualitative investigation of relevance and dimensions. *International Journal of Sport Psychology*, 38(4), 451-470.
- Martin, J., Byrd, B., Watts, M., & Dent, M. (2015). Gritty, hardy and resilient: Predictors of sport engagement and life satisfaction in wheelchair basketball players. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 9(4), 345-359. Doi:10.1123/jcsp.2015-0015
- Moreno-Murcia, J., Belando, N., Huéscar, E., & Torres, M. (2017). Social support physical exercise and life satisfaction in women. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 49, 194-202. Doi:10.1016/j.rlp.2016.08.002
- Olefir, V., Kuznetsov, M., & Plokhikh, V. (2019). Effect of physical exercise and perceived stress interaction on students' satisfaction with life. *Pedagogics Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*, 23(1), 30-35. Doi:10.15561/18189172.2019.0105

- Özer, M., & Karabulut, Ö. (2003). Yaşlılarda yaşam doyumu. *Turkish Journal of Geriatrics*, 6(2), 72-74.
- Özgün, A., Türkmen, M., & Ayhan, B. (2021). Sorcuların covid-19'a yakalanma kaygısı ve spora bağlılık durumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 298-315.
- Özsarı, A., & Fişekçioğlu, B. (2023). Spora yönelik tutum, sosyal güvende hissetme ve memnuniyet ilişkisi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 6(2), 658-669. Doi: 10.38021asbid.1155801
- Özsarı, A., Kara, M., Çetin, M., & Kara, N. (2023). The relationship between sportsmanship and happiness (A research on martial arts athletes). *GSI Journal Serie A: Advancement in Tourism, Recreation and Sports Science (ATRSS)*, 6(1), 248-258. Doi:10.53353/atrss.1134462
- Payne, L., Mowen, A., & Montoro-Rodriguez, J. (2006). The role of leisure style in maintaining the health of older adults with arthritis. *Journal of Leisure Research*, 38(1), 20-45. Doi:10.1080/00222216.2006.11950067
- Scanlan, T., Russel, D., Scanlan, L., Klunchoo, T., & Chow, G. (2013). Project on elite athlete commitment (PEAK): IV. Identification of new candidate commitment source in the sport commitment model. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 35(5), 525-535. Doi:10.1123/jsep.35.5.525
- Schaufeli, W., Salanova, M., Gpnzalez-Roma, V., & Bakker, A. (2002). The measurement of engagement and burnout: A two sample confirmatory factor analytic approach. *Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Forum on Subjective Well-Being*, 3(1), 71-92. Doi:10.1023/A:1015630930326

- Shaffer, H., Hall, M., & Vander Bilt, J. (2000). "Computer addiction": a critical consideration. *The American Journal of Orthopsychiatry*, 70(2), 162-168. Doi:10.1037/h0087741
- Uğun, H., & Özsarı, A. (2024). Beden eğitim ve spor dersine yönelik tutumun bireysel ve sosyal sorumluluğa etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 7(4), 26-42.
- Wheatley, D., & Bickerton, C. (2016). Subjective well-being and engagement in arts, culture and sport. *Journal of Cultural Economics*, 41(1), 23-45. Doi: 10.1007/s10824-016-9270-0
- Wu, Q., Tan, Y., Sun, G., & Ding, Q. (2023). The relationship between self-concept clarity, athletic identity, athlete engagement and the mediating roles of quality of life and smartphone use in Chinese youth athletes. *Heliyon*, 9(10), 1-12. Doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e21197
- Yaşartürk, F., Akyüz, H., & Karataş, İ. (2017). Rekreatif etkinliklere katılan üniversite öğrencilerinin serbest zamanda sıkılma algısı ile yaşam doyum düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(Special Issue 2), 239-252.
- Zhou, G., Yang, B., Li, H., Feng, Q., & Chen, W. (2023). The influence of physical exercise on college student' life satisfaction: The chain mediating role of self-control and psychological distress. *Frontiers in Psychology*, 14. Doi: 10.3389/fpsyg.2023.1071615
- Zullig, K. J., & White, R. J. (2011). Physical activity, life satisfaction, and self-rated health of middle school students. *Applied research in Quality of Life*, 6(3), 277-289. Doi:10.1007/s11482-010-9129-z

CHAPTER 2

COMPARISON OF THORACOTOMY AND UNIPORTAL VATS TECHNIQUES IN LUNG RESECTIONS

Suzan TEMİZ BEKCE¹
Ömer ÖNAL²

Introduction

Lung cancer ranks first among the causes of cancer-related deaths worldwide, with an increasing number of cases. According to the Global Cancer Statistics 2022 report, approximately 2.5 million new cases of lung cancer were diagnosed, and 1.8 million people lost their lives due to the disease in 2022 (Bray & ark,

1 Uz. Dr., Kayseri Şehir Hastanesi, Göğüs Cerrahisi, Orcid: 0000-0003-1247-8485

2 Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, Göğüs Cerrahisi, Orcid: 0000-0002-9971-7401

* Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazarın danışmanlığında hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

2022). The standard surgical treatment for lung cancer is anatomical resection of the tumor-affected region (lobectomy or pneumonectomy) combined with mediastinal lymph node dissection (Toker & Kaya, 2009). Thoracotomy pain is one of the most severe types of postoperative pain (Ochroch & ark, 2002). Inadequate pain control can lead to suppression of coughing and deep breathing, resulting in the development of pathophysiological intrapulmonary shunts and subsequent hypoxemia.

These pulmonary changes are most pronounced during the first two postoperative days but can return to their preoperative state within a week (Gerner, 2008; Yegin & ark, 2003). The classical approach for resection in cases of non-small cell lung cancer (NSCLC) is posterolateral thoracotomy (Whitson & ark, 2008). This incision has led to the prominence of Uniportal VATS (Video-Assisted Thoracoscopic Surgery) due to its potential to hinder compliance with respiratory physiotherapy, contribute to chronic pain syndrome in the long term, complicate adjuvant chemotherapy, and make resection unfeasible in patients with limited respiratory function tests (Whitson & ark, 2008). Unlike conventional thoracotomy, VATS is based on a monitoring screen and is performed through three or four 1.5 cm incisions in the chest wall using specialized surgical instruments (Yu & ark, 2019). Uniportal VATS incisions result in significantly less soft tissue damage and inflammation in the chest wall during follow-up compared to thoracotomy surgical incisions (Landreneau & ark, 1994). Effective pain management has been shown to improve postoperative lung function (Ochroch & ark, 2002).

Varela et al. (Varela & ark, 2006) reported that early postoperative FEV1 (Forced expiratory volume in one second) values in thoracotomy cases were, on average, 30% lower than the predicted FEV1 values. However, this reduction was observed to recover progressively in the following postoperative days,

correlating with pain scoring. Several studies have demonstrated that Visual Analogue Scale (VAS) scores are lower in patients undergoing Uniportal VATS than those undergoing thoracotomy (Landreneau & ark, 1993; Giudicelli & ark, 1994; Kirby & ark, 1993; Nagahiro & ark, 2001; Walker & ark, 2001). Additionally, improvements in pulmonary function and pain scores have been reported to be superior in Uniportal VATS patients compared to thoracotomy patients (Giudicelli & ark, 1994; Nagahiro & ark, 2001).

Few studies compare early and late pain scores in patients who have undergone Uniportal VATS. Studies comparing pain scores based on the number of ports have reported varying results. Mc Elnay et al. (McElnay & ark, 2015) reported that there was no significant difference in morphine usage between the uniportal and multiportal groups during the first 24 hours. One of the studies supporting this research, conducted by Socci L. et al. (Socci L & ark, 2013), found no significant difference in pain scores when comparing uniportal and biportal approaches in 24 patients who underwent volume-reduction surgery. Similar studies have shown that in cases of pneumothorax and pleural plication surgeries, there was no significant difference in pain scores or port numbers when considering Uniportal VATS (Wu & ark, 2013; Yang, Cho & Jheon, 2013).

This study aims to comparatively evaluate patients who underwent lung resection via Uniportal VATS or thoracotomy in terms of operative duration, intraoperative blood loss, number of lymph nodes retrieved, incision length, postoperative VAS score, duration of chest drain placement, length of hospital stay, and complications.

Materials and Methods

This study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Medicine, Erciyes University, with the decision dated 08.12.2017, 2017/549. The principles of the Helsinki Declaration were adhered to throughout the study. The study prospectively evaluated all patients who underwent lung resection surgery due to NSCLC in the Department of Thoracic Surgery between 01.01.2018 and 01.01.2020, and who signed the informed consent form.

The patients with chronic pain syndrome, those using opioid analgesics, and those who underwent pneumonectomy were excluded from the study. During the study, no patients were removed from the study cohort.

All patient groups underwent evaluation for mediastinal lymph node and distant organ metastasis. The cases were assessed by the anesthesia and resuscitation department before surgery. Patients aged 65 and above were preoperatively evaluated by the cardiology department.

Before resection, mediastinoscopy was performed for all patient groups. Surgical resection was planned for patients whose lymph nodes showed reactive findings. The patients were divided into two groups based on the surgical approach: the Uniportal VATS (U-VATS) group and the muscle-sparing thoracotomy (MST) group.

All patients were intubated under general anesthesia with a double-lumen endotracheal tube. A central venous catheter was inserted. The patients were positioned for a posterolateral thoracotomy.

In patients undergoing U-VATS, the incision was made on the anterior axillary line at the 4th or 5th intercostal space. During the surgery, a thoracoscope with high-resolution optics was introduced through this space, along with 5-mm angled surgical

instruments, which enabled access to the thoracic cavity. Automatic stapling systems were used for vascular and bronchial structures, while endoscopic polymer clips were employed for appropriate vascular tissues. Following the procedure, a single drain was placed through the same incision.

In patients undergoing open surgical intervention, a muscle-sparing posterolateral thoracotomy was performed in the lateral decubitus position, with preservation of the serratus anterior muscle. A rib spreader was used. A chest drain was placed in the pleural cavity postoperatively.

In this study, patients who underwent surgery using two different methods were evaluated based on their pain scores, demographic characteristics, details of the surgical procedure, and length of hospital stay. All data were recorded in the database.

Each group was statistically analyzed using the SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 22.0 software. Differences between groups were assessed using the Pearson Chi-square test, Fisher's Exact test, and the Wilcoxon test for dependent quantitative data analysis. In all statistical analyses, a p-value of <0.05 was considered statistically significant.

Results

Between January 2018 and January 2020, 30 cases were evaluated in our clinic who underwent surgical resection due to a diagnosis of NSCLC. The patients were categorized into two groups based on the type of surgery performed: U-VATS and MST.

In the U-VATS group, 73.3% (n=11) of the patients were male, whereas in the MST group, the male percentage was 80% (n=12). The mean age in the U-VATS group was 60.46 years (ranging from 44 to 73 years), while in the MST group, it was 62.93 years (ranging from 45 to 75 years). No statistically

significant difference was found between the two groups regarding age and gender (gender $p=0.770$, age $p=0.359$) (Table 1).

Sixty-six point seven percent of the patients had adenocarcinoma, while 33.3% had squamous cell carcinoma. The diagnosis of five patients in the U-VATS group and six patients in the U-VATS group was made through intraoperative frozen section analysis.

The preoperative data revealed no statistically significant differences between the two groups regarding the presence of systemic disease ($p=0.905$) and smoking status ($p=0.830$). When evaluating the preoperative ASA (American Society of Anesthesiologists) scores of the patients, no significant difference was observed ($p=0.823$) (Table 1).

The patients included in the study underwent anatomical resection. Before surgery, all patients underwent fiberoptic bronchoscopy (FOB); endobronchial lesions were detected in 20% of the patients who underwent thoracotomy. No endobronchial lesions were identified in patients who underwent U-VATS.

The distribution of patients according to the types of resections is shown in Table 2.

When evaluated with postoperative pathology reports, the distribution of stages among patients in the groups is shown in Table 3-8. In the study, Stage IA3 was most prevalent in both the U-VATS and MST groups, followed by Stage IA2. No statistically significant difference was observed between the groups ($p=0.507$) (Table 3).

In the U-VATS group, no complications were observed, while in the MST group, one patient developed atelectasis and another developed an expansion defect ($p=0.164$). No statistically significant differences were found between the groups regarding

the duration of surgery, intraoperative blood loss ($p=0.475$), and the number of lymph nodes retrieved during surgery ($p=0.842$). When comparing the length of hospital stay between the groups, it was found that the U-VATS group had a significantly shorter hospital stay than the MST group ($p=0.001$) (Table 4).

The VAS score of patients who underwent pulmonary resection via U-VATS was found to be statistically lower when compared to the VAS scores of patients who underwent MST (Table 5).

Discussion

In accordance with technological advancements in imaging systems and surgical instruments, there has been an increasing trend towards minimally invasive surgical methods in the surgical treatment of lung cancer (Gonzalez-Rivas, Yang & Calvin, 2016).

The goal of minimally invasive surgery is to perform surgical procedures that are equivalent in terms of quality and effectiveness to open techniques, while adhering to oncological surgical principles and using smaller incisions or incisions.

In this study, it was found that the incision size in the U-VATS group was statistically significantly shorter ($p=0.01$).

Nomori et al. (Nomori, Cong & Sugimura, 2016) conducted a study comparing postoperative pain scores between U-VATS, MST, and conventional thoracotomy. Their findings indicated similar results between the U-VATS and MST groups, while the conventional thoracotomy group demonstrated higher pain scores. However, no significant differences were observed in the chronic pain scores across the groups. Jutley et al (Jutley, Khalil & Rocco, 2005) evaluated 35 patients who underwent pneumothorax surgery using U-VATS and triportal VATS. In their study, they found that pain scores were significantly lower in the U-VATS group;

however, they did not detect a statistically significant difference in chronic pain. In subsequent years, studies comparing Uniportal VATS techniques in terms of pain and quality of life, such as McElnay et al. (McElnay & ark, 2015), have reported no statistically significant difference between the groups undergoing Uniportal or multiportal lobectomy.

In our study, the VAS scale was evaluated postoperatively at the 4th, 8th, 12th, 24th, 48th, and 72nd hours, and it was found to be significantly lower in the U-VATS group.

In a review of nine studies evaluating patients who underwent lobectomy with U-VATS for early-stage lung cancer treatment, the average chest tube duration was reported as 4.2 days (De leyn & ark, 2014). In this study, the duration of chest tube placement in the U-VATS group was found to be 4.1 days, which is consistent with the literature.

Mediastinal lymph node sampling or dissection is a recommended surgical step for patients undergoing lobectomy for lung cancer. A study comparing the outcomes of mediastinal lymph node dissection in patients undergoing lobectomy via VATS and those undergoing open thoracotomy reported no significant differences between the two groups (Watanabe & ark, 2005).

The study, in which mediastinal dissection was initially performed using VATS and then converted to thoracotomy for further lymph node sampling by another surgeon, showed that only 2-3% of the lymph nodes might remain in the mediastinum (Sagawa & ark, 2002).

A study published in 2015 demonstrated that the average number of lymph nodes sampled was 8.3 in thoracotomy procedures and 7.4 in VATS resections. The p-value was calculated as 0.33, indicating no statistically significant difference (Nwogu & ark, 2015).

In another study, the mean number of lymph nodes sampled during thoracotomy was reported as 7 (range: 2–12), while the mean number sampled using VATS was 7 (range: 1–10). No statistically significant difference was observed between the two approaches ($p = 0.80$) (Fang & ark, 2018).

In our study, the average number of lymph node biopsies performed using U-VATS was found to be 4.5, while in the MST group, it was 4.8 ($p=0.242$). This result, consistent with the literature, indicates that lymph node excision performed through U-VATS can achieve a lymph node sampling rate comparable to that of MST.

In a study by Inada et al. (Inada & ark, 2000) and Jie Yang et al. (Yang & ark, 2014), it was reported that there was no significant difference between VATS lobectomy and standard lobectomy in terms of intraoperative bleeding and operation duration. In another study, it was found that VATS lobectomy resulted in less intraoperative bleeding and a shorter surgical duration (Sakuraba & ark, 2007).

In a study comparing operation times, the duration for thoracotomy was calculated to be 146 minutes (range: 87-410), while for VATS (video-assisted thoracoscopic surgery), the time was 145 minutes (range: 73-364). No statistically significant difference was found ($p=0.411$). Additionally, in the same study, the amount of bleeding during the operation was reported as an average of 100 ml (range: 20-400) for thoracotomy and 83 ml (range: 10-500) for VATS, with a p -value of 0.89 (Fang & ark, 2018).

In this study, the operation times for U-VATS and MST were found to be 233.8 minutes and 203.3 minutes, respectively. We attribute the longer duration of our study compared to the literature to the extended time spent on lymph node sampling.

In a study evaluating all VATS lobectomy cases performed by a single surgeon over three years, the first 20 patients were categorized as Group A, while patients operated on during the late phase of the surgeon's learning curve were classified as Group B. The study's results indicated that the mean operative time was shorter in Group B (Brunswicker & ark, 2013).

Conclusion

In our study, patients who underwent pulmonary resection within two years were compared based on the type of incision, length of hospital stay, and their demographic and clinical characteristics.

During all follow-up periods, higher pain scores were observed in the MST group compared to the U-VATS group. This finding is thought to be associated with using a retractor during surgery in the MST group.

Minimally invasive surgical techniques are being developed and widely implemented worldwide.

The duration of U-VATS was as long as that of thoracotomy in our clinic, which we attribute to the learning process associated with adopting the U-VATS technique. The reasons for the growing interest in the U-VATS technique today include smaller surgical incisions, lower pain scores, shorter hospital stays, and the ability to sample lymph nodes at a rate comparable to thoracotomy.

We advocate for the necessity of supporting and enhancing this study in future research with a larger patient cohort.

Conflict of interest

The authors have no conflict of interest.

Table 1. The distribution of patient characteristics across groups is shown.

Characteristic		U-VATS	MST	p value
Age (years) (min-max)		60,46 (44-73)	62,93 (45-75)	0,359
Gender (n,%)	F	4 (26,7)	3 (20)	0,770
	M	11 (73,3)	12 (80)	
ASA Scala	1	3 (20)	0 (0)	0,823
	2	11 (73,33)	14 (93,33)	
	3	1 (6.67)	1(6.67)	
Comorbidities (n)		8 (53.3)	6 (40)	0.905
Smoking history (pack-years)	≥30	5 (33,3)	7 (46,3)	0.830
	<30	3 (20.1)	5 (33.3)	
	never	7 (46.6)	3 (20.1)	

Min: Minimum

Max: Maximum

F: Female

M: Male

ASA: American Society of Anesthesiologists

Table 2. The anatomic distribution of patients in the U-VATS and MST groups, based on the type of surgery performed, is presented.

	Surgical procedure	n (%)
U-VATS	Right lower lobe superior segmentectomy	1 (6.7)
	Right lower lobectomy	4 (26.7)
	Right upper lobectomy	2 (13.3)
	Left upper lobectomy	1 (6.7)
	Left lower lobe superior segmentectomy	1 (6.7)
	Left lower lobectomy	3 (20)
	Left upper lobectomy	3 (20)
MST	Right lower lobectomy	1 (6.7)
	Right middle lobectomy	1 (6.7)
	Right upper lobectomy	4 (26.7)
	Left lower lobectomy	5 (33.3)
	Left upper lobectomy	4 (26.7)

*Table 3. Distribution of patients among groups according to pathological stages (The 8th staging system completed by IASLC (International Association for the Study of Lung Cancer) was used.)**

	U-VATS	MST
Pathologic TNM stage	n (%)	n (%)
IA1	2 (13.3)	0 (0)
IA2	6 (40)	4 (26.7)
IA3	6 (40)	5 (33.3)
IB	1 (6.7)	2 (13.3)
IIA	0 (0)	2 (13.3)
IIB	0 (0)	2 (13.3)
TNM: Tumor, Node, Metastasis		

* Goldstraw & ark, 2015

Table 4. The surgical outcomes are evaluated according to the groups.

	U-VATS	MST	
	Average (min-max)	Average (min-max)	p value
Duration of surgery (minute)	233.8 (180-250)	203.3 (130-225)	0.658
The length of surgical incision (cm)	3.6 (2.5-5)	15.3 (12-20)	0.01
Estimated intraoperative blood loss (ml)	97.3 (10-150)	116 (20-250)	0.475
Number of resected lymph node stations (n)	4.5 (2-7)	4.8 (2-7)	0.842
Chest tube dwelling days	4.1 (3-6)	6.93 (3-10)	0.002
Total hospital stay (day)	5.13 (4-7)	10.06 (6-14)	0.001
Postoperative complications (n)	0	2	0.164

Min: minimum

Max: maksimum

Table 5. The results of the intergroup evaluation of 'p' values for postoperative VAS score parameters are presented.

	Postoperatif VAS scores					
	4th hour p value	8th hour p value	12th hour p value	24th hour p value	48th hour p value	72nd hour p value
U-VATS / MST	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001

References

Bray F, Laversanne M, Sung Hyuna, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, Jemal A.(2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 74(3):229-263.

<https://doi.org/10.3322/caac.21834>

Brunswick A, Berman M, Van Leuven M, Van Tornout F, Bartosik WR. (2013). Video assisted lobectomy learning curve – what is the magic number? From 23rd World Congress of the World Society of Cardio-Thoracic Surgeons. 12-15 September 2013. Split, Croatia. O221

De leyn P, Dooms C, Kuzdzal J, Lardinois D, Passlick B, Rami-Porta R, Turna A, Schil PV, Venuta F, Waller D, Weder W, Zielinski M. (2014). Revised ESTS guidelines for preoperative mediastinal lymph node staging for non small-cell lung cancer. European Journal of Cardio-Thoracic Surgery,45(5):787–798.

<https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu028>

Fang L, Wang L, Wang Y, Lv W, Hu J. (2018). Video assisted thoracic surgery vs. thoracotomy for locally advanced lung squamous cell carcinoma after neoadjuvant chemotherapy. Journal of Cardiothoracic Surgery. 13:128.

<https://doi.org/10.1186/s13019-018-0813-7>

Gerner P. (2008). Postthoracotomy pain management problems. *Anesthesiology Clinics* 26(2):355-367.

<https://doi.org/10.1016/j.anclin.2008.01.007>

Giudicelli R, Thomas P, Lonjon T, Ragni J, Morati N, Ottomani R, Fuentes PA, Shennib H, Noirlerc M. (1994). Video-assisted minithoracotomy versus muscle-sparing thoracotomy for performing lobectomy. *The Annals of Thoracic Surgery*. 58:712–718.

Goldstraw P, Chansky K, Crowley J, Rami-Porta R, Asamura H, Eberhardt WEE, Nicholson AG, Damat P, Mitchell, Bolejack V.(2016). The IASLC Lung Cancer Staging Project: Proposals for Revision of the TNM Stage Groupings in the Forthcoming (Eighth) Edition of the TNM Classification for Lung Cancer. *Journal of Thoracic Oncolgy*. 11(1):39-51

<https://doi.org/10.1016/j.jtho.2015.09.009>

Gonzalez-Rivas D, Yang Y, Calvin NG. (2016). Advances in Uniportal Video-Assisted Thoracoscopic Surgery. Pushing the Envelope. In *Thoracic Surgery Clinics*. 26(2):187-201.

<https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2015.12.007>

Inada K, Shirakusa T, Yoshinaga Y, Yoneda S, Shiraishi T, Okabayashi K, Iwasaki A, Kawahara K. (2000). The role of video-assisted thoracic surgery for the treatment of lung cancer: lung lobectomy by thoracoscopy versus the standard thoracotomy approach. *International Surgery*. 85(1):6-12.

Jutley RS, Khalil MW, Rocco G. (2005). Uniportal vs standard three-port VATS technique for spontaneous pneumothorax: comparison of postoperative pain and residual paraesthesia. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 28(1):43–46.

<https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2005.02.039>

Kirby TJ, Mack MJ, Landreneau RJ, Rice TW. (1993). Initial experience with video-assisted thoracoscopic lobectomy. *The Annals of Thoracic Surgery*. 56(6):1248–52.

Landreneau RJ, Hazelrigg SR, Mack MJ, Dowling RD, Burke D, Gavlick J, Perrino MK, Ritter PS, Bowers CM, DeFino J, Nunchuck SK, Freeman J, Keenan RJ, Ferson PF. (1993). Postoperative pain-related morbidity: video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy. *The Annals of Thoracic Surgery*. 56(6):1285–89.

[https://doi.org/10.1016/0003-4975\(93\)90667-7](https://doi.org/10.1016/0003-4975(93)90667-7)

Landreneau RJ, Mack MJ, Hazelrigg SR, Naunheim K, Dowling RD, Ritter P, Magee MJ, Nunchuck S, Keenan RJ, Ferson PF. (1994). Prevalence of chronic pain after pulmonary resection by thoracotomy or video-assisted thoracic surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 107(4):1079–86.

[https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(94\)70384-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(94)70384-1)

McElnay PJ, Molyneux M, Krishnadas R, Batchelor TJ, West D, Casali G. (2015). Pain and recovery are comparable after either

uniportal or multiport videoassisted thoracoscopic lobectomy: an observation study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 47(5):912-915.

<https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu324>

Nagahiro I, Andou A, Aoe M, Sano Y, Date H, Shimizu N. (2001). Pulmonary function, postoperative pain, and serum cytokine level after lobectomy: a comparison of VATS and conventional procedure. *The Annals of Thoracic Surgery*. 72(2):362–365.

[https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(01\)02804-1](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(01)02804-1)

Nomori H, Cong Y, Sugimura H. (2016). Limited thoracotomy for segmentectomy: a comparison of postoperative pain with thoracoscopic lobectomy. *Surgery Today*. 46(11): 1243–1248.

<https://doi.org/10.1007/s00595-015-1302-4>

Nwogu CE, D’Cunha J, Pang H, Gu L, Wang X, Richards WG, Veit LJ, Demmy TL, Sugarbaker DJ, Kohman LJ, Swanson SJ. (2015). VATS lobectomy has better perioperative outcomes than open lobectomy: CALGB 31001, an ancillary analysis of CALGB 140202 (Alliance). *Annals of Thoracic Surgery*. 99(2):399–405.

<https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.09.018>

Ochroch EA, Gottschalk A, Augostides J, Carson KA, Kent L, Malayaman N, Kaiser LR, Aukburg SJ. (2002). Long-term pain and activity during recovery from major thoracotomy using thoracic epidural analgesia. *Anesthesiology*. 97(5):1234-44.

Sagawa M, Sato M, Sakurada A, Matsumura Y, Endo C, Handa M, Kondo T. (2002). A prospective trial of systematic nodal dissection for lung cancer by video-assisted thoracic surgery: can it be perfect? 73(3):900-4.

[https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(01\)03409-9](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(01)03409-9)

Sakuraba M, Miyamoto H, Oh S, Shiomi K, Sonobe S, Takahashi N, Imashimizu K, Sakao Y. (2007). Video-assisted thoracoscopic lobectomy vs. conventional lobectomy via open thoracotomy in patients with clinical stage IA non-small cell lung carcinoma. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 6(5):614–617.

<https://doi.org/10.1510/icvts.2007.157701>

Socci L, Jones V, Malik M, Internullo E, Martin-Ucar A. (2013). Single-port video-assisted thoracic lung volume reduction surgery for emphysema: reducing surgical trauma does not compromise the procedure. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 17(1):41

Toker A, Kaya S. (2009). Akciğer kanserinde VATS ile lobektomi. *Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi*. 17(2):139-143.

Varela G, Brunelli A, Rocco G, Marasco R, Jimenez MF, Sciarra V, Aranda JL, Gatani T. (2006). Predicted versus observed FEV1 in the immediate postoperative period after pulmonary lobectomy. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 30(4):644 – 648.

<https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2006.07.001>

Walker WS, Pugh GC, Craig SR, Carnochan FM. (1996). Continued experience with thoracoscopic major pulmonary resection. *International Surgery*. 81(3):255–258.

Watanabe A, Koyanagi T, Obama T, Ohsawa H, Mawatari T, Takahashi N, Ichimiya Y, Abe T. (2005). Assessment of node dissection for clinical stage I primary lung cancer by VATS. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 27(5):745–752.

<https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2005.02.007>

Whitson BA, Groth SS, Duval SJ, Swanson SJ, Maddaus MA. (2008). Surgery for early-stage non-small cell lung cancer: a systematic review of the video-assisted thoracoscopic surgery versus thoracotomy approaches to lobectomy. *Annals of Thoracic Surgery*. 86(6):2008 –2018

Wu HH, Chen CH, Chang H, Liu HC, Hung TT, Lee SY. (2013). A preliminary report on the feasibility of single-port thoracoscopic surgery for diaphragm plication in the treatment of diaphragm eventration. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 8:224.

<https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-224>

Yang HC, Cho S, Jheon S. (2013). Single-incision thoracoscopic surgery for primary spontaneous pneumothorax using the SILS port

compared with conventional three-port surgery. *Surgical Endoscopy*. 27(1):139–145.

<https://doi.org/10.1007/s00464-012-2381-6>

Yang J, Xia Y, Yang Y, Ni ZZ, He WX, Wang HF, Xu XX, Yang YL, Fei K, Jiang GN. (2014). Risk factors for major adverse events of video-assisted thoracic surgery lobectomy for lung cancer, *International Journal of Medical Sciences*. 11(9):863-869.

<https://doi.org/10.7150/ijms.8912>

Yegin A, Erdogan A, Kayacan N, Karsli B. (2003). Early postoperative pain management after thoracic surgery; pre- and postoperative versus postoperative epidural analgesia: a randomised study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 24(3):420-424.

[https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(03\)00345-2](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(03)00345-2)

Yu MG, Jing R, Mo YJ, Lin F, Du XK, Ge WY, Dai HJ, Hu ZK, Zhang SS, Pan LH. (2019). Non-intubated anesthesia in patients undergoing video-assisted thoracoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 14(11), 1-21.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224737>

CHAPTER 3

EPİGENETİĞİN TARIMDAKİ ÖNEMİ

BERNA BAŞ¹

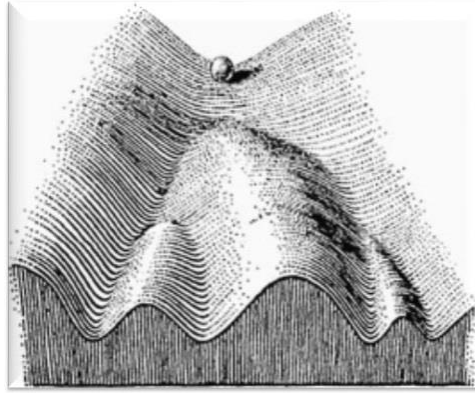
Giriş

Epigenetik terimi DNA dizisinde bir değişim olmadan, kardeş hücrelere de geçebilen gen aktivitelerindeki değişimi kapsayan olayları açıklamak için kullanılmaktadır (Weinhold, 2006). Epigenetik kelimesini ilk olarak Waddington isimli araştırmacı kullanmış olup yaptığı bir çalışmada ısı, kimyasal gibi koşulların değiştiği çevrelerde meyve sineklerinin gelişimlerinin değişimini ve bu değişimlerinde gelecek kuşaklara da geçebileceğini gözlemlemiştir (Waddington, 1942). Mendel genetiğiyle açıklanamayan bu sonuçların epigenetik düzenlemeyle yani “genlerin ötesinde anlamında” gerçekleşebileceğini ifade etmiştir. Waddington epigenetik metaforunu şekil 1 'de görüldüğü gibi betimlemiştir. Biyotik ve abiyotik streslere maruz kalan bitkiler epigenetik değişimler yoluyla bağışıklık sistemlerini güçlendirerek ve sinyal iletim mekanizmalarını çalıştırarak yeni koşullara adapte olabilmektedirler (Arnold, Kruuk & Nicotra, 2019; Bakhtiari & ark., 2019 Akhter & ark., 2021; Huang & Jin, 2022), böylece hücreler homeostazını da koruyabilmektedirler. Bitkilerde epigenetik kalıtım

¹ Doktor Öğretim Üyesi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Orcid: 0000-0003-2455-2849

iki şekilde gerçekleşmektedir; birincisi DNA üzerinde kodlanmayan bilgi sonraki nesillere aktarılmaktadır diğeri ise nesiller arası varyantlarda görülen bireysel düzenlemelerdeki epigenetik modifikasyonlar korunarak kalıtılmaktadır (Chachar & ark., 2022; Lloyd & Lister, 2022).

Şekil 1. Waddington 'un "epigenetic landscape" (epigenetik manzara) başlığıyla hazırladığı epigenetik metaforu. Hücresel farklılaşmayı açıklamak amacıyla hazırlanan resimde görülen top hücreyi, tepeler ve vadiler silsilesinin her biri ise hücrenin farklı bir gelişim dönemini temsil etmektedir. Top yukardan aşağı hareket ederken çeşitli çevresel faktörlerin engeliyle karşılaşacak bir vadiden diğesine iteklenecek ama top yine ilerlemesini sürdürecektir



Kaynak: (https://frontlinegenomics.com/epigenetics-and-ancestry-how-our-history-shapes-who-we-are/#:~:text=The%20term%20epigenetics%20was%20first,representing%20a%20different%20developmental%20fate)

Günümüzde tarım sektörünün en önemli sorunlarından biri de hiç şüphesiz ki küresel iklim değişiminin ürün verimliliğine olumsuz etkileridir. Artan dünya popülasyonunun gıda ihtiyacını karşılamak için gıda güvencesinin sürdürülebilir bir tarım

politikasıyla garantiye alınması gerekir. İnterdisipliner çalışmalar gerektiren epigenetik araştırmaları biyokimya, fizyoloji, genetik, biyoteknoloji gibi farklı alanların integrasyona ihtiyaç duymaktadır. Genetik varyasyondan ziyade, bitki epigenetik değişimlerin fenotipe etkisiyle ilgili bilgi kazanımı ürün gelişim sürecini hızlandırmaktadır (Merce & ark., 2020). Bitkiler biyotik/abiyotik strese maruz kalınca epigenetiğin temel mekanizmalarını oluşturan stres sinyalizasyon yollarını kullanmaktadırlar. Tarımsal ekosistemden yararlanarak kısa sürede stres dayanıklılığı ve ürün kalitesi/kantitesi ıslah edilmiş bitki çeşidi elde etmek için bitkilerin epigenetik düzenlenme mekanizmalarına dayalı projeler geliştirilebilir. Epigenetik varyasyonlar çevresel baskılara bitkinin vereceği tepkilere göre değerlendirildiği için (Meyer, 2015; Takatsuka & Umeda, 2015), kalıtımla aktarılan stres dayanıklılık mekanizması stabil olmayıp, bitkinin genetik yapısına, stres yoğunluğu ve süresine bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır (Song & ark., 2021). Evrimsel süreç stabil bir moleküler temele dayalı uzun vadeli değişimi temsil eder, oysa kontrol edilemeyen ve beklenmedik stres koşullarında organizmanın hayatta kalması için kısa vadeli adaptasyon mekanizmaları elzemdir. İşte epigenetik mekanizmalar bir popülasyondan sürekli değişen çevreye en iyi adapte olabilen organizmaların seleksiyonuna olanak sağlayabilmektedir (Duarte-Aké, Us-Camas & De-la-Peña, 2023).

Stres maruziyeti sırasında bitkiler transkripsiyonu yeniden programlayarak ve transkriptomun ifade edilme düzeyini değiştirerek epigenetik değişimlere başvurmakta olup, bu değişimler de kromatinde yapısal modifikasyonlara neden olmaktadır. Dolayısıyla epigenetik düzenlenmelerin temelini oluşturan mekanizmalara DNA metilasyonu, transkripsiyon sonrası histon modifikasyonları ve non coding RNA molekülleri aracılık etmektedir (Gupta & Salgotra, 2022). Stresle teşvik edilen epigenetik değişimler enzimlerle gerçekleştirilmektedir.

Methyltransferases, demethylases, histon acetyltransferases, histon deacetylases enzimleri DNA 'ya ve histonlara metil grubu ekleyen/çıkaran ve histonlara acetyl grubu ekleyen/çıkaran en önemli enzimlerdir. Bu derleme tarımsal bitkilerin stres koşullarına adaptasyonunda epigenetik değişimlerin rolünü ve bununla bağlantılı bazı fizyolojik gelişmeleri sunmaktadır.

Bitki Epigenetik Düzenlenmenin Moleküler Mekanizması

Bitkiler strese girdikleri zaman gen ifadesinde ayarlamalar yapan epigenetik mekanizmaları kullanırlar. Genel stratejiler DNA metilasyonu, histon modifikasyonu ve LncRNA-aracılı gen susturmadır.

DNA Metilasyonu (DM) ve Bitki Gelişimine Etkileri

Metilasyon reaksiyonu bir moleküle metil (CH_3) grubunun eklenmesidir. DM sürecinde DNA üzerindeki SpG (Sitozin(phosphorous)**Guanin**) dinükleotid bölgelerinde bulunan sitozin molekülüne metil grubu eklenir, demethylation ise DNA 'dan bu metil grubunun ayrılmasıdır. Metilasyonun sonuçları fenotipte değişimlere neden olacak seviyede gen ifade düzeyleri etkilenir (Kovalchuk, 2021). Bu arada DNA metilasyonu ve histon metilasyonu karıştırılmamalıdır. DNA ve histon, her iki molekül de metilasyona uğrar ama fizyolojik sonuçları çok farklıdır. Histon metilasyonu transkripsiyonu kontrol ederken, DNA metilasyonu kalıtımla geçer ve genlerin susturulmasıyla sonuçlanır (Cuerda-Gil & Slotkin, 2016). DM gen ifadesi, gen imprinting, genomun stabilitesi, transposon elementlerin inaktivasyonu gibi olayları kontrol eder ve DM sistemi bozulduğunda anormal bitki gelişimleri gözlenir (Zhang, Lang & Zhu, 2018). Örneğin domateste *SIDML2* geni olgunlaşma sürecinde demetilasyon aracılı olayları düzenlemektedir (Lang & ark., 2017). Yüzlerce genin ifadesinden sorumlu olan ilgili gen domatesin olgunlaşma döneminde, demetilasyonla olgunlaşma faktörlerini aktif hale getirirken olgunlaşmaya-bağlı bazı genlerin de baskılanmasına neden olmaktadır. Yani süreçle ilgili genlerin bazılarının aktivasyonu-bazılarının inaktivasyonu dengesini ayarlamaktadır. DNA metilasyon olayı transkripsiyon faktörlerinin

DNA ile bağlantı kurmasına engel olur ve ilgili gen baskılanırken, demetilasyon da ise DNA üzerindeki metil grupları kaldırıldığı için, metil grupları olmayan DNA bölgelerine transkripsiyon faktörleri kolayca bağlanmakta ve böylece transkripsiyon aktif hale geçmektedir. Yukardaki domates örneğinde olduğu gibi olgunlaşmaya-bağı DNA demetilasyonu dönemsel olup olgunlaşma süreci tamamlandıktan sonra demetilasyon düzeyi azalmaktadır. Melez bitki örneklerinde DNA sekans değişimine dayalı yeni varyant seleksiyonu, epigenetik değişimlerden beklenmez. Ancak yine de özellikle gen ifadesini düzenleyen cis-elementlerinin (promoterde bulunan kodlanmayan bölgeler) metilasyon/demetilasyon dengesi değiştirilerek yeni fenotipler elde edilebilir. Diğer bir ifadeyle epigenetik düzenlenmeyle aynı genlerin aktivasyon/inaktivasyonu değiştirilmek suretiyle yeni kombinasyonlar ortaya çıkarılabilir (Tonosaki & ark., 2022).

Kavramları somutlaştırmak için DNA, kromatin, histon bağlantılarının basit modüler yapısı şekil 2 'de verilmiştir. Eukaryotik kromozomlar, kromatin fibrillerinin yoğunlaşmasıyla oluşan kapalı kompakt bir yapıya sahiptirler. Kromozomların yapısında yer alan DNA molekülleri belli bir düzen içinde histon proteinleriyle bağlanırlar, 8 adet histon proteini oktamere yapı oluşturur bu oktamerin çevresinde uzun DNA iplikçikleri yaklaşık 1,8 kez dönerek nükleozom denilen alt birimi meydana getirirler (Luger & ark., 1997). Yani kromatin yapı protein ve DNA 'nın oluşturduğu alt ünite olan nükleozomlardan meydana gelmiştir, kromozom ise kromatinin daha çok yoğunlaşmasıyla oluşan bir yapıdır.

Elma 'da yüksek soğuklama koşullarında metilasyon azalmış hemen ardından bitki normal gelişme ve meyve tutumu göstermiş (Kumar, Rattan & Singh, 2016), *Arabidopsis* 'te yüksek tuzluluk metilasyonu azaltırken demetilasyon düzeyini yükseltmiş (Zemach & ark., 2013), çeltikte tuz stresi kök DNA metilasyonunda önemli değişimlere neden olurken yapraklarda metilasyon değişimi düşük seviyede kalmış (Wang & ark., 2015), yine çeltikle ilgili yapılan başka bir çalışmada genomun bazı bölgelerinde hipometilasyon ve hipermetilasyon birlikte gelişmiş (Pathak & ark., 2021), *Arabidopsis* 'te *Pseudomonas syringae* enfeksiyonuna karşı bitki savunma genleri

tetiklenecek şekilde DM değişmiş (L3pez S3nchez & ark., 2016), mısıır bitkilerinde *ZmMRP4* gen metilasyonu tohumda inorganik fosfatın miktarının y3kselmesine neden olurken (Pilu & ark., 2009) *pl* gen metilasyonu ise renk oluşumunu azaltmıştır (Cocciolone & ark., 2001).

Temel gıdalardan olan buğdayda klasik ışlahla yeni varyant eldesi uzun s3rmektedir. Son yapılan bir araştırmada buğdayda epigenetik olarak kontrol edilen 3zelliklere dayalı ışlahla yeni bir fenotipin ortaya 3ıkışını kolaylaştırmak amacıyla metiltransferaz inhibit3r3 olan zebularine (Zeb) ile DNA metilasyonu yıkıma uğratılmıştır (Finnegan & ark., 2025). Buğday verimi 3zerinde 3nemli parametrelerden olan 33ek salkım gelişimi, başak3ık yoğunluğu dolayısıyla dane hacmi ve sayısının 3nemli oranda değiştiği, başak3ık yoğunluğunun artış nedeni olarak stres adaptasyon geni Q 'nın transkript miktarındaki artmıştan kaynaklandığı, ancak bu gelişmelerle birlikte trizomi, telosentrik kromozom oluşumu gibi kromazomal hasarların da meydana gelmesinden dolayı epi-ışlah i3in Zeb 'in uygun bir se3im olmadığı rapor edilmiştir. Buğdayla ilgili yapılan diğer 3alışmada tuz stresi koşullarında geliştirilen buğdayların yeşil aksamına yapılan silikon uygulamasının epigenetik ve fizyolojik reaksiyonları test edilmiştir (Tobiasz-Salach & ark., 2024). Elde edilen sonu3lara g3re NaCl stresine maruz kalan buğdaylarda SiO₂ g3bresi tuz stresini yatıştırmakta, uygulanan silikon konsantrasyonuna bağlı olarak metilasyon seviyesi değişmekte ve silikon muamelesiyle bitki stresle m3cadele yeteneğini geliştirmek amacıyla fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları d3zenlemektedir.

a

Kromozom

Kromatin

Nükleozom

Histon kuyrukları

Methylation

PRC2

SAM

Me

Me

Me

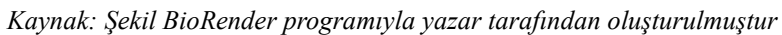
Me

RNAPII

Nükleozom 'da yer alan histon proteinleri

DNA molekülleri histonların çevresinde yaklaşık 1.8 kez dögü yaparak **NÜKLEOZOM** denilen üniteleri oluşturur

Created in BioRender.com bio



Histon Metilasyonu (HM)

Histon metilasyonu, nükleozomu oluşturan histon proteinlerindeki amino asitlere metil grubunun aktarılmasıyla ilgili bir reaksiyondur. Histonların elektrostatik özelliğini etkilemeyen HM (Ueda & Seki, 2020), transkripsiyonu hem azaltabilir hem de artırabilir (Swygert & Peterson, 2014). Metilasyonun hangi amino asitlerde gerçekleşeceğine ve kaç adet metil grubunun transfer edileceğine veya metil grubunun ayrılacağına (demetilasyon) bağlı olarak, ilgili proteinlerde translasyon sonrası değişim olup-olmayacağı ve transkripsiyonun seviyesi HM ile düzenlenmektedir (Tsukada & ark., 2006; Xu & ark., 2017; Zhao, Zhan & Jiang, 2019).

Çeltikte SDG724 gen bölgesine ait histon metilasyonu çiçeklenmeyi teşvik etmekte olup ilgili gende görülen mutasyon fonksiyon kayıplarına neden olmakta ve çiçeklenme gecikmektedir (Sun & ark., 2012). Kolza 'da *FLOWERING LOCUS C* kromatininde histon metilaz enzimini kodlayan gen *BrSDG8* 'de görülen mutasyon erken çiçeklenmeye neden olmakta ve yapraklı baş oluşumu, tohum verimi gibi özellikler etkilenmektedir (Fu & ark., 2020). Çiçeklenmeye geçiş süreci ve süresi önemli tarımsal özelliklerdir. Kolzayla ilgili yapılan başka bir çalışmada çiçeklenme dönemine geçişi kontrol eden *BrA REF6* ve *BrA ELF6* genleri H3K27 histonun metilasyon düzeyini ayarlamaktadır (Poza-Viejo & ark., 2022). Mutant analiz sonuçlarına göre *BrA REF6* gen mutasyonunda çiçeklenme gen ifadesi değişmediği için çiçeklenme ertelenmiş, *BrA ELF6* gen mutasyonunda ise H3K27 demetilasyonu yükselmiş ve çiçeklenmenin erken geliştiği rapor edilmiştir. Histon metilasyonu karmaşık bir olay olup metilasyonun derecesine bağlı olarak gen ifadesi ya baskılanmakta ya da aktif hale geçmektedir.

Histon Asetilasyonu (HA) ve Deasetilasyonu (HD)

Araştırma sonuçları göstermiştir ki, dinamik bir yapıya sahip olan histonlar çevresel değişkenlerin etkisi altındadır. Histon asetilasyon veya deasetilasyonu histon proteinlerindeki amino asitlere asetil grubunun (-COCH₃) eklenmesi veya çıkarılmasıdır, reaksiyon histon acetyltransferases veya histon deacetylases enzimleriyle gerçekleştirilir (Kumar, Thakur & Prasad, 2021). Negatif yüklü asetil grupları histonun kuyruk bölgesindeki pozitif

yüklü lizin ve arjinin amino asitlerinin + yük özelliğini azaltarak nötralize eder ve hidrofobik bir çevre oluşturur (Onufriev & Schiessel, 2019). Sonuçta histon ile negatif yüklü DNA arasındaki ilgi azalarak kapalı durumdaki kromatin açık duruma geçer (Li S & ark., 2019). Böylece ilgili genlerin promoter bölgelerine çeşitli transkripsiyon faktörleriyle RNA polimeraz enzimleri bağlanarak transkripsiyon başlatılır. Özet olarak asetilasyon reaksiyonu moleküllerin elektrik yük özelliğini etkileyen bir prosestir. Bu nedenle histon asetilasyonu DNA ile histon molekülleri arasındaki interaksyonu güçlendirerek DNA 'nın kapalı konumda olmasına neden olacak ve gen transkripsiyonu azalacak veya duracaktır. Histon deasetilasyonu ise ters yönde işleyerek DNA-histon bağlarını gevşeterek ilgili DNA bölgesini aktif hale getirecektir.

Histon Modifikasyonlarının Bitki Gelişimine Etkileri

Sert çevre koşullarında tarım bitkilerinin histon modifikasyonlarıyla kromatin ve gen ifade düzeyindeki değişim mekanizmalarını ilgilendiren araştırma çalışmaları az sayıda mevcut olup, çoğunluğu derleme makalelerdir. Translasyon sonrası histon modifikasyonları genellikle metilasyon ve asetilasyon üzerine kurgulanmış olup aslında histon fosforilasyon, ADP-ribosilasyon, ubiquitinasyon, suksinilasyon, butirilasyon diğer modifikasyon çeşitleridir (Huang & ark., 2014). Ancak bunların mekanizmasıyla ilgili deneysel çalışmalar çok azdır, bazıları bitkilerde henüz ele alınmamıştır.

Bitkiler bir strese maruz kaldığı zaman hangi mekanizmayı kullanabileceklerine karar verebilecek hafızaya sahiptirler (yada buna sistem de denilebilir), dolayısıyla bitkiler geçici veya daimi olarak epiallel denilen epigenetik stres hafızası yaratabilecek kabiliyete sahiptirler (Herrera, Medrano & Bazaga, 2016; Springer & Schmitz, 2017; Schmid & ark., 2018; Sudan, Raina & Singh, 2018; Kumar & Rani, 2023).

Çeltikte GTP-bağlı proteini kodlayan *epid1* alleli bodurlaşmaya neden olmaktadır, *d1* (Dwarf1) geni DNA demetilasyonu ve histon asetilasyonu ile birlikte aktiflendiği zaman bitki boy/şekil düzenini tekrar ayarlayarak normal gelişim göstermektedir (Miura & ark., 2009). Yine çeltikte epigenetik

değişimlerle *OsSPL14* epiallel gen ifadesi artmakta ve sonuçta salkım dallanması ve dane verimi de artış göstermektedir (Miura & ark., 2010), histon asetilasyonu ile *WOX11* geni kök gelişiminin düzeniyle (Zhou & ark., 2017) ve *PGL2* geni de dane uzunluğu, ağırlığı, toplam hasılat artışıyla ilişkilendirilmiştir (Song & ark., 2015). Soya fasulyesinde epigenetik regülasyon sistemiyle ilgili *MSH1* gen hattına sahip çeşitle yabancı çeşit çaprazlanmış ve elde edilen epi-varyantın çevresel faktörlerden daha az etkilendiği ve ürün stabilitesinin de iyileştirildiği rapor edilmiştir (Raju & ark., 2018). Kurak koşullarda mısır bitkilerinde histon asetilasyonu artarak epigenetik reaksiyonlar gelişmekte ve bitkiyi susuzluk stresine dayanıklı hale getirmektedir (Li & ark., 2021). Mısır bitkilerinde histon deasetilaz geni *HDA108* nükleusta, H3K9 histon metilasyonunu azaltarak ve H3/H4 histon asetilasyonunu artırarak bitkinin boy, yaprak gelişimi ve fertilitatesini etkilemektedir (Forestan & ark., 2018). *HDA101* histon deasetilaz geninin fazla miktarda ifade olması asetile olan histonların miktarını etkilemekte ve mısır bitkilerinde morfolojik ve gelişimsel kusurlara neden olmaktadır (Rossi & ark., 2007). *HDA101* geni baskılayıcı proteinlerle interaksiyona girince hedef-gen bölgesinde hipoasetilasyona neden olmakta fakat transkript seviyesi etkilenmemektedir (Varotto & ark., 2003). Ancak bunun sonucunda mısır koçanlarında dane hacmi etkilenmektedir. *HDA101*, bazı inaktif genleri hedef almakta ve hiperasetilasyona neden olmaktadır, böylece inaktif genlerin ifadesi de artmaktadır (Yang & ark., 2016). *Arabidopsis thaliana* 'da trichostatin A uygulaması histon deasetilaz enzimini inhibe etmekte ve *Botrytis cinerea* fungal patojen dayanıklılık artışı gelişmektedir (Hu & ark., 2019). Belirtilen bu ve benzeri epi-karakter özellikler kullanılarak DNA sekans dizi değişimi olmadan stres elastikiyeti yükseltilmiş bitki seleksiyonu sürdürülebilir eko-tarım sistemleri için önemli potansiyele sahiptir.

LncRNA 'ların Epigenetik Değişimlerdeki Rolü

Epigenetik düzenlenme sırasında LncRNA 'lar gen aktivasyonu için epigenetik regülatörlerle direkt bağlantı kurmakta ve bu epigenetik regülatörlerle transkripsiyonu takip etmektedir (Yang & ark., 2023). Tuz stres adaptasyonunda soya bitkisinin köklerinde DNA metilasyonu ile LincRNA ve LncNAT transkript

seviyesi yükselmiş (Chen & ark., 2019), kurak koşullarda çeltikte DNA metilasyon yoluyla kuraklığa özgü 271 adet yeni LncRNA transkript örnekleri rapor edilmiştir (Li P & ark., 2019). Benzer şekilde *Arabidopsis* 'te oksin biyosentezi, bir LncRNA olan APOLO transkriptleri aracılığıyla DNA ve histon metilasyonu düzenlenerek ayarlanmaktadır (Fonouni-Farde & ark., 2022). Sunulan örnekler epigenetik düzenleyicilerin gen ifadesindeki önemini ortaya koymaktadır.

Tarımda Epigenetik Uygulamaların Zorlukları

Araştırma sonuçlarından edinilen epigenetik mekanizmaya dayalı stres özellikleri ıslah edilmiş varyantların pratik uygulamalara transferinde bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Son derece karmaşık mekanizmalara sahip olan epigenetik özellikler bitkinin doku, gelişim dönemi ve çevresel değişkenlerden etkilendiği için çok fazla testleme yapılması gerekir. Bu karmaşık mekanizmalar DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve ncRNA arasındaki interaksiyonların etkisiyle ilgilidir. Ancak daha az çalışılan ubikitinasyon, suksinilasyon, butrilasyon vb reaksiyonların metilasyon ve asetilasyon/deasetilasyon modifikasyonlarıyla bağlantıları ve bunların bitki üzerindeki etkisi çok az bilinmektedir. Kısacası epigenetik düzenlenme çok geniş ve karmaşık bir ağ sistemine sahiptir. Epigenom çalışmalarında standart teknikler bulunmamaktadır.

Bir stres faktörüne dayanıklı olan bir bitki varyantı farklı bir stresle karşılaşınca tepkisi de değişebilmektedir. Bu nedenle özellikle tarımsal bitki ıslah çalışmalarında güvenilir metodlar geliştirmek için, epi-karakterlerin generasyonlar arası geçiş dinamikleri ve stabilitesinin çok iyi bilinmesi gerekir (Li & ark., 2023). Epigenetik mekanizmalara dayalı yapılan seleksiyon çalışmaları az sayıda tarım bitkileriyle sınırlıdır. Her bir bitki çeşidi kendine özgü genom ve epigenom karakterlere sahiptir. Bir bitkiden elde edilen bulguların/bilgilerin diğer bitkilere transfer edilememesi standart bir epigenetik mekanizma geliştirmede ki en önemli zorluklardan birisidir. Stres toleranslığıyla ilgili tarım bitkilerinin epi-ıslah çalışmalarında ele alınacak ilgili bitkinin üç değişkeni arasındaki interaksiyon mutlaka dikkate alınmalıdır, bunlar;

1)bitkinin genleri veya genetik özellikleri

2)bu genlerin epigenetik düzen mekanizmaları

3)farklı bölgelerde ve farklı mevsimlerde karşılaşılan stresler arasındaki interaksiyon çok iyi çalışılmalıdır

Sonuç

Dinamik bir yapıya sahip olan histon modifikasyonları ekstrem abiyotik koşullarda çok farklı metilasyon örnekleri göstermektedir. Epigenetik regülatör ağ sistemindeki stres tepkileri ortaya çıkarıldıkça stres elastikiyeti yüksek bitki varyantlarının da seleksiyonu mümkün olabilecektir. Epigenetik modifikasyonların kalıtımı DNA sekanslarında bir değişim olmaksızın gelecek nesillere de aktarılacağı için yeni kuşaklardaki bireylerin de stres adaptasyonlarına yardım edecektir (Quadrana & Colot, 2016).

Genellikle epigenetik mekanizmalara ait çalışmalar *Arabidopsis* üzerindeki araştırmalardan elde edilmekle beraber, çeltik, kolza, mısır, soya fasulyesi, domates gibi tarım ürünlerinde de önemli araştırma bulguları mevcuttur. Araştırma bulgularından pratik uygulamalara geçişte henüz standart tekniklerin olmayışı, çevresel değişkenlere bağlı olarak epi-özelliklerin elastikiyeti, henüz deneyimli araştırmacı yetersizliği gibi engeller epigenetiğe dayalı uniform çözümü zorlaştırmaktadır.

Tarımsal bitki ıslahında halen klasik genetik kurallarına dayandırılan yaklaşıma odaklanılmaktadır. Oysa epigenetik bilgiye dayalı epigenetik bileşenlerle tarımsal ıslah çalışmaları, ürün gelişiminde yeni fırsatlar sunabilir.

Kaynakça

Akhter, Z., Bi, Z., Ali, K., Sun, C., Fiaz, S., Haider, F.U. & Bai, J. (2021). In Response to Abiotic Stress, DNA Methylation Confers EpiGenetic Changes in Plants. *Plants*, 10, 1096.

Arnold, P. A., Kruuk, L. E. B. & Nicotra, A. B. (2019). How to analyse plant phenotypic plasticity in response to a changing climate. *The New Phytologist*, 222, 1235-1241.

Bakhtiari, M., Formenti, L., Caggia, V., Glauser, G. & Rasman, S. (2019). Variable effects on growth and defense traits for plant ecotypic differentiation and phenotypic plasticity along elevation gradients. *Ecology and Evolution*, 9(7), 3740-3755. Doi: 10.1002/ece3.4999

Chachar, S., Chachar, M., Riaz, A., Shaikh, A. A., Li, X., Li, X., Guan, C. & Zhang, P. (2022). Epigenetic modification for horticultural plant improvement comes of age. *Scientia Horticulturae*, 292, 110633.

Chen, R., Li, M., Zhang, H., Duan, L., Sun, X., Jiang, Q., Zhang, H. & Hu, Z. (2019). Continuous salt stress-induced long non-coding RNAs and DNA methylation patterns in soybean roots. *BMC genomics*, 20 (1), 730. Doi: 10.1186/s12864-019-6101-7

Cocciolone, S. M., Chopra, S., Flint-Garcia, S. A., McMullen, M. D. & Peterson, T. (2001). Tissue-specific patterns of a maize Myb transcription factor are epigenetically regulated. *Plant J.* 27, 467–478. doi: 10.1046/j.1365-313x.2001.01124.x

Cuerda-Gil, D. & Slotkin, R. K. (2016). Non-canonical RNA-directed DNA methylation. *Nature Plants*, 2 (11):16163. doi: 10.1038/nplants.2016.163

Duarte-Aké, F., Us-Camas, R. & De-la-Peña, C. (2023). Epigenetic Regulation in Heterosis and Environmental Stress: The Challenge of Producing Hybrid Epigenomes to Face Climate Change. *Epigenomes*, 7 (3), 14.

Finnegan, E. J., Crisp, P. A., Zhang, P., Eglitis-Sexton, J., Greenwood, J., Hintzsche, J., Li, J., Taylor, J., Wallace, X. & Swain, S. (2025). Testing the potential of zebularine to induce heritable changes in crop growth and development. *Theoretical and Applied Genetics*, 138 (1), 1-19. Doi: 10.1007/s00122-024-04799-3

Forestan, C., Farinati, S., Rouster, J., Lassagne, H., Lauria, M., Dal Ferro, N. & Varotto, S. (2018). Control of Maize Vegetative and Reproductive Development, Fertility, and rRNAs Silencing by *HISTONE DEACETYLASE 108*. *Genetics*, 208 (4), 1443-1466. Doi: 10.1534/genetics.117.300625

Fonouni-Farde, C., Christ, A., Blein, T., Legascue, M. F., Ferrero, L., Moison, M., Lucero, L., Ramírez-Prado, J. S., Latrasse, D., Gonzalez, D., Benhamed, M., Quadrana, L., Crespi, M. & Ariel, F. (2022). The Arabidopsis APOLO and human UPAT sequence-unrelated long noncoding RNAs can modulate DNA and histone methylation machineries in plants. *Genome Biology*, 23 (1), 181. Doi: 10.1186/s13059-022-02750-7

Fu, W., Huang, S., Gao, Y., Zhang, M., Qu, G., Wang, N., Liu, Z. & Feng, H. (2020). Role of BrSDG8 on bolting in Chinese cabbage (*Brassica rapa*). *Theoretical and Applied Genetics*, 133 (10), 2937-2948. Doi: 10.1007/s00122-020-03647-4

Gupta, C., & Salgotra, R. K. (2022). Epigenetics and its role in effecting agronomical traits. *Frontiers in Plant Science*, 13, 925688.

Herrera, C. M., Medrano, M. & Bazaga, P. (2016). Comparative spatial genetics and epigenetics of plant populations: heuristic value and a proof of concept. *Molecular Ecology*, 25 (8), 1653-1664. Doi: 10.1111/mec.13576

Hu, Y., Lu, Y., Zhao, Y. & Zhou, D. X. (2019). Histone Acetylation Dynamics Integrates Metabolic Activity to Regulate Plant Response to Stress. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1236. Doi: 10.3389/fpls.2019.01236

Huang, H., Sabari, B. R., Garcia, B. A., Allis, C. D. & Zhao, Y. (2014). SnapShot: histone modifications. *Cell*, 159, 458–458.e1.

Huang, C.-Y. & Jin, H. (2022). Coordinated epigenetic regulation in plants: A potent managerial tool to conquer biotic stress. *Frontiers of Plant Science*, 12, 795274.

Kovalchuk, I. (2021). Role of DNA methylation in genome stability. In *Genome Stability* (pp. 435-452). Academic Press.

Kumar G, Rattan U. K. & Singh, A. K. (2016) Chilling-Mediated DNA Methylation Changes during Dormancy and Its Release Reveal the Importance of Epigenetic Regulation during Winter Dormancy in Apple (*Malus x domestica* Borkh.). *PLoS ONE*, 11 (2), e0149934. Doi: 10.1371/journal.pone.0149934

Kumar, V., Thakur, J. K. & Prasad, M. (2021). Histone acetylation dynamics regulating plant development and stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 78, 4467-4486. Doi: 10.1007/s00018-021-03794-x

Kumar, M. & Rani, K. (2023). Epigenomics in stress tolerance of plants under the climate change. *Molecular Biology Reports*, 50 (7), 6201-6216. Doi: 10.1007/s11033-023-08539-6

Lang, Z., Wang, Y., Tang, K., Tang, D., Datsenka, T., Cheng, J., Zhang, Y., Handa, A. K. & Zhu, J. K. (2017). Critical roles of DNA demethylation in the activation of ripening-induced genes and inhibition of ripening-repressed genes in tomato fruit. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114 (22), E4511–E4519. <https://doi.org/10.1073/pnas.1705233114>

Li, P., Yang, H., Wang, L., Liu, H., Huo, H., Zhang, C., Liu, A., Zhu, A., Hu, J., Lin, Y. & Liu, L. (2019). Physiological and Transcriptome Analyses Reveal Short-Term Responses and Formation of Memory Under Drought Stress in Rice. *Frontiers in Genetics*, 10, 55. Doi: 10.3389/fgene.2019.00055

Li, S., Lin, Y. J., Wang, P., Zhang, B., Li, M., Chen, S., Shi, R., Tunlaya-Anukit, S., Liu, X., Wang, Z., Dai, X., Yu, J., Zhou, C., Liu, B., Wang, J. P., Chiang, V. L. & Li, W. (2019). The AREB1 Transcription Factor Influences Histone Acetylation to Regulate Drought Responses and Tolerance in *Populus trichocarpa*. *The Plant Cell*, 31 (3), 663-686. Doi: [10.1105/tpc.18.00437](https://doi.org/10.1105/tpc.18.00437)

Li, S., He, X., Gao, Y., Zhou, C., Chiang, V. L. & Li, W. (2021). Histone Acetylation Changes in Plant Response to Drought Stress. *Genes*, 12 (9), 1409. Doi: [10.3390/genes12091409](https://doi.org/10.3390/genes12091409)

Li, Y., Mo X., Xiong J., Huang K., Zheng M., Jiang Q., Su G., Ou Q., Pan H. & Jiang C. (2023). Deciphering the probiotic properties and safety assessment of a novel multi-stress-tolerant aromatic yeast *Pichia kudriavzevii* HJ2 from marine mangroves. *Food Bioscience*, 56, 103248. Doi: 10.1016/j.fbio.2023.103248.

Lloyd, J. P. B. & Lister, R. (2022). Epigenome plasticity in plants. *Nature Reviews. Genetics*, 23, 55-68. Doi: [10.1038/s41576-021-00407-y](https://doi.org/10.1038/s41576-021-00407-y)

López Sánchez, A., Stassen, J. H., Furci, L., Smith, L. M. & Ton, J. (2016). The role of DNA (de) methylation in immune responsiveness of Arabidopsis. *The Plant Journal*, 88 (3), 361-374.

Luger, K., Mader, A. W., Richmond, R. K., Sargent, D. F. & Richmond, T. J. (1997). Crystal structure of the nucleosome core particle at 2.8 Å resolution. *Nature*, 389, 251-260. doi: 10.1038/38444

Merce, C., Bayer, P. E., Fernandez, C. T., Batley, J. & Edwards, D. (2020). Induced methylation in plants as a crop improvement tool: Progress and perspectives. *Agronomy*, 10, 1484. doi: 10.3390/agronomy10101484

Meyer, P. (2015). Epigenetic variation and environmental change. *Journal of Experimental Botany*, 66, 3541-3548. Doi: 10.1093/jxb/eru502

Miura, K., Agetsuma, M., Kitano, H., Yoshimura, A., Matsuoka, M., Jacobsen, S. E. & Ashikari, M. (2009). A metastable DWARF1 epigenetic mutant affecting plant stature in rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (27), 11218-11223. Doi: [10.1073/pnas.0901942106](https://doi.org/10.1073/pnas.0901942106)

Miura, K., Ikeda, M., Matsubara, A., Song, X. J., Ito, M., Asano, K., Matsuoka, M., Kitano, H. & Ashikari, M. (2010). OsSPL14 promotes panicle branching and higher grain productivity in rice. *Nature Genetics*, 42 (6), 545-549. Doi: 10.1038/ng.592

Onufriev, A. V. & Schiessel, H. (2019). The nucleosome: From structure to function through physics. *Current Opinion in Structural Biology*, 56, 119-130. Doi: 10.1016/j.sbi.2018.11.003

Pathak, H., Kumar, M., Molla, K. A. & Chakraborty, K. (2021). Abiotic stresses in rice production: impacts and management. *Oryza*, 58, 103-125. Doi: 10.35709/ory.2021.58.spl.4

Pilu, R., Panzeri, D., Cassani, E., Cerino Badone, F., Landoni, M. & Nielsen, E. A. (2009). Paramutation phenomenon is involved in the genetics of maize low phytic acid1–241 (*lpa1–241*) trait. *Heredity*, 102, 236-245. doi: 10.1038/hdy.2008.96

Poza-Viejo, L., Payá-Milans, M., San Martín-Uriz, P., Castro-Labrador, L., Lara-Astiaso, D., Wilkinson, M. D., Piñeiro, M., Jarillo, J. A. & Crevillén, P. (2022). Conserved and distinct roles of H3K27me3 demethylases regulating flowering time in *Brassica rapa*. *Plant, Cell & Environment*, 45 (5), 1428-1441. Doi: 10.1111/pce.14258

Quadrana, L. & Colot, V. (2016). Plant transgenerational epigenetics. *Annual Review of Genetics*, 50 (1), 467-491.

Raju, S. K. K., Shao, M. R., Sanchez, R., Xu, Y. Z., Sandhu, A., Graef, G. & Mackenzie, S. (2018). An epigenetic breeding system in soybean for increased yield and stability. *Plant Biotechnology Journal*, 16 (11), 1836-1847. Doi: 10.1111/pbi.12919

Rossi, V., Locatelli, S., Varotto, S., Donn, G., Pirona, R., Henderson, D. A., Hartings, H. & Motto, M. (2007). Maize histone deacetylase *hda101* is involved in plant development, gene transcription, and sequence-specific modulation of histone modification of genes and repeats. *The Plant Cell*, 19 (4), 1145-1162. Doi: 10.1105/tpc.106.042549

Schmid, M. W., Heichinger, C., Coman Schmid, D., Guthörl, D., Gagliardini, V., Bruggmann, R., Aluri, S., Aquino, C., Schmid, B., Turnbull, L. A. & Grossniklaus, U. (2018). Contribution of epigenetic variation to adaptation in *Arabidopsis*. *Nature communications*, 9 (1), 4446. Doi: 10.1038/s41467-018-06932-5

Song, X. J., Kuroha, T., Ayano, M., Furuta, T., Nagai, K., Komeda, N., Segami, S., Miura, K., Ogawa, D., Kamura, T., Suzuki, T., Higashiyama, T., Yamasaki, M., Mori, H., Inukai, Y., Wu, J., Kitano, H., Sakakibara, H., Jacobsen, S. E. & Ashikari, M. (2015). Rare allele of a previously unidentified histone H4 acetyltransferase enhances grain weight, yield, and plant biomass in rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (1), 76-81. Doi: 10.1073/pnas.1421127112

Song, Z. T., Zhang, L. L., Han, J. J., Zhou, M. & Liu, J. X. (2021). Histone H3K4 methyltransferases SDG25 and ATX1 maintain heat-stress gene expression during recovery in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, 105 (5), 1326-1338.

Springer, N. M. & Schmitz, R. J. (2017). Exploiting induced and natural epigenetic variation for crop improvement. *Nature Reviews. Genetics*, 18 (9), 563-575. Doi: 10.1038/nrg.2017.45

Sudan, J., Raina, M. & Singh, R. (2018). Plant epigenetic mechanisms: role in abiotic stress and their generational heritability. *3 Biotech*, 8 (3), 172. Doi: 10.1007/s13205-018-1202-6

Sun, C., Fang, J., Zhao, T., Xu, B., Zhang, F., Liu, L., Tang, J., Zhang, G., Deng, X., Chen, F., Qian, Q., Cao, X. & Chu, C. (2012). The histone methyltransferase SDG724 mediates H3K36me2/3 deposition at MADS50 and RFT1 and promotes flowering in rice. *The Plant Cell*, 24 (8), 3235-3247. Doi: 10.1105/tpc.112.101436

Swygert, S. G. & Peterson, C. L. (2014). Chromatin dynamics: Interplay between remodeling enzymes and histone modifications. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1839, 728-736. Doi: 10.1016/j.bbagr.2014.02.013

Takatsuka, H. & Umeda, M. (2015). Epigenetic control of cell division and cell differentiation in the root apex. *Frontiers of Plant Science*, 6, 1178. Doi: 10.3389/fpls.2015.01178

Tobiasz-Salach, R., Stadnik, B., Mazurek, M., Buczek, J. & Leszczyńska, D. (2024). Foliar Application of Silicon Influences the Physiological and Epigenetic Responses of Wheat Grown Under Salt Stress. *International journal of molecular sciences*, 25 (24), 13297. Doi: 10.3390/ijms252413297

Tonosaki, K., Fujimoto, R., Dennis, E. S., Raboy, V. & Osabe, K. (2022). Will epigenetics be a key player in crop breeding?. *Frontiers in Plant Science*, 13, 958350. Doi: 10.3389/fpls.2022.958350.

Tsukada, Y. I., Fang, J., Erdjument-Bromage, H., Warren, M. E., Borchers, C. H., Tempst, P. & Zhang, Y. (2006). Histone

demethylation by a family of JmjC domain-containing proteins. *Nature*, 439 (7078), 811-816. Doi: 10.1038/nature04433

Ueda, M. & Seki, M. (2020). Histone modifications form epigenetic regulatory networks to regulate abiotic stress response. *Plant Physiology*, 182, 15-26. Doi: 10.1104/pp.19.00988

Varotto, S., Locatelli, S., Canova, S., Pipal, A., Motto, M. & Rossi, V. (2003). Expression profile and cellular localization of maize Rpd3-type histone deacetylases during plant development. *Plant Physiology*, 133 (2), 606-617. Doi: 10.1104/pp.103.025403

Wang, W., Huang, F., Qin, Q., Zhao, X., Li, Z. & Fu, B. (2015). Comparative analysis of DNA methylation changes in two rice genotypes under salt stress and subsequent recovery. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 465 (4), 790-796.

Waddington, C. H. (1942). The epigenotype. *Endeavour*, 1, 18-20.

Weinhold, B. (2006). Epigenetics: the science of change. *Environmental health perspectives*, 114(3), A160-A167. Doi: [10.1289/ehp.114-a160](https://doi.org/10.1289/ehp.114-a160)

Xu, Y., Zhang, S., Lin, S., Guo, Y., Deng, W., Zhang, Y. & Xue, Y. (2017). WERAM: a database of writers, erasers and readers of histone acetylation and methylation in eukaryotes. *Nucleic Acids Research*, 45 (D1), D264–D270. Doi: 10.1093/nar/gkw1011

Yang, H., Liu, X., Xin, M., Du, J., Hu, Z., Peng, H., Rossi, V., Sun, Q., Ni, Z. & Yao, Y. (2016). Genome-Wide Mapping of Targets of Maize Histone Deacetylase HDA101 Reveals Its Function and Regulatory Mechanism during Seed Development. *The Plant Cell*, 28 (3), 629-645. Doi: 10.1105/tpc.15.00691

Yang, W., Bai, Q., Li, Y., Chen, J. & Liu, C. (2023). Epigenetic modifications: Allusive clues of lncRNA functions in plants. *Computational and structural biotechnology journal*, 21, 1989-1994. Doi: 10.1016/j.csbj.2023.03.008

Zemach, A., Kim, M. Y., Hsieh, P. H., Coleman-Derr, D., Eshed-Williams, L., Thao, K., Harmer, S. L. & Zilberman, D. (2013). The Arabidopsis nucleosome remodeler DDM1 allows DNA methyltransferases to access H1-containing heterochromatin. *Cell*, 153 (1), 193-205. Doi: 10.1016/j.cell.2013.02.033

Zhang, H., Lang, Z. & Zhu, J. K. (2018). Dynamics and function of DNA methylation in plants. *Nature Reviews in Molecular Cell Biology*, 19, 489-506. Doi: 10.1038/s41580-018-0016-z

Zhao, T., Zhan, Z. & Jiang, D. (2019). Histone modifications and their regulatory roles in plant development and environmental memory. *Journal of Genetics and Genomics*, 46, 467-476. Doi: 10.1016/j.jgg.2019.09.005

Zhou, S., Jiang, W., Long, F., Cheng, S., Yang, W., Zhao, Y. & Zhou, D. X. (2017). Rice Homeodomain Protein WOX11 Recruits a Histone Acetyltransferase Complex to Establish Programs of Cell Proliferation of Crown Root Meristem. *The Plant Cell*, 29 (5), 1088-1104. Doi: 10.1105/tpc.16.00908

