

EDITORIAL BOARD

EDITOR-in-CHIEF

Taki DEMİR, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

ASSISTANT EDITOR-in-CHIEF:

Mustafa YILMAZ, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

Bahadır ŞİN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

AREA/SECTION EDITORS: (*)

- Alireza TARINEJAD, Azarbaijan Shahid Madani University, Faculty of Agriculture, (Iran)
- Behçet KIR, Ege University, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Burhan KARA, Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Elisa Azura AZMAN, Putra University, Faculty of Agriculture (Malaysia)
- Fatih SÖNMEZ, Sakarya University of Applied Sciences (Türkiye)
- Gülay ZÜLKADİR, Mersin University, Silifke Applied Technology and Management Vocational School, (Türkiye)
- Hamza BOZKIR, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Hüseyin İrfan BALIK, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- İsmet YILDIRIM, Düzce University, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Kenan KILIÇ, Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering (Türkiye)
- Mehmet KOYUNCU, Karamanoğlu Mehmetbey University, Engineering Faculty (Türkiye)
- Mehmet ÖTEN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye) (Türkiye)
- Melih YILAR, Ahi Evran University, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Muhammad ASLAM, University of Agriculture (Pakistan)
- Mustafa ERGEN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Necdettin SAĞLAM, Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Ömer BEYHAN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Rahime CENGİZ, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Reza AMIRNIA, Urmia University (Iran)
- Rüstem CANGİ, Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture (Türkiye)
- Saim ÖZDEMİR, Sakarya University, Engineering Faculty (Türkiye)
- Salih KARABÖRKLÜ, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

(*): The list is based on name of the editors in alphabetical order.

Sekretarya / Sekretariat

Melike KÖSE, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

Gürkan PURLU, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

Furkan DOĞAN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

Gülennur ŞANLI, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Türkiye)

JOURNAL OF AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY

Vol. 4 No. 2 (2023): JUNE

TABLE OF CONTENTS

Research Article/ Araştırma Makalesi

- Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisi Çimlenme Dönemi Parametrelerini İyileştirilmesi İçin Priming Yöntemiyle Kitosan Kaplamada Doz Belirlenmesi / Dose Determination in Chitosan Coating by Priming Method for Maize (*Zea mays* L.) Plant Germination Period Parameters Improvement
Rahime CENGİZ, Müge ÖNER 63-74
- Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Çimlenme Döneminde Düşük Sıcaklık Stresine Toleransı / Low Temperature Stress Tolerance of Maize (*Zea mays* L.) Plant During Germination
Rahime CENGİZ, Şahadet MÜŞTAK 75-83
- Hibrit Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinin Verim ve Verim Unsurları Arasındaki Korelasyon ve Path Analizi / Correlation and Path Analysis Between Yield and Yield Components of Hybrid Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Plant
Ferzat TURAN, Gamze Nida GÜNEŞ, Zeynep DURAN, Bilal KARAKAYA 99-104
- Kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) Bitkisinin Farklı Kısımlarının Biyoaktif İçerikleri / Bioactive Contents of Different Parts of Strawberry Tree (*Arbutus unedo* L.) Plant 105-112

Reviews/Derleme

- Bitki Stres Cevaplarında Kodlanmayan RNA'lar ve Tarımdaki Önemi / Non-Coding RNAs in Plant Stress Responses and Their Implications for Agriculture
Büşra YİRMİBEŞ, Nur ÜLGER 53-62
- Fındıkta Tozlanma ve Döllenme Konusunda Son Gelişmeler / Current Developments In Pollination And Fertilization Researches In Hazelnut
Hüseyin İrfan BALIK, Tuğba Murat ARİF 84-98



Review Article

Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 4(2), 53-62, 2023

Received: 25-Aug-2023 Accepted: 15-Sep-2023



homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinabt>

<https://doi.org/10.58728/joinabt.1350093>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Non-Coding RNAs in Plant Stress Responses and Their Implications for Agriculture

Büşra YİRMİBEŞ^{1,2*} , Nur ÜLGER² 

¹ Department of Biotechnology, Institute of Science and Technology, Akdeniz University, Antalya, Türkiye.

² Multi Tohum Tar. San. Tic. A.ş., Antalya, Türkiye.

ABSTRACT

Agriculture's global significance encompasses food security, economic growth, preservation of biological diversity, and employment generation. However, the stresses such as abiotic and biotic stresses generate substantial challenges in terms of crop yield and quality. Plants respond to these stressors by means of physiological and genetic mechanisms. Notably, small non-coding RNAs (ncRNAs), such as microRNAs (miRNAs) and small interfering RNAs (siRNAs), play essential regulatory roles in adaptation to these stresses. Abiotic stresses include temperature, drought, and salinity and leading to changes in miRNA expression levels. miRNAs like miR167, miR159, and miR171 actively participate in salt, drought, and cold stress responses. Similarly, miR395 responds to sulfate deficiency stress, while miR399 is involved in phosphate homeostasis. Some biotic stresses, like pathogen infections, also affect miRNA modulation and resistance mechanisms. siRNAs effectively contribute resistance to biotic stress such as pathogen, bacteria, fungi, virus and abiotic stresses. Virus-derived siRNAs (vsiRNAs) activate plant immunity, and on the other hand, in vitro synthesized siRNAs can be used in controlling pest. Heat stress triggers differential siRNA expression, particularly associated with flowering regulation, while plant species exhibiting drought tolerance display pronounced siRNA regulations in response to water deficiency. In conclusion, understanding plant responses to adverse stress conditions is pivotal for advancing plant resilience, yield, and quality. ncRNAs like miRNAs and siRNAs are key molecular players in these adaptation processes. When combined with gene editing technologies such as CRISPR/Cas9, these approaches offer promising strategies for developing stress-tolerant agricultural products. These strategies hold significant potential in supporting sustainable agriculture and addressing global food security challenges.

Keywords: Agriculture, microRNA, siRNA, plant stress

* Corresponding Author's email: yirmibesbusra@gmail.com

Bitki Stres Cevaplarında Kodlanmayan RNA'lar ve Tarımdaki Önemi

ÖZ

Tarımın küresel önemi, gıda güvencesi, ekonomik büyüme, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi ve istihdam sağlanması gibi çok yönlü katkıları içermektedir. Ancak, biyotik ve abiyotik stres unsurları, ürün verimliliği ve kalitesi açısından ciddi zorluklar sunmaktadır. Bitkiler, bu tür streslere fizyolojik ve genetik mekanizmalarla yanıt verirler. Özellikle mikroRNA'lar (miRNA'lar) ve küçük interferan RNA'lar (siRNA'lar) gibi küçük kodlanmayan RNA'lar (ncRNA'lar), bu streslere adaptasyonda önemli düzenleyici roller üstlenirler. Abiyotik stres faktörleri arasında sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk gibi faktörler bulunmaktadır ve bu faktörler miRNA ekspresyon düzeylerinde değişikliklere yol açarlar. miR167, miR159 ve miR171 gibi miRNA'lar tuz, kuraklık ve soğuk stres yanıtlarında etkin rol oynarlar. Aynı şekilde, miR395 sülfat eksikliği stresine, miR399 ise fosfat homeostazına yanıt verir. Patojen enfeksiyonları gibi bazı biyotik stresler de miRNA modülasyonunu ve direnç mekanizmalarını etkilemektedir. siRNA'lar, patojenler, bakteriler, mantarlar ve virüsler gibi biyotik streslere karşı direnç sağlamada etkin rol oynarlar. Virüs kaynaklı siRNA'lar (vsiRNA'lar), bitki bağışıklığını harekete geçirirken, in-vitro sentezlenen siRNA'lar zararlı organizmaların kontrolünde kullanılabilir. Isı stresi, özellikle çiçeklenme düzenlemesi ile ilişkilendirilen farklı siRNA ekspresyonunu tetiklerken, kuraklık toleransı gösteren bitki türleri su eksikliği yanıtlarında belirgin siRNA düzenlemeleri sergilerler. Sonuç olarak, bitkilerin olumsuz stres koşullarına verdiği tepkileri anlamak, bitki verimliliği, dayanıklılığı ve kalitesini artırmak açısından hayati önem taşır. miRNA'lar ve siRNA'lar gibi kodlanmayan RNA'lar, bu adaptasyon süreçlerinde kilit rol oynayan moleküler oyunculardır. CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknolojileri ile birleştirildiğinde, stres toleransına sahip tarım ürünleri geliştirme konusunda umut verici stratejiler sunar. Bu yaklaşımlar, sürdürülebilir tarımı desteklemek ve küresel gıda güvenliği zorluklarına çözüm sağlamak adına önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tarım, miRNA, siRNA, bitki stresi

1 Introduction

Agriculture has a significant importance worldwide due to reasons such as providing food, economic development, preserving biological diversity and ecosystem health, and generating employment opportunities. It is essential for ensuring sufficient and balanced nutrition for human health, as the crops required for this purpose are obtained through agricultural practices. Industries based on agriculture and the export of agricultural crops contribute to economic growth. Furthermore, agricultural areas are important for conserving biological diversity and ensuring the continued health of ecosystems. Proper practices help preserve soil fertility, prevent erosion, and protect habitats [1][2]. Therefore, it is crucial to obtain high-quality and yielding agricultural crops, particularly in terms of health and economic contributions. To achieve this goal, careful work and efforts are required in both growing and crop storage stages. Nevertheless, numerous challenges are encountered in pursuit of this objective.

One of the most significant challenges affecting plant yield and quality, and thus agricultural productivity, is abiotic stresses resulting from temperature, drought, cold stress, as well as soil-related factors including salt accumulation and mineral deficiencies. Another challenge involves biotic stresses caused by harmful organisms such as insects, viruses, and fungi [3][4].

Plants responds to the aforementioned stress with physiological responses containing proteins, some transcription factors and metabolites and genetic responses. Non-coding RNA mechanisms are involved

in genetic response [5][6]. These mechanisms do not change DNA sequences but cause the alterations arising from environmental factors in gene expression [7]. Small non-coding RNAs (sRNAs) have significant roles in the plant development and the response to biotic and abiotic stresses. They are also valuable tools in functional genomic studies and biotechnology field [8]. This article focuses on the studies related to small non-coding RNAs (ncRNAs) conducted to enhance the resilience against the mentioned stress factors.

2 Small Non-coding RNAs in Plants

RNA can be categorized as messenger RNA (mRNA) which can be translated into proteins, and non-coding RNA (ncRNA) which does not undergo translation. Around 98% of RNA is not converted into proteins, with introns accounting for 70% of this portion [9][10]. ncRNAs play crucial regulatory roles in cellular functions by facilitating post-transcriptional gene regulation [6]. ncRNAs can be classified into two groups based on their size: long ncRNAs and short ncRNAs. In this context, the focus will be on short non-coding RNAs. microRNAs (miRNAs) and small interfering RNAs (siRNAs) are the two most commonly researched types of regulatory short ncRNAs [11][12].

2.1 micro RNAs (miRNAs) and small interfering RNAs (siRNAs)

miRNAs are approximately 19-25 nucleotides in length and are found in various regions of the genome. In plants, they are mostly derived from intergenic regions. miRNAs bind to specific target gene regions on mRNA, creating either perfect or near-perfect complementarity, which leads to the degradation or, in rare cases, repression of mRNA. This modulation of gene expression, in turn, affects the function of the target gene. miRNAs have specific roles, some of which are conserved across species or tissues, while others are involved in developmental processes [11]. A study conducted in Arabidopsis and maize compared miRNA processes between monocots and dicots and found similarities, indicating a high degree of conservation [13]. It is known that this conservation also exists in target genes. In their study, Floyd and Bowman 2004 [14] stated that the HD-ZIP genes targeted by miR-166 were also conserved.

dsRNAs, which are precursors of siRNAs, are cleaved by the Dicer enzyme, resulting in 20-25 nt siRNAs with double-stranded and 3' overhangs. According to their biogenesis, they are classified as phasiRNAs (phased secondary small interfering RNAs) and hc-siRNAs (heterochromatic small interfering RNAs). PhasiRNAs are derived from double-stranded RNAPol II and RDR6 (RNA-dependent RNA polymerase VI) transcripts and are converted into 21-24 nt mature duplexes by DCL4 or DCL5 enzymes. This process is triggered by 22 nt miRNAs. On the other hand, hc-siRNAs are typically 24 nt long and originate from repetitive regions in the genome. These structures, when associated with RISC factors, lead to the degradation of target mRNAs, thereby performing a gene silencing role [15][16]. miRNAs generally play a role in processes such as cell development, differentiation, and response to biotic and abiotic stresses, while siRNAs are also effective in stress adaptation and defense against viruses [5][9].

miRNAs and siRNAs are processed by various processes and proteins in their biogenesis, which play crucial roles in their functional mechanisms. The DCL (Dicer-like) proteins are enzymes responsible for cleaving precursor miRNAs and siRNAs to generate mature small RNAs. These proteins include specialized members such as DCL1, DCL2, DCL3, and DCL4, each of which contributes to the formation of small RNAs of different lengths, facilitating their involvement in gene silencing. DCL1, for instance, cleaves imperfectly complementary double-stranded RNAs to produce approximately 21 nt miRNAs, which can participate in post-transcriptional regulation. DCL2 and DCL4 are two other enzymes involved in antiviral defense and post-transcriptional gene silencing (PTGS). DCL2 generates

22 nt small RNAs, while DCL4 produces 21 nt small RNAs. On the other hand, DCL3 is involved in the biogenesis of 24 nt siRNAs, which play a role in RNA-directed DNA methylation process targeting endogenous double-stranded DNA transcripts. Additionally, DCL4 is also involved in the formation of tasiRNAs (trans-acting small interfering RNAs [17][18]. siRNAs lead to PTGS or RNAi and participate in mRNA degradation are typically 21 nt long small RNAs.

3 Response of miRNAs to Stress Conditions

Plants exhibit similar responses when exposed to abiotic stresses, indicating that they affect common pathways involved in stress response. So far, the response of miRNAs to these stresses has been observed either as upregulation or downregulation of expression levels [5]. The first study on the response of miRNAs in plants to stress was related to nutrient mineral uptake and was conducted in *Arabidopsis* in 2004. According to the study, an increase in the expression of miR395 targeting the sulfate transporter gene was observed under sulfate deprivation, indicating that miRNAs can be induced by environmental stresses. The ATP sulfurylase genes, such as *APS1*, *APS3*, and *APS4*, targeted by miR395, play a key role in assimilating inorganic sulfate. Under sulfate deprivation, miR395 expression increases while the expression of the *APS1* gene decreases [19]. It is known that insufficient uptake of sulfate leads to impaired plant growth [20], which can negatively affect both yield and quality, causing problems in agricultural production.

After the realization that miRNAs respond to sulfate deprivation, studies have also been conducted on other essential nutrients in plant nutrition and development. Phosphorous is an essential mineral that contributes to the structure of nucleic acids, membranes, and ATP, thereby influencing cellular activities. They also have a central role in protein phosphorylation and signal transduction. Plants incorporate P as Pi (inorganic phosphate) through their roots. miR399 targets two different genes about P transports. One of its targets is a phosphate transporter gene (*PHO2*), and the other is an ubiquitin-conjugating enzyme (*UBC24*). These proteins are important for maintaining Pi homeostasis. When Pi is sufficient, miR399 is suppressed, leading to an increase in the expression of *PHO2* and *UBC24* genes. Hormonal signals regulate root development to prevent excessive Pi loading. However, under Pi starvation conditions, miR399 shows high upregulation, resulting in a decrease in the expression of the two aforementioned proteins [21].

It is known that miRNAs also play a significant role in response to salt stress [22][23]. The excessive accumulation of salts in the soil can disrupt the hydraulic conductivity and osmotic balance of plants, thereby limiting their physiological capabilities associated with growth and nutrient uptake. This phenomenon has the potential to undermine the normal developmental and nutritional functions of plants [24]. Ding et al. (2009) identified a total of 98 miRNAs, with 27 of them showing high expression, in maize through microarray analyses under salt treatments. For example, miR167 and miR164 were found to be downregulated in the NC286 maize variety, suggesting their potential involvement in salt stress signaling. Increased regulation was observed in the regulation of miR168, miR162, and miR395. miR168 was induced in salt-tolerant plants in the NC286 line but suppressed in salt-sensitive plants in the Huangzao4 line [22]. miR156, miR159, miR170, miR171, miR319, and miR396 are among the miRNAs whose expression changes in response to salt stress [25].

In broccoli, a winter vegetable, miRNAs respond to salt stress. Exposure to salt stress led to a decrease in the expression levels of miR393 and miR855, which are conserved in other plants, as well as two putative candidate miRNAs, miR3, and miR34. On the other hand, the expression of conserved miRNAs, miR396a and candidate miR37, was high. The target genes of these differentially expressed

miRNAs were found to be involved in cell cycle regulation, hormone signal transduction, and metabolic processes. Therefore, miRNAs have a significant impact on salt stress in broccoli [23].

Drought stress or excessive water loss in plants leads to morphological and physiological changes [5]. Drought stress slows down plant development, resulting in negative effects on yield and quality. Molecular studies conducted on plants exposed to this stress have shown changes in miRNA expression. Zhou et al. (2010) reported the downregulation of 16 miRNAs (miR156, miR159, miR168, miR170, miR171, miR172, miR319, miR396, miR397, miR408, miR529, miR896, miR1030, miR1035, miR1050, miR1088, and miR1126) in response to drought stress in rice, while miR159, miR171, miR319, miR169, miR395, miR474, miR845, miR896, miR851, miR854, miR901, miR903, miR1026, and miR1125 were upregulated. Among these, miR159 and miR171 seem to be both upregulated and downregulated. This is due to the clustering of miRNAs, which is referred to as miRNA families. For example, the miR171 family may have different members such as miR171a and miR171b, which can generate different responses. High expression of different members of the same family can be observed during shoot and reproductive stages. However, only miR854 is highly expressed during shoot and flower formation [26], indicating its significant role in these processes. Since flower formation has a considerable impact on yield, this information is crucial for breeding programs. In drought-tolerant tomato plants, increasing in the expression of miR2118a is 80%. The target of this miRNA is the pectate lyase protein, which is involved in plant elongation [24].

Another stress that leads to significant crop losses is cold stress. Cold stress can impose severe damage upon cell membranes, organelles, and plant organs. It can notably suppress pollen germination and inhibit pollen tube formation. Furthermore, it can instigate flower shedding, leading to substantial reductions in yield [28]. Cold stress can be classified as chilling (approximately 4 °C) and freezing (-18 °C), both of which negatively affect plant growth. Plants under cold stress experience reduced water uptake or cellular dehydration. This leads to the formation of reactive oxygen species, causing osmotic stress [29][30]. Some miRNAs that respond to cold stress have been identified. In a study conducted to investigate the response to cold stress, it was noted that miR167, miR319, and miR171 showed different expressions. The study also emphasized that miRNAs could be located in different regions [10]. It is known that miR397, miR169 and miR172 also respond to cold stress and upregulate in Arabidopsis [25][31].

miRNAs also play a role in response to biotic stresses. It has been shown that 99 miRNA families are induced in response to *Verticillium dahliae* infection, which causes significant yield losses in eggplant. Twelve hours after fungal infection, a decrease in the expression of miR156, miR159, miR160, miR162, miR166, miR167, miR169, miR171, miR172, miR319, and miR396 was observed in the plants. Real-time PCR analyses revealed a significant decrease in the expression of miR393 with increasing infection duration. miR393 targets an auxin receptor called as *TIR1*, and they have a negative correlation. An abundance of miR393 leads to a decrease in the expression of the target gene *TIR1*. When *TIR1* expression decreases, the expression of auxin response genes decreases. This negative effect contributes to resistance against necrotrophic fungal diseases [32][33].

4 Responses of siRNAs to Stress Conditions

Viruses are among the most significant stressors for plants. In response to viral infections, plants can activate resistance mechanisms by generating of siRNAs that target viral RNA. These siRNAs facilitate the degradation of viral RNA, thereby inhibiting the spread of the virus. The discovery of virus-derived siRNAs (vsiRNAs) in tobacco plants infected with potato virus led to further investigations in other plants. vsiRNAs derived from Wheat yellow mosaic virus (WYMV) were found to activate plant

immunity. In transgenic wheat plants expressing vsiRNA1, high levels of this RNA were produced, conferring resistance against WYMV. It was also reported that a wheat thioredoxin-like gene (TaAAED1) was targeted by vsiRNA, leading to its silencing [34]. For resistance against bean golden mosaic virus, siRNAs targeting the AC1 gene, responsible for viral replication, were generated in bean plants, resulting in significant resistance [35].

Plants can employ siRNAs to combat pathogens. For instance, as part of defense mechanisms against fungal infections, plants can produce siRNAs that suppress the expression of genes in pathogens, curbing their proliferation. For example, it is well-known that siRNAs are induced for protection against various fungal species. *Sclerotinia sclerotiorum* is a fungal disease that causes economic losses in around 500 different plant species. Leaf lesions caused by this disease in canola plants have been suppressed using siRNA [36]. In another study, siRNAs were utilized to suppress three cytochrome P450 genes in *Fusarium graminearum*, inhibiting fungal growth in barley leaves (Koch et al., unpublished). siRNAs originating from natural antisense transcript (NAT) regions, called nat-siRNAs, are considered an important source for siRNAs induced by environmental stress factors. It is known that nat-siRNAs are induced in response to *Pseudomonas syringae* carrying AvrRpt2 receptor [38].

In vitro synthesis of siRNAs targeting disease-causing genes is feasible. For example, a library of genes related to corn rootworm was created to identify potential targets, and siRNAs specific to these genes were produced in vitro. Feeding these siRNAs to corn rootworm larvae resulted in reduced expression of some genes, leading to retardation in larval development and their death [39].

Although siRNAs are predominantly induced under biotic stresses, they can also be activated in response to abiotic stresses such as heat, salt and drought. siRNAs display differential gene expression under heat stress. In cucumber leaves exposed to 38°C at different time intervals, 536 (1 h), 816 (6 h), and 829 (12 h) siRNAs were shown to be expressed differently. The study identified 795 target genes, including known genes such as serine/threonine-protein kinase SRK2I, CTR-1 like resistance protein RML1A-like, and RPP1, which are associated with heat tolerance and involved in the regulation of flowering [40].

In Arabidopsis, under conditions of salt stress, a nat-siRNA derived from the cis-natural antisense gene pair SRO5 and P5CDH (Δ 1-pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase) regulates oxidative stress and osmolyte accumulation. The expression of SRO5 increases in response to salt stress, leading to the formation of SRO5-P5CDH dsRNA. This dsRNA is processed by DCL2, RDR6, SGS3, and DNA-dependent RNA polymerase IV (NRPD1A) to generate a 24-nt nat-siRNA. This siRNA targets P5CDH. Consequently, proline is accumulated. This also contributes to the reduction of reactive oxygen species generated under stress conditions [41].

In drought-resistant rice plants, 21-24 nt siRNAs are significantly expressed, and their targets are related to oxidation-reduction and proteolysis processes, which contribute to the phenotypic response under water deficit conditions [42].

These examples illustrate how siRNAs are harnessed by plants to respond to various stressors. SiRNAs form a pivotal component of plants' adaptation mechanisms, aiding in their more effective response to stressors. Through regulating gene expression and influencing interactions, siRNAs contribute to plants' ability to navigate and cope with stress conditions.

5 Conclusions

High crop yield and quality in agriculture are desired conditions for both consumers and producers. Therefore, the investigation of how plants respond to adverse stress conditions is of great importance. Biotic stresses (caused by pathogens, pests, and other living organisms) and abiotic stresses (such as drought, salinity, temperature extremes, and toxic substances) can negatively impact plant growth, development, nutrient uptake, and metabolic processes. However, plants have evolved various molecular mechanisms to cope with these stresses. Plant responses to stress involve complex molecular and physiological changes. These adaptive responses are regulated by signaling pathways, gene expression, protein modifications, and the accumulation of specialized metabolites. For instance, small non-coding RNAs, like microRNAs (miRNAs) and small interfering RNAs (siRNAs), play pivotal roles in post-transcriptional gene regulation, enabling plants to adapt to stress conditions. Understanding stress tolerance and adaptation is instrumental in breeding resilient plant varieties with increased yield and quality. Ongoing research in agriculture has shown that by elucidating the mechanisms underlying plant responses to stress and leveraging modern biotechnological tools, such as gene editing techniques like CRISPR/Cas9, it is possible to engineer plants with improved stress tolerance and overall performance.

In conclusion, investigating how plants respond to adverse stress conditions is of paramount importance in agriculture. Such research can lead to the development of stress-tolerant plant varieties, ultimately benefiting both consumers and producers by enhancing crop yield and quality and contributing to the sustainability of agriculture.

6 Declarations

6.1 Study Limitations

None.

6.2 Funding source

None.

6.3 Competing Interests

There is no conflict of interest in this study.

6.4 Authors' Contributions

Developing ideas for the article, B.Y. and N.Ü.; Taking responsibility for the literature review during the research, B.Y.; Writing-review and editing, B.Y.; Taking responsibility for the creation of the entire manuscript, B.Y.; approving the final editings of the text B.Y and N.Ü.

References

- [1] Uzundumlu, A. S. (2012). Tarım Sektörünün Ülke Ekonomisindeki Yeri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 34–44.
- [2] Diao, X., Hazell, P., Resnick, D. and Thurlow, J. (2006). The Role of Agriculture in Development: Implications for Sub-Saharan Africa. *AgEcon Search*, 11.
- [3] Büyük, I., Soydam-Aydin, S., ve Aras, S. (2012). Molecular responses of plants to stress conditions. *Turk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2), 97–110. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2012.40316>
- [4] Kayıkçı, H. C., Kaba, A., Soylu, İ. ve Mutlu, N. (2022). MicroRNA'ların Domates Bitkisinde Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Tolerantlığa Etkisi. *Bahçe*, 51(1), 353-357.
- [5] Guleria, P., Mahajan, M., Bhardwaj, J., and Yadav, S. K. (2011). Plant Small RNAs: Biogenesis, Mode of Action and Their Roles in Abiotic Stresses. *Genomics, Proteomics and Bioinformatics*, 9(6), 183–199. [https://doi.org/10.1016/S1672-0229\(11\)60022-3](https://doi.org/10.1016/S1672-0229(11)60022-3)
- [6] Şahin, Ö., Ayaz, G. B., ve Ayaz, U. (2018). Bitki Epigenetiği. *Diyalektik ve Toplum*, 1(2), 135-144.
- [7] Liu, N. and Pan, T. (2015). RNA Epigenetics. *Transl Res. Author manuscript*, 165(1), 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2014.04.003.RNA>
- [8] Chen, H. M., Chen, L. T., Patel, K., Li, Y. H., Baulcombe, D. C., and Wu, S. H. (2010). 22-Nucleotide RNAs trigger secondary siRNA biogenesis in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(34), 15269–15274. <https://doi.org/10.1073/pnas.1001738107>
- [9] Güzelgül, F., ve Aksoy, K. (2009). Kodlanmayan RNA'ların İşlevi ve Tıpta Kullanım Alanları. *Archives Medical Review Journal*, 18(3), 141–155.
- [10] Lv, D. K., Bai, X., Li, Y., Ding, X. D., Ge, Y., Cai, H., Ji, W., Wu, N. and Zhu, Y. M. (2010). Profiling of cold-stress-responsive miRNAs in rice by microarrays. *Gene*, 459(1-2), 39-47.
- [11] Yirmibeş, B., Aydın, H. N., Ulu, Z. Ö., Ulu, S., ve Özgentürk, N. Ö. (2021). Analysis of some conserved miRNAs in hazelnut (*Corylus avellana* L. and *Corylus colurna* L.) by real-time PCR. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 39(2), 170–176. <https://doi.org/10.14744/sigma.2021.00006>
- [12] Tang, Y., Yan, X., Gu, C. and Yuan, X. (2022). Biogenesis, Trafficking, and Function of Small RNAs in Plants. *Frontiers in Plant Science*. 13-825477. doi: 10.3389/fpls.2022.825477
- [13] Willmann, M. R. and Poethig, R. S. (2007). Conservation and Evolution of miRNA Regulatory Programs in Plant Development. *Science Direct*, 10, 503-511
- [14] Floyd, S. K. and Bowman, J. L. (2004). Ancient microRNA Target Sequences in Plant. *Nature*, 428, 485-486
- [15] Aras S, Soydam-Aydin S, Fazlıoğlu A, Cansaran-Duman D, Büyük İ. ve Dericı K. (2015). Bitkilerde RNA interferans. *Turk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 72(3), 255-262. Doi ID: 10.5505/TurkHijyen.2015.13285.
- [16] Baldrich, P., Liu, A., Meyers, B. C., and Fondong, V. N. (2022). An atlas of small RNAs from potato. *Plant Direct*, 6(12), 1–10. <https://doi.org/10.1002/pld3.466>
- [17] Wang, T., Deng, Z., Zhang, X., Wang, H., Wang, Y., Liu, X., Liu, S., Xu, F., Li, T., Fu, D., Zhu, B., Luo, Y. and Zhu, H. (2018). Tomato DCL2b is required for the biosynthesis of 22-nt small RNAs, the resulting secondary siRNAs, and the host defense against ToMV. *Horticulture Research*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0073-7>

- [18] Kryuvrysanaki, N., James, A., Tselika, M., Bardani, E., and Kalantidis, K. (2021). RNA silencing pathways in plant development and defense. *International Journal of Developmental Biology*, 66(1–3), 163–175. <https://doi.org/10.1387/ijdb.210189kk>
- [19] Jones-Rhoades, M. W., & Bartel, D. P. (2004). Computational identification of plant MicroRNAs and their targets, including a stress-induced miRNA. *Molecular Cell*, 14(6), 787–799. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2004.05.027>
- [20] Canales, J., Uribe, F., Henríquez-Valencia, C., Lovazzano, C., Medina, J., & Vidal, E. A. (2020). Transcriptomic analysis at organ and time scale reveals gene regulatory networks controlling the sulfate starvation response of *Solanum lycopersicum*. *BMC Plant Biology*, 20(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02590-2>
- [21] Chiou, T. J. (2007). The role of microRNAs in sensing nutrient stress. *Plant, Cell and Environment*, 30(3), 323–332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01643.x>
- [22] Ding, D., Zhang, L., Wang, H., Liu, Z., Zhang, Z., and Zheng, Y. (2009). Differential expression of miRNAs in response to salt stress in maize roots. *Annals of Botany*, 103(1), 29–38. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn205>
- [23] Tian, Y., Tian, Y., Luo, X., Zhou, T., Huang, Z., Liu, Y., Qiu, Y., Hou, B., Sun, D., Deng, H., Qian, S. and Yao, K. (2014). Identification and characterization of microRNAs related to salt stress in broccoli, using high-throughput sequencing and bioinformatics analysis. *BMC Plant Biology*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0226-2>
- [24] Ekmekçi, E., Apan, M. ve Kara, T. (2005). Tuzluluğun Bitki gelişimine Etkisi. *OMU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3), 118-125.
- [25] Sunkar, R., and Zhu, J. K. (2004). Novel and stress regulated microRNAs and other small RNAs from Arabidopsis w inside box sign. *Plant Cell*, 16(8), 2001–2019. <https://doi.org/10.1105/tpc.104.022830>
- [26] Zhou, L., Liu, Y., Liu, Z., Kong, D., Duan, M., and Luo, L. (2010). Genome-wide identification and analysis of drought-responsive microRNAs in *Oryza sativa*. *Journal of Experimental Botany*, 61(15), 4157–4168. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq237>
- [27] Ekşioğlu, A. “Kuraklık Stresine miRNA Cevaplarının Domateste Araştırılması.”, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 2016.
- [28] Turan, Ö. ve Ekmekçi, Y. (2008). Soğuk Stresinin Bitkiler üzerindeki Etkileri ve Tolerans Mekanizmaları. *Anadolu üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 177-198.
- [29] Chinnusamy, V., Zhu, J. and Zhu, J. K. (2007). Cold stress regulation of gene expression in plants. *Trends in Plant Science*, 12(10), 444-451.
- [30] Ren, W., Yuan, G., Lin, X., Guo, X., & Wang, Z. (2021). Comparison of the immersion chilling and freezing and traditional air freezing on the quality of beef during storage. *Food Science and Nutrition*, 9(12), 6653–6661. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2613>
- [31] Liu, H. H., X, T., Li, Y. j., Wu, C.A., & Zheng, C. C. (2008). Microarray-Based Analysis of Stress-Regulated MicroRNAs in Arabidopsis thaliana. *RNA*, 14, 836-843.
- [32] Llorente, F., Muskett, P., Sánchez-Vallet, A., López, G., Ramos, B., Sánchez-Rodríguez, C., Jorda, L., Parker, J. and Molina, A. (2008). Repression of the auxin response pathway increases Arabidopsis susceptibility to necrotrophic fungi. *Molecular Plant*, 1(3), 496–509. <https://doi.org/10.1093/mp/ssn025>
- [33] Yang, L., Jue, D., Li, W., Zhang, R., Chen, M., and Yang, Q. (2013). Identification of MiRNA from Eggplant (*Solanum melongena* L.) by Small RNA Deep Sequencing and Their Response to *Verticillium dahliae* Infection. *PLoS ONE*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072840>

- [34] Liu, P., Zhang, X., Zhang, F., Xu, M., Ye, Z., Wang, K., Liu, S., Han, X., Cheng, Y., Zhong, K., Zhang, T., Li, L., Ma, Y., Chen, M., Chen, J. and Yang, J. (2021). A virus-derived siRNA activates plant immunity by interfering with ROS scavenging. *Molecular Plant*, 14(7), 1088–1103. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.03.022>
- [35] Kaur, R., Choudhury, A., Chauhan, S., Ghosh, A., Tiwari, R., and Rajam, M. V. (2021). RNA interference and crop protection against biotic stresses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(10), 2357–2377. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-01064-5>
- [36] McLoughlin, A. G., Wytinck, N., Walker, P. L., Girard, I. J., Rashid, K. Y., De Kievit, T., Fernando, W. G. D., Whyard, S. and Belmonte, M. F. (2018). Identification and application of exogenous dsRNA confers plant protection against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea*. *Scientific Reports*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25434-4>
- [37] Koch, A., Biedenkopf, D., Furch, A., Weber, L., Rossbach, O., Abdellatef, E., Linicus, L., Johannsmeier, J. Jelonek, L., Goesmann, A., Cardoza, V., McMillan, J., Mentzel, T. and Kogel, K. H. (2016). An RNAi-Based Control of *Fusarium graminearum* Infections Through Spraying of Long dsRNAs Involves a Plant Passage and Is Controlled by the Fungal Silencing Machinery. *Plos Pathogens*, 12(10): e1005901 <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005901>
- [38] Katiyar-Agarwal, S., Morgan, R., Dahlbeck, D., Borsani, O., Villegas, A., Zhu, J. K., Staskawicz, B. J. and Jin, H. (2006). A pathogen-inducible endogenous siRNA in plant immunity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(47), 18002–18007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608258103>
- [39] Baum, J. A., Bogaert, T., Clinton, W., Heck, G. R., Feldmann, P., Ilagan, O., Johnson, S., Plaetinck, G., Munyikwa, T., Pleau, M., Vaughn, T. and Roberts, J. (2007). Control of coleopteran insect pests through RNA interference. *Nature biotechnology*, 25(11), 1322-1326. <https://doi.org/10.1038/nbt1359>
- [40] Ahmed, W., Xia, Y., Li, R., Zhang, H., Siddique, K. H. M., and Guo, P. (2021). Identification and Analysis of Small Interfering RNAs Associated With Heat Stress in Flowering Chinese Cabbage Using High-Throughput Sequencing. *Frontiers in Genetics*, 12(November), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.746816>
- [41] Chinnusamy, V., Zhu, J. K. and Sunkar, R. (2010). Gene Regulation During Cold Stress Acclimation in Plants. *Methods Mol Biol.* 639, 39–55. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-702-0_3
- [42] Jung, I., Ahn, H., Shin, S. J., Kim, J., Kwon, H. Bin, Jung, W., and Kim, S. (2016). Clustering and evolutionary analysis of small RNAs identify regulatory siRNA clusters induced under drought stress in rice. *BMC Systems Biology*, 10(4), 423-432. <https://doi.org/10.1186/s12918-016-0355-3>



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Research Article

Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 4(2), 63-74, 2023

Received: 30-May-2023 Accepted: 18-Sep-2023

homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinabt>

<https://doi.org/10.58728/joinabt.1307269>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisi Çimlenme Dönemi Parametrelerini İyileştirilmesi İçin Priming Yöntemiyle Kitosan Kaplamada Doz Belirlenmesi

Rahime CENGİZ^{1*}, Müge ÖNER²

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Türkiye

²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Türkiye

ÖZ

Artan küresel nüfusun beslenmesi amacıyla tarımsal ürünlerin verim ve kalite parametrelerinin iyileştirilmesi ve ekosistemdeki canlılığın da bozulmaması gerekmektedir. Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan biyostimülantların önemi artmaktadır. Doğada en yaygın polisakkaritlerden biri olan kitinin en önemli türevi olan kitosan da bu biyostimülantların bir çeşidi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kabuklu deniz canlılarından yaygın şekilde elde edilebilen kitosan, tarımsal alan dışında da pek çok alanda kullanılabilir. Yapılan çalışmada mısır (*Zea mays* L.) bitkisi, tohum kaplama yöntemi ile doz belirleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada FAO 700 olum grubunda tescilli, sarı atıdı tane tipinde tanelik KALE mısır çeşidi kullanılmıştır. Öncelikle kullanılan mısır çeşidine bir çimlenme testi uygulanmış ve çimlenmede herhangi bir sorun bulunmadığı; 7'nci günde yapılan gözlemlerde çimlenme oranı %'si ISTA 2003'e göre belirlenmiş ve %100 çıkmıştır. Sonraki aşamada %0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 mg/bitki oranında elde edilmek istenen kitosan çözeltileri %1'lik asetik asit içerisinde hazırlanmış ve 3 saat boyunca muameleye bırakılmıştır. Ekimden sonraki 7'nci günde yapılan gözlemlerde çimlenme oranı (%), Çimlenme hızı (çimlenme indeksi), çimlenme süresi /gün, koleoptil uzunlukları, kökçük sayısı ve kökçük uzunlukları ve ortalamaları hesaplanmış; en yüksek doz olan 0,5 mg/bitki oranında uygulanan kitosanın en yüksek değerlere ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kitosan, çimlenme, mısır bitkisi

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: rahimecengiz@subu.edu.tr.

Dose Determination in Chitosan Coating by Priming Method for Maize (*Zea mays* L.) Plant Germination Period Parameters Improvement

ABSTRACT

In order to feed the increasing global population, it is necessary to improve the yield and quality parameters of agricultural products and to maintain the vitality in the ecosystem. The importance of biostimulants, which have become widespread in recent years, is increasing. Chitosan, which is the most important derivative of chitin, which is one of the most common polysaccharides in nature, also appears as a type of these biostimulants. The dose determination study of maize (*Zea mays* L.) plant was carried out by seed coating method. In this study, KALE corn variety, registered in the FAO 700 mortality group, with yellow tusk type grains was used. First of all, a germination test was applied to the corn variety used and there was no problem in germination; In the observations made on the 7th day, the percentage of germination was determined according to ISTA 2003 and it was 100%. 0.1% in the next step; 0.2; 0.3; Chitosan solutions desired to be obtained at 0.4 and 0.5 mg/plant ratio were prepared in 1% acetic acid and left to treatment for 3 hours. In the observations made on the 7th day after planting, germination rate (%), germination rate (germination index), germination time / day), coleoptile lengths, number of rootlets and rootlet lengths and their averages were calculated; It was concluded that the highest dose of chitosan administered at the rate of 0.5 mg/plant reached the highest values.

Keywords: *Chitosan, germination, maize*

1 Giriş

Mısır bitkisi, buğday ve arpadan sonra, dünyada olduğu gibi ülkemizde de üretim alanında oldukça önemli bir pazara sahip olmakla beraber gerek insan gerek hayvan beslenmesinde doğrudan kullanılması, endüstriyel alanda etanol üretiminden sanayiye hammaddeye, gıda katkı maddesi olarak kullanılmasından, tekstile kadar hemen hemen her sektörde karşımıza çıkması bakımından üretiminde devamlılık gösterecek ürünlerden biridir.

Ülkemizde ve dünyada yaygın şekilde yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisi, *Poaceae* (buğdaygiller) familyasına ait tek çenekli (monokotiledon) bir bitkidir. *Poaceae* familyasında çiçeklenme bakımından diğer türlerden farklı olan mısır bitkisinin, çiçekleri monoik yapıda olup, erkek (tepe püskülü) çiçek ve dişi çiçekler (koçan) aynı bitki üzerinde ancak farklı yerlerde bulunmaktadır. Mısır bitkisi ($2n=20$) diploid bir bitkidir. Adaptasyon yeteneği oldukça fazla olduğundan dünyanın farklı bölgelerinde yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Yorgancılar vd., 2019). Dünya’da ılıman ve tropik bölgelerde yetiştirilen mısır bitkisi adaptasyonu oldukça yüksek bitki olmakla birlikte, kuzey yarım kürede 58°’den Güney Afrika’da 40°’ye ve deniz seviyesinden 4000 m yüksekliğe kadar yaygın bir alanda yetiştirilebilmektedir (Albayrak, 2019). Mısır yaklaşık %99 oranında yabancı döllenen bir bitkidir. Bitki üzerinde erkek çiçekler tepe püskülünde, dişi çiçekler ise sap boğumundan çıkan koçanlar üzerindedir. Mısır bitkisi sıcak iklim tahıllarındandır. Çimlenme için gerekli sıcaklık 8-10°C olup, optimum çimlenme sıcaklığı 18°C’nin üstünde olması istenmektedir. Mısır için en uygun büyüme sıcaklığı ise 25-30°C arasındadır. 15°C’nin altındaki sıcaklıklar ilk büyümeyi yavaşlatır bu da verim kaybına sebep olur (Sönmez, 2019). Ortalama bitki boyu 50 cm ile 600 cm arasında değişmekle beraber tepe püskülü çıkış süresiyle koçan püskülü çıkış süresi arasında 4-8 günlük farklılıklar olabilmektedir (Berger, 1962). Sıcak iklim tahılı olmasına rağmen aşırı sıcaktan hoşlanmayan mısır, sıcaklığın 35-38° C’nin üzerine çıkması durumunda köklerle aldığı suyu, transpirasyonla kaybettiği ile

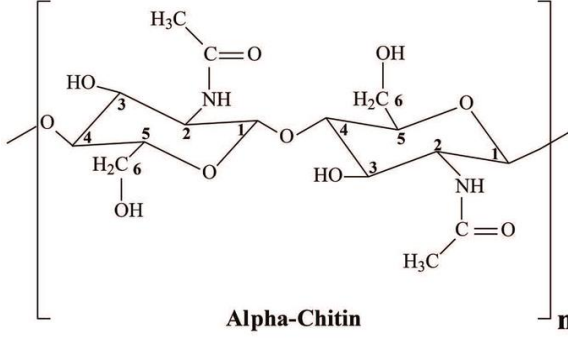
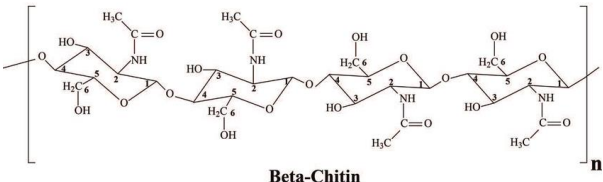
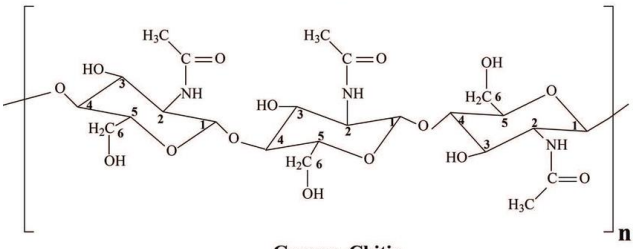
karşılayamaz. Her sıcaklık artışı tepe püskülünün çıkış süresini kısalttığından yüksek sıcaklıkta üreme organları deformasyona uğrayarak dölleme anormalliklere sebep olmaktadır (Albayrak, 2019). Toprak seçiciliği fazla olmadığından farklı tip topraklarda mısır başarıyla yetiştirilebilir. Ancak mısır en iyi gelişmeyi ve en yüksek verimi, organik maddece zengin, bitkiye yararlı formda bitki besin elementleri içeren ve drenajı iyi, tınlı topraklarda gösterir (Sönmez, 2019). Agronomik özellikler bakımından farklılıklara sahip olan mısır bitkisi genel olarak birim alandan yüksek verim alınabilen bir bitkidir (Öner, 2011). Yaprak sayılarında da değişiklik gösteren mısır bitkisi 8-48 yaprak oluştururken, bu büyük farklılık çeşitlerin erkenci ya da geççi olmasından kaynaklanmaktadır (Kün, 1985).

Günümüz tarımsal üretiminde ürün verim ve kalitesini, biyotik ve abiyotik stres etmenleri, girdi maliyetleri, iklim faktörleri olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarının artması, hastalık ve zararlı etmenlerinin adaptasyonu, bilinçsiz gübreleme ve olması gerekenden fazla pestisit kullanımı ürün yetiştirmeyi güçleştirmeye başlamıştır. Son yıllarda artan küresel nüfusun beslenmesi amacıyla yetiştirilen ürünlerde verim ve kaliteyi arttırmak ancak ekosistemdeki canlılığın da devamlılığını sağlayabilmek adına çeşitli teknolojilerden faydalanılmaktadır. Bu teknolojilerden biri olan biyostimülantlar, besin maddeleri ve pestisitler dışında, belirli formülasyonlarda, bitki, tohum veya yetiştirme ortamına uygulandığında, bitkilerin büyüme, gelişme gibi fizyolojik süreçlerini ve/veya biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı fayda sağlayabilecek şekilde değiştirme kapasitesine sahip heterojen materyallerdir. Biyostimülantlar farklı kaynaklarda değişiklik gösteren çeşitliliğe sahip olmakla birlikte bu çalışmada dünyada selülozdan sonra biyopolimer olarak en fazla karşılaşılan kitin maddesinin deasetilasyonu yoluyla elde edilebilen kitosan polisakkaritinden faydalanılmaktadır. Kitin, tamamen doğal ve toksik etkisi bulunmayan bir biyopolimer olma özelliğini taşımaktadır. Kitin kaynağının yengeç, karides ve istakoz gibi kabuklu deniz canlılarının dış iskeletleri, algler, bazı protozoa (tek hücreliler), halkalı ve yuvarlak solucanlar, eklembacaklılar, su yosunları ile bazı mantar türlerinin hücre duvarlarının temel bileşenleri olduğu bilinmektedir. İlk olarak 1811 yılında Frechman Braconnot tarafından hakkında bilgi verilen bir biyopolimerdir (Domard vd., 2002). Bracannot, mantarlarda bulunan kitini sülfürik asitte çözmeye çalışmış ancak başarılı olamamıştır. Kitin o zamandan beri çeşitli maya ve mantar türlerinin hücre duvarları ve kerevit, karides ve yengeçlerin dış iskeleti dahil olmak üzere birçok başka kaynaktan elde edilmiştir (Park vd., 2002). 1894'de Hoppe-Seyler, kitini potasyum hidroksit içerisinde 180°C'de işleme sokmuş (deasetilasyon) ve asetil içeriği azaltılmış bir ürün olan kitosanı elde etmiştir (Demir vd., 2009). Kitinin ideal yapısı poli- β -(1-4)-2-asetamido-2-deoksi-D-glukopiranoz'un lineer polisakkaritidir. Tüm rezidüler N-asetil glukozamin yapısındadır (Yazgan, 2010). Kitin ve kitosanın yapısal farklılığı, kitinin ikinci karbon atomundaki asetamid (-NHCOCH₃) yerine, kitosanda amin (-NH₂) grubu bağlı olmasıdır (Taştan vd., 2013). Yani kitosanın kimyasal yapısı, poli-[β -(1,4)-2-amino-2-deoksi- β -D-glukopiranoz] şeklindedir (Khor, 2001). Kitin doğada eklembacaklıların ve deniz kabuklularının dış iskeletlerinde, mantar veya maya hücrelerinin hücre duvarlarında yapısal bileşenler oluşturan, elektron mikroskobu ile gözlemlenebilen düzenli kristal mikrofibriller halinde bulunmaktadır ve kitinin alfa, beta ve gama formları vardır. (Rinaudo, 2006; Cho, 1998; Tozluoğlu vd., 2015). Kaynağına bağlı olarak kitin, X-ışını kırınımı ile birlikte kızılötesi ve katı hal NMR spektroskopisi ile ayırt edilebilen α , β ve γ formları olmak üzere 3 farklı mikrofibril yapıda ortaya çıkmaktadır. Kitinin en sık karşılaşılan mikrofibril formu α halidir. Özellikle mantar ve maya hücre duvarlarında, istakoz ve yengeç tendonlarında ve kabuklarında ve karides kabuklarında bulunur (Rinaudo, 2006). Tablo 1' de kitinin yukarıda bahsedilen 3 kristal yapısı gösterilmektedir.

Kitin genel olarak 6 adımda sentezlenir. Ön arıtma işlemi; demineralizasyon; deproteinizasyon; ağartma; koku giderme ve kurutma olmak üzere takip edilmesi gereken bu adımlardan ilki olan ön

ağartma işleminde, bitkisel bileşiklerin, organik dokuların, kirleticilerin, toprak kalıntılarının ve yağların giderilmesi amacıyla spesifik kitin kaynağının damıtılmış su ile yıkanması gerçekleştirilir. Demineralizasyon işlemi, ısıtma altında seyreltilmiş hidroklorik asit çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilir ve kalsiyum ve magnezyum gibi kül ve mineral kalıntılarını azaltmayı amaçlar. Kitin kaynaklarının demineralizasyonu için kullanılacak diğer yaygın reaktifler nitrik, sülfür ve asetik asitlerdir. Deproteinizasyon işlemi, proteinlerin uzaklaştırılması için seyreltilmiş sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilir. Bu işlem demineralizasyon işleminden sonra gerçekleştirilmelidir. Deproteinizasyon işlemlerinde sıklıkla kullanılan reaktifler arasında sodyum karbonat, potasyum hidroksit, sodyum fosfat ve kalsiyum hidroksit bulunmaktadır. Ağartma ve koku giderme işlemleri sırasıyla renk pigmentlerinin giderilmesinden ve hazırlanan polisakkaritin tadının iyileştirilmesinden sorumludur. Her iki işlem de seyreltilmiş sodyum hipoklorit çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Kitosan, polisakkarit bozulmasını önlemek amacıyla sodyum borhidrür içeren konsantre sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak kitin deasetilasyonundan yaygın olarak hazırlanmaktadır. Hidroliz reaksiyonu sırasında birçok birincil amino grubu kitosan molekülünden çıkarılır ve farklı boyutlarda polisakkarit zincirleri ortaya çıkar. Bu durumda, molar kütle dağılımı ekstraksiyon süresi, sıcaklık, reaktif konsantrasyonu ve atmosferik koşullar gibi parametrelerden etkilenir. Dolayısıyla, kitosan molekülleri ana kitine kıyasla farklı molar kütlelere sahip olabilir. Bunun ötesinde, deasetilasyon dereceleri ve viskoziteleri, nihai polisakkaritin performansını önemli ölçüde etkileyebilecek deasetilasyon sürecinden etkilenir (Rafuato vd., 2018).

Tablo 1: Kitinin kristal yapısı (Rufato vd., 2018).

Kitin Formu	Özellikleri	Polimerik Gösterimi
α - kitin	Doğada en çok bulunan formudur. Kristal yapısı diğerlerine göre daha serttir. Stabildir. Kitinin en kararlı formudur.	 <p style="text-align: center;">Alpha-Chitin</p>
β -kitin	Çözülme ve şişme halinde α - kitine dönüşür. α - kitine göre daha az kararlıdır. Funguslarda hücre duvarının ana bileşenidir.	 <p style="text-align: center;">Beta-Chitin</p>
γ - kitin	Daha nadir bulunur. Diğer formların karışımı veya ara bileşeni olduğu düşünülmektedir. Paralel ve antiparalel bir düzene sahiptir.	 <p style="text-align: center;">Gamma-Chitin</p>

Kitosan, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 2 şekilde üretilmektedir (Cho vd., 1998). Kimyasal yöntemde, asidik ve bazik hidroliz kullanılmaktadır. Biyolojik üretimi ise birkaç farklı yöntemle sağlanmaktadır (Özdemir, 2014). Temel olarak kitosan, kitinin alkali bir ortamda içeriğindeki asetil fonksiyonel grubunun kısmen veya tamamen deasetilasyonu sonucunda elde edilen polikatyonik özellikte bir biyopolimerdir (Knaul, 1999; Kurtuluş vd., 2020). Son 30 yıldan beri özellikle tarımsal alanda organik gübre, biyopestisit, tohum ve meyveler için kaplama maddesi olarak kitosandan faydalanılmaktadır (Malerba vd., 2019). Kitosanın yalnızca bitkilerin tohum, yaprak, meyve uygulamaları ile sonuç alınabilmesinin yanı sıra, toprak, su veya yetiştirilen ortama uygulanmasının da etkisi bilinmektedir (Kurtuluş vd., 2020). Tablo 2’ de kitosanın kullanım alanları detaylı bir şekilde vurgulanmaktadır.

Tablo 2: Kitosanın kullanım alanları (Cesur vd., 2023).

Antimikrobiyal	Bakteri oluşumunu engeller.
	Tarımda hammadelerin küf kontaminasyonunu önler.
Gıda sektöründe	Gıdaların hava ile arasındaki nem transferini kontrol eder.
	Antimikrobiyal maddelerin açığa çıkmasını kontrol eder.
	Antioksidatif açıdan katkı maddesidir.
	Besin değeri olan maddelerin, tatlandırıcıların ve ilaçların proses kontrolünde etkindir.
	Oksijenin basıncını kısmen azaltmada önemlidir.
	Meyvelerde enzimatik kararmalara engel olur.
	Şarap vb. ürünlerin arıtılmasında kullanılır.
	Gıda proseslerinde atık hale gelen suların geri kazanımında kullanılır.
	Gıda kaplama malzemesi olarak yararlanır.
Katkı maddesi	Meyvelerin ve içeceklerin asitlendirilmesinde kullanılır.
	Meyve sularının stabilizasyonunda ve asidite kontrolünde kullanılır.
	Doğal tatlandırıcıdır.
	Kas yapısı kontrol maddesidir.
	Kalınlaştırıcı ve stabilize edici madde olarak kullanılır.
	Renk sabitleyicidir.
Besinlerde kalite	Yüksek kolesterolü azaltmada etkilidir.
	Diyet yardımcısı olarak vücutta depolanan yağ ile birleşerek sindirim yoluyla atılmasını sağlar.
	Kabuklu canlıların ve balıkların beslenmesinde aktif olarak kullanılır.
	Besinlerdeki yağ absorpsiyonunu azalmaya yönelik kullanılır.

	Gastriti önler.
	Bebek besin maddelerinde kaliteyi artırıcı olarak kullanılır.
Suyun saflaştırılması	Pestisitlerin, metal iyonların ve fenollerin tutulmasını sağlar.
	Renklendiricilerin uzaklaştırılmasında kullanılır.
	Alkol ve suyun ayrıştırılmasında sahte bağlar meydana getirerek saflaştırmayı kolaylaştırır.
Diğer alanlar	Enzimlerin aktivasyonlarının durdurulmasında etkindir.
	Hayvan yemlerinde kullanılarak, yem tüketimini azaltıcı, karkas ağırlığını artırıcı etkisi vardır.
	Kağıt bazlı bazı ambalaj malzemelerinin fonksiyonel özelliklerinin artırıcıdır.
	İnsan sağlığı açısından zararlı ve toksik olmamasından dolayı serum kolesterolü seviyesini düşürür.
	İnsanlarda tümör oluşumuna engel olma özelliği vardır.
	Yaraların iyileşmesinde etkin rol oynar.

Kitosanın pek çok sektörde kullanımı gittikçe artmaktadır. Tarımda bitkilerde biyotik ve abiyotik streslere karşı, tohum kalitesini arttırmak amacıyla en sık kullanılan tekniklerden biri olan priming ve kaplama yöntemlerinde, çabuk bozunabilen taze meyve ve sebzelerde hasat sonrası oluşabilecek hastalıkları engellemede, gübre yapımında ve tarımsal ilaçlarda olmak üzere, endüstriyel kullanımın %12'sine denk gelen oldukça sık bir kullanıma sahiptir (Yazgan 2010; Yağız, 2020; Kuzgun vd., 2012; Cosgrove vd., 2010).

1.1 Literatür Taraması

Gürsoy tarafından 2020 yılında aspir çeşitlerine farklı dozlarda tuz ile farklı dozlarda kitosan ön işlemi yapılmış sonuçlar değerlendirildiğinde tuz dozlarının artışına bağlı olarak bazı morfolojik özelliklerde azalma görülürken, kitosan uygulaması ile fide boyu, kök boyu, kök yaş ağırlığı, fide yaş ağırlığı ve çimlenme oranı özelliklerinde artış gözlenmiştir. Bununla birlikte stres koşullarında kitosan uygulamasının etkisi ile biyokimyasal özelliklerde artışlar görülmüştür. Jabeen ve Ahmad tarafından 2019 yılında yürütülen bir çalışmada, düşük dozda uygulanan kitosanın tuz stresi altındaki aspir ve ayçiçeğinde çimlenme oranında artışa, prolin, CAT ve POX içeriklerinde ise azalmalara şahit olmuşlardır. Rahman ve ark. (2018), kitosanın çilek bitkisine sprey şeklinde uygulanmasının bitkinin karotenoid içeriğinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Al-Tawaha ve ark. (2018), bitki boyunu kontrol uygulamasında 81,94 cm; 30 mg/L kitosan uygulamasında 84,06 cm; 60 mg/L kitosan uygulamasında 84,38 cm, 60 mg/L kitosan uygulamasında 84,81 cm olarak belirlediklerini bildirmişlerdir. Zheng ve ark. tarafından 2017 yılında yapılan çalışmada kivide CAT, SOD ve APX gibi enzimlerin aktivasyonunda kitosan uygulamasının etkisi olumlu olarak gözlemlenmiş ve hasat sonrası kivide oluşan kurşuni küf ve mavi küfün etkilerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Yukarıda özetlenen literatür taramalarında tam olarak çalışmamızın amacına yönelik kaynak bulunmamasıyla birlikte, çalışma sonucunda elde edilen veriler literatür için büyük önem arz etmektedir. Mısır bitkisinde kitosan uygulamasının tohum muamelesi ile kıyaslanabilecek veriler bulunmadığından çalışmanın özgünlük değeri oldukça fazladır.

2 Metodoloji

2.1 Mısır çeşidinin çimlenme testi

Çalışmamızda ilk olarak mısır çeşidimizin herhangi bir muamele olmaksızın çimlenme oranı belirlenmiştir. Adapazarı Pancar Ekicileri Kooperatifi Toprak, Su ve Gübre Analiz Laboratuvarı'nda 15 cm'lik cam petri kaplarına tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Üzerleri kaba filtre kâğıdı ile kaplanıp kapağı kapatılan petri kapları, streç filmle sarılarak hava alması engellenen tohumlar yeterli miktarda saf su eklenerek 23°C'de karanlık ortamda çimlenmeye bırakılmıştır. 7. günde yapılan gözlemlerde çimlenme oranı %'si ISTA 2003'e göre belirlenmiş ve %100 çıkmıştır. ISTA 2003'e göre: [(sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / toplam tohum sayısı) x 100] formülü uyarınca hesaplanmıştır (Sivritepe, 2011).

2.2 Uygulanacak kitosanın doz belirleme çalışması

Çalışmamızın diğer aşamasında öncelikle tohum kaplama uygulaması yapılacak mısır tohumlarında en etkin dozu belirlemek amacıyla farklı kitosan dozları uygulanmıştır. Kitosan asidik ortamda çözünebilir bir madde olduğundan %1'lik asetik asit içerisinde sırasıyla 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 gr yüksek molekül ağırlıklı kitosan tartılmış ve %0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 mg/bitki elde edilmek istenen kitosan çözeltileri 250 rpm'de 6 saat çalkalamaya bırakılmıştır. Hazırlanan solüsyona tesadüfen seçilmiş tohumlar eklenmiş ve 4 °C'de karanlık ortamda 3 saat beklemeye alınmıştır (Suvannasara ve Boonlertnirun, 2013). 3 saat sonunda kitosanla muamele edilmiş mısır tohumları saf sudan geçirilerek kurutma kağıtlarına alınıp kısa bir süre bekletilmiş ve vakit kaybetmeden ekim yapılmıştır. Ekimden sonraki 7. günde ISTA 2003' göre, çimlenme oranı (%), Çimlenme hızı (çimlenme indeksi), çimlenme süresi/gün, koleoptil uzunlukları, kökçük sayısı ve kökçük uzunlukları gözlemlenmiştir (Sivritepe, 2011).

3 Bulgular ve Tartışma

3.1 Başlangıç Çimlenme Testi

ISTA 2003'e göre; [(sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / toplam tohum sayısı) x 100] formülü baz alındığında çimlenme oranı %100 olarak bulunmuştur.

3.2 Tohum uygulaması için gerekli olan kitosanın doz oranının belirlenmesi

3.2.1 Çimlenme oranı (%)

Çimlenme Oranı (%): ISTA 2003'e göre; [(sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / toplam tohum sayısı) x 100] formülüne göre çıkan sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Çimlenme oranı (%).

	0,5 mg/bitki CHT	0,4 mg/bitki CHT	0,3 mg/bitki CHT	0,2 mg/bitki CHT	0,1 mg/bitki CHT
Çimlenme Oranı %	100	83,33	100	100	93,33

Çimlenme oranlarına bakıldığında 0,2 mg/bitki uygulanan tohumlarda ciddi çimlenme problemi gözlemlenmiştir. Yine 0,5 mg/bitki oranında muameleli tohumlarda çimlenmede düşüş gözlemlenmiştir. Bu durum rastgele seçilmiş mısır tohumlarının ekiminde yapılan çalışma hatası olarak kabul edilmektedir.

3.2.2 Çimlenme süresi (gün)

Çimlenme Süresi (gün): ISTA 2003'e göre; [(sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı x sayımın yapıldığı gün) / toplam çimlenmiş tohum sayısı] formülü uyarınca hesaplanmış olup Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Çimlenme süresi (gün).

mg/bitki CHT	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Çimlenme süresi (gün)	7	7	7	7	7

3.2.3 Çimlenme indeksi (hızı)

Çimlenme Hızı (Çimlenme İndeksi): ISTA 2003'e göre (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı/sayımın kadar geçen gün sayısı formülü kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Çimlenme indeksi (hızı).

mg/bitki CHT	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Çimlenme indeksi	4,2857	3,5714	4,2857	4,2857	4,0000

3.2.4 Kökçük sayısı, kökçük uzunlukları ve koleoptil uzunlukları (mm)

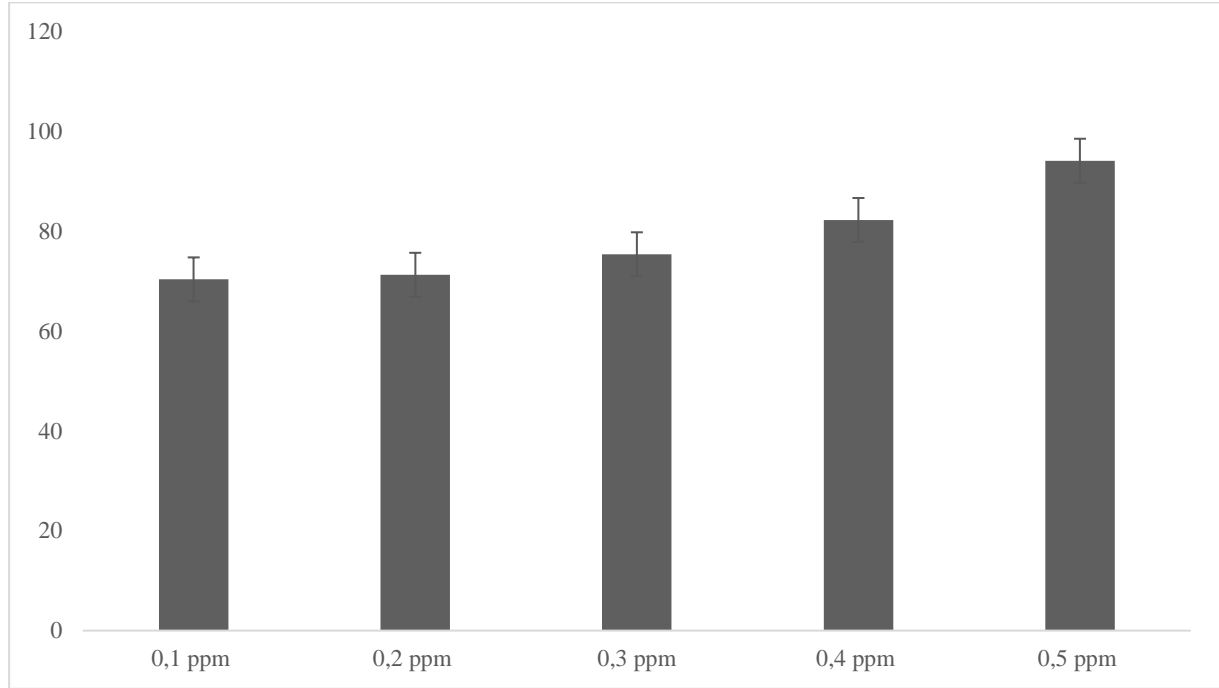
Kökçük sayısı, kökçük uzunlukları ve koleoptil uzunlukları mm'lik cetvelle ölçülmüş olup sonuçlar MSTAT-C programında Anova-1 varyans analizinde yorumlanmıştır. Tablo 6'da kökçük sayıları verilmiştir.

Tablo 6: Kökçük sayısı.

mg/bitki CHT	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Kökçük sayısı	125	104	129	130	114

Şekil 1'de görüldüğü üzere, başka bir uygulama olmadan yalnızca tohumun kitosan ile muamelesi sonucunda en yüksek doz değeri olarak belirlenen 0,5 mg/bitki oranındaki kitosan uygulaması çalışmamızda önemli bulunmuştur. Gelişen teknolojiyle birlikte kullanımı artan kitosanın farklı şekillerde uygulanabilirliği göz önüne alındığında çalışmamızda tohum kaplama ve yaprakdan uygulama durumları değerlendirilmiş ve tohum muamelesi yapılan mısır çeşidinde kökçük uzunlukları

açısından en yüksek dozun en iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Sonuçlar MSTAT-C programında ANOVA-1'e göre değerlendirilmiş, Duncan testi uygulanmış (Tablo 7) ve buna göre $P < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 1: Dozlara Göre Tekerrürlerin Kökçük Ortalamaları.

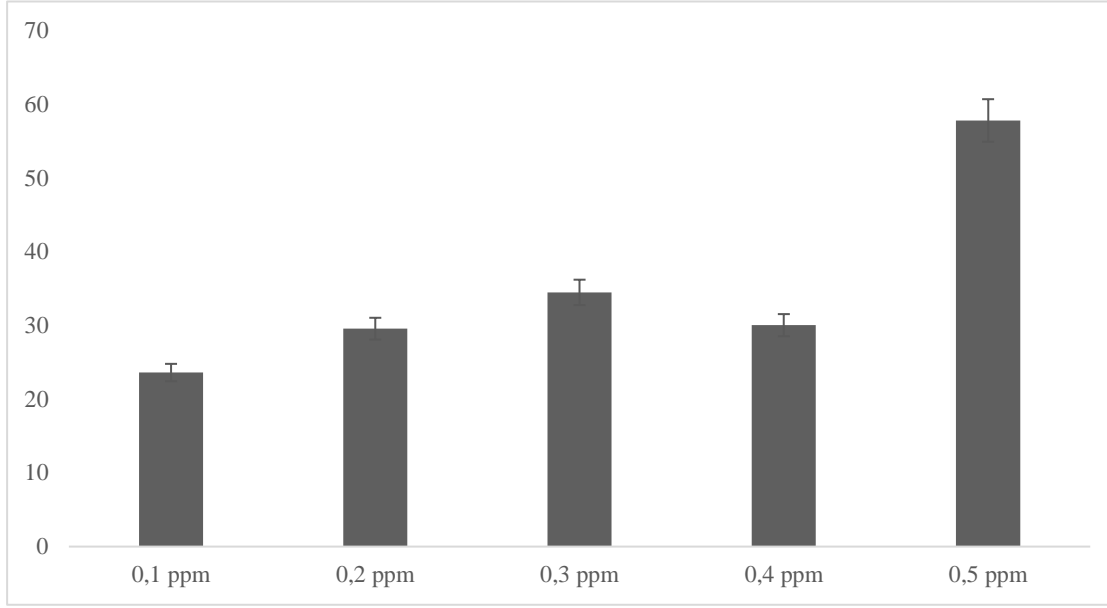
Tablo 7: Kökçük ortalamaları Duncan testi.

0,5 mg/bitki CHT	0,4 mg/bitki CHT	0,3 mg/bitki CHT	0,2 mg/bitki CHT	0,1 mg/bitki CHT
97,49a	82,28b	76,74b	74,63b	63,71c

Çalışmamızın diğer aşamasında koleoptil uzunlukları ölçülmüş ve MSTAT-C programında Anova-1'e göre Duncan testi yapılarak yorumlanmıştır. Çıkan sonuçlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: Koleoptil ortalamaları (mm) Duncan testi.

0,5 mg/bitki CHT	0,3 mg/bitki CHT	0,4 mg/bitki CHT	0,2 mg/bitki CHT	0,1 mg/bitki CHT
61,69a	37,83b	30,72c	29,58c	27,62c



Şekil 2: Dozlara Göre Tekerrürlerin Koleoptil Ortalamaları.

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi (Şekil 2), 0,5 mg/bitki oranında uyguladığımız kitosan yapılan ölçümlerde büyük farklılıklara yol açmıştır. Tohum muamelesinde kitosan uygulaması bitkinin çimlenme döneminde gözle görülür artış sağlamıştır. Yapılan varyans analizi sonucu Anova-1 uygulamasına göre $P < 0,01$ düzeyinde önemli çıkan sonuçlar kitosanın tohum muamelesindeki başarısını ortaya koymaktadır.

4 Sonuç

Yakın gelecekte karşılaşılabilecek beklenen en büyük abiyotik stres faktörünün kuraklık olduğu bilindiğinden; yeni teknolojilerden faydalanılarak tarımsal üretimin verim ve kalite parametrelerinin artırılma zorunluluğu açıktır. Bu teknolojilerin en gelişmeye açık olan alanlarından biri olan biyostimülant uygulamaları gerek girdi maliyetleri gerekse uygulama kolaylığı düşünülerek ivedilikle üzerinde çalışılmaya devam edilmesi gereken bir alandır. Özellikle doğada hammaddenin kolay bulunabilirliği göz önüne alındığında kitinden kitosan eldesi ile hem farklı yöntemlerle etkili sonuçlar alınabilen kitosandan kolaylıkla faydalanılabilir hem de tarımsal üretimde verim ve kalite parametreleri iyileştirilebilir. Bu çalışmada Kale hibrit mısır (*Zea mays* L.) çeşidinde, tohum kaplama yöntemi ile doz belirleme çalışması yapılmıştır. Tohum kaplamada doz belirlenebilmesi için çimlenme oranı, çimlenme süresi, çimlenme indeksi, kökçük sayısı, kökçük uzunluğu, koleoptil uzunluğu parametreleri incelenmiştir. Mısır bitkisinin tohum kaplama ile çimlenme döneminde kitosan uygulamasında en yüksek olan 0,5 ppm'lik dozun en iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

5 Beyanname

5.1 Teşekkür

Bu çalışma 096-2022 nolu projesi ile destekleyen kuruluş Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü olup destekleri için teşekkür ederiz.

5.2 Rakip çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.3 Yazar Katkıları

Makale yazımı ve düzenlenmesi konusunda ortak çalışılmış olup istatistik analizler Müge Öner tarafından yapılmıştır.

6 Kaynakça

- Albayrak, Ö. (2019). “*Bazı Yerel Mısır Popülasyonlarının Kurağa Tepkilerinin Belirlenmesi*”. (Yayınlanmış doktora tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Al-Tawaha, A. R., Turk, M. A., Al-Tawaha, A. R. M., Alu'datt, M. H., Wedyan, M., Al-Ramamneh, E. A. M. & Hoang, A. T. (2018). Using Chitosan to Improve Growth of Maize Cultivars Under Salinity Conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (3), 437-442.
- Berger, J. (1962) *Maize Production And The Manuring Of Maize*. Centre D' Étude De L' Azote, Geneva, 315.
- Cesur, S., Köroğlu, C. ve Sırma, B. Kitosan, Özellikleri Ve Uygulama Alanları. *Plastik, Ambalaj, Makine Ve Kalıp Sektörünün Aylık Teknik Dergisi*. Erişim Tarihi 18 Mayıs 2023. <http://Www.Plastik-Ambalaj.Com/Tr/119-Plastik-Ambalaja-Makale/1921-Kitosan-Ozellikleri-Ueretimi-Ve-Uygulama-Alanlar>.
- Cho, Y., No H. K. & Meyers, S. P. (1998). Physicochemical Characteristics And Functional Properties Of Various Commercial Chitin And Chitosan Products. *J. Agric. Food Chem*, 46 (9) 3839-3843.
- Cosgrove, J. (2010). *The Global Chitosan Market*. Nutraceuticals World. Erişim Tarihi: 3 Mayıs 2021, Https://Www.Nutraceuticalsworld.Com/Contents/View_Onlineexclusives/2010-12-02/The-Global-Chitosanmarket-.
- Demir, A. ve Seventekin, N. (2009). Kitin, Kitosan Ve Genel Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3(2), 92-103.
- Domard, A. & Domard, M. (2002). Chitosan: Structure-Properties Relationship And Biomedical Applications. *Polymeric Biomaterials, Revised And Expanded*. 9, 187-212. Doi:10.1201/9780203904671.Ch9.
- Gürsoy, M. (2020). Effect Of Chitosan Pretreatment On Seedling Growth And Antioxidant Enzyme Activity Of Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) Cultivars Under Saline Conditions. *Applied Eco. And Environmental Research*, 18(5), 6589-6603.
- Jabeen, N. & Ahmad, R. (2019). The Activity Of Antioxidant Enzymes İn Response To Salt Stress İn Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) And Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Seedlings Raised From Seed Treated With Chitosan. *J Sci Food Agric*. 93, 1699-1705. Doi:10.1002/Jsfa.5953.
- Khor, E. (2001). Chitin: Fulfilling A Biomaterials Promise. *Elsevier Science And Technology*. 148.
- Knaul, J. Z. & Hudson, S. M. (1999). Improved Mechanical Properties Of Chitosan Fibers. *Journal Of Applied Polymer Science*, 72(13), 1721.
- Kurtuluş, G. ve Vardar, F., (2020). Kitosanın Özellikleri, Uygulama Alanları, Bitki Sistemlerine Etkileri. *International Journal of Advances In Engineering And Pure Sciences*, 32(3), (258-269).
- Kün, E. (1985). Sıcak İklim Tahılları. *Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 953*, Ders Kitabı 275- 317.
- Malerba, M. & Cerana, R. (2019). Recent Applications Of Chitin-And Chitosan-Based Polymers İn Plants. *Polymers*, 11(5), 839.
- Öner, F. (2011). *Karadeniz Bölgesindeki Yerel Mısır (Zea Mays L.) Genotiplerinin Agronomik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi* (Yayınlanmış Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniv., Fen Bilimleri Ens., Samsun.
- Özdemir, Z. (2014). Kitin, Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Türkiye Kimya Derneği*, 104.
- Park, R. D., Jo, K. J., Jo, Y. Y., Jin, Y. L., Kim, K. Y. & Shim, J. H. (2002). Variation of Antifungal Activities of Chitosans on Plant Pathogens. *J. Microbiol. Biotechnol*, 12, 84–88.
- Queiroz, M. S., Oliveira, C. E., Steiner, F., Zuffo, A. M., Zoz, T., Vendruscolo, E. P., Silva, M. V., Mello, B. F. F. R., Cabral, R. C. & Menis, F. T. (2019). Drought Stresses On Seed Germination And Early Growth Of Maize And Sorghum. *Journal Of Agricultural Science*, 11(2), 310-318.

- Rahman, M., Mukta, J. A., Sabir, A. A., Gupta, D. R., Mohi-Ud-Din, M., Hasanuzzaman, M. & Islam, M. T. (2018). Chitosan Biopolymer Promotes Yield And Stimulates Accumulation Of Antioxidants İn Strawberry Fruit. *Plos One*, 13(9).
- Rhaman, M. S., Tania, S. S., Imran, S., Kibria, M. G., Ye, W., Hasanuzzaman, M. & Murata, Y. (2022). Seed Priming With: Nanoparticles: An Emerging Technique For Improving Plant Growth, Development, and Abiotic Stress Tolerance. *Journal Of Soil Science And Plant Nutritio*, 22 (4047-4062). Doi:10.1007/S42729-022-01007-3.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin And Chitosan: Properties And Applications. *Polymer Science*, 31(7), 603-632.
- Rufato, K., Galdino, J., Ody, S. K. & Pereira, G. A. (2018). Hydrogels Based on Chitosan And Chitosan Derivatives For Biomedical Applications. *Hydrogels*, 1-40.
- Sivritepe, H. Ö. (2011). Tohum Canlılığının Değerlendirilmesi. *Alatarım*, 10(2), 94-105.
- Sönmez, E. (2019). *Tuz Stresi Altındaki Mısır (Zea Mays L.) Bitkisinde Potasyum Uygulamalarının Fizyolojik Ve Biyokimyasal Etkisinin Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniv., Fen Bilimleri Ens., Sakarya.
- Suvannasara, R. and Boonlertnirun, S. (2013). Studies On Appropriate Chitosan Type And Optimump Concentration On Rice Seed Storability. *Arpn Journal Of Agricultural And Biological Science*, 8 (3), 196-200.
- Taştan, Ö. ve Baysal, T. (2013). Meyve Ve Sebze İşleme Endüstrisinde Kitosan Kullanımı. *Gıda*, 38(3), 175-182.
- Tozluoğlu, A., Çöpür, Y., Özyürek, Ö. ve Çıtlak, S. (2015). Nanoselüloz Üretim Teknolojisi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 16(2), 203-219.
- Yağız, A. (2020). *Detemination Of Using Possibilities Of Different Nano Particles For Seed Coating And Priming*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Ömer Halis Demir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Yazgan, İ. (2010). *Kitosanın Kimyasal Modifikasyonu* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniv., Fen Bil. Ens., İzmir.
- Yorgancılar, M., Yaşar, M. A. ve Atalay, E., (2019). Mısır Islahında İndirgeyici Hatların Kullanımı Ve Dihaploidizasyon. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1(8), 170-177.
- Zheng, F., Zheng, W., Li, L., Pan, S., Liu, M., Zhang, W. & Zhu, C. (2017). Chitosan Controls Postharvest Decay And Elicits Defense Response İn Kiwi Fruit. *Food And Bioprocess Technology*, 10(11), 1937-1945.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Research Article

Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 4(2), 75-83, 2023

Received: 31-May-2023 Accepted: 18-Sep-2023

homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinabt>

<https://doi.org/10.58728/joinabt.1307616>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Çimlenme Döneminde Düşük Sıcaklık Stresine Toleransı

Rahime CENGİZ¹ , Şahadet MÜŞTAK^{2*} 

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Türkiye

²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Türkiye

ÖZ

Küresel iklim değişikliği sebebiyle yüksek sıcaklıklara bağlı olarak kuraklık söz konusudur. Özellikle ülkemiz ılıman iklim kuşağında olduğundan yazlık bitkiler için kuraklıktan kaçma ve ilkbahar yağışlarından daha çok faydalanabilmek için soğuk toleransı önem arz etmektedir. Yazın meydana gelen kuraklıktan sakınmak için mısır ekimi erken bahar aylarında yapılırsa da erken dikim, tohum çimlenmesi ve fide büyümesi sırasında karşılaşılan soğuk stresi riskini artırmaktadır. Bu çalışma, mısır bitkisinde soğuğa toleransın çimlenme ve fide dönemlerinde fenotipik olarak incelenmesi, genotipler arasındaki farklılıkların tespit edilmesi amacıyla, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarında Faktöriyel Düzende Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada Maize Genetics and Genomics Database (Maize GDB) den temin edilen 50 adet durulmuş mısır hattı materyal olarak kullanılmıştır. Mısır hatları FAO 600-700 olum grubunda sarı atdışi, atdışi gibi ve sert gibi tane tipindedir. Çimlendirme denemelerinde; 50 mısır hattı 10, 8 ve 6°C sıcaklıklarda 24 saat süre ile iki hafta boyunca iklim kabininde tutulmuştur. Gözlemler 7'inci gün ve 14'üncü günlerde alınmıştır. Bitkinin çimlenme süresi, çıkış oranı, çıkış sayısı, kök uzunluğu, tohum canlılık indeksi ve koleoptil uzunluğu izlenerek ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, 6°C uygulamasında 7'nci günde hatların hiçbirinde çimlenme görülmez iken 14'üncü günde yapılan ölçümlerde 21 adet hatta kök uzunluğu ölçülebilmştir. 8°C uygulamasında 14'üncü günde hem kök hem koleoptil uzunluğu ölçülebilmştir. 10°C uygulamasında ise 14'üncü günde 47 hatta hem kök hem de koleoptil uzunluğu ölçülebilmştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, soğuk toleransı, çimlenme, abiyotik stres

Low Temperature Stress Tolerance of Maize (*Zea mays* L.) Plant During Germination

ABSTRACT

Drought occurs due to high temperatures due to global climate change. Especially since our country is in the temperate climate zone, cold tolerance is important for summer plants to avoid drought and benefit more from spring precipitation. Although maize is planted in early spring to avoid summer drought, early planting increases the risk of cold stress encountered during seed germination and seedling growth. This study was carried out in the Sakarya University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Laboratory with 3 replications according to the Factorial Random Plots Trial Design in order to phenotypically examine the cold tolerance in the germination periods of the maize and to determine the differences between the genotypes. The research used 50 settled maize lines obtained from Maize Genetics and Genomics Database (Maize GDB) as material. Maize lines are in FAO

* Sorumlu yazar : sahadet.mustak@tarimorman.gov.tr

600-700 maturity group, such as yellow dent, dent-like, and flint-like grain type. In germination trials; 50 maize lines were kept in the climate chamber for two weeks for 24 hours at 10, 8, and 6°C. Observations were taken on the 7th and 14th days. The germination time of the plant was measured by monitoring the emergence rate, the number of emergences, root length, seed viability index, and coleoptile length. According to the results obtained, while no germination was observed in any of the lines on the 7th day in the 6°C application, the root length number of 21 lines could be measured in the measurements made on the 14th day. Both root and coleoptile length could be measured on the 14th day in 8°C application. In 10°C application, both root and coleoptile length could be measured in 47 number lines on the 14th day.

Keywords: *Maize, cold tolerance, germination, abiotic stress*

1. Giriş

Mısır bitkisi binlerce yıldır bilinen bir bitki olup üretimi Dünya'nın neredeyse her yerine yayılmış önemli bir bitkidir. Mısır (*Zea mays* L.), tüm dünyada üretilen gıdanın %40'luk payını karşılayan çok önemli bir tahıl bitkisidir (Bouis ve Welch, 2010).

Mısırın bizim topraklarımıza gelişi 1600'lü yıllarda Suriye üzerinden Mısır Limanı'na getirilip İstanbul'da dağıtılmasıyla Osmanlı Devleti'nde başlamıştır. Yayılım sürecinde mısır bitkisine Mısır Buğdayı denilmiş zamanla Mısır olarak adlandırılmıştır. Bu denli kabul gören bir bitki olmasındaki en büyük faktörler toprak ve iklim isteğinin zorlayıcı olmayıp tek tohum ile yüzlerce tane elde edilmesiyle üretim açısından avantajlı olmasıdır (Babaoğlu, 2005; İşler, 2018).

Geçmişten günümüze tüm dünyada mısır tarımı yapılan yerlerde abiyotik faktörler arasından soğuk stresi üretimi olumsuz etkileyen bir faktör olarak kendini göstermektedir. (Sthapit ve Witcombe, 1998). Mısır bitkisi tropik kökenli bir bitki olduğu için sıcaklıklara karşı hassasiyet göstermektedir.

Mısır bitkisinin çimlenmeye başlayabilmesi için 10-11°C uygun sıcaklık değeridir. Bu sıcaklık 15°C ye geldiğinde çimlenme pozitif artış gösterir. Çimlenme devam ederken mısırın kök ve sapının gelişmesi 10-30°C aralığında idealdir. 32°C gibi bir sıcaklık çimlenmeyi olumsuz etkilerken 40°C sıcaklık bitkiyi öldürür. Aksi takdirde sıcaklık 9°C'ye inerse kök uzaması son bulur. Mısır bitkisi aşırı sıcaklar olmaması kaydıyla sıcaklığı seven bir bitki türüdür (Cerit ve ark., 2001).

İklim değişiklikleri göz önüne alındığında pozitif ivme gösteren sıcaklığa ve kuraklığa bağlı olarak mısır yetişirken çimlenme, fidelenme süreçlerinde vejetatif büyümeyi olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir (Miedema, 1982; Allen ve Ort, 2001; Hund ve ark., 2008). Optimum altı sıcaklıklarda fide büyümesi, yaprak ve kök uzaması ile sınırlıdır. Soğuk stresinden hem sürgün hem de kök negatif etkilenmektedir (Stone ve ark., 1999).

Ilıman iklim tahıllarından biri olan mısır bitkisi, yüksek sıcaklığı sever ve soğuk stresine oldukça duyarlıdır. Düşük sıcaklık hücre bölünmesi oranını düşürür. Böylece fideler zayıflar ve tane verimi düşer. Düşük sıcaklık stresi karşısında mısırın büyümesi önemli derecede azalır, mahsul verimliliği olumsuz etkilenir. Tüm bu faktörler göz önüne alınarak araştırmanın konusu; mısır bitkisinin çimlenme ve fide döneminde düşük sıcaklık stresine toleransını belirlemektir.

Mısırın, gerek ilk donlardan zarar görmemesi gerekse kendisinden sonra ekilecek bir serin iklim tahılı için tarlayı zamanında terk edebilmesi için fizyolojik olgunluğu tamamlamış ve tane rutubeti olabildiğince düşmüş olması gerekir. Bunun için; ekimin olabildiğince erkene alınabilmesi, bu koşullarda çimlenip, çıkabilen ve yetiştirme süresi başındaki düşük sıcaklıklardan olumsuz etkilenmeyen ya da az zarar gören genotiplerin bulunup yetiştirilmesi önemli hale gelmiştir.

Çalışmanın amacı, melez mısır çeşitlerinin ebeveynleri olan kendilenmiş mısır hatlarının soğuğa toleranslarının çimlenme ve fide döneminde belirlenmesi ve toleranslı yerli hibrit çeşitlerin geliştirilmesine imkân sağlanmasıdır. Böylece birçok bitkide olduğu gibi mısır bitkisinde de sorun haline gelebilen küresel iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlayabilmesidir.

2. Metodoloji

Araştırmada Maize Genetics and Genomics Database (Maize GDB) den temin edilen 50 adet durulmuş mısır hattı materyal olarak kullanılmıştır. Mısır hatları FAO 600-700 olum grubunda sarı atdışi, atdışi gibi ve sert gibi tane tipindedir.

Tablo 1: *Mısır tohumlarının isim listesi*

Homozigot Mısır Tohum Hatları				
Gems-0023	Gemn-0229	Gems-0072	Gems-0281	Gemn-0037
Gemn-0128	Gemn-0136	Gems-0290	Gemn-0287	Gemn-0107
Gemn-0045	Gemn-0130	Gemn-0179	Gems-0269	Gemn-0225
Gems-0016	Gems-0227	Gems-0286	Gems-0278	Gems-0061
Gems-0012	Gemn-0221	Gemn-0177	Gemn-0259	Gems-0068
Gems-0030	Gemn-0114	Gems-0082	Gemn-0246	Gemn-0043
Gemn-0048	Gems-0218	Gemn-0097	Gemn-0173	Gemn-0195
Gems-0010	Gems-0063	Gemn-0155	Gemn-0238	Gemn-0104
Gems-0029	Gemn-0060	Gemn-172	Gemn-0135	Gemn-0123
Gems-0008	Gems-0086	Gemn-171	Gemn-0109	Gems-0066

Öncelikle kullanılacak 50 mısır hattına ait tohumlar, çimlendirme öncesinde sodyum hipoklorit (NaClO, %5) çözeltisinde 10 dakika bekletildikten sonra dört kez saf suyla yıkanıp filtre kâğıdında kurutularak sterilize edilmiştir. Çimlenme dönemindeki çalışmalar için kullanılacak tohumların tamamı mantari hastalıklara karşı fludioxylin ve metalaxyl-m etken maddeleri içeren fungusit ile ilaçlanmıştır.

Kaba filtre kağıtları dikdörtgen katlanarak çift kat yapılarak ve %5 sodyum hipoklorit solüsyonuna batırılarak ıslatılmıştır. Her hat için 3 tekrarlamalı olacak şekilde (20 tohum × 3 tekrar) kaba filtre kağıdına tohumların hepsi aynı yöne bakacak şekilde dizilmiştir. Dizilirken tohumun embriyosu kâğıda yatık taç kısmı üste bakacak ve koçana bağlanan kısmı aşağı bakacak şekilde dizilim yapılmıştır.

Üzeri kaba filtre kâğıdı ile kapatılarak ve rulo şeklinde sarılarak tekerrür numarası yazılmış ardından açılmaması için paket lastiği ile sabitlenmiştir ve her 3'lü rulo paketine etiket takılarak hat ismi yazılmıştır.

Tüm hatların filtre kağıtlarına yerleştirilmeleri bitince derin bir kaba yerleştirilerek ve kabın alt kısmına 1 cm yüksekliğe kadar %5 sodyum hipoklorit solüsyonu çimlendirme suyu olarak doldurulmuştur. Çalışma süresince çimlendirme suyu azaldıkça ilave edilmiştir.

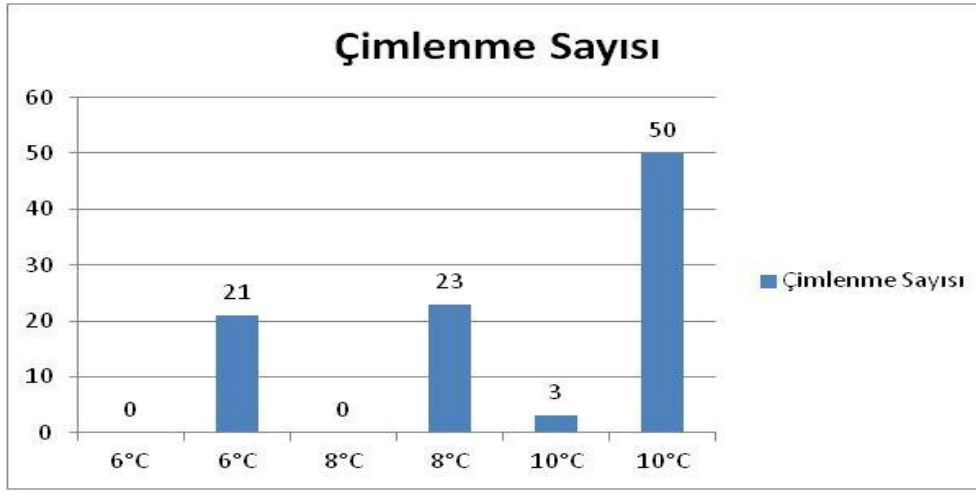
Çimlendirme denemelerinde; 50 mısır hattı 10, 8 ve 6°C sıcaklıklarda 24 saat süre ile iki hafta boyunca iklim kabinde tutulmuştur. Gözlemler 7'nci gün ve 14'üncü günlerde alınmıştır.

Tohumlarda kökçük görüldüğü takdirde çimlenme olduğu kanaatine varılmıştır. Üçer tekerrürde de ölçüm yapılmıştır. Bitkinin çimlenme süresi, çıkış oranı, çıkış sayısı, kök uzunluğu, tohum canlılık indeksi ve koleoptil uzunluğu izlenerek ölçülmüştür. İzlem sonucu elde edilen ölçüm verileri Faktöriyel

Düzende Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre 3 tekerrürlü yürütülmüş olup istatistiksel veri analizi MSTAT-C programı ile yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

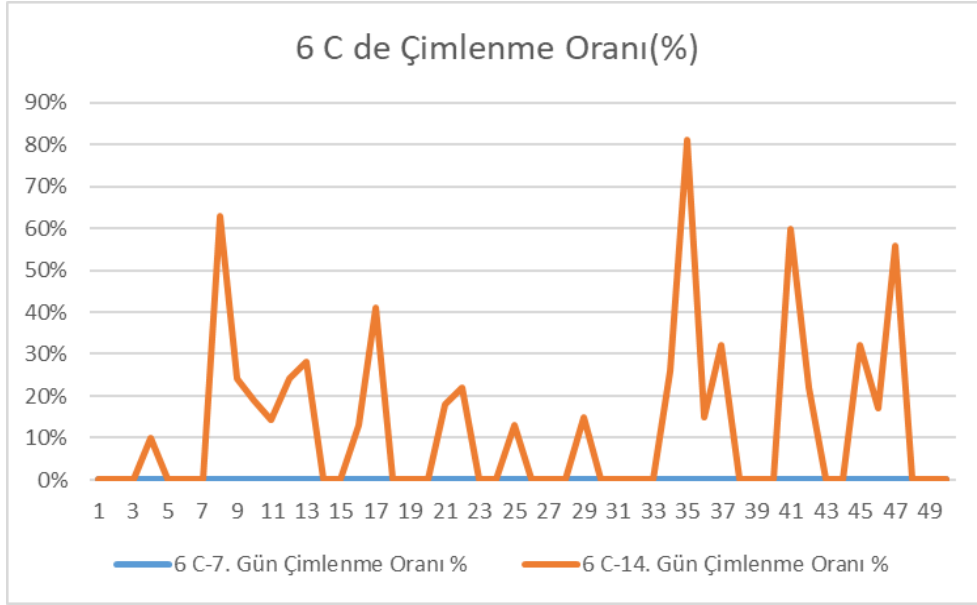
Elde edilen sonuçlara göre, 6°C uygulamasında, 7. günde hatların hiçbirinde çimlenme görülmez iken 14. günde 21 adet hatta kökçük uzunluğu ölçülebilmektedir. 8°C uygulamasında 7. günde ölçüm yapılamazken 14. günde 23 mısır hattında kökçük, 3 mısır hattında ise hem kökçük hem koleoptil uzunluğu ölçülebilmektedir. 10°C uygulamasında ise 7. günde 3 adet mısır hattında kökçük gözlenmiş, 14. günde 50 mısır hattında kökçük, 41 mısır hattında ise hem kökçük hem de koleoptil uzunluğu ölçülebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: 6°C, 8°C ve 10°C'de çimlenen hatların sayısı

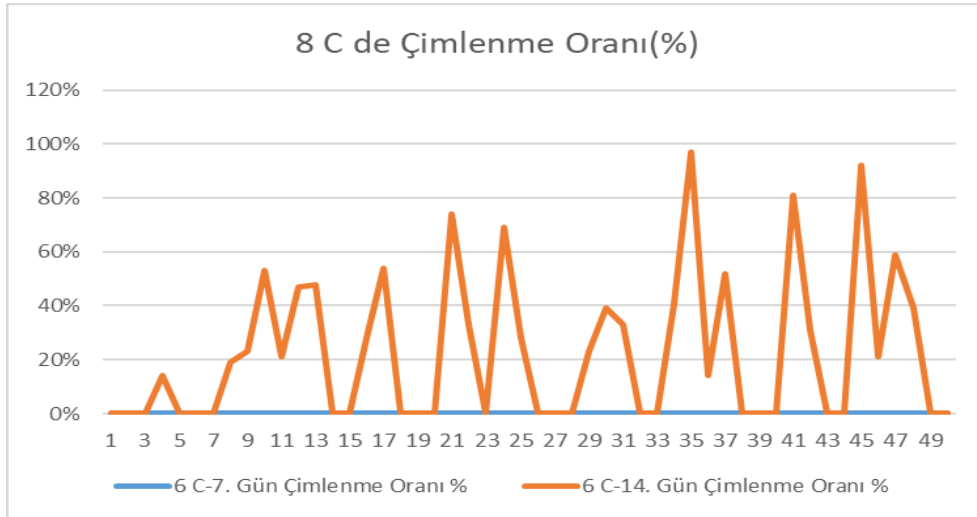
Ülkemizin yanı sıra Dünya'da da benzer çalışmalar yapılmıştır. Mısır tohumlarının düşük sıcaklıklarda çimlenmesinde desatüraz enziminin etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada Oxxgoode (Avrupa çeşidi) ve W2080 (Amerikan çeşidi) isimli melez tohumlar kullanılarak filtre kağıtlarında ve petri kaplarında çimlendirilmiştir. 5°C, 10°C, 15°C ve 20°C sıcaklık değerleri uygulanan kontrollü kabinlerde çimlenmenin gerçekleşmesi beklenmiştir. Çimlenme oranı, çimlenme hızı, mısır desatüraz genleri, kantitatif PCR analizi gibi gözlemler düşük sıcaklık stresi altında yapılmıştır. 5°C'de çimlenme olmadığı gözlemlenirken 10°C ve 15°C'de çimlenme olduğu gözlemlenmiştir (Sanchez, 2021). Denemede 10°C'de 50 adet hatta çimlenme gözlemlendiğinden bu sıcaklık için literatürle örtüşen bir sonuç elde edilmiştir (Şekil 1).

Hindistan'da yapılan bir araştırmada, 1300 adet mısır hattının tarlada soğuk stresine maruz kalması gözlemlenmiştir. Tohumların çimlendiği günler, çimlendikten sonra gövde renginin nasıl olduğu, çimlenen mısır tohumunun kök rengi, bitkinin canlılığı, oluşan koçan sayısı ve bitkinin uzunluğu gibi birçok veri elde edilmiştir. Genel olarak veriler, hem çimlenme hem de fide döneminde düşük sıcaklığa maruz kalan mısır bitkilerinin soğuktan olumsuz etkilendiğini ispatlar nitelikte olmuştur. Bitkilerin büyüme ve gelişme hızı düşmüştür. Yapraklanan bitkide klorofil miktarının az olduğu, yaprak renklerinde büyük oranda sararma olduğu, fidelenmenin güçlü olmadığı ve tepe püskülü çıkarma miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Mısır hatlarının düşük sıcaklığa toleransında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. 52 adet hat soğuğa daha toleranslı olup nispeten daha olumlu sonuçlar vermiştir (Meena ve ark., 2018). Bu araştırmada da bazı mısır hatlarının diğerlerine oranla daha olumlu sonuç verdiği ispatlanır niteliktedir. 14'üncü gün izleminde 6°C'de çimlenme oranı en yüksek mısır hattı 35 numaralı hat olmuştur (Şekil 2).



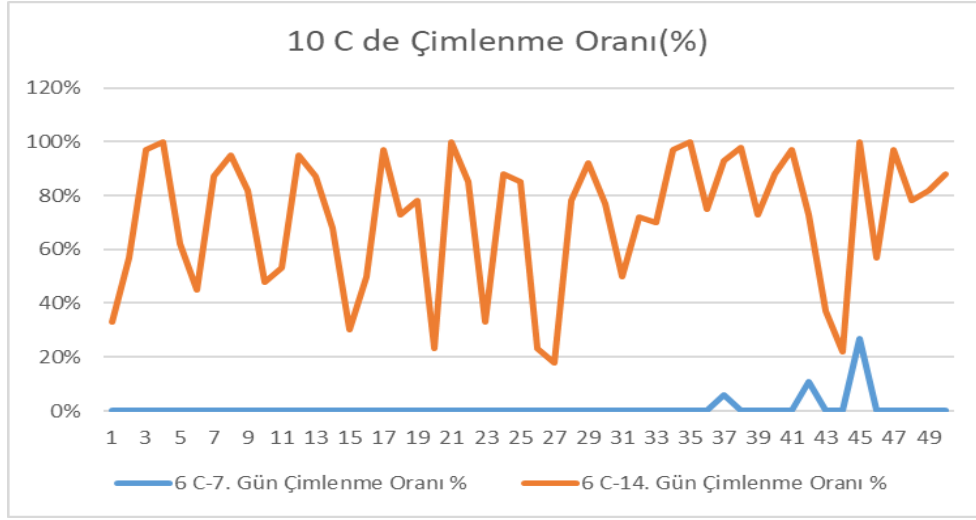
Şekil 2: 6°C'de hatların çimlenme oranı

Güney Kore'de yapılan bir çalışmada, 22 adet homozigot mısır hattı 5°C, 10°C, 23°C'de çimlendirilerek düşük sıcaklık toleransları ölçülmüştür. Bu çalışmada kökçüklerin 2 mm uzunluğa gelmesiyle çimlenmenin başladığı kabul edilmiştir. Çıkan değerler ile çimlenme analizi ve istatistiksel analiz kullanılmıştır. 5 ve 10°C'de çimlenme gözlenirken 23°C'de neredeyse tüm hatlarda çimlenme gözlemlenmiştir. 14'üncü gün izleminde 8°C'de çimlenme oranı en yüksek mısır hattı olan 35'i 45 numaralı mısır hattı takip etmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: 8°C'de hatların çimlenme oranı

Yapılan çalışmada uygulanan 10°C'de 7'nci gün izleminde 42, 45 ve 37 numaralı mısır hatlarında çimlenme oranları ölçülebilirken 14'üncü günde tüm hatlarda çimlenme oranları gözlemlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: 10°C'de hatların çimlenme oranı

Tablo 2: Düşük sıcaklık uygulamalarının 7'inci gün çimlenme oranı – sıcaklık interaksiyon veri tablosu (%)

Hat No	6°C	8°C	10°C	Sıcaklıkların Ortalaması
37	0 d	0 d	0,6 c	0,22 b
42	0 d	0 d	1,1 b	0,39 b
45	0 d	0 d	2,6 a	0,89 a
Hatların Ortalaması	0 b	0,7 b	1,43 a	
LSD: 0,03919		CV: 33,33%		

Çalışmadan elde edilen veriler ile yapılan istatistik analizlere göre mısır hatlarının düşük sıcaklık değerleri ile arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 3: Düşük sıcaklık uygulamalarının 7'nci gün kök uzunluğu-sıcaklık interaksiyon veri tablosu (cm)

Hat No	6°C	8°C	10°C	Sıcaklıkların Ortalaması
37	0 c	0 c	0,1 b	0,03 b
42	0 c	0 c	0,1 b	0,03 b
45	0 c	0 c	0,12 a	0,04 a
Hatların Ortalaması	0 b	0 b	0,11 a	
LSD: 0,03919		CV: 33,33%		

Mısır hatlarına çimlenme döneminde uygulanan 6, 8 ve 10°C düşük sıcaklıkların 7'nci gün ölçülen kök uzunluk verileri ile interaksiyonu önemli bulunmuş ve değerler Tablo 3'te verilmiştir. 6 ve 8°C'de kök uzunlukları ölçülemezken 10°C'de 37, 42 ve 45 numaralı hatlarda kök uzunlukları sırasıyla 0,03, 0,03 ve 0,04 cm olmuştur.

Tablo 4: Düşük sıcaklık uygulamalarının 14'üncü gün çimlenme oranı-sıcaklık interaksiyon veri tablosu (%)

Hat No	6°C	Hat No	8°C	Hat No	10°C
35	0,81 f-h	35	0,95 ab	45	1 a
8	0,63 o	45	0,92 cd	21	1 a
41	0,6 op	41	0,81 fgh	35	1 a
50	0 Zl	6	0 Zl	26	0,23 Zd-Zf
24	0 Zl	5	0 Zl	44	0,22 Zd-Zf
49	0 Zl	38	0 Zl	27	0,18 Zf-Zh
LSD : 0,04322			CV: %5,71		

Mısır hatlarına uygulanan 6, 8 ve 10°C düşük sıcaklıkların 14'üncü gün ölçülen çimlenme oranı ile sıcaklık interaksiyonu önemli bulunmuş ve değerler Tablo 4'te verilmiştir. 10°C'deki çimlenme oranı beklenildiği gibi yüksek olmuştur.

Tablo 5: Düşük sıcaklık uygulamalarının 14'üncü gün kök uzunluğu-sıcaklık interaksiyon veri tablosu (cm)

Hat No	6°C	Hat No	8°C	Hat No	10°C
35	0,51 z	45	0,35 Ze	45	1,39 a
41	0,33 Zf	41	0,26 Zg	21	1,35 b
45	0,26 Zg	35	0,25 Zg	42	1,25 c
44	0 Zm	47	0 Zm	44	0,13 Zk
49	0 Zm	50	0 Zm	1	0,13 Zk
50	0 Zm	38	0 Zm	27	0,1 Zm
LSD : 0,1159			CV: %18,94		

Çalışmada yer alan mısır hatlarına çimlenme döneminde uygulanan 6, 8 ve 10°C düşük sıcaklıkların 14'üncü gün ölçülen kök uzunluk verileri ile interaksiyonu önemli bulunmuştur (Tablo 5). En yüksek kök uzunluğu 10°C'de 45, 21 ve 35 nolu hatlardan elde edilmiştir. En düşük değerler ise 26, 44 ve 27 numaralı hatlarda ölçülmüştür.

Tablo 6: Düşük sıcaklık uygulamalarının 14'üncü gün sürgün uzunluğu-sıcaklık interaksiyon veri tablosu (cm)

Hat No	6°C	Hat No	8°C	Hat No	10°C
-	--	15	0,20 g-1	12	0,37 a
-	--	41	0,15 lm	16	0,36 ab
-	--	12	0,1 o	45	0,34 b
1	0 r	2	0 r	44	0 r
2	0 r	15	0 r	49	0 r
5	0 r	14	0 r	50	0 r
LSD : 0,02468			CV: %21,38		

Mısır hatlarına çimlenme döneminde uygulanan 6, 8 ve 10°C düşük sıcaklıkların 14'üncü gün ölçülen koleoptil uzunluk verileri ile interaksiyonu önemli bulunmuş ve değerler Tablo 6'da verilmiştir. 6°C'de koleoptil uzunlukları ölçülemezken 8°C'de 0-0,20 cm ve 10°C'de 0-0,37 cm arasında koleoptil uzunlukları ölçülmüştür.

4. Sonuç ve Tartışma

Yapılan çalışmadan elde edilen bulgulara göre 7'nci gün ölçümlerinde 6°C ve 8°C'de hiçbir mısır hattında çimlenme gözlemlenmezken sadece 10°C'de üç mısır hattında çimlenme belirtileri gözlemlenmiştir. Uygulanan her üç sıcaklığın 7'nci gününde sürgün gelişimi gerçekleşmemiştir. 14'üncü günde ise 6°C sıcaklık uygulamasının sürgün gelişimine rastlanmamış fakat 8°C ve 10°C'de sürgün gelişimi gözlemlenmiştir. 10°C 14'üncü günde tüm mısır hatları başarıyla çimlenmiştir. Orta Anadolu'da yapılan benzer bir çalışmada 8°C 'de çimlenmenin gerçekleşmediği (çimlenmede baz alınan

kökçüğün çıkması), 9°C’de ise tüm tohumların çimlendiği sonucuna varılmıştır (Kınacı ve Kün, 1999). İki çalışma arasındaki farka göre bu çalışmada kullanılan mısır çeşitlerinin düşük sıcaklığa daha toleranslı olduğu yorumu yapılabilir.

Bu çalışmada homozigot 50 mısır hattına uygulanan üç düşük sıcaklık uygulamasının çimlenme döneminde kökçük ve koleoptil gelişimleri dikkate alındığında hatların bazılarında düşük sıcaklığa toleransın olduğu belirlenmiştir. Bu hatlar kullanılarak geliştirilecek mısır çeşitlerinin de düşük sıcaklığa çimlenme döneminde tolerans gösterebilecekleri söylenebilir.

Güney Kore’de yapılan bir çalışmada, 22 adet homozigot mısır hattı 5°C, 10°C, 23°C’de çimlendirilerek düşük sıcaklık toleransları ölçülmüştür. Bu çalışmada kökçüklerin 2 mm uzunluğa gelmesiyle çimlenmenin başladığı kabul edilmiştir. 5 ve 10°C’de çimlenme gözlenirken 23°C’de neredeyse tüm hatlarda çimlenme gözlemlenmiştir (Farooqi ve Lee, 2016). Güney Kore’de yapılan bu çalışma ile bu çalışmada uygulanan düşük sıcaklıklarda ve çimlenme sonuçlarında paralellik gözlemlenmiştir.

Pakistan’da ilkbahar aylarında yapılan ekimlerde çimlenme dönemindeki düşük sıcaklıklar mısır tarımı açısından sorun teşkil ettiği için araştırmacılar mısır çeşitlerini düşük sıcaklığa maruz bırakarak genetik olarak toleranslı ve hassas çeşitleri tespit etmeye çalışmıştır. Gündüz 10°C ve gece 8°C olmak üzere kontrollü şartlarda toprağın 6.5 pH olduğu torbalarda 76 mısır çeşidine ait tohumlar yetiştirilmiştir. Düşük sıcaklığa toleranslı hatlar bu sayede tespit edilerek yüksek toleranslı hibritler geliştirmek amaçlanmıştır. Ayrıca soğğun, mısır tohumlarının karakterizasyonu, klorofil miktarı, absisik asit miktarı gibi etmenlerdeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda bulunan sonuçlarda, çimlenip iyi gelişim gösteren mısır hatları ile klorofil miktarları arasında doğru orantı olduğu ve soğğa toleransın genetik özellikler ile bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir (Bano ve ark., 2015). 10°C düşük sıcaklık uygulamasının gerek araştırmamızda gerekse Pakistan’da yapılan bu çalışmada benzer sonuçlar gösterdiği söylenebilir.

Sonuç olarak bu çalışmada, iklim değişiklikleri sebebiyle oluşan kuraklıkla mücadele edebilme ve ilkbahar yağışlarından faydalanabilme amacı ile kullanılan mısır çeşitlerinden başarısıyla öne çıkan çeşitlerin ıslah çalışmaları ile geliştirilerek yerli tohum üretimine katkı sağlayabilmesi açısından ümit verici bir çalışma olmuştur.

Kaynakça

- Allen, D. J. and, Ort, D. R. (2001). Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in plant science*, 6(1), 36-42.
- Babaoğlu, M. (2005). Mısır ve tarımı. *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Edirne*.
- Bouis, H. E. and, Welch, R. M. (2010). Biofortification-a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south. *Crop science*, 5-20.
- Cerit, İ., Turkay, M. A., Sarıhan, H. ve Şen, H. M. (2001). Mısır yetiştiriciliği. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Çukurova Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Müdürlüğü, Adana*.
- Farooqi, M. Q. U. and, Lee, J. K. (2016). Cold stress evaluation among maize (*Zea mays* L.) inbred lines in different temperature conditions. *Plant breeding and biotechnology*, 4(3), 352-361.
- Hund, A., Fracheboud, Y., Soldati, A. and, Stamp, P. (2008). Cold tolerance of maize seedlings as determined by root morphology and photosynthetic traits. *European Journal of Agronomy*, 28(3), 178-185.
- İşler, N. (2018). Mısır tarımı. *Hatay: MKÜ. Ziraat Fakültesi Yayınları*.
- Kınacı, E., & ve Kün, E. (1999). Orta Anadolu’da ilk gelişme dönemlerinde düşük sıcaklığa toleranslı mısır genotiplerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar II. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 197-201.
- Meena H.S., Mishra U., Gadag R.N. and, Pathak H. (2015), Cold tolerance in maize (*Zea mays*): Physiological and Morphological Traits, *National Academy of Agricultural Science (NAAS)*, 33 (4), 2603-2606

Mellado Sánchez, M. (2021). Understanding the impact of low temperatures in maize seed germination, *University of Hertfordshire, Sicilya, İtalya*

Miedema, P. (1982). The effects of low temperature on *Zea mays*. *Advances in agronomy*, 35, 93-128.

Sthapit, B. R. and, Witcombe, J. R. (1998). Inheritance of tolerance to chilling stress in rice during germination and plumule greening. *Crop Science*, 38(3), 660-665.

Stone, P. J., Sorensen, I. B. and, Jamieson, P. D. (1999). Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. *Field crops research*, 63(2), 169-178.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Review Article

Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 4(2), 84-98, 2023

Received: 15-Sep-2023 Accepted: 13-Nov-2023

homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinabt>

<https://doi.org/10.58728/joinabt.1360882>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Fındıkta Tozlanma ve Döllenme Konusunda Son Gelişmeler

Hüseyin İrfan BALIK^{1*} , Tuğba Murat ARİF² 

¹Bahçe Bitkileri, Ziraat Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

²Sakarya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Türkiye

ÖZET

Kuzey yarım kürede endemik olan fındık (*Corylus* sp.), özel iklim istekleri nedeniyle dünyada sınırlı bölgelerde yetişmektedir. *Corylus* cinsi içerisinde 20 civarında tür tanımlanmıştır ve kültür çeşitleri *C.avellana* türü içerisinde yer almaktadır. Fındık, monoik çiçek yapısına sahiptir ve tozlanma kış aylarında olmaktadır. Kendine ve karşılıklı uyuşmazlık söz konusu olup, S allelleri ile tek bir lokus tarafından kontrol edilen sporofitik tiptedir. Pistildeki allel genlerin co-dominat, polendekilerin ise dominat ya da co-dominant olduğu belirlenmiş ve uyuşmazlıkla ilgili 33 S alleli tespit edilmiştir. Eşeyssel uyuşmazlık fındıkta melezleme ıslahında ebeveyn seçimini zorlaştırmaktadır. Uyuşmazlık, kontrollü melezlemelerle ya da tozlanmış dişi çiçeklerin stilinde polen tüpünün gelişmesi floresans mikroskopunda izlenerek belirlenebilmektedir. Fındık çeşitlerinde dikogami yaygındır ve protandri sıklıkla görülmektedir. Erkek ve dişi çiçeklerin açım zamanı ve süresi ekoloji, çeşit ve aynı çeşitte yıllara bağlı olarak değişebilmektedir. Küresel iklim değişikliği diğer meyve türlerinde olduğu gibi fındıkta da fenolojik özellikler üzerine etki yapmaktadır. Fındıkta erkek çiçeklerin dişi çiçeklere göre soğuklama ihtiyacı daha az olduğundan bazı yıllar erken çiçeklenmektedir. Bu durum tozlanma eksikliği nedeniyle verim kayıplarına sebep olmaktadır. Bu nedenle dikogami ve eşeyssel uyuşmazlık tozlayıcı çeşit kullanımını zorunlu kılmaktadır. Tozlayıcı çeşit seçimi çalışmalarında yabancı tozlanmanın meyve tutumunu arttırdığı ve verimin de 2.5 kat kadar artış sağladığı ortaya konmuştur. Yabancı tozlanma sonucunda çotanaktaki meyve sayısı artarken boş meyve oranının azaldığı, ayrıca meyve kalitesinin de yükseldiği belirlenmiştir. Bu çalışmada fındığın döllenme biyolojisi bakımından kendine has özelliklerini ortaya koyan araştırmaların yanı sıra son yıllarda yapılan araştırma sonuçları incelenerek derleme haline getirilmiştir. Araştırma sonucunda Türkiye'nin en önemli tarımsal ihracat ürünü olan fındıkta sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi amacıyla çeşitlerin farklı bölgelerdeki performanslarını ortaya koyan adaptasyon projelerine, tozlayıcı çeşit geliştirme çalışmalarına, ilave tozlanma, çiçek tozu muhafazası ve etkili tozlanma periyotları ile ilgili araştırmaların yürütülmesine ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *C. avellana*, tozlanma, döllenme, uyuşmazlık, dikogami

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: irfanbalik@subu.edu.tr

Current Developments In Pollination And Fertilization Researches In Hazelnut

ABSTRACT

Hazelnut (*Corylus* sp.), which is endemic to the northern hemisphere, is grown in limited regions in the world due to its special climate requirements. Around 20 species have been described within the genus *Corylus*. Commercial hazelnut cultivars are included in the *C.avellana*. Hazelnuts, which have a monoic, are wind pollinated during the winter months. There is self- and cross incompatibility. The incompatibility in hazelnut is of the sporophytic type, controlled by a single locus with S alleles. It was determined that the allele genes in the pistil were co-dominant, those in the pollen were dominant or co-dominant, and 33 S alleles related to the incompatibility were identified. Sexual incompatibility makes parent selection important in hybridization breeding in hazelnuts. The extent to which pollinators are incompatible with the main cultivar can be determined through controlled crosses. Additionally, the development of pollen tubes in styles can be revealed by monitoring them under a fluorescence microscope. Dichogamy is common in hazelnut cultivars and protandry is frequently observed. The male and female flowering may vary depending on ecology, cultivar and years in the same cultivar. Climate change causes differences in phenological periods in hazelnuts, as in other fruit species. It has been noted that catkins, which require less chilling requirements than female flowers, bloom earlier than the average for many years. Therefore, there are yield losses due to lack of pollination. Dichogamy and incompatibility necessitate the use of pollinators. Pollinator cultivar selection studies have shown that although it varies depending on the cultivar, cross-pollination significantly increases nut set and yield can increase by 2.5 times. It was determined that as a result of cross-pollination, the number of nuts in the cluster increased, the rate of blank nut decreased, and the nut quality also increased. In this study, in addition to the research revealing the unique characteristics of hazelnut in terms of fertilization biology, the results of the research conducted in recent years were examined and compiled. As a result of the research, in order to ensure sustainability in hazelnuts, Turkey's most important agricultural export product, it is evaluated that there is a need for pollinators development studies, which reveal the performances of cultivars in different regions, and the execution of projects related to supplementary pollination, pollen preservation and effective pollination periods.

Keywords: *C. avellana*, pollination, fertilization, incompatibility, dichogamy

1. Giriş

Kuzey yarımkürede endemik olan fındık 42-45 enlem derecelerinde ılıman iklim kuşağında yayılış göstermektedir. Yağışın 750mm'nin üzerinde olduğu nemli, ılıman iklim bölgeleri fındık tarımına uygundur. Sert kabuklu meyveler grubunda yer alan, ılıman iklim kuşağında yetişen fındık, kışın yaprağını döker, anemofildir ve monoik çiçek yapısına sahiptir. Çalı ya da ağaç formunda gelişebilmektedir [1].

İnsan diyetinde önemli bir besin kaynağı olan fındığın 100 g'da 634 cal enerji bulunmaktadır [2]. Doymamış yağ içeriği oldukça yüksek olması nedeniyle kandaki kolesterol seviyesini dengelemektedir. Ortalama %60 yağ içeren fındığın yağ asidi kompozisyonunda yüksek oranda oleik asit yer almaktadır. Linoleik, palmitik, stearik ve linolenik asit diğer önemli yağ asitleridir. Ayrıca, %10-22 karbonhidrat, %10-24 protein içermektedir [3].

Dünya'da 1 milyon hektarın üzerinde üretim alanı olan fındık; kaju, badem ve cevizden sonra üretimi en çok yapılan sert kabuklu meyve türüdür. 2021 yılında 1 milyon ton civarındaki fındık üretiminin % 63'ü Türkiye'de gerçekleşmiştir. Fındık üretiminde Türkiye'yi sırasıyla İtalya, Amerika Birleşik Devletleri, Azerbaycan, Gürcistan ve Şili izlemektedir.

Fındığın anavatanı Anadolu'dur. Ekonomik olarak fındık üretiminin yapıldığı Karadeniz Bölgesi aynı zamanda, fındığın ilk kültüre alındığı yer olarak bilinmektedir. Zamanla bölge insanının göç ettiği yeni yerlere fındığı da beraberinde götürmesi, diğer tarım ürünlerinden daha fazla gelir getirmesi ve hemen her koşulda az ya da çok ürün vermesi gibi nedenlerle tüm Karadeniz Bölgesinde ve geçit bölgelerinde hızla yaygınlaşmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı Ordu, Trabzon, Zonguldak, Bartın, Sakarya, Samsun, Giresun, Düzce, Kastamonu, Sinop, Artvin, Rize, Bolu, Kocaeli, Gümüşhane ve Tokat illerine bağlı 123 ilçeyi ruhsatlı fındık üretim alanı olarak belirlemiştir. Türkiye'de 2021 yılında ruhsatlı 740.000 ha alanda 684.000 ton fındık üretilirken; üretimin % 87'si Ordu, Giresun, Trabzon, Sakarya, Düzce ve Samsun illerinde gerçekleştirilmiştir [4].

Türkiye; Japonya, Kore, Çin, İran, Kafkaslar, Avrupa ve Kuzey Amerika ile birlikte fındığın doğal yayılış alanı içerisinde yer almaktadır. Son yıllarda Güney yarımkürede Şili, Yeni Zelanda, Avustralya ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nde fındık plantasyonları hızla artmaktadır [3,5,6]. *Corylus* cinsi içerisinde 20 civarında tür tanımlanmıştır. Anadolu'da çalı formundaki *C. avellana* L. ve ağaç formundaki *C. colurna* L. türleri doğal plantasyonda bulunmaktadır. Türk fındık çeşitlerinin büyük kısmının üretici seleksiyonları sonucunda meydana geldiği değerlendirilmekle birlikte, son yıllarda seleksiyon ve melezle ıslahı ile geliştirilmiş Okay 28, Giresun Melezi, Allahverdi, Yomralı çeşitleri tescil edilmiştir [5,7,8].

2. Erkek ve Dişi Çiçek Özellikleri

Monoik çiçek yapısına sahip fındıkta, çiçeklenme çeşit, rakım ve ekolojiye bağlı olarak kasım ayında başlar mart'a kadar devam eder. Sert kabuklu meyvelerin erkek çiçek salkımları literatürde 'kedicik' (İng: catkins) olarak tanımlanmaktadır. Fındıkta çiçek tomurcukları bir yıl önceden oluşmaktadır. Kedicikler mayıs - haziran aylarında mevsim sürgünleri üzerindeki yaprakların koltuklarında görülebilir. Başlangıçta kısa ve yeşil renkte olan kedicikler, gelişmesi ilerledikçe açık yeşil renge dönüşür ve fenerlenme (çiçek tozu yayma) döneminde uzayarak parlak sarı renk alır. Kedicikler olgunlaştığında anterlerin içerisindeki çiçek tozları serbest kalır ve tozlaşma rüzgarla meydana gelir (Şekil 1). Tozlaşma kasım'da başlar. Çeşide ve iklime özellikle sıcaklığa bağlı olarak değişebilir ve mart ortalarına kadar devam edebilir. Erkek çiçekler, 200'e varan sayıda çiçek içeren salkım şeklindedir. Salkımlar ortalama 6-7 kedicik içermekte ve çeşitlere göre değişmekle birlikte 40 milyona kadar çiçek tozu ihtiva edebilmektedir. Çiçek tozu canlılığı çeşitlere göre farklılık göstermektedir. Bazı çeşitlerde çiçek tozlarının %30-50 oranında cansız olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin çiçek tozu kalitesi genetik yapı, sıcaklık, nem, rüzgar ve kültürel bakım işlemlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yapılan bir araştırmada, fındık çeşitlerinin çiçek tozu canlılığının yıllar itibariyle farklı olabileceği ifade edilmektedir [9].



Şekil 1. Farklı gelişme dönemlerindeki erkek çiçek salkımları (kedicik)

Karanfil adı verilen dişi çiçek kümeleri temmuz-ağustos aylarında gelişmeye başlamaktadır. Ancak çiçeklenme döneminde stiller gözükmeğe başlayana kadar vejetatif gözlerden ayırt edilmesi oldukça zordur. Bistüri yardımıyla tomurcuktan kesit alınarak dişi çiçekler görülebilmektedir. Bir dişi çiçek kümesi muhtelif sayıda dişi çiçekten meydana gelmektedir. Dişi çiçek sayısı 20'ye kadar çıkabilir ve her dişi çiçeğin 2 stili bulunmaktadır [10] (Şekil 2).



Şekil 2. Dişi çiçeklerin görüntüsü

3. Tozlanma

Dişi çiçek kümeleri iklim koşullarına bağlı olarak kasım-aralık aylarında olgunlaşmakta ve tozlanma için uygun hale gelmektedir. Başlangıçta pembe olan stil rengi, olgunlaşmanın ileri safhalarında parlak kırmızı hale gelmektedir. Türk fındık çeşitleri genellikle bu renk skalasına uymakla birlikte Foşa çeşidinin stili çiçeklenme dönemi boyunca sarı renge sahiptir (Şekil 3). Karanfillerin ucundaki kırmızı stillerin bulunduğu aşama fındık çeşitlerinde dişi çiçeklerin reseptif, yani çiçek tozu kabul edebilir aşamada olduğu anlamına gelmektedir. Stillerin, henüz tomurcuk içerisinde olmasına rağmen çiçek tozu kabul edebileceği yönünde de değerlendirmeler bulunmaktadır. İdeal tozlanma ve döllenme süreçlerinin ardından dişi çiçek sayısı fazla olan çeşitlerin çotanaktaki meyve sayılarının da fazla olduğu önemli tespitler arasında yer almaktadır. Kalınkara, İncekara, Kara ve Mincane çeşitleri bu duruma örnek gösterilebilir. Bir araştırmada, kontrollü şartlarda yapılan kendilemelerde çotanaktaki meyve sayısının daha düşük olduğu, yabancı tozlanmanın ise çotanaktaki meyve sayısını artırdığı ve kendilemede Tombul'da 2.23, Palaz'da 1.33, Çakıldak'ta 1.85, Foşa'da 2.92 ve Allahverdi'de 2.36 adet olan çotanaktaki meyve sayısının, tozlayıcı çeşitlere göre değişmekle birlikte sırasıyla 4.11, 3.36, 2.97, 4.31 ve 4.91 adete kadar artabileceği belirlenmiştir [3]. Çotanaktaki meyve sayısının ideal tozlayıcı çeşitler kullanıldığında çeşitlere göre değişmekle birlikte %47-252 arasında artabileceği ortaya konmuştur [9].



Şekil 3. Kırmızı (Tombul) ve sarı (Foşa) renge sahip stiller

Fındıkta stigmanın üç ay kadar reseptif kalabildiği kaydedilmiştir. Ancak çiçeklenmenin ilk 15 günü çiçek tozu çimlenmesi için en ideal dönem olarak ifade edilebilir. Tozlanmadan sonra çiçek tozları stigma yüzeyinde çimlenir, yaklaşık bir hafta içerisinde stil içerisine girişi tamamlanır. Esasında fındıkta stilin neredeyse tamamı çiçek tozlarının tutunması ve çimlenmesine uygundur. Bu nedenle fındıkta '*stigmatik stil*' ifadesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Polen tüpü, stil tabanına ulaştığında genişler ve ince bir kallus tabakası ile örtülmektedir. Ovaryum dokusu gelişene kadar beklemektedir. Tozlanma ve çim borusunun uzaması tohum taslağının gelişmesini teşvik eder [10,11,12]. Tozlaşma neticesinde çiçek tozu ile temas eden stigmalar siyah-kahverengi arasında bir renge dönüşmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Tozlanmış dişi çiçek kümeleri (karanfil)

4. Döllenme

Yumurtalık tabanına ulaşan çim boruları yumurtalığın gelişmesine kadar 3–4 ay beklemektedir. Tozlanmanın ardında yumurtalık mayıs'a kadar normal büyüklüğünün % 10'u kadar gelişme gösterir ve akabinde hızlı bir gelişme periyodu içerisine girmektedir (Şekil 5). 3–4 hafta içerisinde yumurtalığın gelişmesi büyük oranda tamamlanır ve iki tohum taslağı oluşur. Tohum taslaklarından genellikle bir

tanesi döllenmekte ve gelişmekte, diğer yumurtalık dumura uğramaktadır. Eğer her ikisi döllenip gelişirse çift iç meydana gelmektedir [13].

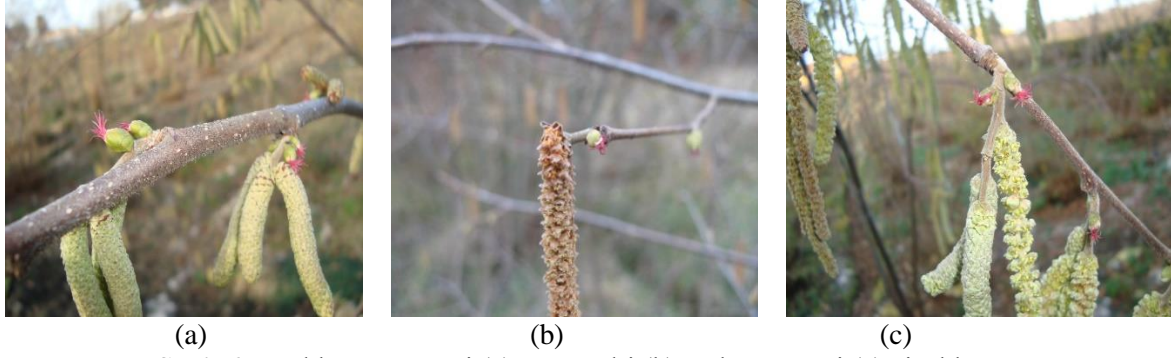


(a) (b) (c)
Şekil 5. Palaz fındık çeşidinde döllenme sonrası iç gelişimi (a: 13 Haziran, b: 20 Haziran, c: 30 Haziran)

5. Dikogami

Fındık, diğer bitkilerden farklı olarak kış aylarında çiçeklenmektedir. Çiçeklenme çeşit, rakım, yöney ve iklim koşullarına bağlı olarak kasım ile mart ayları arasında gerçekleşir. Erkek çiçeklenme 'fenerlenme' olarak tanımlanmaktadır [10]. Karışık tomurcuk yapısına sahip olan fındıkta tomurcuklar haziran'da oluşmaya başlamaktadır. Dişi çiçekler kasım ayından itibaren görülmeye başlar. Kasım ayından itibaren stiller tomurcuktan dışarı çıkmaya başlar ve artık vegetatif tomurcuklardan ayırt edilebilir. Bu andan itibaren dişi çiçekler artık reseptiftir yani, çiçek tozu kabul edebilmektedir.

Dişi ve erkek çiçeklerin farklı zamanlarda olgunlaşmasına *dikogami* denir. Erkek çiçeklerin dişi çiçeklerden erken olgunlaşmasına *protandri*, dişi çiçeklerin erkek çiçeklerden erken olgunlaşmasına ise *protogeni* denilmektedir [14,15] (Şekil 6). Dikogami; sıcaklık, oransal, nem, genetik yapı, bitkinin yaşı, tozlayıcı vektörler ve anaçlara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Dikogami (özellikle protogeni) genellikle kendine tozlanmayı sınırlandıran bir faktör olarak yorumlanmaktadır. Protogeni çiçeklenmede dişi çiçekler başka çeşitlere ait çiçek tozları ile tozlanırlar. Çiçek tozu uzun süre canlı kalabilen bazı protandri türlerde de az miktarda kendine tozlanma olmaktadır [16]. Dişi çiçeklerde meyve oluşumu üzerine; çiçek tozunun canlılık durumu, çimlenme yüzdesi, çim borusunun embriyo kesesine ulaşması ve eşeyssel uyumsuzluk etki etmekle birlikte, temel şart tozlanmadaki başarıdır. Başarılı bir tozlanma, ancak dişi organ reseptif durumda iken çiçek tozunun stigmaya ulaşması ile mümkündür.



Şekil 6. Fındıkta protogeni (a), protandri (b) ve homogami (c) çiçeklenme

5.1. Dikogami derecesi

Bir araştırmada, dikogami derecesi çiçek tozu yayılımı ile stigmanın reseptiflik döneminin çakıştığı gün sayısı stigmanın reseptiflik süresine oranlanması ile belirlenmiş ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Araştırmacıya göre dikogami derecesinin artması sebebiyle tozlanma eksiklikleri meydana gelmekte meyve tutumu az ve verim düşük olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için bahçelerde farklı zamanlarda çiçeklenen en az 2 tozlayıcı çeşit kullanılmalıdır [17].

6. Çiçek tozu uyumsuzluk indeksi

Fındıkta kontrollü melezlemeler sonucunda elde edilen karanfilin çotanağa dönüşüm oranı, açıkta tozlama sonucunda elde edilen karanfilin çotanağa dönüşüm oranına oranlanarak çiçek tozu uyumsuzluk indeksi belirlenmektedir (Şekil 7). Uyuşmazlık indeksi ≤ 0.2 ise karşılıklı uyumsuz; 0.2-1 arasında ise kısmen uyumsuz; ≥ 1 ise kendine verimli olarak kabul edilmektedir [18]. Bir araştırmada, çiçek tozu uyumsuzluk indeksi Tombul'da 0.72, Çakıldak'ta 0.67, Foşa'da 0.68 ve Allahverdi'de 0.53 olarak belirlenmiş ve bu çeşitlerinin 'kısmen uyumsuz' olduğunu ortaya konmuştur. Palaz çeşidi ise 0.12 uyumsuzluk indeksi ile 'mutlak uyumsuz' olarak değerlendirilmiştir [9].



Şekil 7. Fındıkta melezlemede izolasyon yöntemleri (a- ocak izolasyonu, b- bitki/dal izolasyonu)

7. Etkili tozlanma periyodu

Etkili tozlanma periyodu, stigma yüzeyinin şişkinleşip genişleyerek çiçek tozu kabul edebilecek duruma (reseptif) gelme zamanı ile bu zamanın sona ermesi arasında geçen süreci kapsamaktadır. En fazla meyve teşekkülü için stigma yüzeyinde belirli oranda çiçek tozu birikimine ihtiyaç vardır. Yeterli çiçek tozu birikimi için etkili tozlanma periyodu döneminde anterleri olgunlaşmış olan ve çiçek dağılımını gerçekleştiren tozlayıcı çeşitlere ihtiyaç vardır. Aksi takdirde düzensiz ve az verim ile karşı karşıya kalınmaktadır. Elma ve bademde yapılan bir araştırmada meyve teşekkülü üzerine ağaçtaki çiçek sayısı ve etkili tozlanma periyodunun etkili olduğu belirlenmiştir. Armutlarda erkek organların erken olgunlaştığı durumlarda (Protandri) etkili tozlanma periyodunun sınırlandırıldığı ifade edilmektedir [19]. 3 ay kadar reseptif kalabilen fındığın dişi çiçekleri, uzun çiçeklenme döneminin hangi aşamasında tozlandığında meyve tutumu ve kalitesinin yüksek olduğu araştırılması gereken konulardandır.

8. Eşeyssel Uyuşmazlık

Erkek ve dişi gametlerin birleşmemesi sonucunda zigotun oluşmaması eşeyssel uyuşmazlık olarak adlandırılır. Fındıkta kendine ve melezelemede uyuşmazlık söz konusudur. Uyuşmazlık, S alleleri ile kontrol edilen sporofitik tiptedir. Fındıkta uyuşmazlığa sebep olan 33 S alleli belirlenmiştir [20]. Pistildeki allel genlerin co-dominat, çiçek tozlarındakilerin ise dominat ya da co-dominant olduğu belirlenmiştir. Uyuşmazlık durumunda stigmada çiçek tozunun çimlenemediği ve çim borusunun kıvrık geliştiği ve stil içerisine giremediği gözlenmektedir. Türk fındık çeşitlerinin çiçek tozlarında S2, S5, S8, S10, S12, S21, S24 alleleri bulunmaktadır [21]. Kendine verimli olan ve kendine uyuşmazlık gösteren türlerin dikogami eğilimleri arasında farklılıklar olabilmektedir. Protogeni türlerde tam dikogami durumunda kendi çiçek tozları ile tozlanamayacağı için kendine uyuşmazlık söz konusu olmamaktadır [22].

Fındıkta boş meyve oluşumunun kendine uyuşmazlıkla ilgili olduğu ve uyuşmaz kombinasyonlarda boş meyve oranının yüksek olduğu belirlenmiştir. Eşeyssel uyuşmazlığın diğer bir sonucu olarak, kendilemede çotanaktaki meyve sayısının düşük olduğu belirlenmiştir. Fındık tarımında, karanfilin çotanağa dönüşüm oranı ve çotanaktaki meyve sayısı yüksek, boş meyve oranının düşük olması yüksek verimin bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu nedenle, fındıkta bahçe tesisinde, uygun tozlayıcı çeşitlerin kullanılması gerekmektedir [9].

9. Soğuklama İstekleri

Kültür bitkilerinin, yüksek verim ve kalitede ürün vermesi, tomurcuklanması, çiçeklenmesi, sürgün ve yaprak oluşturması için belli bir süre düşük sıcaklığa ihtiyacı vardır. Bir çeşidin soğuklama ihtiyacı, 0 ile 7°C sıcaklıklar arasında geçen saatlerin toplamı olarak ifade edilir. Bir çeşidin herhangi bir ekolojide başarılı olarak yetiştirilebilmesini belirleyen en önemli faktörlerden biri de soğuklama ihtiyacıdır.

Fındıkta yaprak tomurcuklarının soğuklama sürelerinin Tombul, Sivri, Palaz ve Foşa çeşitlerinde 350-550 saat, Uzunmusa'da 600-900 saat, Çakıldak'ta 750-1050 saat arasında olduğu, tomurcuk sürme zamanları açısından fındık çeşitleri arasında oldukça büyük farklılıkların bulunduğu belirtilmektedir. Ayrıca Palaz, Kalıncara, Sivri ve Yassı Badem çeşitlerinin yaprak tomurcuklarının soğuklama süresi en az iken, Çakıldak çeşidinin ise soğuklama isteğinin fazla olduğu belirtilmektedir. Erkek çiçeklerin soğuklama ihtiyacı dişi çiçeklerden daha azdır [23].

Bahçe tesisinde çeşit seçimi en önemli hususlardan biridir. Çeşitlerin soğuklama gereksiniminin bulunduğu ekolojide karşılanabilmesine dikkat edilmelidir. Erkenci çeşitler ilkbaharda orta (250-500m) ve yüksek kolda (500-750m) bazı yıllarda zirai donlardan etkilenmektedir ve verim düşük olmaktadır. Karadeniz Bölgesinde uzun yıllar meteorolojik verilere göre nisan ortalarına kadar zirai don riski bulunmaktadır. Bu nedenle riskli bölgelerde soğuklama isteği fazla olan çeşitler kullanılmalıdır. Ilıman iklim meyve türleri kış dinlenme döneminde -20°C'ye kadar zarar görmezken, ilkbahardan itibaren sıfırın altındaki sıcaklık derecelerinde bile zarar görebilmektedir. Fındıkta kış dinlenme döneminde tomurcuklarda -10°C'ye kadar zarar görülmemekte, -15°C'den itibaren tomurcuklarda zararlanma başlamaktadır. Buna karşın, tomurcukların kabarmaya ve açmaya başladığı şubat-mart aylarında -4°C'den itibaren zararlanma başlamaktadır. Düşük sıcaklığın meydana geldiği fenolojik devre, düşük sıcaklığın şiddeti ve süresi zararın boyutlarını artırabilmektedir [24].

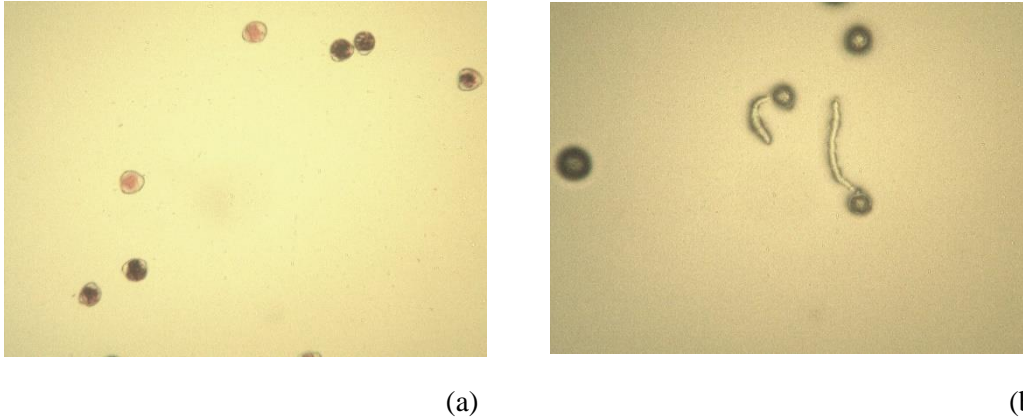
10. Çiçek Tozu Kalitesi

Fındıkta tozlanma ve döllenme süreçlerindeki başarı, çiçek tozu kalitesi ile orantılıdır. Çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranları çeşide, yıla ve ekolojiye bağlı olarak farklılık göstermektedir [25]. Çiçek tozlarının rüzgarla ya da böceklerle stigmaya ulaşması ve burada çimlenmesi sayesinde meyve tutumu gerçekleşmektedir. Tozlayıcı çeşitlerin ana çeşitle çiçeklenme zamanlarının uyumlu olmasının yanı sıra çiçek tozu kalitesinin yüksek olması istenmektedir.

Asetokarmin, anilin mavisi, FDA (fluorescein diacetate), TTC (2, 3, 5- triphenyl tetrazolium chloride) gibi kimyasal maddeler çiçek tozu canlılığının belirlenmesi amacıyla kullanılan boyalardır [26]. Çiçek tozlarının çimlenmesi için ihtiyaç duyduğu su, organik tuzlar ve şeker gibi bileşenler kullanılarak in vitro çimlenme ortamları hazırlanmaktadır. Çiçek tozu çimlendirme denemelerinde 'doymuş petri', 'asılı damla', 'agar-agar' ve 'petride agar' metotları yaygın olarak kullanılmaktadır [27]. (Şekil 8).

Bir araştırmada, Tombul, Palaz, Çakıldak, Foşa, Allahverdi, Sivri, Kalıncara ve Yassı Badem fındık çeşitlerinin çiçek tozu canlılık ve çimlenme düzeyleri araştırılmış ve TTC testine göre çiçek tozu canlılığının %1.61-71.03, petride agar yöntemine göre çiçek tozu çimlenme oranının

%7.42-53.12 arasında olduğunu belirlenmiştir. Çiçek tozu kalitesinin çeşitlere ve yıllara bağlı olarak farklılık gösterebildiği bildirilmiştir [9].



Şekil 8. Çiçek tozu canlılık (a-TTC) ve çimlendirme testleri (b-petride agar, %20 sükröz konsantrasyonu)

11. Tozlayıcı Çeşit

Dikogami ve eşeyssel uyumsuzluk, fındık yetiştiriciliğinde tozlayıcı çeşit kullanımını gerektirmektedir. Fındıkta tozlanma rüzgarla gerçekleşmektedir. Çiçek tozları 25-40 mikron, oldukça küçük ve rüzgarla çok uzaklara taşınabilecek özelliktedir. Ancak ideal bir tozlanma için, tozlayıcı çeşitlerin ana çeşitlere uzaklığının en fazla 18-20 m olması gerektiği vurgulanmaktadır. Fındıkta bahçe tesisinde yeterli meyve tutumu için en az 2 tozlayıcı çeşide yer verilmesi gerektiği bildirilmektedir. Tozlayıcı çeşitler ana çeşit ile uyumsuzluk göstermemeli, ana çeşit ile çiçeklenme zamanları uyumlu, çiçek tozlarının canlılık oranı yüksek olmalı, meyve şekli ve kalitesi ana çeşitle benzerlik göstermeli, fenerlenmesi uzun sürmelidir [28]. Bu özelliklere sahip tozlayıcılar bahçede 1/10 oranında olmalı ve homojen şekilde bulunmalıdır. Fındıkta yabancı tozlanma meyve tutumunu arttırmakta, boş meyve oranını ise azaltmaktadır. Yabancı tozlanma, meyve ve iç özelliklerinde farklılıklara sebep olmaktadır [9]. Kseni olarak adlandırılan bu durum, tohum ve meyvede şekil, renk, olgunlaşma zamanı ve kimyasal içerikte farklılıklar ortaya koyabilmektedir [29]. Fındıkta karşılıklı tozlanmanın karanfilin çotanağa dönüşüm oranını, çotanağdaki meyve sayısını ve sağlam iç oranını artırdığı, boş meyve oranını ise azalttığı, ayrıca kseni etkisi ile meyve özelliklerinde önemli farklılıklara sebep olduğunu belirtilmektedir. Tozlayıcı çeşit çalışmalarında melezleme kombinasyonlarında uyumsuzluk olup olmadığı kontrollü melezlemelerle belirlenebileceği gibi, tozlanmış karanfillerin stilinde polen tüpünün gelişmesi floresans mikroskopunda izlenerek de belirlenebilmektedir. Yapılan bir araştırmada, tozlayıcı çeşitlerin karanfilin çotanağa dönüşüm oranı ve meyve özelliklerine etkileri ile çiçeklenme zamanları birlikte değerlendirildiğinde Tombul çeşidi için Allahverdi, Palaz çeşidi için Foşa, Çakıldak çeşidi için Tombul, Foşa çeşidi için Çakıldak ve Allahverdi, Allahverdi çeşidi için ise Foşa'nın en uygun tozlayıcılar olduğu belirlenmiştir [9].

12. Boş meyve oluşumu

Fındıkta boş meyve oluşumu sitomiksis, eşeyssel uyumsuzluk, kendine tozlama, anöploidi, çift döllenme eksikliği, iklim ve kültürel bakım işlemlerinden kaynaklanmaktadır [30]. Tozlayıcı çeşitlerin eksikliği durumunda fındıkta boş meyve oranı yüksek olmaktadır. Giresun'daki fındık bahçelerinin hakim çeşidi Tombul ve Ordu ilinde yaygın çeşidi Çakıldak ile tesis edilmiş bahçelerde tozlayıcı çeşit eksikliği ya da uygun tozlayıcı çeşitlerin kullanılmaması bazı yıllarda verimin düşük olmasına sebep olmaktadır.

13. Karanfil ve Çotanak Dökümleri

Fındıkta tozlanamayan karanfiller nisan- mayıs aylarında, döllenmeyen çotanaklar ise haziran ve temmuz aylarında dökülmektedir. Döküme sebep olan faktörler; biyolojik, fizyolojik, ekolojik, entomolojik ve fitopatolojik olmak üzere gruplandırılabilir [31]. Dikogami, çiçek tozunun stigma üzerinde çimlenememesi, eşeyssel uyumsuzluk, tozlanma eksikliği, çiçek tozu kalitesinin düşük olması gibi etmenler biyolojik faktörler olarak değerlendirilmektedir. Küresel iklim değişikliği nedeniyle erkek ve dişi çiçeklenme zamanlarındaki farklılıklar oluşmakta, çeşitlerin dikogami dereceleri artmakta ve verim kayıpları yaşanmaktadır. Türk fındık çeşitlerinin adaptasyon denemeleri henüz sonuçlanmadığı için çeşitlerin iyi gelişme gösterebileceği, verim ve kalite özelliklerini en üst düzeyde sergileyebileceği lokasyonlar henüz bilinmemektedir [32]. Su ve besin kısıtı fındıkta bitki gelişiminin yanı sıra çiçek ve çiçek tozu kalitesini de olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle çiçek tozu kalitesini artıran ve boş meyve oluşumunu azaltan bor ve çinko gübrelemesine önem verilmelidir [33]. Bor noksanlığı genel olarak ılıman iklime sahip ve bol yağış olan bölgelerde görülmektedir. Ordu yöresinde yıllık yağış miktarının yüksek olmasıyla ilişkili olarak en fazla noksanlığı görülen mikro elementlerden çinko ve borun ön plana çıktığını ifade etmektedir. Beslenme noksanlığı gerek çiçek, gerekse de çotanak dökümüne sebep olduğu gibi çiçek tozu çimlenme oranını düşürerek verim kaybına sebep olabilmektedir [34]. Erkek ve dişi çiçekler üzerinde kuvvetli rüzgar, fazla yağış, kar, don, kuraklık, nisbi nem azlığı ve sis gibi muhtelif etkenler zarar meydana getirerek döküme sebep olabilmektedir [35].

14. Sonuç

Türkiye'de fındık tarımının en önemli problemi verim düşüklüğüdür. Verim düşüklüğünün sebepleri arasında kültürel uygulamaların eksikliği ile birlikte, tozlanma ve döllenme problemleri ilk sıralarda yer almaktadır. Tozlayıcı çeşit kullanımı ile ilgili olarak üreticilerdeki bilgi eksikliği nedeniyle bahçe tesisinde tozlayıcı çeşitlere yer verilmemektedir. Eski bahçelerde tozlayıcı olarak dikilmiş yabancı fındık tipleri ise meyve kalite özelliklerinin iyi olmadığı gerekçesi ile kesilmektedir. Bu durum, fındıkta verim kayıplarına neden olmasının yanı sıra, fındık genetik kaynaklarının da yok olmasına sebep olmaktadır. Ülkemizde tozlayıcı çeşit konusunda yapılan araştırmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Örneğin tescilli tozlayıcı çeşidimiz henüz bulunmamaktadır. Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan fındık çeşitleri

ile eş zamanlı çiçeklenen, uyumsuzluk göstermeyen, kedicik miktarı fazla, çiçek tozu kalitesi yüksek ve geç dönemde fenerlenen tozlayıcı çeşitlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel iklim değişikliği fındığın çiçeklenme zamanlarında önemli değişikliklere sebep olmakta ve çeşitlerin dikogami derecesi artmaktadır. Bu nedenle çiçek tozu muhafazası, tamamlayıcı tozlama ve etkili tozlanma periyodu konularında araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması

"Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur"

Yazarların Katkıları

Hüseyin İrfan Balık (sorumlu yazar); makale için fikir oluşturulması, literatür bildirişlerinde akışın planlanması, bulguların açıklanması ve sunumu için sorumluluk almak, yazının tümü için sorumluluk almak,

Tuğba Murat Arif; makale ile ilgili literatürün taranması, tasnifi, çevrilmesi

Kaynakça

- [1] İslam, A. 2019. Fındık ıslahında gelişmeler. Akademik Ziraat Dergisi Cilt: 8 Özel Sayı: 167-174 (2019) Derleme ISSN: 2147-6403 e-ISSN: 2618-5881 DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.667662>.
- [2] Baysal, A. 1993. Genel Beslenme (8.Baskı), Hatipoğlu Kitabevi, 194, Ankara.
- [3] Balık H.İ (2018). Fındıkta kseni ve metakseni üzerine araştırmalar. (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- [4] TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu web sayfası. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 04.09.2023).
- [5] Thompson, M.M., Lagerstedt, H.B. and Mehlenbacher, S.A. 1996. Hazelnuts. In: Janick J, Moore JN (eds), *Fruit Breeding*, 3: 125-184.
- [6] Molnar, T.J. 2011. *Corylus. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Forest Trees*, Springer, 15-48, doi 10.1007/978-3-642-21250-5_2.
- [7] Boccacci, P., Akkac, A. and Botta, R. 2006. DNA typing and relations among European hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars using microsatellite markers. *Genome*, 49: 598-611.
- [8] TTSM, 2023. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85> Erişim Tarihi: 04.09.2023
- [9] Balık Hİ, Beyhan N. 2019. Pollen compatibility in Turkish hazelnut cultivar. *Turkish J Food Agri Sci*, 1, 12-17.
- [10] Beyhan, N. (2000). Fındığın Döllenme Biyolojisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15: 116-122.
- [11] Germain, E. (1994). The reproduction of hazelnut: a review. *Acta Horticulturea* 351:195-209.
- [12] Liu, J., Zhang, H., Cheng, Y., Wang, J., Zhao, Y., Geng, W. (2014). Comparison of ultrastructure, pollen tube growth pattern and starch contain in developing abortive ovaries during the progamic phase in hazel. *Frontiers in Plant Science* 5, 528.

- [13] Bostan, S.Z. 2019. Fındıkta kabuklu ve iç meyve kusurları. Akademik Ziraat Dergisi Cilt:8 Özel Sayı: 157-166 (2019). ISSN: 2147-6403 e-ISSN: 2618-5881 DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.644005>.
- [14] Routley, B.M., Bertin, R.J., Husband, B.C., 2004. Correlated evolution of dichogamy and self-incompatibility: A phylogenetic perspective. Int. Journal of Plant Science. 165 (8):983-993.
- [15] Balık, H.İ., Beyhan, N., 2011. Meyve Türlerinde Dikogami. Türkiye 6. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Bildiriler Kitabı, Sayfa 964-969. 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa.
- [16] Sargent, R.D., Otto, S.P., 2004. A phylogenetic analysis of pollination mode and the evolution of dichogamy in angiosperms. Evolutionary ecology research. 2004, 6:1183-1199.
- [17] Kumar, K., Sharma, R., Sharma, S.D., 2005. Homogamy in Persian Walnut Selections of Indigenous Origin From Himachal Pradesh, India, Adv. Hort. Sci., 2005 19 (1):29-33.
- [18] Hosseinpour, A., Seifi, E., Javadi, D. and Ramezanzpour, S.S. 2015. A preliminary study on pollen compatibility of some hazelnut cultivars in Iran. Advances in Horticultural Science, 29:1, 13-16.
- [19] Sanzol, J., Herrero M., 2001. The effective pollination period in fruit trees. Scientia Horticulturae 90 (2001) 1-17.
- [20] Mehlenbacher, S. A. (2014). Geographic distribution of incompatibility alleles in cultivars and selections of European hazelnut. Journal of the American Society for Horticultural Sciences, 139(2), 191-212.
- [21] Erdoğan, V., Mehlenbacher, S. A., Köksal, A. İ., & Kurt, H. (2005). Incompatibility alleles expressed in pollen of Turkish hazelnut cultivars. Turkish Journal of Biology, 29, 111-116.
- [22] Bertin, R.I. and Newman, M.C., 1993. Dichogamy in angiosperm. *The Botanical Review*. 59: 112-152.
- [23] Çakırmelikoğlu, C., Kaya, A. (1993). Yoğun olarak üretimi yapılan bazı önemli fındık çeşitlerinin dişi çiçeklerinin soğuğa mukavemet durumlarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Araştırma proje özetleri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.
- [24] Anonim (1992). Fındık Araştırmaları Ülkesel Projesi. Tarım ve Orman Bakanlığı, Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Giresun.
- [25] Beyhan, N. Odabaş, F. (1995). Bazı Önemli Fındık Çeşitlerinde Çiçeklenme Dönemlerinin Çevresel Faktörlerle İlişkileri Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 3-6 Ekim, Adana.
- [26] Bolat, İ.Pırlak, L. (1999). An investigation on pollen viability, germination and tube growth in some stone fruits. Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 23, 383-388.
- [27] Koç, N., & Kılavuz, F. H. (1999). Seleksiyon sonucu elde edilen ana tiplere tozlayıcı seçimi ile fındık çeşit ve tiplerinin pollen kalitesinin tespiti üzerine araştırmalar, Fındık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 19, 1-9.
- [28] Olsen, J., 2013. Pollination and nut development. Growing hazelnuts in the Pacific Northwest. Em 9074, OSU Extension services, November 2013.
- [29] Denney, J.O. (1992). Xenia includes metaxenia. Hortscience, 27(7): 722-728.
- [30] Lagerstedt, H.B. 1977. The occurrence of blanks in the filbert (*Corylus avellana*) and possible causes. *Economic Botany*, 31:2, 153-159.
- [31] Beyhan N. Demir T ve Turan A. (2007). İlkbahar Dönemi İklim Koşullarının Fındığın Verim ve Gelişmesi Üzerine Etkileri, Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 04-07 Eylül, Cilt: 1 Meyvecilik, 459-463, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum.
- [32] FAE, 2023. Fındık Araştırma Enstitüsü Resmi Web Sayfası. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Menu/45/Devam-Eden-Projeler> (Erişim Tarihi: 14.09.2023).
- [33] Balık Hİ, Beyhan N. 2021. Effect of pollinator cultivars on nutrient content in some Turkish hazelnut cultivars. Turkish J Food Agri Sci, 3 (1): 13-19.
- [34] Özkutlu F., Aydemir, Ö. E., Akgün, M., & Özcan, B. (2019). Ordu ilinde fındık (*Corylus avellana* L.) tarımı yapılan toprakların çinko (Zn) beslenme durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 8(Özel Sayı), 131-140.

[35] Topçuoğlu, G. (2008). Uluslararası Piyasada Fındığın Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Sorunları. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tekirdağ.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Research Article

Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 4(2), 99-104, 2023

Received: 18-Nov-2023 Accepted: 19-Dec-2023

homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinabt>

<https://doi.org/10.58728/joinabt.1392664>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Hibrit Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinin Verim ve Verim Unsurları Arasındaki Korelasyon ve Path Analizi

Ferzat TURAN^{1*} , Gamze Nida GÜNEŞ¹ , Zeynep DURAN¹ , Bilal KARAKAYA¹ 

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Türkiye.

ÖZ

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genellikle ılıman bölgelerde yetişen bitkilerden biridir ancak farklı türleri farklı hava koşullarında da yetiştirilebilir. Ayçiçeğinin yüksek yağ verimi ve yüksek besin değeri nedeniyle ekim alanı giderek artmakta ve bu özellikleri sebebiyle de dünyanın en önemli yağlı tohumlarından birisi olarak sayılmaktadır. Tarımda toprakların organik madde miktarını arttırmanın yollarından biri, iyi olgunlaşmış hayvan gübresinin toprağa verilmesidir. Günümüzde sıvı gübrelerin kullanılması yaygınlaşmıştır. Bu araştırma organik gübrelerin ayçiçeği verimi ve morfolojik özellikleri üzerine etkisini incelemek ve kimyasal gübre tüketimini azaltmak amacıyla 2023 yılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlasında yürütülmüştür. Araştırma Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada patent tescilli PlantiPell sıvı organik gübresi, genetik materyali olarak Trakya Araştırma Enstitüsünde yetiştirilen SUN 2259 CL yağlık hibrit ayçiçeği çeşidi kullanılmıştır. Denemede gübre dozları dört farklı konsantrasyonda (kontrol, 15, 30 ve 45 ml/l), bitkilere uygulama şekli ise 4 farklı şekilde (2-4-6 yapraklı dönemlerde ayrı ayrı ve hem 2 hem 4 hem de 6 yapraklı dönemlerde birlikte) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bitki boyu, sap kalınlığı, bin tane ağırlığı, tabla çapı, yağ oranı ve verim parametreleri korelasyon ve path analizi için incelenmeye alınmıştır. Elde edilen verilere göre; araştırmada incelenen özellikler arasında verim ile bitki boyu ($r=0.642^{**}$), sap kalınlığı ($r=0.561^{*}$), bin tane ağırlığı ($r=0.722^{**}$), tabla çapı ($r=0.675^{**}$) ve yağ oranı ($r=0.782^{**}$) arasında önemli ve pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Ayrıca path analiz sonuçlarına göre yağ oranı ($\beta=0.523$), bin tane ağırlığı ($\beta=0.347$) ve bitki boyu ($\beta=0.135$) özellikleri verimi doğrudan etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği, korelasyon, path analizi, verim

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: ferzatturan@subu.edu.tr

Correlation and Path Analysis Between Yield and Yield Components of Hybrid Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Plant

ABSTRACT

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a plant that generally grows in temperate regions; however, different types can also be grown under different weather conditions. Due to the high oil yield and high nutritional value of sunflower, its cultivation area is gradually increasing and due to these features, it is considered one of the most important oil seeds in the world. One of the ways to increase the organic matter content of soil in agriculture is to add mature animal manure to the soil. After animal manure is transported to the field, it should immediately spread on the soil surface and mix into the soil immediately. Otherwise, animal manure left in piles on the soil surface for a long time loses its nutrients and organic matter. This research was carried out in the trial field of Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in 2023, in order to examine the effect of organic fertilizers on sunflower yield and morphological characteristics, and to reduce chemical fertilizer consumption. The research was established according to a Factorial Trial Design in Randomized Blocks with three replications. In this study, patent-registered PlantıPell liquid organic fertilizer and SUN 2259 CL oil hybrid sunflower varieties grown at the Trakya Research Institute were used as genetic material. In the trial, fertilizer doses were applied at four different concentrations (control, 15, 30, and 45 ml/l), and the application method to the plants was carried out in four different ways (separately in the periods when they had 2-4-6 leaves and both in the periods with 2, 4, and 6 leaves). In this study, plant height, stem thickness, thousand-grain weight, head diameter, oil ratio, and yield parameters were examined for correlation and path analysis. According to the data obtained; Among the traits examined in the study, yield was determined by plant height ($r=0.642^{**}$), stem thickness ($r=0.561^*$), thousand grain weight ($r=0.722^{**}$), head diameter ($r=0.675^{**}$) and oil rate ($r=-0.782^{**}$), a significant positive correlation was observed. In addition, according to the path analysis results, the oil ratio ($\beta = 0.523$), thousand grain weight ($\beta = 0.347$), and plant height ($\beta = 0.135$) directly affected the yield.

Keywords: Sunflower, correlation, path analysis, yield

1 Giriş

Bitkisel yağlar, insan beslenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Türkiye'de en çok üretilen bitkisel yağ olan ayçiçeği, adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması sayesinde Trakya bölgesi başta olmak üzere Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde yetiştirilmektedir. Ancak, üretim miktarının yetersiz olması nedeniyle bitkisel yağ açığı her geçen yıl artmakta ve 500 bin tonu aşmış durumdadır. Ayçiçeği, kuraklık ve düşük sıcaklıklara dayanıklı olması, çeşitli toprak tiplerine uyum sağlaması ve farklı çevre koşullarına adaptasyon göstermesi gibi özellikleriyle ülkemizde yetiştirilen yağlı tohumlu bitkiler arasında öncü bir konumda bulunmaktadır (Atakişi, 1985; Ahma ve ark., 2009; Arıoğlu ve ark., 2010). Ayçiçeği yetiştiriciliğinde, bölgeye adaptasyonu uygun çeşit seçimi, verim ve kaliteyi artıran temel faktörlerden biridir. Bitkinin yabancı dölllenme özelliği ve yetiştirme sürecinde ortaya çıkabilecek çeşitli sorunlar, yüksek kaliteli ve yağ oranına sahip tohum üretimini daha da önemli hale getirmektedir. İstenilen kalitede ayçiçeği üretiminde başarı, uygun tohumluk kullanımının yanı sıra uygun yetiştirme tekniklerini de gerektirmektedir. Bitkiden elde edilecek verim, genotip ve çevre etkileşimi tarafından belirlenir ve özellikle iklim ve toprak yapısı gibi faktörlerden etkilenir. Ayçiçek yağı, içeriğinde %15 oranında doymuş yağ asitleri ve %85 oranında doymamış yağ asitleri bulundurulur. Bu doymamış yağ asitlerinden büyük bir bölümünü oluşturan linoleik asit, yağın doymunluğunu azaltarak sindirimini kolaylaştırır ve kana geçişini hızlandırır. Ayrıca, hücre zarının yapısına linoleik asit bulunup ve kolesterolü düşürmede etkili olabilir. Linoleik asit miktarının yüksek olması, yağ kalitesini artırır. Ayçiçeği yağının içinde en fazla %0.7'sini linolenik asit oluşturur

(Kolsarıcı ve ark., 2015). Çiftçi koşullarında yetiştirilen yağlık ayçiçeği tanelerinde en yüksek yağ içeriği %41.30 olarak belirlenmiştir (Tunçtürk ve ark., 2005). Çil ve ark 2011, farklı lokasyonlarda gerçekleştirdikleri çalışmada, Ayçiçeği çeşitlerine bağlı olarak belirlenen yağ içerikleri, %46.1 ile %47.6 arasında değişmektedir. Araştırmacılar, çevre, toprak ve iklim faktörleri ile çeşitlerin genetik yapısının, tane özelliklerinin değişimine etki ettiğini bildirmiştir (Kıllı, 2004; Kaya ve ark., 2009a). Ayçiçeği, çevresel koşullara genel olarak dirençli olmasına rağmen, Özellikle tane olgunlaşma sürecindeki sıcaklık ve güneşlenme süresi gibi iklim faktörlerinin, gözlemler arasında, yağ oranını belirgin bir şekilde etkilenmesi kanıtlanmıştır (Osman ve ark., 2010; Hossam, 2012). Üretim alanlarının genişlemesi ve yüksek verimli, yüksek yağ içeriğine sahip ayçiçeği tohumlarının kullanımının artması, bazı bölgelerde sulama uygulamalarının artmasına yol açmış ve bu da birim alandan elde edilen ürün miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Kuru ve sulak koşullarda yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin toprak analizlerine dayalı gübreleme uygulamaları, sadece verimi değil, aynı zamanda tane içindeki yağ oranını artırarak üreticilere daha fazla gelir sağlamaktadır. Ayçiçeği tarımında toprak organik madde içeriğini artırmanın etkili yollarından biri, iyi olgunlaşmış hayvan gübresinin toprağa uygulanmasıdır. Ancak, hayvan gübreleri tarlaya taşındıktan sonra biran evvel toprağa karıştırılmalıdır. Hayvan gübreleri, uzun süre boyunca toprak yüzeyinde öbek halinde bırakıldığında, besin maddesi ve organik madde kaybına neden olabilir. Bu nedenle, bu tür hayvan gübreleri toprağa birkaç ay içinde karıştırıldığında daha büyük fayda sağlamaktadır. Hayvan gübrelerinin yabancı ot sorunu ve potansiyel hastalık bulaşma risk gibi olumsuz etkileri de içermektedir. Bununla birlikte, sıvı gübreler toprağın besin değerini artırarak bitki büyümesini hızlandırır, pH değerini düzenler ve bitkinin her döneminde kullanılabilir. Ayrıca, sıvı gübreler kök gelişimini destekler, toprak su tutma kapasitesini artırır, tohum çimlenme oranını hızlandırır ve sulama ihtiyacını azaltır. Bu gübreler aynı zamanda ürünlerin kalitesini ve raf ömrünü artırır, bitkilerin hızlı, sağlıklı ve gür büyümesini teşvik eder. Çiçeklenmeyi düzenler, meyve sayısını ve kalitesini yükseltir, hasat süresini kısaltır ve erkenci bir ürün elde edilmesine olanak tanır. Amino asitler, bitki gelişimi için önemli bir protein kaynağı olmanın yanı sıra bitkinin dengeli beslenmesinde etkili olabilir. Amino asitler, bitki köklerinin güçlenmesine yardımcı olur, bitki dayanıklılığını artırarak meyve kalitesini ve olgunlaşmasını destekler. Ayrıca, olumsuz hava koşullarına karşı bitkinin direncini artırarak zarar görmesini önler. Bu nedenle, amino asitler özellikle bitki sağlığı açısından önemlidir. (Hamadtov, 2009; Abdel-Motagally ve ark, 2010).

Birçok araştırmacı tarafından bildirildiği üzere, ayçiçeği üzerine yapılan çalışmalarda incelenen özellikler arasında önemli korelasyonlar bulunmaktadır (Hladni ve ark., 2011; Farshadfar ve ark., 2012; Tyagi ve Khan, 2013; Day ve Kolsarıcı., 2014; Sincik ve Göksoy, 2014).

Ayçiçeğinde verimle ilişkilendirilen herhangi bir özellik, sadece doğrudan etki yapmakla kalmayıp, aynı zamanda diğer karakterler üzerinden dolaylı etkilere de sahip olabilir. Doğrudan ve dolaylı etkileri analiz etmek amacıyla, Path Analizi yöntemi geniş bir kullanıma sahiptir (Rana ve ark., 1991; Doddamani ve ark., 1997). Tane verimini doğrudan etkileyen özellikler path analizine göre ayçiçeğinde birçok çalışmada en büyük doğrudan pozitif etkinin tabladaki tane sayısı ya da 1000 tane ağırlığından etkilendiği belirtilmiştir (Kaya ve ark., 2009b; Hamadtov., 2009; Anandhan ve ark., 2010; Kholghi ve ark., 2011).

Bu çalışmada daha önce bitki gelişim düzenleyici organik sıvı PlantiPell gübresinin, farklı dozlarda ve farklı bitki gelişme dönemlerinde elde edilen varyans analiz sonuçlarının ortalama verileri üzerine, verim ve verim öğeleri arasında korelasyon, ayrıca bağımlı ve bağımsız değişkenlerin path analizi incelenmeye alınmıştır.

2 Metodoloji

Bu çalışmada genetik materyal olarak; Trakya Araştırma Enstitüsünde yetiştirilen SUN 2259 CL yağlık hibrit ayçiçeği çeşidi kullanılmıştır.

Plantipell gübresi koyun kılından elde edilen %35 oranında organik madde içeren bir sıvı gübredir.

3 Teori ve Hesaplamalar

Sonbaharda, deneme alanı 20-25 cm derinliğinde çoklu pullukla sürüldü. Ekim sezonu geldiğinde, tarla önce kültivatör (kazayağı) ile işlendi, ardından diskaro, tırmık veya yaylı tırmık kullanılarak 10-15 cm derinliğinde işleme tabi tutularak ekime hazır hale getirildi. Ekim işlemi, Mayıs ayında gerçekleştirildi. Ekimde sıra arası ve sıra üzeri 70×25 cm olarak belirlenmiştir. Denemede gübre dozları dört farklı konsantrasyonda (kontrol, 15, 30 ve 45 ml/l), bitkilere uygulama şekli ise 4 farklı şekilde (2-4-6 yapraklı olduğu dönemlerde ayrı ayrı ve hem 2 hem 4 hem de 6 yapraklı dönemlerde birlikte) gerçekleştirilmiştir. Hasat öncesi bazı morfolojik gözlemler kenar tesirleri çıkartıldıktan sonra belirlenmiştir. Denemede bitki boyu (cm), bin tane ağırlığı (g), tabla çapı (cm), tane verimi (kg/da) ve tanede yağ oranı (%) gözlemleri alınmıştır. Deneme 3 tekerrür ve tesadüfi bloklar faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur.

3.1. Araştırmanın Sonuçları

Elde edilen gözlemler üzerinde verilerin MSTAT-C, Path ve SPSS istatistik programı kullanılmıştır. (Düzgüneş ve ark. 1987).

4 Bulgular ve Tartışma

Araştırmada incelenen özellikler arasında basit korelasyon katsayılarının sonuçları Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1: Ayçiçeğinde verimi ile diğer özellikler arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

Özellikler	Bitki Boyu	Sap Kalınlığı	Bin Tane Ağırlığı	Tabla Çapı	Yağ Oranı
Sap Kalınlığı	0.554*				
Bin Tane Ağırlığı	0.568*	0.702**			
Tabla Çapı	0.632**	0.662**	0.803**		
Yağ Oranı	0.694**	0.516*	0.700**	0.784**	
Verim	0.642**	0.561*	0.722**	0.675**	0.782**

* 0,05 ve** 0,01 düzeyinde önemli

Özellikler arasında yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre verim ile bitki boyu ($r=0.642^{**}$), sap kalınlığı ($r=0.561^{*}$), bin tane ağırlığı ($r=0.722^{**}$), tabla çapı ($r=0.675^{**}$) ve yağ oranı ($r=0.782^{**}$) arasında pozitif ve önemli ilişki bulunmuştur (Tablo 1). Bin tane ağırlığı ve tabla çapı ile yağ oranı özellikleri verimi pozitif yönde etkileyip, verim artışına sebep olmaktadır. Singh ve Lebana (1990), yaptıkları çalışmada tane verimi ile tabla çapı, bitki boyu ve 1000 tane ağırlığı arasında olumlu ve önemli korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Marinković ve ark (1992), verim ile 1000 tane ağırlığı, tabla çapı ve tablada tane sayısı arasındaki ilişkiyi olumlu ve önemli bulmuşlardır.

Tablo 2: Ayçiçeğinde verim üzerine etkili karakterlere ait path analiz sonuçları

Özellikler	Doğrudan Etkiler	Dolaylı Etkiler					Korelasyon Katsayıları
		Bitki Boyu	Sap Kalınlığı	Bin Tane Ağırlığı	Tabla Çapı	Yağ Oranı	
Bitki Boyu	0.135	-----	0.037	0.197	-0.092	0.363	0.642**
Sap Kalınlığı	0.068	0.074	-----	0.243	-0.096	0.270	0.561*
Bin Tane Ağırlığı	0.347	0.076	0.047	-----	-0.117	0.366	0.722**
Tabla Çapı	-0.145	0.085	0.045	0.278	-----	0.41	0.675**
Yağ Oranı	0.523	0.093	0.035	0.243	-0.114	-----	0.782**

*0.05 ve** 0.01 düzeyinde önemli, Kalan etki: 0.56, Düzeltilmiş R²: 0.69

Tablo 2'de, gözlemlenen özelliklerle tane verimi arasındaki genel korelasyon katsayıları ve doğrudan ve dolaylı etkileri temsil eden path katsayıları sunulmuştur. Verim üzerinde en büyük ve olumlu doğrudan etkiyi gösteren özellikler, yağ oranı ($\beta=0.523$), bin tane ağırlığı ($\beta=0.347$) ve bitki boyu ($\beta=0.135$) olarak belirlenmiştir. Dolaylı etkiler incelendiğinde; yağ oranı ($\beta=0.363$) bitki boyu üzerinden, bin tane ağırlığı ($\beta=0.243$, $\beta=0.274$) sap kalınlığı ve tabla çapı üzerinden verime dolaylı etkileri yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Marinković ve ark (1992), bin tane ağırlığının verim üzerine doğrudan ve olumlu etkisinin olduğunu yaptıkları çalışmalarında kanıtlamışlardır. Alvarez ve ark (1996), Yapılan çalışmada, verim üzerinde doğrudan en yüksek etkiye sahip özelliklerin; bin tane ağırlığı, tabla çapı ve bitki boyu olduğu tespit edilmiştir. Yasin ve Singe (2010), çalışmalarında verim ile bin tane ağırlığı, tabla çapı ve tablada tane sayısı arasında önemli ve pozitif korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada bin tane ağırlığı ile yağ oranının verim üzerinde doğrudan etkili olduğu kanıtlanmıştır.

5 Sonuçlar

Sakarya koşullarında daha önce farklı dozlarda ve farklı bitki gelişme dönemlerinde uygulanan PlantiPell organik sıvı gübresinden elde edilen verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarının ortalama verileri ile yapılan korelasyon ve path analizi sonucunda, bin tane ağırlığı ve yağ oranının Ayçiçeği verimi üzerine doğrudan ve dolaylı olarak yüksek etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, bölge koşullarına uygun çeşit ıslah çalışmalarında bu özelliklerin önemli seleksiyon kriterleri olarak dikkate alınmasının başarı şansını artırabileceği söylenebilir.

6.1 Teşekkür

Araştırmaya destek veren; TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı'na ve PlantiPell sıvı organik gübre firmasına teşekkür ederiz.

6.2 Finansman Kaynağı

Araştırmada TÜBİTAK 2209 A Üniversite Öğrencileri Araştırma Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir.

6.3 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynakça

- Abdel-Motagally, F. M. F., and Osman, E. A. (2010). Effect of nitrogen and potassium fertilization combinations on productivity of two sunflower cultivars under East of El-ewinate conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 8(4), 397-401.
- Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M.Y. and Waraich, E.A.. (2009). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pakistan J. Bot.*, 41, 647-654
- Alvarez, M. D. P., Mancuso, N., & Frutos, E. (1996, June). Genetic divergence among open pollinated populations of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In International Sunflower Conference 14, 230-235.
- Anandhan, T., Manivannan, P., Vindhiyavarman, P. and Jeyakumar, P. (2010) Correlation for oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(4), 869-871.
- Day, S. ve Kolsarıcı, Ö. (2014). Ankara Koşullarında Hibrit Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Genotipinde Farklı Sıra Üzeri Aralıkları ve Azot Dozlarının Verim ve Verim Öğelerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 3(2),81-89.
- Doddamani, I.K., Patil, S.A. and Ravikumar, R.L. (1997). Relationship Autogamy and Self Fertility with Seed Yield and Yield Components in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 20: 95- 102.
- Farshadfar, E., Jamshidi, B., Cheghamirza, K. and Hashemzadah, H. (2012). Evaluation of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using immature embryo culture. *Ann. Biol. Res.*, 3: 330-338.
- Hamadtov, G. A. F. (2009). Effect of Nitrogen Fertilization on Growth and Yield of some Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids. B. Sc. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture University of Khartoum.
- Hladni, N., Jovic, S., Miklic, V., Mijic, A., Saftic-Pankovic, D. and Škoric, D. (2010). Effect of morphological and physiological traits on seed yield and oil content in sunflower. *Helia*, 33(53), 101-115.
- Hossam, M.İ. (2012). Response of Some Sunflower Hybrids to Different Levels of Plant Density. *2nd International Conference on Asia Agriculture and Animal*, 4, 175- 182.
- Kaya, Y., Evci, G., Durak, S., Pekcan, V. and Gucer, T. (2009b). Yield components affecting seed yield and their relationship in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 41(5), 2261-2269.
- Kaya, Y., Evci, G., Pekcan, V., Gücer, T., Yılmaz, M.I., Şahin, I., Gencer, S. ve Çıtak, N. (2009a). Farklı çevrelerde ayçiçeğinde oleik asit oranlarının belirlenmesi. *Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi* (s.159-163). Hatay.
- Kıllı, F. (2004). Influence of different nitrogen levels on productivity of oilseed and confection sunflowers (*Helianthus annuus* L.) under varying plant populations. *International Journal of Agriculture and Biology* 6 (4), 594-598.
- Marinković, R. (1992). Path coefficient analysis of some yield components of sunflower. *Euphytica*. 60, 201-205.
- Osman, E. B. A. and Awed, M. M. M. (2010). Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Phosphorus and Nitrogen Fertilization under Different Plant Spacing at New Valley. *Ass. University Bull. Environ. Res.* 13(1), 11-18.
- Rana, M.A., Khan, M.A., Yousuf, M. and Mirza, S.M. (1991). Evaluation of 26 sunflower cultivars at Islamabad. *Helia*, 14(14), 19-28.
- Sincik, M., ve Göksoy, A.T. (2014). Investigation of Correlation between Traits and Path Analysis of Confectionary Sunflower Genotypes. *Not Bot Horti Agrobot. Cluj.*, 42(1), 227-231.
- Singh, S. B., and Labana, K. S. (1990). Correlation and path analysis in sunflower. *Crop improvement*, 17(1), 49-53.
- Tyagi, S.D. and Khan, M.H. (2013). Correlation and path coefficient analysis for seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Academia Scholarly Journals* 1(2), 8-12.
- Yasin, A. B. and Singh, S. 2010. Correlation and path coefficient analyses in sunflower. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2(5), 129-133.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Research Article

Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 4(2), 105-112, 2023

Received: 21-Nov-2023 Accepted: 26-Dec-2023

homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/joinabt>

<https://doi.org/10.58728/joinabt.1393739>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) Bitkisinin Farklı Kısımlarının Biyoaktif İçerikleri

Mehmet Fikret BALTA¹ , İzzet YAMAN¹ , Orhan KARAKAYA^{2*} , Umut ATEŞ² 

¹Bahçe Bitkileri, Ziraat Fakültesi, Ordu Üniversitesi, Türkiye

²Bahçe Bitkileri, Ziraat Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

ÖZ

Çalışma, Piraziz (Giresun) ilçesinde yetiştirilen kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının (yaprak, çiçek ve meyve) toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesini (DPPH ve FRAP testlerine göre) belirlemek amacıyla yürütülmüştür. En yüksek toplam fenolik içeriği yaprak ($1.10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) ve çiçekte ($1.08 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) belirlenirken, en düşük meyvede ($0.81 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Toplam flavonoid içeriği en yüksek yaprakta ($3.38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), en düşük ise meyvede ($0.04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) bulunmuştur. En yüksek antioksidan aktivite her iki yöntemde göre de yaprak (sırasıyla $7.72 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $2.58 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) ve çiçekte (sırasıyla $7.84 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $2.58 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) tespit edilirken, en düşük meyvede (sırasıyla $1.21 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $1.50 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) belirlenmiştir. Sonuç olarak, incelenen özellikler bakımından en iyi sonuçlar bitkinin yaprak ve çiçek kısımlarından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaprak, çiçek, meyve, fenolik, antioksidan.

Bioactive Contents of Different Parts of Strawberry Tree (*Arbutus unedo* L.) Plant

ABSTRACT

The study was carried out to determine the total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity (according to DPPH and FRAP tests) of different parts (leaves, flower and fruit) of the strawberry tree plant grown in Piraziz (Giresun) district. The highest total phenolic content was determined in leaves ($1.10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) and flower ($1.08 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), while the lowest was detected in fruit ($0.81 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). The highest total flavonoid content was found in the leaves ($3.38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) and the lowest in the fruit ($0.04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). The highest antioxidant activity was detected in leaves ($7.72 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ and $2.58 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$, respectively) and flower ($7.84 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ and $2.58 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$, respectively) according to both methods, while the lowest was determined in fruit ($1.21 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ and $1.50 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$, respectively). As a conclusion, the best results in terms of the investigated properties were obtained from the leaves and flower parts of the plant.

Keywords: Leaves, flower, fruit, phenolics, antioxidant.

* Sorumlu yazar : orhankarakaya7@gmail.com

Giriş

Kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) dünya üzerinde geniş bir yayılım alanına sahip olup, Asya, Avrupa ve Afrika'nın ılıman iklim koşullarında doğal olarak yetişme imkânı bulmuştur [1]. Ülkemizde ise Karadeniz, Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinde doğal olarak yayılış göstermektedir. Ülkemiz doğal florası içerisinde de yer alan *Arbutus unedo* L. ve *Arbutus andrachne* L. en önemli kocayemiş türleridir [2].

A. unedo her dem yeşil olup 1.5-9 m arasında boylanabilen bitki habitusuna [3] ve yuvarlak veya yuvarlağa yakın turuncu-kırmızı meyvelere sahip bir türdür [4]. Meyve görünüşlerinin çileğe benzemesi ile ağaç çileği olarak da bilinmektedir [5]. Ülkemizde bölgelere göre değişmekle birlikte; dağ çileği, dağ yemişi, ayı yemişi, kocakarıyemişi, kara yaprak, andrana, andıra, davulga, davulga üzümü, piridim, yağma, enderek ve zefre yemişi gibi farklı isimler verilmiştir [6]. *A. unedo* bitkisi gerek görsel özellikleri gerekse besleyici özellikleri ile pek çok kullanım alanına sahiptir. Her dem yeşil olan bitki, formu, uzun süre bitki üzerinde görülebilen gösterişli çan şeklinde çiçekleri [7] ve meyve tutumundan meyve olumuna kadar geçen sürede sarıdan kırmızıya kadar değişen renkli meyveleri [8] ile süs bitkisi olarak değerlendirilmektedir [9, 10]. Bunun yanında, çalimsı formda olan *A. unedo* bitkileri çit bitkisi olarak kullanılmaktadır [3]. Çileğe benzeyen meyveleri taze tüketim başta olmak üzere, jöle, marmelat, reçel, dondurma, pastacılıkta, alkollü içecek yapımında ve tıbbi alanlarda kullanılmaktadır [11, 2, 7, 12, 13].

A. unedo'nın meyve verme süresi diğer pek çok türe göre çok daha uzundur [5, 2]. Özellikle olgun meyvelerinin kış aylarında veya kış aylarına yakın bir zamanda hasadının yapılmasıyla insanlara alternatif bir besin kaynağı sağlamaktadır [7]. Yüksek biyokimyasal içeriği sayesinde nörolojik bozukluklar, kalp damar hastalıkları, kanser, damar sertleşmesi, böbrek rahatsızlıkları, romatizma, hipertansiyon gibi pek çok hastalığa karşı da koruyucu etkisinin yanında, kabızlığı giderici, idrar söktürücü, enfeksiyon önleyici ve yaşlanmayı geciktirici etkilere sahiptir [14, 15]. Bunun yanında çiçeklerinin astım hastalığı ve yapraklarından hazırlanan çayların ise romatizma, idrar yolu ve böbrek hastalıklarına karşı koruyucu etkisi bulunmaktadır [16, 17]. Bu çalışmada kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının (yaprak, çiçek ve meyve) toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, Giresun iline bağlı Piraziz ilçesinde yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini Piraziz ilçesinde yetişen kocayemiş genotipine ait yaprak, çiçek ve meyveler oluşturmuştur.

Yöntem

Kocayemiş bitkisinden alınan yaprak ve çiçek örnekleri gölge bir ortamda kurutulmuştur. Meyve örnekleri, meyvenin kendine özgü rengini aldığı zamanda hasat edilmiştir. Alınan tüm bitki örnekleri biyokimyasal analizler yapıncaya kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir. Biyokimyasal özellikler olarak toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidant aktivite (DPPH ve FRAP testlerine göre) belirlenmiştir.

Toplam fenolik (g 100 g⁻¹)

Toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine göre tespit edilmiştir. Hazırlanan stok çözeltilerden yaprak ve çiçek örnekleri için 0.1 mL ve meyve örnekleri için ise 0.5 mL alınarak, son hacim saf su ile

4.7 mL'ye tamamlanmış ve üzerine 0.1 mL folin reaktifi ve 0.3 mL sodyum karbonat ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler spektrofotometrede 760 nm'de okunmuştur. Elde edilen absorbens değerleri g 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir [18].

Toplam flavonoid (g 100 g⁻¹)

Toplam flavonoid içeriği Chang ve ark. (2002)'nin bildirdiği yöntemle göre belirlenmiştir. Yaprak, çiçek ve meyve örnekleri için hazırlanan stok çözeltiden 0.1 mL alınarak, üzerine 4.2 mL metanol, 0.1 mL alüminyum nitrat ve 0.1 mL amonyum asetat ilave edilmiştir. Hazırlanan örneklerin absorbens değerleri spektrofotometrede 415 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen sonuçlar g 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

Antioksidan aktivite (mmol 100 g⁻¹)

Bitki örneklerin antioksidan aktivitesi DPPH ve FRAP yöntemlerine göre belirlenmiştir. DPPH yöntemine göre antioksidan aktivitesi Blois (1958)'in rapor ettiği yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Hazırlanan stok çözeltiden yaprak ve çiçek örnekleri için 0.02 mL ve meyve örneği için 0.1 mL alınmış ve son hacim metanol ile 3 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine 1 mL DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen absorbens değerleri mmol 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

FRAP yöntemine göre antioksidan aktivitesi Benzie ve Strain (1996) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Yaprak, çiçek ve meyve örnekleri için hazırlanan stok çözeltiden 0.02 mL alınarak, üzerine 1.23 mL fosfat tamponu ve 1.25 mL potasyum ferrik siyanit ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler 50°C'de 30 dk su etüvde inkübe edildikten sonra üzerine 1.25 mL TCA ve 0.25 mL demir klorür eklenmiştir. Örneklerin absorbens değerleri spektrofotometrede 415 nm'de okunmuştur. Elde edilen sonuçlar mmol 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

İstatistiksel Analizler

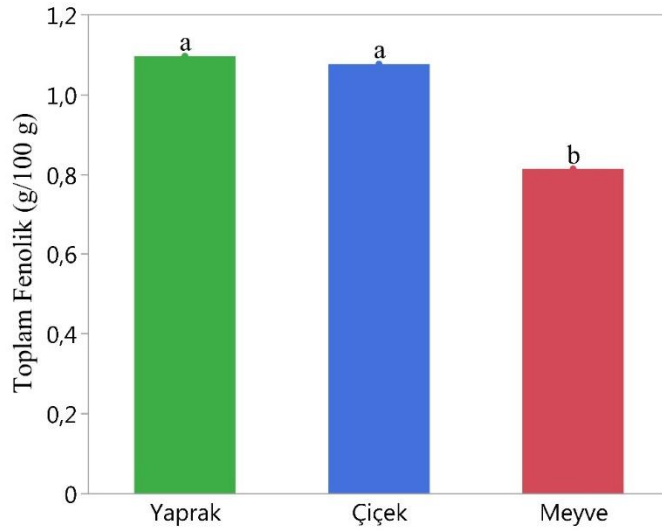
Verilerin değerlendirilmesinde JMP 16 (deneme sürümü) istatistik paket programı kullanılmıştır. İncelenen özellikler bakımından bitki kısımları arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma yöntemine göre %5 önem seviyesinde belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Meyve ve sebzelerde önemli miktarda bulunan biyoaktif bileşikler insan sağlığını teşvik eder ve kronik hastalıklar başta olmak üzere kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi pek çok hastalığın riskini azaltmada önemli rol oynar [22]. Antioksidanlar, hastalıklara neden olduğu bilinen düzensiz reaktif oksijen türleri ve serbest radikallerin zararlı etkisini önleyerek vücudun savunma sistemine önemli derecede katkı sağlarlar [23]. Gıdalardan alınan antioksidanların vücutta üretilenlere göre daha yüksek koruma sağladığı bildirilmiştir [24]. Bu durum, fenolik ve antioksidan içeriği yüksek yenilebilir yabani meyve türlerinin tüketiminin önemini arttırmaktadır. Öyle ki kocayemiş de zengin besin içeriğiyle bu anlamda önemli bir yere sahiptir [4, 11, 12].

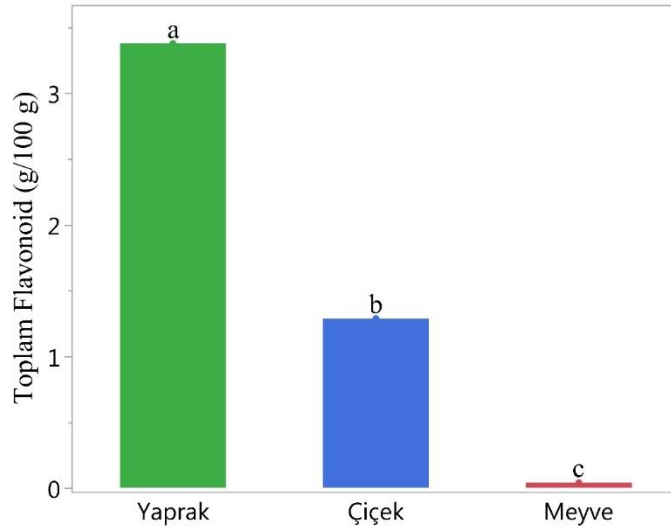
Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının toplam fenolik içeriği arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Toplam fenolik içeriği bakımından en yüksek değerler yaprak (1.10 g 100 g⁻¹) ve çiçekte (1.08 g 100 g⁻¹) belirlenirken, en düşük değerler meyvede (0.81 g 100 g⁻¹) tespit edilmiştir (Şekil 1). Toplam fenolik içeriği, Lapseki (Çanakale) yöresinde yetişen *Arbutus unedo* türüne ait çiçeklerde 20.7 g 100 g⁻¹ ve meyvelerde 1.40 g 100 g⁻¹ [25], Artvin ilinde yetişen *Arbutus andrachne* türünün çiçeklerinde

4.40 g 100 g⁻¹ ve meyvelerinde 0.70 g 100 g⁻¹ [26], Cezayir’de yetişen *Arbutus unedo* türüne ait yapraklarda 17.5 g 100 g⁻¹ ve meyvelerde 1.30 g 100 g⁻¹ [27] olarak bildirilmiştir. Araştırmacıların bulguları değerlendirildiğinde kocayemiş bitkisinde toplam fenolik içeriği bakımından en yüksek değerlerin yaprak ve çiçekte, en düşük ise meyvelerde olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar mevcut çalışmada da kaydedilmiştir. Buna karşılık toplam fenolik içeriği bakımından yaprak ve çiçeklerden elde edilen değerler araştırmacıların bulgularından farklılık gösterirken, meyveden elde edilen değerler benzer bulunmuştur. Görülen farklılıkların genotipten, ekolojik koşullardan ve meyvenin olgunluk durumundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



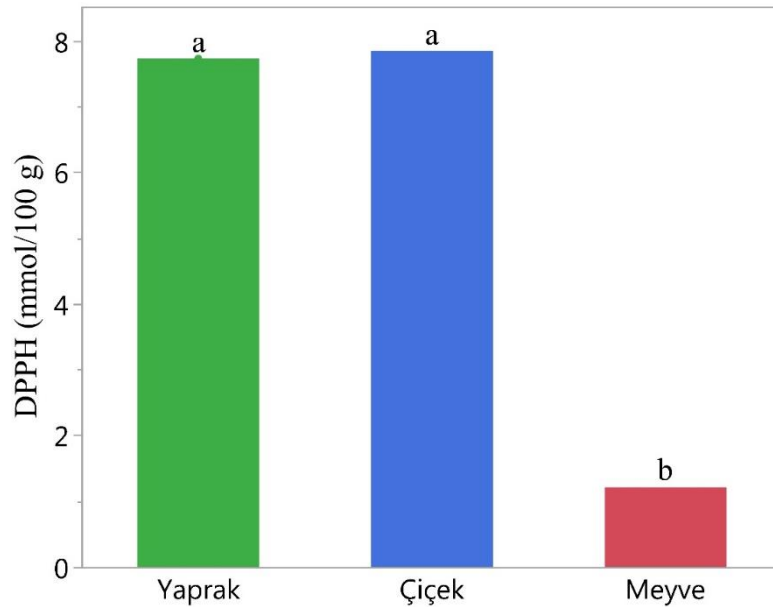
Şekil 1. Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının toplam fenolik içeriği

Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının toplam flavonoid içeriği arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). En yüksek toplam flavonoid içeriği yaprakta (3.38 g 100 g⁻¹), en düşük ise meyvede (0.04 g 100 g⁻¹) bulunmuştur (Şekil 2). Toplam flavonoid içeriğini Saral ve ark. (2017) *Arbutus andrachne* türüne ait çiçeklerde 11.42 g 100 g⁻¹ ve meyvelerde 0.62 g 100 g⁻¹ olarak belirlerken, Asmaa ve ark. (2019) *Arbutus unedo* türünün yapraklarında 6.52 g 100 g⁻¹ ve meyvelerinde 0.04 g 100 g⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Genel olarak değerlendirildiğinde yaprak ve çiçeklerin, meyvelere göre daha yüksek toplam flavonoid içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmada da benzer sonuçlar kaydedilmiştir. Ancak yaprak ve çiçeklere ait toplam flavonoid değerleri araştırmacıların bulgularından düşük bulunmuştur. Toplam flavonoid içeriği bakımından görülen farklılıkların başta genetik yapıdan ve ekolojik koşullardan olmak üzere meyvenin olgunluk durumu ile olgunlaşma dönemindeki güneşlenme süresi ve gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farklılığından kaynaklı olabilir.

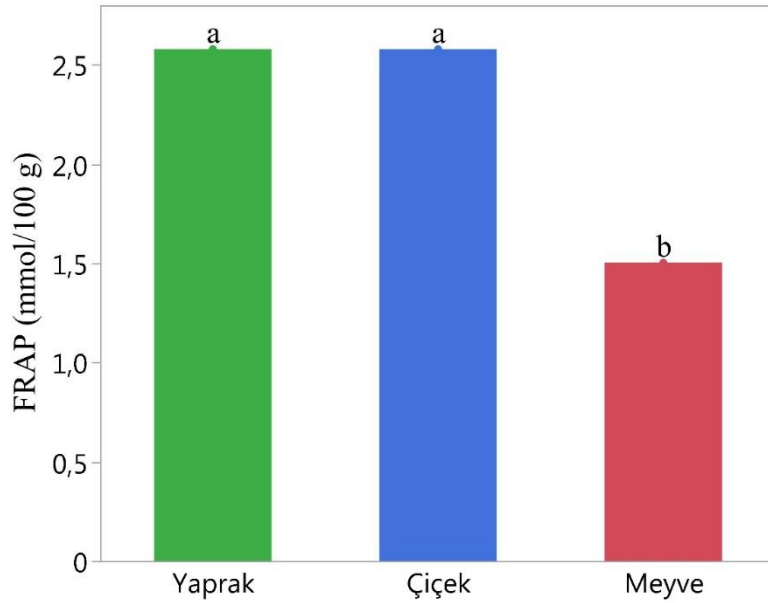


Şekil 2. Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının toplam fenolik içeriği

Antioksidan aktivitesi bakımından kocayemiş bitkisinin farklı kısımları arasında önemli bir farklılık belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek antioksidan aktivite her iki yöntemle göre de (DPPH ve FRAP) yaprak (sırasıyla, $7.72 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $2.58 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) ve çiçekte (sırasıyla, $7.84 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $2.58 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) tespit edilirken, en düşük meyvede (sırasıyla, $1.21 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $1.50 \text{ mmol } 100 \text{ g}^{-1}$) belirlenmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4). İlgili çalışmalarda DPPH testine göre antioksidan aktivitesi, *Arbutus unedo* türüne ait meyvelerde çiçeklere göre daha yüksek bildirilirken, FRAP testine göre ise çiçeklerde meyvelere göre daha yüksek bulunmuştur [27]. Farklı bir çalışmada FRAP testine göre *Arbutus andrachne* türünün çiçeklerinde meyvelerine göre daha yüksek antioksidan aktivite rapor edilmiştir [26]. Benzer sonuçlar *Arbutus unedo* türünde de bildirilmiştir [25]. Mevcut çalışmada da en yüksek antioksidan aktivitesi sırasıyla yaprak, çiçek ve meyvede belirlenmiştir.



Şekil 3. Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının antioksidan aktivitesi (DPPH testine göre)



Şekil 4. Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının antioksidan aktivitesi (FRAP testine göre)

Sonuçlar

Kocayemiş bitkisinin farklı kısımlarının (yaprak, çiçek ve meyve) toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesinin (DPPH ve FRAP testlerine göre) incelendiği çalışmada, bitki kısımları arasında incelenen özellikler bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Toplam flavonoid içeriği hariç, diğer incelenen özellikler bakımından en yüksek değerler yaprak ve çiçekte belirlenirken, en düşük ise meyvede tespit edilmiştir. Toplam flavonoid içeriği ise en yüksek yaprakta, en düşük ise meyvede bulunmuştur. Sonuç olarak, insan sağlığını teşvik eden maddeler bakımından yaprak ve çiçek bitki kısımlarının kayda değer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bitkinin bu kısımlarının farklı ürünlere işlenerek değerlendirilme potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

1.1 Rakip Çıkarlar

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

1.2 Yazarların Katkıları

Tüm yazarlar makaleye eşit katkı sunmuştur.

Kaynakça

- [1] Karadeniz, T., Kalkışım, Ö., & Şişman, T. (2003). Trabzon çevresinde yetişen kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) tiplerinin meyve özellikleri ve çelikle çoğaltılması. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, 476-480.
- [2] Şeker, M., Yücel, Z., Nurdan, E. (2004). Çanakkale yöresi doğal florasında bulunan kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) populasyonunun morfolojik ve pomolojik özelliklerinin incelenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(04), 422-427.
- [3] Yarılgaç, T., & Pekdemir, M. (2019). Promising strawberry tree genotypes from North Anatolia, Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 61(1), 79-84.

- [4] Özcan, M.M., & Hacısferoğulları, H. (2007). The strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1022-1028.
- [5] Anşın, R., & Özkan, Z. C. (1993). Tohumlu Bitkiler, KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, 512 s.
- [6] Koyu, H., Koyu, E. B., Demir, S., & Baykan, Ş. (2019). *Arbutus unedo* L.(kocayemiş). *Türk Farmakope*, 4(3), 29-51.
- [7] Soufleros, E.H., Mygdalia, S.A., & Natskoullis, P. (2005). Production process and characterization of the traditional Greek fruit distillate “Koumaro” by aromatic and mineral composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(7), 699-716.
- [8] Gilman, E. F., & Watson, D. G. (1993). *Arbutus unedo*, Strawberry-Tree. *Fact Sheet ST-85. A series of the Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*.
- [9] Males, Z., Plazibat, M., Bilusic Vundac, V., & Zuntar, I. (2006). Qualitative and quantitative analysis of flavonoids of the strawberry tree-*Arbutus unedo* L.(Ericaceae). *Acta Pharmaceutica*, 56(2), 245-250.
- [10] Çelikel, G., Demirsoy, L., & Demirsoy, H. (2008). The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) selection in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 118(2), 115-119.
- [11] Ayaz, F.A., Kucukislamoglu, M., & Reunanen, M. (2000). Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L. var. *ellipsoidea*) fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(2), 171-177.
- [12] Oliveira, I., Baptista, P., Malheiro, R., Casal, S., Bento, A., & Pereira, J.A. (2011). Influence of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit ripening stage on chemical composition and antioxidant activity. *Food Research International*, 44(5), 1401-1407.
- [13] Aloğlu, H. Ş., Gökgöz, Y., & Bayraktar, M. (2018). Kocayemiş (dağ çileği-*Arbutus unedo* L.) meyveli dondurma üretimi, fiziksel, kimyasal ve duyuusal parametreler açısından irdelenmesi. *Gıda*, 43(6), 1030-1039.
- [14] Pallauf, K., Rivas-Gonzalo, J. C., Del Castillo, M. D., Cano, M. P., & de Pascual-Teresa, S. (2008). Characterization of the antioxidant composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(4), 273-281.
- [15] Molina, M., Pardo-de-Santayana, M., Aceituno, L., Morales, R., & Tardío, J. (2011). Fruit production of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) in two Spanish forests. *Forestry*, 84(4), 419-429.
- [16] Martin, R. M., Gunnell, D., Owen, C. G., & Smith, G. D. (2005). Breast-feeding and childhood cancer: a systematic review with metaanalysis. *International Journal of Cancer*, 117(6), 1020-1031.
- [17] Clavel, J. (2007). Progress in the epidemiological understanding of gene–environment interactions in major diseases: cancer. *Comptes rendus biologiques*, 330(4), 306-317.
- [18] Beyhan, Ö., Elmastas, M., & Gedikli, F. (2010). Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(11), 1065-1072.

- [19] Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3).
- [20] Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
- [21] Benzie, I.F., & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- [22] Doré, S. (2005). Unique properties of polyphenol stilbenes in the brain: more than direct antioxidant actions; gene/protein regulatory activity. *Neurosignals*, 14(1-2), 61-70.
- [23] Ratnam, D.V., Ankola, D.D., Bhardwaj, V., Sahana, D.K., & Kumar, M.R. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*, 113(3), 189-207.
- [24] Thomas, R.H., Bernards, M.A., Drake, E.E., & Guglielmo, C.G. (2010). Changes in the antioxidant activities of seven herb-and spice-based marinating sauces after cooking. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(3), 244-252.
- [25] İşbilir, S.S., Orak, H.H., Yagar, H., & Ekinci, N. (2012). Determination of antioxidant activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) flowers and fruits at different ripening stages. *Acta Sci Pol*, 11, 223-237.
- [26] Saral, Ö., Erşen Bak, F., & Ölmez, Z. (2017). Determining total phenolic content and antioxidant activity in fruits and flowers of naturally grown *Arbutus andrachne* L. in Artvin. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, 18(1), 51-54.
- [27] Asmaa, N., Abdelaziz, G., Boulanouar, B., Carbonell-Barrachina, Á. A., Cano-Lamadrid, M., & Noguera-Artiaga, L. (2019). Chemical composition, antioxidant activity and mineral content of *Arbutus unedo* (Leaves And Fruits). *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(6), 1335.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).