

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**



**FARKLI DOZLARDA KİTOZAN UYGULAMALARININ
TAŞKÖPRÜ SARIMSAĞINDA BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE
DEPOLAMA SÜRESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

ASUMAN ÇİÇEK AKSOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ NEZEHA TURFAN

HAZİRAN - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Asuman ÇİÇEK AKSOY tarafından hazırlanan “**FARKLI DOZLARDA KİTOZAN UYGULAMALARININ TAŞKÖPRÜ SARIMSAĞINDA BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE DEPOLAMA SÜRESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **24.06.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Nezehat TURFAN Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Talip ÇETER Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Beyhan KİBAR Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V.

Prof. Dr. İzzet ŞENER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Asuman ÇİÇEK AKSOY

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DOZLARDA KİTOZAN UYGULAMALARININ TAŞKÖPRÜ SARIMSAĞINDA BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE DEPOLAMA SÜRESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

ASUMAN ÇİÇEK AKSOY

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:DR. ÖĞR. ÜYESİ NEZEHA TURFAN

Sarımsak (*Allium sativum* L.), kendine has lezzeti ile mutfakların vazgeçilmez gıdası olmakla birlikte, eski çağlardan beri Türk halk hekimliğinde birçok hastalığın tedavisinde kullanılmıştır. Çalışmanın amacı; kitozan (1000; 1500 ve 2000 ppm) uygulamalarının Taşköprü sarımsağında büyüme parametreleri, baş verimi ve depolama süresi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Bu amaçla 8 Mart 2021 tarihinde Kastamonu ili Taşköprü ilçesi Uzunkavak köyünde bir tarım arazisinde sarımsaklar ekilmiştir. Sarımsaklar 4-5 yapraklı safhaya geldiğinde yapraklardan kitozan (1000; 1500 ve 2000 ppm) uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar haftada bir kere olmak üzere dört hafta süresince yapılmıştır. Uygulama sonrası sarımsak fidelerinde boy, çap ve ağırlık; yaprak boyu, çapı, ağırlığı ve bitki başına yaprak sayısı ölçülmüştür. Temmuz ayında hasat edilen sarımsak başlarında ise ağırlık, çap, boy, diş sayısı; dişlerde boy, çap ve kabuk ağırlıkları ölçülmüştür. Ayrıca sarımsak başlarında ağırlık değişimleri üç aylık periyotlarda alınmıştır. Gövde boyu, K1 ve K2 uygulamasında kontrole göre artış gösterirken, yaprak boyu K1 uygulamasında yüksek bulunmuştur. Gövde çapı, yaprak çapı, bitki başına yaprak sayısı, gövde taze ağırlığı, yaprak ağırlığı, bitki taze ağırlığı ise kontrol gruba göre düşüktür. Sarımsak örneklerinde verimi kapsamında baş ağırlığı, çap ve uzunluğu kitozan uygulamalarından olumsuz etkilenmiştir. En düşük baş ağırlığı K2, en düşük çap K3 ve en düşük boy ise K1 uygulamasında saptanmıştır. Baş başına toplam diş sayısı K2 ve K3'te kontrole göre yüksek, K1'de ise düşüktür. Diş ağırlığı büyük dişlerde kontrole göre düşük ancak küçük dişlerde uygulamalı gruplarda yüksektir. Dişlerde boy uzunluğu K1 ve K2 grubunda yüksek kontrol grubunda düşüktür. Diş çapı büyük dişlerde K2'de kontrole göre yüksek, küçük dişlerde ise K2 grubunda kontrole göre düşüktür. Kabuk ağırlığı büyük dişlerde her üç uygulama grubunda düşük, küçük dişlerde ise sadece K2 grubunda yüksektir. Örneklerde % kül miktarı her üç uygulamada kontrole göre yüksektir. Depolama sürecinde ağırlık değişimleri I ve II dönemde kontrole göre düşük ve III dönemde ise yüksek bulunmuştur. Sonuçta kitozan uygulamaları yeşil aksamda büyüme parametreleri, baş verimi ve kabuk ağırlığında azalmaya neden olmuştur ancak küçük dişlerde verim, kuru madde, % kül miktarı ve uzun süreli depolama koşullarında olumlu etki yapmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Depolama, kitozan, Taşköprü sarımsağı, verim

Haziran 2022, 47 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT DOSES CHITOSAN APPLICATIONS ON PLANT DEVELOPMENT, YIELD AND STORAGE TIME IN TAŞKÖPRÜ GARLIC

ASUMAN ÇİÇEK AKSOY

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF BIOLOGY

SUPERVISOR:ASSIST PROF. DR. NEZEHA TURFAN

Garlic (*Allium sativum* L.), in addition the being indispensable food of the kitchen, with its own unique flavor, is used in the treatment of many diseases in Turkish folk medicine since ancient times. Purpose of the study; to reveal the effects of chitosan (1000; 1500 and 2000 ppm) applications on growth parameters, bulb yield and storage time in Taşköprü garlic. For this purpose, garlic was planted on an agricultural land in Uzunkavak village of Taşköprü district of Kastamonu on March 3, 2021. When the garlic reached the stage with 4-5 leaves, chitosan (1000; 1500 and 2000 ppm) was applied from the leaves. Applications were made once for four weeks. Height, diameter and weight of garlic seedlings after application; Leaf length, diameter, weight and number of leaves per plant were measured. Weight, diameter, length, number of cloves of garlic heads harvested in July; The length, diameter, and shell weights of the cloves were measured. In addition, the weight changes of the garlic heads were taken in three-month periods. While stem length increased in K1 and K2 application compared to control, leaf length was higher in K1 application. Stem diameter, leaf diameter, number of leaves per plant, stem fresh leaf weight, and plant fresh weight were lower than the control group. In garlic samples, head weight, diameter and length were adversely affected by chitosan applications within the scope of yield. The lowest head weight was determined in K2, the lowest diameter in K3, and the lowest height in K1 application. The total number of cloves per head was higher in K2 and K3 compared to the control, and lower in K1. Tooth weight was lower in large cloves compared to control, but higher in small cloves in applied groups. The height of the cloves was higher in the K1 and K2 groups and lower in the control group. The tooth diameter is higher in large cloves in K2 compared to the control, and in small cloves in the K2 group, it is lower than the control. The shell weight is low in large cloves in all three treatment groups, and high in small cloves only in the K2 group. The % ash content in the samples was higher than the control in all three applications. Weight changes during the storage period were lower than the control in the I and II periods and higher in the III period. As a result, chitosan applications caused a decrease in growth parameters of garlic seedling, bulb yield and shell weight of cloves, but had a positive effect on yield, dry matter, % ash content and long-term storage conditions in small cloves.

KEYWORDS: Chitosan, storage, Taşköprü garlic, yield

June 2022, 47 Page

TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlarken bana destek olan sevgili eşim ve aileme, eğitim hayatım boyunca benden desteğini ve sabrını esirgemeyen, bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Dr. Nezhat TURFAN'a teşekkür ederim.

ASUMAN ÇİÇEK AKSOY

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Sarımsağın Tarihçesi	1
1.2 Sarımsağın Morfolojisi.....	3
1.2.1 Gövde.....	3
1.2.2 Kök.....	3
1.2.3 Yaprak.....	4
1.2.4 Çiçek	4
1.3 Sarımsak Çeşitleri.....	4
1.4 Sarımsak Yetiştiriciliği.....	5
1.4.1 İklim İsteği.....	5
1.4.2 Sarımsak Dikimi	6
1.5 Sarımsağın Ekonomik Önemi	6
1.6 Kitozan	7
1.6.1 Kimyasal Yapısı.....	8
1.6.2 Kullanım Alanları	8
1.6.3 Kitozanın Bitkilerdeki Etki Mekanizması	9
1.6.3.1 Kitozanın biyotik stres faktörlerine etkisi	9
1.6.3.2 Kitozanın abiyotik stres faktörlerine etkileri.....	11
1.6.3.3 Büyüme, verim ve fizyolojik aktiviteler üzerine etkileri	11
1.6.3.4 Depolama üzerine etkileri	12
1.7 Çalışmanın Amacı	13
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	15
2.1 İnvivo Çalışmalar	15
3. MATERYAL METOT	19
3.1 Çalışma Alanı	19
3.2 Deneme Alanının Hazırlanması	19
3.2.1 Kitozan Uygulamaları.....	19
3.2.2 Dikim Yapılacak Alanın Hazırlanması	21
3.3 Sarımsak Dikimi ve Bakımı Sırasında Yapılan Gözlemler ve Ölçümler:	21
3.3.1 Bitkilerde Boy Uzunluğu (cm)	22
3.3.1.1 Gövde çapı (mm).....	22
3.3.1.2 Yaprak sayısı (adet).....	22
3.3.1.3 Yaprak uzunluğu (cm) ve yaprak eni (mm)	23
3.3.2 Hasat	23

3.3.3	Ağırlık Değişimleri	24
3.3.4	Kül Tayini (%)	25
3.3.5	Sarımsak Örneklerinde Kuru Madde Miktarı (%)	25
3.3.6	Toprak Örneklerinde Mineral Analizi	25
3.3.7	pH Ölçümü.....	25
3.3.8	Verilerin İstatiksel Analizi.....	26
4.	BULGULAR	27
4.1	Yeşil Aksamda Yapılan Ölçümlere İlişkin Bulgular.....	27
4.1.1	Kitozan Uygulamalarının Yeşil Aksamda Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri.....	27
4.1.2	Gövde ve Yaprakta Ağırlık Ölçümleri.....	28
4.1.3	Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Verim Kriterleri Üzerine Etkileri	31
4.1.3.1	Baş verimi (ağırlık, diğ sayısı)	31
4.1.3.2	Diğ özellikleri.....	31
4.1.4	Kitozan Uygulamalarının Sarımsak Örneklerinde Kuru Madde ve % Kül İçeriği Üzerine Etkileri	31
5.	TARTIŞMA SONUÇ	33
5.1	Kitozan Uygulamalarının Sarımsak Yeşil Aksamında Morfolojik Parametreler Üzerine Etkileri	33
5.2	Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Baş Verimi Üzerine Etkileri.....	34
5.3	Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Diğ Verimi Üzerine Etkileri.....	34
5.4	Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Depolama Süresi ve Ağırlık Kaybı Üzerine Etkileri.....	35
KAYNAKLAR		37
ÖZGEÇMİŞ.....		47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Sarımsağın morfolojik yapısı.....	3
Şekil 1.2 Sarımsağın çiçek şekli ve çiçek yapısındaki soğancıklar	4
Şekil 1.3 Kitozanın kimyasal yapısı.....	8
Şekil 3.1 Sarımsak yeşil aksamda morfolojik ölçümler.....	21
Şekil 3.2 Sarımsağın topraktan çıkarılış görüntüleri.....	22
Şekil 3.3 Sarımsak başlarının kumpasla ölçümü	23
Şekil 3.4 Depoda kullanılan sıcaklık ve nem ölçer	24
Şekil 4.1 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağı üzerine etkileri	28
Şekil 4.2 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında büyük diş ve küçük diş ağırlıkları üzerine etkileri	30
Şekil 4.3 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında dişlerde çap ve boy uzunlukları üzerine etkileri.....	30

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Taşköprü ilçesine ait 2021 yılı ve uzun yıllar iklim verileri.....	19
Tablo 3.2 Çalışma alanındaki toprağın özellikleri	20
Tablo 3.3 Sarımsak örneklerinin saklanma süreçlerinde ağırlık kaybı verileri	24
Tablo 4.1 Kitozan uygulamalarının (1000 ppm, 1500ppm, 2000ppm) yeşil aksamda baş, gövde ve yaprak üzerine değişimleri	27
Tablo 4.2 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında çap ve boy uzunlukları üzerine etkileri.....	29
Tablo 4.3 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında kuru madde, kül içeriği (%) ve ağırlık değişimleri (%) üzerine etkileri	32

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: yüzde
~	: yaklaşık olarak
<	: küçüktür
>	: büyüktür
°C	: Santigrat Derece

Kısaltmalar

cm	: santimetre
FAO	: Food and Agriculture Organization
g kg ⁻¹	: gram/kilogram
g	: gram
kg	: kilogram
kg/da	: kilogram/dekametre
KKTC	: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
L	: litre
ml	: mililitre
ml L ⁻¹	: mililitre/litre
mm	: milimetre
ppm	: parts per million
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

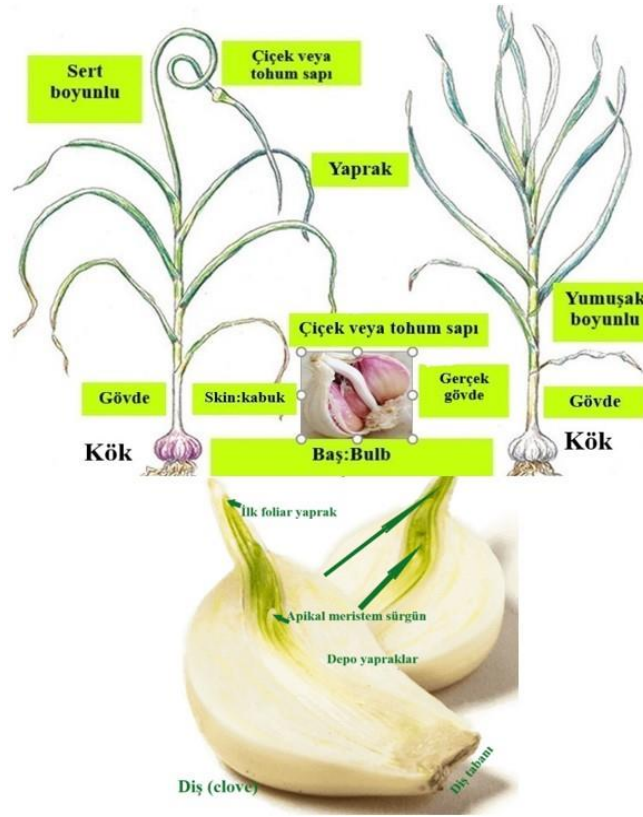
Bitkiler dünya varoluşundan bu yana insanların en çok ihtiyaç duyduğu ve kullandığı besin kaynaklarından biridir. Kültüre alınmış en eski türlerden biri olan sarımsak, yüzyıllardır sağlık, ekonomi ve sosyal olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Sarımsağa ait ilk bilgiler günümüzden yaklaşık 5000 yıl öncesine dayanmakta olup en eski yazılı bilgiler Sümerlilere ait (M.Ö. 2600-2100) tabletlerde görülmüştür. Bilim dünyasına ilk kez İsveçli botanikçi Linne (1753) tanıtmış ve sarımsağın bir Akdeniz'e ait bir tür olduğunu fakat orijinin Sicilya olduğunu ileri sürmüştür (Genç, 2017). Regel (1887), sarımsağın anavatanını Tien-Shan dağlarının kuzeyi ile Orta Asya olarak tanımlarken, Kazakova ve Starokozhev (1973) ise sarımsağın ana merkezinin Orta Asya olduğunu ve ikinci merkezinin ise Akdeniz ile Kafkaslar arasındaki alanı bildirmişlerdir. En son yapılan sınıflandırma ya göre sarımsağın (*Allium sativum* L.) sınıfı "Monocotyledones", üst takımı 'Liliiflorea', takımı 'Asparagales', familyası 'Alliaceae' ve cinsi 'Allium'dur. Anavatanı ise Orta Asya olarak kabul edilmiştir. Güncel verilere dünya üzerinde yaklaşık 300 çeşit sarımsak bulunmaktadır ve hemen hemen her coğrafik alanında bütün iklim koşullarında yetişebilmektedir (Koyuncu, 2012). Sarımsağın alt türleri *A. sativum sub var. sativum* (yumuşak boyunlu) ve *A. sativum sub var. sativum ophioscorodon* (sert boyunlu) olmak üzere iki çeşittir.

1.1 Sarımsağın Tarihçesi

Bitkilerin geçmişten günümüze uzanan tarihini bilmek için arkeolojik kazılar ve eski kitabelere sıklıkla başvurulur. M.Ö. 3000'de Mezopotamya'da Sümerlerin, Akad ve Asurluların, M.Ö. 1550'te Mısırlıların ilk kayıtlarında sarımsağa ait verilen bilgilere göre; sarımsağın salgın hastalıklardan korunmak için Mısır piramitlerinde çalışan işçiler tarafından tüketildiği görülmüştür. Bunun yanı sıra firavun Tutankhamun'un mezarında çok sayıda sarımsak olduğunu belirtilir (Selen, 2014). Hititler (M.Ö. 1600-1200) tarafından iştah açıcı olarak kullanılan sarımsak; Çin'de (M.Ö. 200-100) ilaç üretiminin yanında yemeklerde aroma verici olarak; orta çağda bulaşıcı hastalıkların tedavisi, bunun yanında vampir ve şeytan kovucu olarak görev yapmıştır (Özaydin vd.,

2020). Sarımsağa ait bilgilere eski Roma ve Hint literatürlerinde de rastlanır. Aristoteles, Hippocrates, Galenos, Dioscorides gibi bilim insanları sarımsağı çoğu hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde kullanmıştır. Örneğin Dioscorides, sarımsağı solucan düşürücü ve idrar söktürücü olarak tedavi uygulamıştır. Ayrıca cilt kaşıntıları, paraziter cilt enfeksiyonları ve cüzzam tedavisinde kullanılmasını önermiştir (Özsoy, 1988; Tazıcı, 1996). Orta Çağda hekimlerin salgın hastalıklardan korunmak için maskelerini sarımsak öz suyuyla ıslattıkları bilinmektedir. Afrika'da amipli dizanteri tedavisinde kullanılan sarımsak, İkinci Dünya Savaşında yaralı Rus askerlerinin yaralarına konularak enfeksiyonları azaltılmaya çalışılmıştır (Ayaz ve Alpsoy, 2007). İbni Sina'nın El-Kanun fi't-Tıb (1025) adlı kitabında tedavi amaçlı olarak sarımsağı kullandığıyla ilgili bilgiler mevcuttur. İbni Sina bazı besin maddelerin doğal olarak ısı meydana getirdiğini, sarımsağın da kana karışmasıyla derhal vücut ısısını yükselttiğini ifade etmiştir. Ayva suyuyla karıştırılan sarımsak dişinin çocuklara verilmesiyle sindirim sorunlarının düzenlenebileceğini, süt ile beslenmeden ötürü kusma olursa 4 diş sarımsak kullanılması gerektiğini, sarımsağın vücut ısısını yükseltmesinden ötürü soğuk havalarda seyahat eden kişilerin hastalanması durumunda sarımsakla beslenmesi gerektiğini, hastalığa neden olan kirli su içmiş kimselerin soğan ve sarımsağın panzehir olarak kullanabileceği ve ayrıca sırt ağrıların da iyileşeceğini yazmıştır (Erdemir, 2018). Romalıların, mide hastalıkları, solunum rahatsızlıkları, hayvan ısırıkları, böcek sokması, ur ve kas tutulmalarında sarımsak kullandığı literatürde yer almaktadır (Ayaz ve Alpsoy, 2007; Özçelik vd., 2007). Evliya Çelebi Seyahatnamesinde Rodos'a Ula sarımsağının her yıl yüksek oranlarda ihraç edildiğinden bahsetmiştir. Osmanlılar sarımsağı sıklıkla yemeklerde kullanmalarının yanı sıra, hekimlerinin, ciltteki leke tedavisinde, saçtaki mantar rahatsızlıkları, uyuz, geçmeyen öksürük, ses kısıklığı, bağırsak parazit hastalıkları, böcek sokmaları, diş ağrıları, unutkanlık, bağırsak hastalıklarının tedavisinde de kullandığı bilinmektedir (Özsoy, 1988; Tazıcı, 1996).

1.2 Sarımsağın Morfolojisi



Şekil 1.1 Sarımsağın morfolojik yapısı

Sarımsak 25 cm ila 100 cm arasında uzayabilen çift yıllık soğanlı bir bitkidir.

1.2.1 Gövde

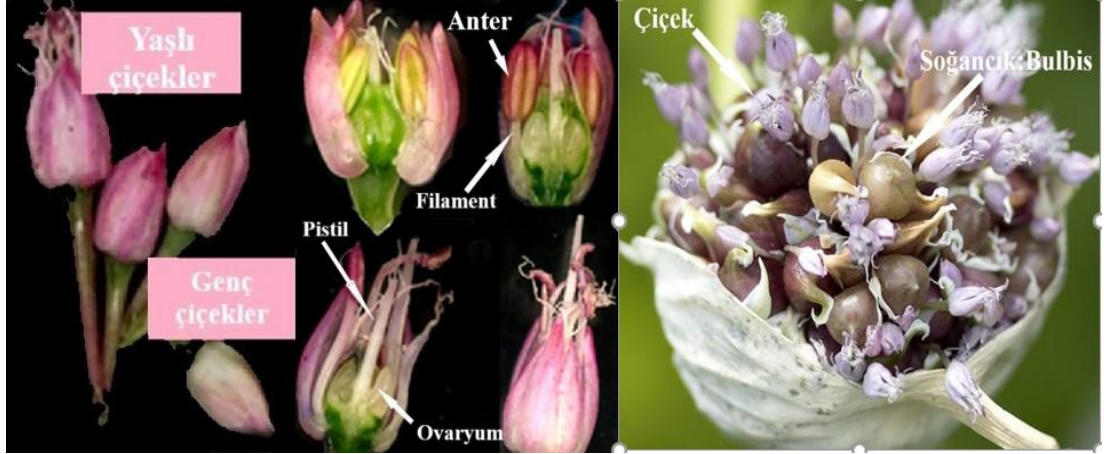
Uzun, dik ve çiçekli bir yapı gösteren gövde 1 m kadar büyüme gösterebilir. Esas gövde yaklaşık 1-2 mm boyunda ve 2-3 mm çapında; kök ile yaprak başlangıcının arasındadır. Sarımsak başları, bu gövde üzerinde dişlerin sıralı bir şekilde yan yana ve üst üste sıralanması gelişir. Ancak bir diştten gelişen sarımsak başları da bulunmaktadır (İpek, 2011; Simon ve Jenderek, 2004).

1.2.2 Kök

Dişlerin ekiminden bir süre kökler, daha sonrada yapraklar gelişir. Köklerin uzunluğu bir metre derinliğe kadar uzanabilir (Şekil 1.1).

1.2.3 Yaprak

Yaprak rengi sarımsak çeşidine ve yetiştirme şartlarına göre değişmekle beraber, sarımsak yaprakları genellikle çift yanda eşit olarak konumlanmış olup, boyuna paralel ve uzundur. Yaprakların eni çoğunlukla 0,5 ile 3 cm arasında değişirken, yaprak boyu da yaklaşık 25 ile 60 cm arasında değişir (Beşirli vd., 1999).



Şekil 1.2 Sarımsağın çiçek şekli ve çiçek yapısındaki soğancıklar

1.2.4 Çiçek

Sarımsak birinci yılda vejetatif kalırken, ikinci yıl 80-100 cm boyutunda bir çiçek sapı oluşur ve çiçek sapı yapraksızdır. Başlangıçta üzeri kılıfla kaplı çiçekler meydana gelir. Sonraları kılıfın yırtılmasıyla top görüntüsünde çiçekler ortaya çıkar (Şekil 1.2). Korolla çoğunlukla yeşilimsi beyaz veya pembe renktedir. Erşelik olan çiçekler genellikle Temmuz-Ağustos aylarında açar. Çiçeklenme döneminde yumurta ana hücrelerinde mayoz gerçekleşir fakat çekirdek bölünmesi olmaz. Döllenen yumurta ana hücrelerinden embriyo kesesi elemanları oluşur. Endosperm gelişmez. Bu olaya apomiksis denir. Sarımsakta apomiksis nedeniyle tohum oluşmaz. Bunun yerine küçük soğancıklar (bulbis) oluşur (Şekil 1.2) (Simon ve Jenderek, 2004). Sarımsak üretimi dişler ya da bu soğancıklarla gerçekleştirilir (Beşirli vd., 1999).

1.3 Sarımsak Çeşitleri

Sarımsağın *Allium sativum* var. *sativum* ve *Allium sativum* var. *ophioscorodon*. olmak üzere iki alt türü bulunur. Softneck (yumuşak boyunlu sarımsak) olarak bilinen *Allium*

sativum var. sativum, dünya genelinde en çok tüketilen popüler bir sarımsak çeşididir. Ilıman iklim için idealdir. Sap oluşturmazlar ve hardneck türlerden daha uzun süre depolanabilirler. Bu türün artichoke sarımsak ve silverskin sarımsak olarak iki alt grubu vardır. Sert boyunlu (hardneck) olarak bilinen *Allium sativum var. ophioscorodon* adını sert sapından ve boynundan alır. Bu tür daha soğuk iklimlerde gelişir. Softneck sarımsak ile karşılaştırıldığında lezzetleri daha az keskin, daha dolgun, daha baharatlıdır. Rocambole, porselen ve mor çizgili olarak tanımlanan bu türe ait üç alt grup bulunur (Koch ve Lawson, 1996; URL-1, 2021). Bu türlerde başın kısmından çıkan bir tohum sapları vardır. Dişleri daha büyüktür buna karşın diş sayısı azdır (İpek, 2011). Sarımsak üretildiği bölgeye, tadına, kokusuna, et yapısına ve rengine bağlı olarak isimlendirilebilir. Kastamonu sarımsağı, Edirne sarımsağı, Balıkesir sarımsağı, Kara Sarımsak ve İspanyol sarımsağı gibi türler Türkiye’de en çok bulunan sarımsak çeşitleridir (Koch ve Lawson, 1996; URL-1, 2021).

1.4 Sarımsak Yetiştiriciliği

1.4.1 İklim İsteği

Sarımsak özel iklim koşullarına ihtiyaç duymayan bir bitkidir. Bu yüzden başta Akdeniz ülkeleri olmak üzere hemen hemen dünyanın her yerinde yetiştirilebilir. Sarımsak tınlı ve kumlu topraklarda daha çok yetişir. Selenyum ve germanyumca zengin topraklarda en iyi verimi verir (Akçiçek ve Ötleş, 2006). Sarımsak verimini yetiştirme sezonundan önce kullanılan yanmış organik gübre artırır ancak yetiştirme sezonunda yapılan organik gübreleme olumsuz etkiler (İpek, 2011). Sarımsak uzun gün bitkisi olduğundan bu koşullarda gelişim gösteren sarımsakların başları dolgun ve dişleri iridir. Yeşil gelişim dönemi için düşük ışık şiddeti ve 15 – 25 °C sıcaklığa ihtiyaç duyarken generatif dönemde ise uzun gün koşullarına, yüksek ışık ve 25 °C’ nin üstüne gereksinim duyar (İbret, 2013). Nem isteği gelişim evrelerine bağlı olarak değişiklik gösteren sarımsak yetiştirme döneminde en iyi gelişmeyi %60-80 nemli yerlerde gösterir (Beşirli vd., 1999).

1.4.2 Sarımsak Dikimi

Sarımsak genellikle eşeysiz olarak dişler aracılığıyla çoğalır ve dişlerin boyutu 1,5-3,5 gr olmalıdır. Dikim işlemi çoğunlukla elle yapılır ancak makinalarla da dikim yapılabilir. Dikim, tek veya çift sıralı olabilir ve sarımsağın kök verecek dip kısmı aşağı, sürgün verecek üst kısmı yukarı konumda ve toprağın yaklaşık 3-4 cm derinine yerleştirilecek şekilde gerçekleştirilir (Beşirli vd., 1999; İpek, 2011). Dikim ılıman bölgelerde yılın son iki ayında, daha soğuk bölgelerde toprak donmadan altı hafta önce yani şubat, mart ve nisan aylarında yapılır. Türkiye’de genel olarak ocak ve şubat aylarında yapılmaktadır. Sarımsak hasadı temmuz ayının başlarından itibaren yapılır. Hasat işlemi çapa veya bel kullanılarak yapılabildiği gibi hasat makinesi kullanılarak da yapılabilir. Sarımsak topraktan çıkarıldıktan sonra çiftçiler tarafından demetler haline getirilir ve tarlada toprak üzerinde 7-10 gün kurumaya bırakılır. Depolama için %65-70 nem ve 1,67 ila 10 °C sıcaklıklar tercih (Beşirli vd., 1999; İpek, 2011).

1.5 Sarımsağın Ekonomik Önemi

Dünya genelinde sarımsak iki farklı şekilde hasat edilir. Bunlardan ilk yeşil sarımsak olarak da isimlendirilen taze sarımsak dişlerin tam olgunlaşmadığı ve yeşil yapraklı olarak tüketilen sarımsaktır. Diğeri ise kuru sarımsak olup gövde, diş ve yaprakların kuru olarak tüketildiği sarımsaktır. Kuru sarımsak aromasının daha yoğun olması ve depolama süresi daha uzun sebebiyle daha çok tercih edilir.

En son FAO verilerine bakıldığında 2019 yılında 59,7 milyon hektar alanda üretilen 1,13 milyar ton sebzenin, yaklaşık %2,7’sini sarımsak meydana getirmiştir. Çin dünyada sarımsak üretiminde %75,7’lik oranla ilk sırada bulunur. Aynı verilere göre Türkiye’de 103.000 ton kuru sarımsak, 23.300 ton taze sarımsak üretimi gerçekleşmiştir. Son yıllarda üretim miktarında bir artış görülmesine rağmen büyük kısmını Çin’den olmak üzere Suriye, İran ve Mısır’dan 11.000 ton civarında sarımsak ithalatımız vardır (URL-2, 2021).

2021 TUIK verilerine göre Türkiye’de yaklaşık 133.000 dekarı kuru, 25.000 dekarı taze tüketime yönelik olarak alanda sarımsak üretimi yapılmıştır. 2021 yılı taze sarımsak üretim miktarı yaklaşık 46.500 ton iken, kuru sarımsak üretim miktarı

yaklaşık 132.600 tondur. Kuru sarımsak üretiminde Kastamonu 33.122 tonla birinci sırada, Gaziantep 23.413 ton üretimle ikinci sırada iken üçüncü sırada 16.034 ton ile Kahramanmaraş yer alır (Anonim, 2021).

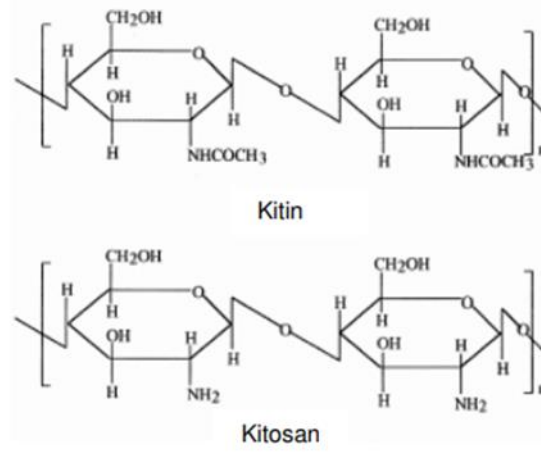
Türkiye'nin sarımsak ihracatı ithalata göre epey düşüktür. Toplam ihracat miktarı 2020 yılında yaklaşık 61 ton iken, toplam ithalat miktarı yaklaşık 16.600 tondur. 2021 yılı ilk çeyreğinde ihracat miktarı yaklaşık 29 ton, ticaret değeri ise 54.000 dolar olmuştur. İhracat %73,8 ile en fazla KKTC'ne, daha sonra %14,2 ile Moldova'ya ve %8,4 ile Suriye'ye yapılmıştır. 2021 yılı ilk çeyreğinde toplam ithalat miktarı yaklaşık 4.300.000 ton, ticaret değeri ise yaklaşık 4.600.000 dolar olarak gerçekleşmiştir. İthalatla en fazla %95,7 ile Çin, %3,3 ile İran, %1 ile Suriye'den gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2021).

Son yıllarda özellikle Çin sarımsağına artan rağbet, coğrafi işaret belgeli Taşköprü sarımsağının geleceğini tehlikeye düşürecek konuma getirmiştir. Makul fiyatlarından dolayısıyla tercih edilen Çin sarımsakları yerel ürünle zor durumda bırakmakta ve rekabet gücünü zayıflatma ve ayrıca bu coğrafyaya adapte olmuş yerli gen kaynaklarının terk edilmesi gibi sorunlara sebep olmaktadır.

1.6 Kitozan

Kitin, eklembacaklılar ve kabukluların çoğunun dış iskeletinde, mantarların hücre duvarlarında bulunan dünyada selülozdan sonra en çok bulunan polisakkarittir. Kitinin kısmi deasetilasyonu ile elde edilen kitozan ilk kez 1894'te Alman kimyager ve fizyolog F. Hoppe-Seiler tarafından tanımlandı; ancak bu bileşiğin kimyasal yapısının kesin olarak belirlenmesi 20. yüzyılın ortalarında oldu (Khoushab vd., 2010; Iber vd., 2022). 1970'lerin sonlarında kitozan moleküler yapısı, biyolojik uyumluluk, biyobozunurluk ve diğer temel kimyasal etkileşimleri nedeniyle ABD, Kore, Çin, Kanada, Norveç, Avustralya'da bilimsel ve endüstriyel alanda kullanılmaya başlamıştır. Son yıllarda küresel pazarda dünyada en fazla kitozan kullanımı Çin, ABD, Avrupa ve Japonya'dır (Kurtuluş ve Vardar, 2020).

1.6.1 Kimyasal Yapısı



Şekil 1.3 Kitozanın kimyasal yapısı

Hem kitozan hem de kitin, β -1,4-glikosidik bağlarla birbirine bağlanmış D-glukozamin ve N-asetil-D-glukozamin içeren doğrusal polimerlerdir. İki polimer, farklı deasetilasyon dereceleri ve ikinci karbon atomlarına bağlı olan atom gruplarıyla ayırt edilir. Kitozanda amino gruplar ($-\text{NH}_2$) bulunurken, kitinde asetilamino grupları ($-\text{NHCOCH}_3$) bulunur (Şekil 1.3) (URL- 4, 2021). Kitin eldesi kalsiyum karbonatın asitle muamele edilmesi sonucunda uzaklaştırılmasını sağlayan demineralizasyon işlemi ile başlar, ardından biyolojik ya da kimyasal yöntemlerle proteinlerin uzaklaştırılması aşaması olan deproteinasyon ile devam eder. Son aşamada olan dekolorizasyonda saf ve renksiz kitin elde edilir. Saf kitin eldesinden sonra gelen deasetilasyon aşamasında, asetil grupları ($-\text{CH}_3\text{CO}$) kitinden uzaklaştırılır ve kitozan oluşur (Stasińska-Jakubas ve Hawrylak-Nowak, 2022).

1.6.2 Kullanım Alanları

Kitozan, biyolojik bozunabilirlik, biyoyumluluk, zehirsiz olma, film oluşturma, yüksek emme kapasitesi gibi özelliklerinden ötürü geniş bir kullanım alanına sahiptir (Stasińska-Jakubas ve Hawrylak-Nowak, 2022). Tıp, eczacılık, çevre koruma ve tarım, gıda, kozmetik, tekstil ve kâğıt endüstrilerinde güvenle kullanılan bir biyopolimerdir (Demir ve Seventekin, 2009; Shahidi ve Abuzaytoun, 2005; Synowiecki ve Al-Khatteb 2003).

1.6.3 Kitozanın Bitkilerdeki Etki Mekanizması

Kitozanın bitkilerde büyüme ve gelişme fizyolojisi üzerine etkilerine yönelik çalışmalar son yıllarda hızlanmıştır. Araştırmacılar kitozanın çevre dostu doğal polimer olduğunu, bitkilerin fotosentez metabolizması, ozmoz olayları ve transpirasyon gibi fizyolojik prosesleri yanı sıra toprak-bitki ilişkileri ve hastalıklara direncin uyarılmasında da etkili olduğunu rapor etmişlerdir (Akter vd.,2018; Badawy ve Rabea, 2011; Moon vd., 2012). Bu bağlamda kitozanın etkilerini “biyotik ve abiyotik” stres faktörlerine direnç olarak özetlenmiştir.

1.6.3.1 Kitozanın biyotik stres faktörlerine etkisi

Bitkilerde biyotik stres faktörlerinden korumak amaçlı karşı kullanımı iki şekilde olmaktadır. Birincisi; meyve, yaprak veya tohum gibi bitkisel ürünleri kitozan solüsyonları ile kaplayarak patojenlerden korumak (Elsoud vd., 2019; El-Mohamedya vd., 2019; Guan vd., 2009). İkincisi; bitkilerin yetiştirme ortamlarında olası hastalıklara, patojen ataklarına veya fungal hastalıklara karşı toleranslarını uyarmak ya da korumak için kitozanı ekzogen olarak yaprak, kök veya topraktan uygulamak (Barber vd., 1989; Chibu vd., 2002; Dzung vd., 2011; Gursoy, 2022).

Kitozanın biyotik strese direnci uyarmasının en önemli nedeni hücre çeperlerinde patojen saldırılarının girişini engelleyecek polimerlerin sentezini uyarmasıdır (Chen vd., 2016). Özellikle lignin türevlerinin çeperlerdeki oranı çeper direncini artırdığı gibi hücre içerisine patojen girişini azaltmaktadır (Chakraborty vd., 2008). Ayrıca bitkierde fitoşelatinler olarak bilinen bazı bileşikler de hastalıklar, fungal ve patojen ataklarının azalmasında önemli rol oynamaktadır (Badawy ve Rabea, 2011; Chen vd., 2016; Khan vd., 2003).

Literatürde bitkilerde kitozan uygulamalarında antimikrobiyal etkisi ile ilgili birçok kaynak yer almaktadır. Bitki yetiştirme döneminde ya da depolama koşullarında kitozan uygulamalarının bitkinin savunma sistemine doğrudan ya da dolaylı yünden etkisi birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Kendra vd.,1984; Sekiguchi vd.,1994; Sudarshan vd., 1992).

Antiviral, antifungal, antibakteriyel ve antioksidan özelliklerinden ötürü kitozan ‘bitki savunma güçlendiricisi’ olarak tanımlanmıştır (Katiyar vd., 2015). Polikasyonik bir polimer olarak kitozanın etki mekanizması zar depolarizasyonu, oksidatif patlama, Ca^{+2} gibi çeşitli iyonların girişi ve çıkışı, kinazların sentezi, DNA ve mRNA değişimi, PR proteinleri sentezi, ligninleşme ve kalloz birikimi gibi olarak betimlenebilir (Yin vd., 2010).

Goy vd. (2009) araştırmalarında kitozanın antibakteriyel etki mekanizmasının üç yolla gerçekleştiğini bildirmişlerdir: Birincisi, bakteri hücre duvarıyla iyonik yüzey etkileşimine girer ve duvarın parçalanmasına neden olur; ikincisi patojenlerin çekirdek bölgelerine yerleşerek protein ve mRNA sentezini durdurur; üçüncüsü, bitki yüzeyinde film oluşturarak mikroorganizmaların besin alımını sınırlar.

Kitozan bitki türlerine etki eden mantarların spor çimlenmesini durdurarak antifungal etki gösterir. Toksinlerin sentezini inhibe eder. İndüklenen sistemik direnci uyarır ve birçok ikincil fungistatik metabolitin (fitoaleksinler, absisik asit, metil jasmonat ve fenolik bileşikler, kitinaz ve β -glukanaz gibi çeşitli enzimler) üretimini uyarak antifungal aktivite sağlar (Stasińska-Jakubas ve Hawrylak-Nowak, 2022).

Kitozanın antiviral etkisi kitozanın moleküler ağırlığına bağlı olarak değişir. Düşük molekül ağırlıklarındaki kitozanın antiviral aktivitesi daha fazladır (Kulikov vd., 2006). Virüslere karşı aşırı duyarlı cevap oluşturarak programlanmış bir hücre ölümüne neden olur (Iriti vd., 2006). Bununla birlikte virüslerin yayılmasında en hızlı ve etkili yanıtlardan biri olan kalsiyum bağımlı kalloz sentazın aktive olmasını sağlar (Iriti ve Faoro, 2008).

Yin vd. (2008), oligokitozanın tütün ve Brassica napus bitkisinde bir dizi antioksidan bileşiğin aktivitesinin artırdığını bildirmişlerdir. Kitozan, hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türlerinin nötralize eder ve antioksidan aktiviteye sebep olur. Ayrıca hidroksil ve amin gruplarının metal iyonlarıyla etkileşimi sonucunda metal şelatlama, emme ve iyon değişiminde rol oynar (Rajalakshmi vd., 2013).

1.6.3.2 Kitozanın abiyotik stres faktörlerine etkileri

Kitozan bitkilerde kuraklık, tuzluluk, ağır metal stresi gibi abiyotik stres faktörlerine direnci uyardığı birçok araştırmada ortaya konulmuştur. Kuraklık, tuz ve ağır metal stresleri bitkilerde fotosentez metabolizmasını baskıladığı için büyüme ve gelişmeyi de engellemektedir (Dzung vd., 2011; Phothi ve Theerakarunwong, 2017). Yapılan çalışmalarda ekzogen kitozan uygulamalarının ağır metalleri şelatlayarak topraktan bitkisel dokulara geçişini engellediği (Shahrajabian vd., 2021), kurak ve tuza bağlı toprak su eksikliğinde toprak içerisindeki su partiküllerini tutarak toprak nemini koruduğu (Ohta vd., 2004; Rabêlo vd., 2019), stomaları kapatarak aşırı su kaybını engellediği bildirilmiştir (Azinheiro vd., 2011; Iriti vd., 2009; Yang vd., 2009). Bitkilerde fotosentez, solunum, azot metabolizması vb. bütün biyokimyasal olaylar su ile gerçekleşir. Bu nedenle bitkilere ekzogen kitozan uygulamaları bitki-su ilişkilerini düzenleyerek fotosentez, solunum ve diğer proseslerin işleyişlerini düzenleyebilir (Gursoy, 2022; Xu vd., 2020). Ayrıca kitozan, yapraklarda oksidatif stres ajanları olan reaktif oksijen türevlerini (ROS) etkisizleştirerek te strese direnci uyarmaktadır (Górník vd., 2008; Mondal vd., 2012; Rahman vd., 2018).

1.6.3.3 Büyüme, verim ve fizyolojik aktiviteler üzerine etkileri

Literatürde kitozanın bitki büyüme değerlerini olumlu etkisi birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Araştırmacılara göre kitozanın büyüme ve gelişimi uyarmasının nedenleri arasında hücrelerde su dengesini sağlaması ve ozmoz olaylarını düzenlemesi, topraktan mineral alımını artırması, hücrelerde ROS sentezini baskılayarak hücre zarları ve bileşenlerinin yapısını koruması, klorofil biyosentezi enzimlerini koruması, klorofil yıkımını engellemesinin bulunduğu ileri sürmüşlerdir (Chakraborty vd., 2020; Gursoy, 2022). Örneğin ekzogen kitozan uygulanmış mısır, pirinç, şalgam, patlıcan, domates, bamya, ayçiçeği bitkilerinde klorofil içeriği artmış, klorofil içeriğindeki artış sürgün uzunluğu ve verimde artış olarak sonuçlanmıştır (Choudhary vd., 2017; Mondal vd., 2012; Phothi ve Theerakarunwong, 2017; Sathiyabama ve Charles, 2015; Sultana vd., 2017; Zong vd., 2017). Ekzogen uygulanabilen kitozanın doza bağlı olarak bitkilerde boy, ağırlık, yaprak gelişimi, çiçeklenme, çimlenme ve verim gibi parametreler üzerinde olumlu bir etki yaptığı da

bildirilmiştir (Akhtar, 2022; Chibu vd., 2002; Gornik vd., 2008; Gursoy, 2022). Ramos-García vd. (2009), Zeng ve Luo (2012) kitozanın tohum yüzeyinde yarı geçirgen film oluşturarak, tohum neminin korunması, toprak suyunun emilmesi ve tohumun çimlenme hızını teşvik ettiğini rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada Batool ve Asghar (2013) anason bitkisinde kitozan ile kaplanan tohumlarda kontrole göre çimlenme değerlerinde, fidelerin ağırlık ve boy uzunluklarında artış olduğunu saptamışlardır. Buna ilaveten frezya bitkisinde kitozan uygulamaları sonucunda daha fazla sayıda sürgün, yaprak ve çiçek oluşmasının yanı sıra daha uzun ömürlü bitkiler de meydana gelmiştir (Salachna ve Zawadzinska, 2014).

1.6.3.4 Depolama üzerine etkileri

Kitozan antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri, uygulandığı sebze ya da meyvede yarı geçirgen bir film oluşturma yeteneği nedeniyle hasat sonrasında ürünlerin bozulmasını geciktirir ve kimyasal bileşimlerini etkiler. Nanopartiküler olarak da kullanılabilen kitozan etilen ve karbondioksit salınımını sınırlandırarak meyve olgunlaşmasını geciktirir. Bu nedenle organik yenilebilir film ve gıda ambalajlarının, jellerin, liflerin üretiminde kullanılması tavsiye edilmektedir (Stasińska-Jakubas ve Hawrylak-Nowak, 2022).

Meyve ve sebzelere tek başına veya bazı kimyasallarla birleştirilerek uygulanabilen kitozan bir bariyer gibi görev alarak dayanıklı filmler oluşturur. Wang vd. (2019) kitozanın fenolik asitlerle (gallik ve kafeik asit) bileşiminden elde edilen filmlerin geleneksel kitozan uygulamalarına göre daha güçlü antioksidan ve antimikrobiyal etkisinin olduğunu rapor etmişlerdir.

Çınar ve Sabır (2021), %1'lik kitozan kaplı kirazların soğuk depolama koşullarında kalite kaybını azalttığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde çilekte kitozan uygulaması soğuk depolama koşullarında kahverengileşmeyi engellerken, antioksidan aktiviteyi artırır (Petriccione vd., 2015). Bununla birlikte kayısıda kitozan kaplamanın toplam fenolik bileşik içeriğini daha uzun süre koruduğu ve antioksidan seviyesini artırdığı gözlenmiştir (Ghasemnezhad vd., 2010). Nitekim havuçta, domateste, salatalıkta, brokolide hasat sonrası yapılan kitozan uygulamalarında da raf ömrünün uzadığı ve

besin kalitesinin korunduğu desteklenmektedir (García vd.,2014; Moreira vd.,2011; Wójcik ve Zlotek,2008; Zhang vd., 2015).

1.7 Çalışmanın Amacı

Buraya kadar verilen bilgilerden de görüldüğü gibi sarımsağın kullanım formu ve kullanım alanı oldukça yüksek bir yelpazeye sahiptir. Sülfürlü bileşikler, fenoller, vitaminler, karotenoit, aminoasitler, K, Ca, Mg ve Se gibi mineraller gibi biyoaktif bileşenleri açısından da zenin olan sarımsağın ekonomik değeri de yüksektir. Sayılan özellikleri nedeni ile üreticisine de gelir kaynağı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, Taşköprü (Kastamonu) yöresinde yetiştirilen sarımsağın selenyum içeriğı ve sülfürlü bileşenlerinin yüksekliğı nedeniyle keskin aromatik kokusu ve diğer sarımsak çeşitlerine göre raf ömrünün yüksek olması, bu sarımsağın daha çok tercih edilmesine ve piyasalarda aranmasına neden olmaktadır.

TUIK verilerine göre 2020 en fazla sarımsak sırası ile Kastamonu (%19,07); Gaziantep (%18,09) ve Kahramanmaraş'ta (%13,47) üretilmiştir.

Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda sarımsak yetiştiriciliğı yapılan bölgelerde görülen iklimsel ve toprak özelliklerine bağlı sorunlar nedeniyle Taşköprü sarımsak üretiminde problem oluştuğı rapor edilmektedir. Kastamonu yöresinde sarımsak dikimi genel olarak şubat sonu ile mart başında yapılmaktadır. Ancak bu dönemde gerçekleşen kar yağışları sarımsak dikim tarihini geciktirdiğı gibi dikilen sarımsaklarda kök çürüklüğüne neden olabilmektedir. Ayrıca bahar mevsiminde görülen dolu yağışları da sarımsak yeşil aksamında hasarlara neden olmaktadır (Akça vd., 2017; Turfan, 2020). Bütün bu sorunlara ilave olarak toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri de inorganik gübre kullanımı, sarımsağı yapraktan uygulanan pestisitler ve herbisitler yüzünden bozulma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Sarımsak yetiştiriciliğinde karşılaşılan bu problemler doğal olarak sarımsakta verim ve kaliteye yansımakta ve ekonomik kayıplara neden olabilmektedir.

Sarımsakta verim ve kaliteyi etkileyen sorunların çözümlerine yönelik yurt içi ve yurt dışı çalışmalarda yapraktan kimyasal uygulamalarına sıklıkla yer verilmektedir. Yapılan çalışmalarda Ca, K, Si gibi elementler; prolin, glisin gibi amino asitler;

hormonlar, humik asit vb. yaprak gübreleri uygulamalarının sarımsakta verim, kalite ve raf ömrü üzerine olumlu etkileri ortaya konulmuştur (Kurtar, 2010; Sabuncu, 2005; Sapt vd., 2015; Turan vd., 2012). Ülkemizde dikim sıklığı ve derinliğı, sarımsak dikim mevsimleri, doğıal ve yapay gübre uygulamalarının sarımsakta verim ve kalite üzerine etkilerine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak amino asitler, kitozan ve se uygulamalarının sarımsak başında verim, kimyasal içerik ve raf ömrü üzerine etkilerine yönelik kapsamlı çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada yapraktan kitozan (1000; 1500 ve 2000 ppm) uygulamalarının sarımsakta büyüme parametreleri (gövde/kök uzunlukları, yaprak boyu/çapı ölçümler, yaprak sayısı ve taze ağırlık, baş verimi) ve saklanma süresi etkileri araştırılması amaçlamıştır. Çalışma bu yönüyle bir ilk çalışma özelliğindedir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Sarımsak yetiştiriciliği ile ilgili invitro ve invivo bir birçok çalışma bulunmaktadır. İnvitro çalışmalarda, sarımsağın sürgün/kök ucu, gövde ve yaprak dokusu, olgun ve olgunlaşmamış embriyolar, tohum, embriyonik kalluslar, anterler gibi organlar doku kültürü ortamında sarımsak gelişimi araştırılmıştır (Féréol vd., 2002; Humberto vd., 2004; Kim vd., 2003; Martin-Urdiroz vd., 2004; Mukhopadhyay vd., 2005).

2.1 İnvivo Çalışmalar

Sabuncu (2005), çinkonun sarımsakta verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi üzerine etkisini incelemiştir. Yerli Taşköprü sarımsağı çinko 0; 0,5; 1,0 ve 2,0 kg da⁻¹ düzeylerinde olmak üzere ZnSO₄.7H₂O'dan uygulanmıştır. Yapılan çalışmada, çinkolu uygulamaların sarımsakta verimi artırdığı görülmüştür. Yapılan değerlendirmede çinkolu gübre kullanımının sarımsakta yararlı olacağı düşünülmüştür.

Kurtar (2010), dikim sıklığı ve yapraktan farklı düzeydeki azot içerikli gübre uygulamalarının sarımsakta kalite ve verim üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında en yüksek pazara sunulabilen toplam yaş ve kuru verimin 7 x 10 cm dikim mesafesi (1884 kg/da) ve %0,5 N içerikli yaprak gübrelemesi (1389 kg/da) uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir.

Mondal vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada bamyada farklı dozlarda yapraktan kitozan uygulamasının bitki büyüme ve gelişmesini artırdığı bunun yanında meyve gelişimini olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Bitkide büyüme parametreleri, verim ve meyve gelişimi için en uygun dozun 100 ppm ya da 125 ppm olduğunu rapor etmişlerdir.

Turan vd. (2013) selenyum gübrelemenin (se 50 g kg⁻¹) Kastamonu-Taşköprü yöresindeki sarımsakların diş büyüklüğü ve diş sayısına etkisini araştırmışlardır. Kontrol grubundaki bitkiler ile selenyum uygulanan bitkiler karşılaştırıldığında; selenyum uygulamanın büyük diş sayısında azalmaya neden olduğunu ancak küçük

diş sayısının yaklaşık %36 oranında artırdığını belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmada sarımsağa topraktan sodyum selenat şeklide uygulanan selenyumun sarımsaktaki diş ağırlığı üzerine etkileri incelenmiş ve kontrol grubu ve selenyum uygulanan dişler karşılaştırıldığında hem büyük hem küçük dişlerin ağırlığında yaklaşık %6 artış olduğu görülmüştür. Ayrıca selenyum uygulaması sonucunda bitkilerin selenyum konsantrasyonlarının arttığı görülmüştür.

Başka bir çalışmada çinko sülfat, boraks, demir sülfat, mangan sülfat gibi minerallerin sarımsakta yaprak sayısı, baş ağırlığı, diş özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır (Chanchan vd., 2013). Çalışma sonunda en yüksek diş sayısı ve baş veriminin boraks ile elde edildiği ve maksimum bitki büyümesi, diş uzunluğu, kök gelişimi ve gövde çapının ise çinko sülfat uygulamasından elde edildiği görülmüştür. Ayrıca, uygulamaların etkisinin doza bağlı olarak değiştiği ve uygulamalardan da %0,2'lik boraks ve %0,25 çinko sülfatın en iyi sonuç verdiği ortaya konulmuştur.

Shalaby ve El-Ramady (2014) yapraktan uygulanan bazı biyoyuvarıcıların (askorbik asit, kuru maya, amino asitler, deniz yosunu özütü, Spirulina özü) sarımsakta büyüme parametreleri, verim, kimyasal içerik ve depolama süresi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında amino asitlerin bitki boyu ve yaprak morfolojisi, maya-amino asit kombinasyonlarının baş verimini ve askorbik asitin de depolama süresi üzerlerinde olumlu etki gösterdiğini saptamışlardır. Hatta sarımsaklarda en düşük ağırlık kaybı askorbik asit olduğu da rapor edilmiştir.

Ahmed ve Farm (2015) yaptığı çalışmada, kuru maya (üç konsantrasyonda 2; 3 ve 4 g L⁻¹) ve kitozanı (üç konsantrasyonda 2; 4; 6 ml L⁻¹) yapraktan 'clone sids 40' sarımsağı üzerine uygulamıştır. Kuru mayanın (3 ve 4 g L⁻¹) ve kitozanın (4 ve 6 ml L⁻¹) bitki boyu, yaprak sayısı, taze yaprak ağırlığı, verimi ve bitki bileşenlerini etkin bir şekilde artırdığını gözlemlemiştir. Ayrıca yaprakların, başların N, P ve K içerikleri, başların toplam karbonhidrat ve uçucu yağ miktarlarını da olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca başlardaki kilo kaybı en az kitozan (6 ve 4 ml L⁻¹) uygulamasında görülmüştür.

Sultana vd. (2015) 100 ppm kitozan çözeltisinde ıslattıkları ıspanak tohumlarını dikerek hasata kadar farklı konsantrasyonlardaki (50 ppm, 75ppm, 100 ppm) kitozan

  zeltilerini yapraktan uygulamışlardır. Bitki uzunluğunda, yaprak sayısında, yaprak boyu ve eninde kontrole g  re en olumlu sonuç 100 ppm kitozan uygulamalarında olduğunu rapor etmişlerdir.

Esringü vd. (2016)19 adet bakteri izolatu (Agrobacterium sp., Bacillus sp., Pantoea sp. ve Pseudomonas sp.'e ait) ile oluşturulan biyoform lasyonlar içerisine daldırılarak ekilen sarımsaklardan gelişen fidelerde bitki boyu, klorofil düzeyi ve bazı enzim (katalaz, peroksidaz, polifenol oksidaz ve superoksit dismutaz) aktiviteleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, tüm bakteri formülasyonu uygulamalarının sarımsakta gelişmeyi kontrole g  re artırdığını ve enzim aktivitelerinde de önemli değişikliklere sebep olduğunu saptamışlardır. Araştırma bulguları verilerine bağlı olarak mikrobiyal gübrelerin bitkisel üretimde kullanılmasının faydalı olabileceğini rapor etmişlerdir.

Gmaa (2016) yaptıkları çalışmada sarımsakta belirli konsantrasyonlardaki beş bileşiği (Kalsiyum, Potasyum, Kitozan, Salisilik asit ve Mentol) hasada kadar aylık düzenli olarak yapraktan püskürtme yoluyla uygulamışlardır. Çalışmada kitozan, salisilik asit ve potasyumun, kalsiyum ve mentole kıyasla büyüme parametrelerini ve verimi daha çok artırdığını sonucuna ulaşıldı. Hasattan sonra bitkide bazı bileşiklerin kimyasal içeriğinde (Potasyum, TSS ve L askorbik asit) en fazla artışa kitozan uygulamasında rastlandı. Depolama sürecinde dişlerde en az ağırlık kaybı ve çürüme yüzdesi sırasıyla kalsiyum, kitozan ve potasyumda görüldü.

Balmori vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada sarımsağa yapraktan sıvı humik asit farklı konsantrasyonlarının uygulanması yoluyla üretim ve meyve kalitesine etkisini ölçülmüştür. Baş gelişimi, diş sayısı ve meyve içeriği üzerine en etkili sonucun hacimce 1/40 oranında uygulanan humik asitte olduğu görülmüştür.

Parvin vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada domatese farklı dozlardaki kitozan topraktan ve yapraktan ayrı ayrı uygulanmış, aynı zamanda farklı dozlarda kitozan toprak-yaprak kombinasyonları denenmiştir. Çalışma sonucunda tüm kitozan gruplarında bitkilerde verim, büyüme değerleri ve kimyasal içerinde kontrol grubuna g  re artış olurken; en etkili değişim yapraktan 80 ppm kitozan uygulamasında görüldü.

Sapt vd. (2019) deneysel araştırmalarında farklı sulama seviyelerinin, toprak düzenleyicilerin, potasyum silikat ve glisin betain yapraktan uygulamalarının sarımsakta vegetatif büyüme ve kimyasal bileşimini üzerine etkisini incelemişlerdir. %60'lık sulama seviyesinde glisin betain ve potasyum silikatın sarımsağın boyunu artırdığını rapor etmişlerdir. Baş  apı ve azot içeriğinde en iyi artış glisin betain uygulamalarında görülmüştür.

Turfan (2021) %50 kurak stresi altındaki Taşköprü sarımsağının biyoaktif bileşenleri ve verim üzerine etkilerini araştırmak için farklı organik gübreleri (sığır, tavuk, keçi gübrelerini, yerli torf, ithal torf) kullanmıştır. Yapılan  l  mler sonucunda açık alanda inorganik gübre ile yetiştirilen sarımsaklara göre serada organik gübre ile yetiştirilen sarımsaklardaki baş verimi, biyoaktif bileşikler, şeker içeriklerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL METOT

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma Kastamonu ili Taşköprü ilçesine bağlı Uzunkavak Köyünde bir tarım arazisinde (8 Mart 2021-23 Temmuz 2021) gerçekleştirilmiştir. Köy, Kastamonu merkeze 22 km ve Taşköprü ilçesine de 20 km uzaklıktadır. Bölgede tipik Karadeniz iklimi görülmektedir. İlçede yağış miktarı yüksektir. Ortalama 73 mm yağış miktarıyla mayıs ayı en yağışlı aydır. Yıllık ortalama sıcaklık 11,3° C olup en düşük ortalama sıcaklık 0,4° C ile ocak ayı ve en yüksek ortalama sıcaklık ise ayına 21,6 °C ile ağustos ayına aittir. Çalışma alanına ait iklim verileri Tablo 3.1’de verilmiştir (URL-3, 2022).

Tablo 3.1 Taşköprü ilçesine ait 2021 yılı ve uzun yıllar iklim verileri (tr.climate-data.org)

Aylar	°C			mm	%
	Ort.	Max.	Min.	Ort. Yağış	Nem
Şubat	2,2	6,7	-1,8	51	71
Mart	5,6	10,8	0,8	68	68
Nisan	10,5	16,1	4,9	72	66
Mayıs	15,1	20,5	9,5	73	63
Haziran	18,9	24,2	13,2	52	61
Temmuz	21,5	27,4	15,6	27	58

3.2 Deneme Alanının Hazırlanması

3.2.1 Kitozan Uygulamaları

Kitozan [(C₁₈H₃₅N₃O₁₃ (Sigma aldrich 448877)] çözeltilerinin hazırlanması için 1000 ml hacminde üç ayrı kap üzerine (1000; 1500 ve 2000 ppm) konsantrasyonların yazıldığı etiketle işaretlenmiştir. Kaplara 100 ml saf su ilave edildikten sonra içerisine belirlenen miktarlarda kitozan ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda çözünmesi bekletilmiştir. Ancak kitozan suda daha az çözünürlüğü düşük bir kimyasaldır ve homojen bir çözelti elde etmek için içerisine birkaç damla seyreltik sitrik asit (%5) solüsyonu damlatılmıştır. Sitrik asit solüsyonu 5 gr sitrik asit monohidratın (C₆H₈O₇ *

H₂O: Merck) 100 ml saf suda çözündürülmesi ile hazırlanmıştır. Kitozan karışımları (1000, 1500 ve 2000 ppm) manyetik karıştırıcıda 2-3 saat bekletilmiş ve homojen bir görünüm elde edildiğinde alınmış üzerleri saf su ile 1000 ml'e tamamlanmıştır (Basit vd., 2020; Guan vd., 2009; Sandeep vd., 2013). Kitozan dozları sırası ile K1:1000 ppm, K2:1500 ppm ve K3:2000 ppm olarak kodlanmıştır. Kitozan uygulamaları, bitkiler 4-5 yapraklı safhaya geldiğinde (13 Nisan 2021) yapraktan bir püskürtücü aracılığı ile püskürtme ile yapılmıştır. Uygulamalar 15 gün ara ile 4 kez uygulanmıştır. Kontrol grubu bitkilerin yapraklarına püskürtücü ile sadece saf su püskürtülmüştür (Basit vd., 2020; Guan vd., 2009; Sandep vd., 2013). Uygulamalardan sonra bitkilerde gövde boyu, gövde çapı ve yaprak (boy, çap ve bitki başına yaprak sayısı) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2 Çalışma alanındaki toprağın özellikleri

pH	6,86
Mg	56.870 ± 270
P	3.095 ± 14
S	753,2 ± 4,4
K	17.670 ± 40
Ca	143.000 ± 100
Mn	917,7 ± 3,3
Fe	68.100 ± 50
Ni	318,3 ± 2,1
Cu	55,9 ± 1
Zn	98,9 ± 0,9

Sarımsakların yetiştirildiği alandan alınan toprak örneklerinde saptanan ortalama değerler Tablo 3.2'de verilmiştir. pH 6,86; Mg 56.870 ppm, P 3.095 ppm, S 753,2 ppm, K 17.670 ppm, Ca 143.000 ppm, Mn 9.177 ppm, Fe 68.100 ppm, Ni 318,3 ppm, Cu 55,9 ppm ve Zn ise 98,9 ppm olarak ölçülmüştür.

3.2.2 Dikim Yapılacak Alanın Hazırlanması

Çalışma alanı dikimden önce elle çapalanmış ve tırmıkla temizlenmiştir. Dikim öncesi-hasat mevsimi süresince sarımsaklar yetiştirilirken herhangi bir gübre uygulaması yapılmamıştır. Deneme alanı tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Alan, 2 m uzunluğunda ve 2 m genişliğinde 4 m² olacak şekilde kontrol ve kitozan konsantrasyonlarına bağlı olarak gruplandırılmıştır. Dişler, sıra arası 20 cm, sıra üzeri ise 10 cm olacak şekilde Vural vd. (2009)'a göre dikilmiştir. Kitozan uygulamaları, bitkiler 4-5 yapraklı safhaya geldiğinde (22 Mart) yaprakтан uygulanmıştır. Uygulamalar haftada bir olarak dört hafta süresince yapılmıştır. Kitozan saf su içerisinde belirlenen dozlara göre çözündürülerek uygulanırken kontrol grubu bitkiler ise sadece saf su ile ıslatılmıştır. Uygulamalardan sonra bitkilerde gövde boyu, gövde çapı ve yaprak (boy, çap ve bitki başına yaprak sayısı) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.3 Sarımsak Dikimi ve Bakımı Sırasında Yapılan Gözlemler ve Ölçümler:



Şekil 3.1 Sarımsak yeşil aksamda morfolojik ölçümler



Şekil 3.2 Sarımsağın topraktan çıkarılış görüntüleri

3.3.1 Bitkilerde Boy Uzunluğu (cm)

Sarımsakların toprak seviyesinden yaprakların uç noktasına kadar olan uzunluk metre ile ölçülerek belirlenmiştir

3.3.1.1 Gövde çapı (mm)

Toprak seviyesinin bir miktar üstünden kumpas yardımı ile ölçülmüştür.

3.3.1.2 Yaprak sayısı (adet)

Dikim alanındaki sarımsakların boğumlarından itibaren sahip oldukları yaprakların sayılması ile belirlenir.

3.3.1.3 Yaprak uzunluğu (cm) ve yaprak eni (mm)

Uzunluk (cm), yaprak boğumundan yaprağın en uç kısmına kadar olan mesafenin ve yaprak eni (mm) ise sarımsakların yaprak çapları metre yardımı ile lmtr (ekil 3.2).

3.3.2 Hasat

Hasat bitkilerdeki yaprakların sararıp kuruduğu dönemde (23 Temmuz) yapılmıştır. (ekil 3.2) Toprakтан ıkarılan bitkiler doğrudan güneş almayan bir alanda karton kağıtlar üzerinde 2 hafta kurumaya bırakılmıştır (Francois, 1994). Kuruyan bitkilerde başlar ayrılarak baş verimi (g baş^{-1}) hesaplanmıştır. Baş ve diş ağırlıkları hassas terazi ile yapılırken, boy ve çap ölçümleri dijital kumpas ile gerçekleştirilmiştir. Baştaki diş sayısı (adet/baş), her bir gruba ait başların kabukları soyulduktan sonra başta bulunan toplam dişlerin tek tek sayılması ile ve diş ağırlığı ise dişlerin tek tek hassas terazide tartılması ile belirlenmiştir. Baş boyu (mm), parsellerden hasat edilen bitkilerin baş kısmı gövde kısmından ayrıldıktan sonra oluşan başın boyu ve başın çapı (mm) dijital kumpas aleti ile belirlenmiştir. Diş boyu (mm), başlardan elde edilen dişlerin boyuna olarak ve diş çapı (mm) ise dişlerin orta kısmı dijital kumpas ile enine ölçüm yapılarak hesaplanmıştır (ekil 3.3).



Şekil 3.3 Sarımsak başlarının kumpasla lm

3.3.3 Ağırlık Değişimleri

Hasat sonrası her bir gruba ait örneklerden 10 adet olacak şekilde ilk ağırlık ölçümleri (01.08.2021) kaydedildikten sonra sarımsak örnekleri kâğıt keseler içerisine belirlenen konsantrasyonlara göre konulmuştur. Örnekler güneş ışığı almayan, sıcaklık koşulları 0 ± 2 °C ve 23 ± 2 °C arasında değişen bir ortamda bekletilmiştir (Tablo 3.3). İkinci ağırlık ölçümleri 01.11.2021 ve üçüncü ağırlık ölçümleri ise 01.02.2022’de kaydedilmiştir. Her gruba ait değerlerin ağırlık değişimleri % olarak verilmiştir.

Ağırlık kaybının ölçülmesi için;

$$\text{Ağırlık Kaybı (\%)} = [(\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}) / \text{İlk ağırlık}] \times 100 \quad (3.1)$$

formülü kullanılmıştır.

Tablo 3.3 Sarımsak örneklerinin saklanma süreçlerinde ağırlık kaybı verileri

	2020					2021	
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
Sıcaklık (°C)	20-23	20-22	20-22	14-16	10-12	0-6	0-10
Nem (%)	53	56	62	67	73	74	70



Şekil 3.4 Depoda kullanılan sıcaklık ve nem ölçer

Sarımsak örneklerinin depolanma sürecinde saptanan aylık ortalama sıcaklık (°C) ve nem (%) değerleri Tablo 3.3'te verilmiştir. Verilere göre sıcaklık 0-23 (°C) arasında değişmiştir. Nem oranı ise %53-74 arasında bulunmuştur. Sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenmesi 4IN1 marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4).

3.3.4 Kül Tayini (%)

Sarımsak örnekleri 65 °C' lik etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kuru örnekler (~25-30 g) darası alınmış kroze içerisine konulmuş ve 525±25 0°C'de kül fırınında beyaz kül haline gelinceye kadar yakılmıştır. %kül miktarı ise % kül formülüne göre hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

3.3.5 Sarımsak Örneklerinde Kuru Madde Miktarı (%)

Örneklerde kuru madde miktarının belirlenmesi için her gruba ait sarımsak başlarına ait dişlerin (15 adet) taze ağırlıklar alınmış ve daha sonra da porselen bir havanda ezilmiştir. Ezilen örnekler etüvde 105°C' de kurutulup tartıldıktan sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru Madde Oranı (\%)} = [\text{Kuru ağırlık (g)}/\text{Yaş ağırlık (g)}] \times 100 \quad (3.2)$$

3.3.6 Toprak Örneklerinde Mineral Analizi

Sarımsağın yetiştirildiği alandan 20 cm derinlikten olacak şekilde toprak örnekleri alınmıştır. Bu topraklar Kastamonu Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümüne ait araştırma laboratuvarında bulunan etüvde 85 C'de 24 saat kurutulmuştur. Toprak örnekleri bir elekten geçirildikten sonra polietilen bir kaba konulmuştur. Toprak örneklerinde elemental analizler Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında XRF cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.7 pH Ölçümü

Toprak örneklerindeki pH değeri Gülçür (1974) metoduna göre yapılmıştır. Bunun için toprak örneği (1/2,5) saf su içerisinde 24 saat bekletilmiş ve daha sonra dijital pH-

metre ile değerler kaydedilmiştir. Toprak örneklerindeki pH değerlerinin ortalaması Tablo 3.2’de verilmiştir.

3.3.8 Verilerin İstatiksel Analizi

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki analizleri SPSS 20 programı kullanılarak %95 güven aralığında ANOVA ve Tukey testlerine göre yapılmıştır.

4. BULGULAR

Taşköprü ilçesi ekolojisi koşullarında kitozan uygulamalarını Taşköprü sarımsağında büyüme parametreleri ve baş verimi üzerine etkilerine ilişkin değerler, alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1 Yeşil Aksamda Yapılan Ölçümlere İlişkin Bulgular

Kitozan uygulamalarının sarımsağın gövde boyu üzerine etkisi uygulanan doza göre değişim göstermiştir.

4.1.1 Kitozan Uygulamalarının Yeşil Aksamda Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

Tablo 4.1’de verildiği gibi uygulamaların büyüme parametreleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Örneklerde gövde çapı (3,40 cm) ve yaprak çapı (2,34 cm) kontrol grubu bitkilerden edilirken en düşük değer ise sırası ile K2 (2,37; 1,70 cm) uygulamasından elde edilmiştir. Fidelerde en yüksek gövde (84,84 cm) ve yaprak boyu (51,62 cm) K1 uygulama grubuna ait fidelerde gözlenmiştir. Fidelerde en düşük gövde boyu (79,40 cm) ve yaprak çapı (41,39 cm) ise K3 uygulamalı fidelerde kaydedilmiştir.

Tablo 4.1 Kitozan uygulamalarının (1000 ppm, 1500ppm, 2000ppm) yeşil aksamda baş, gövde ve yaprak üzerine değişimleri

		K	K1	K2	K3	F.	Sig.
Gövde	Çap(cm)	3,40±0,41*	2,97±0,17a	2,37±0,16b	2,57±0,15	3,702b	0,017
	Boy	80,05±2,07b	84,84±1,40a	80,40±2,34b	79,40±2,66b	4,674	0,006
Yaprak	Boy	44,24±1,95b	51,62±1,40a	41,79±2,07c	41,39±0,85c	9,542	0,000
	En	2,34±0,19a	2,14±0,10a	1,70±0,10b	1,90±0,06b	8,700	0,000
	Adet	9,34±0,43a	9,00±0,45a	8,34±0,34b	8,00±0,00b	2,083	0,113
Gövde	g	10,97±1,39a	9,63±0,29a	6,69±0,91b	6,76±0,58b	5,699	0,002
Yaprak	g	5,00±0,88a	5,42±0,33a	3,40±0,37b	3,31±0,14b	6,641	0,001
Bitki	g	68,46±7,54a	66,82±3,71b	47,27±7,25c	47,23±3,82c	6,498	0,001

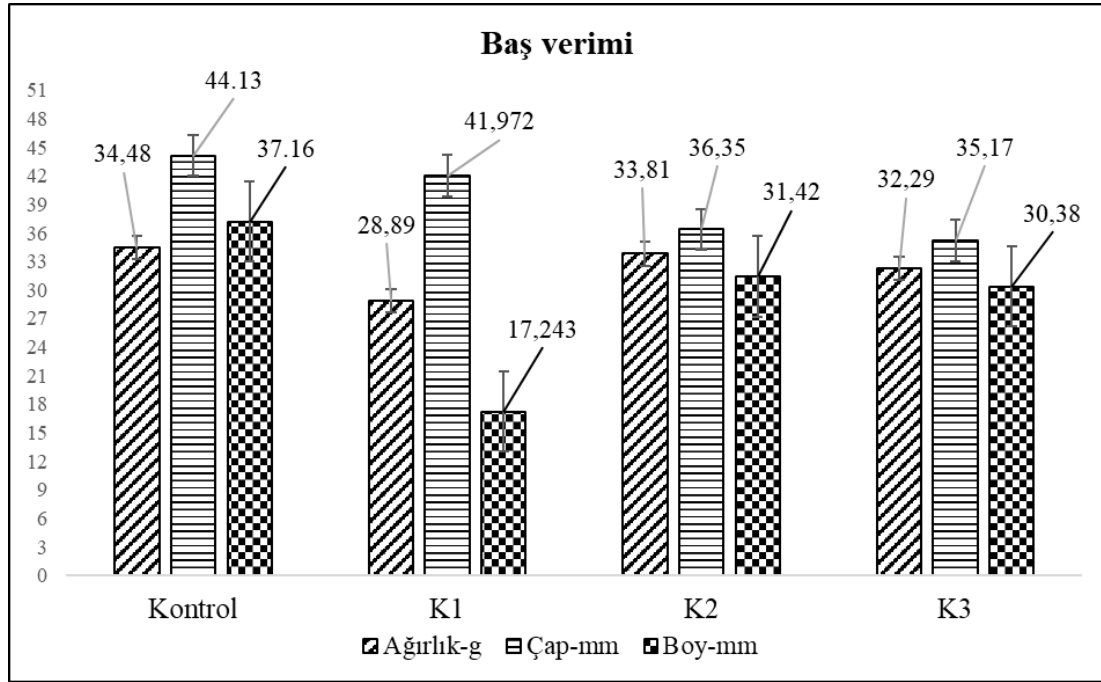
* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir ($P<0,05$).

K1:1000 ppm; K2:1500 ppm; K3:2000 ppm

4.1.2 Gövde ve Yaprakta Ağırlık Ölçümleri

Gövde çapı (cm) kontrol grubu bitkileriyle karşılaştırılınca kitozan uygulamalarında K2 grubunda en düşük değerde (2,37 cm) olduğu görülmüştür. K1 uygulamaları kontrol grubuna gövde (84,84 cm) ve yaprak boyunda (51,62 cm) olumlu etki yapmıştır. Diğer gruplarda belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Fidelerdeki yaprak adeti en düşük K3 grubu bitkilerdedir.

Gövde ağırlığı kontrol grubu bitkilerde en yüksek olmakla beraber (10,92 g) en düşük ağırlığa K2 uygulama bitkilerinde rastlanmıştır (6,69 g). Toplam yaprak ağırlığında en ağır yaprak 5,42 g ile K1 uygulamasındadır. Diğer gruplarda kontrol grubuna göre daha düşük ağırlık gözlenmiştir.



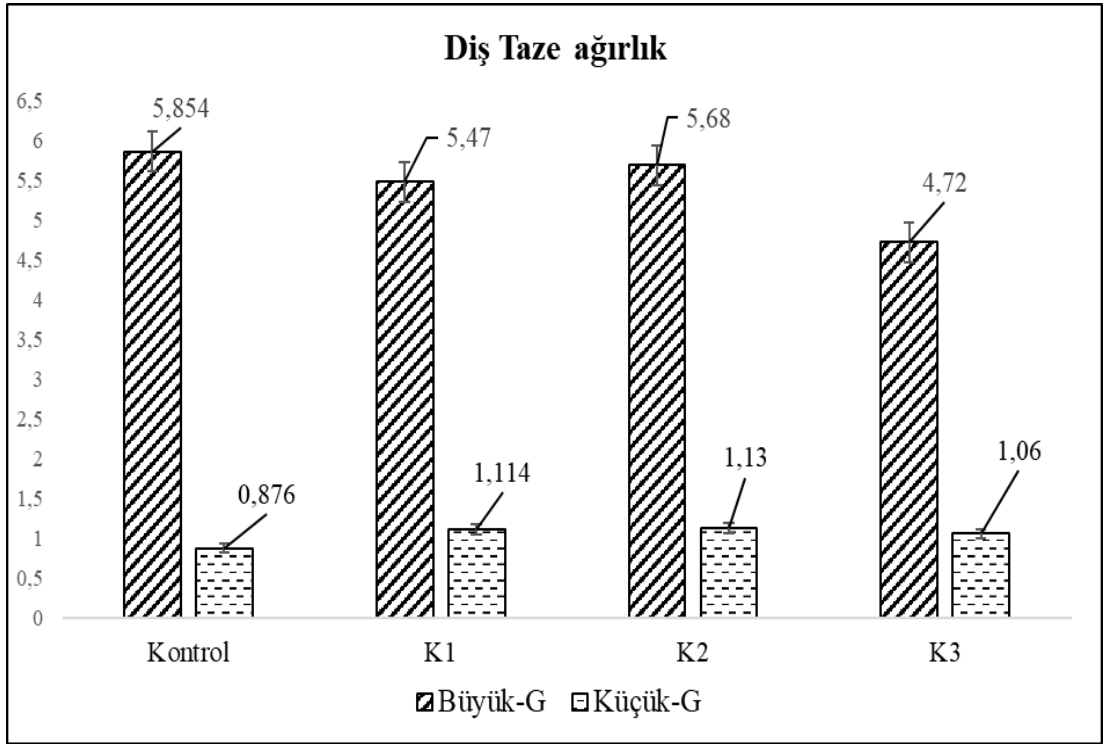
Şekil 4.1 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağı üzerine etkileri

Tablo 4.2 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında çap ve boy uzunlukları üzerine etkileri

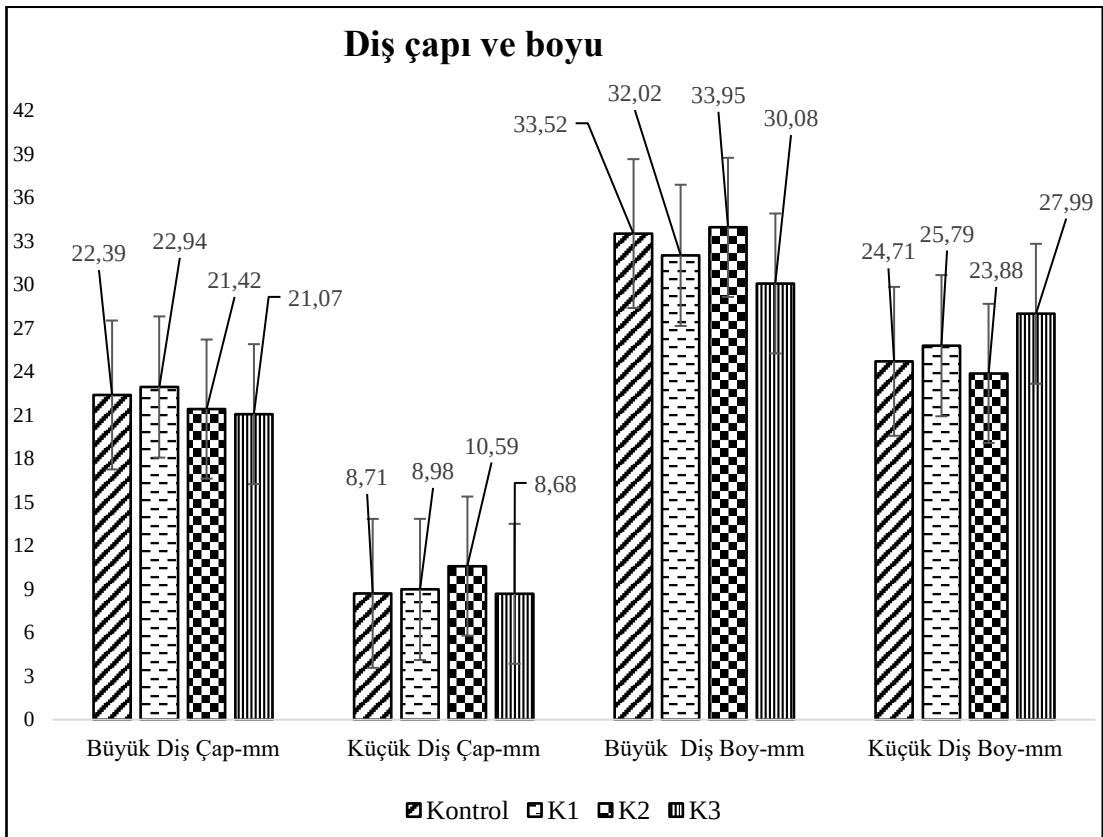
Gruplar	Baş/adet	Büyük Diş				Küçük Diş			
	Diş sayısı	Ağırlık (G)	Boy (cm)	En (cm)	Kabuk Ağırlığı (G)	Ağırlık(G)	Boy (cm)	En (cm)	Kabuk Ağırlığı(G)
Kontrol	13,00±0,69*	5,86±0,25a	22,39±1,03	33,52c±0,72	1,484±0,16	0,88±0,08	8,71±0,40b	24,71±0,85b	0,500±0,13
K1	11,87±0,7	5,47±0,24a	22,94±0,60	32,02b±0,60	1,433±0,08	1,11±0,10	8,98±0,55b	25,78±0,92a	0,334±0,15
K2	13,54±0,39	5,68±0,21a	21,42±0,70	33,95c±0,89	1,40±0,09	1,13±0,15	10,59±0,58a	23,88±0,89b	0,600±0,05
K3	13,35±0,34	4,72±0,31b	21,08±0,78	30,08a±0,66	1,384±0,15	1,06±0,08	8,68±0,49b	27,99±0,61a	0,434±0,06
F	1,793	3,935	1,183	5,843	0,389	1,220	3,193	4,696	3,238
Sig.	0,159	0,013	0,325	0,002	0,764	0,311	0,030	0,005	0,082

*: Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir (P<0,05).

K1:1000 ppm; K2:1500 ppm; K3:2000 ppm



Şekil 4.2 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında büyük diş ve küçük diş ağırlıkları üzerine etkileri



Şekil 4.3 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında dişlerde çap ve boy uzunlukları üzerine etkileri

4.1.3 Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Verim Kriterleri Üzerine Etkileri

4.1.3.1 Baş verimi (ağırlık, diş sayısı)

Kitozan uygulamasının baş verimi üzerine etkileri incelendiğinde, uygulamaların baş ağırlığında kontrole göre azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Kontrole göre baş ağırlığı (34,48 g) sırasıyla K1 (28,89 g), K2 (33,81 g) ve K3 (32,29 g) için olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.1).

Uygulamaların sarımsak başına diş sayısı üzerine etkileri irdelendiğinde, uygulamaların diş sayısı üzerine önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Bununla birlikte K2 ve K3 dozlarında diş sayısı kontrol gruba göre kısmi bir artış gösterirken K1 uygulamasında ise azalma olmuştur (Tablo 4.2).

4.1.3.2 Diş özellikleri

Kitozan uygulamalarının diş özelliklerine etkisi büyük ve küçük dişler olarak gruplandırılarak incelenmiştir.

Büyük dişlerde ağırlık kontrole göre kitozan uygulamalarında azalırken küçük dişlerde ise artmıştır (Şekil 4.2).

4.1.4 Kitozan Uygulamalarının Sarımsak Örneklerinde Kuru Madde ve % Kül İçeriği Üzerine Etkileri

Kitozan uygulamalarının sarımsaklarda kuru madde ve kül (%) miktarı üzerine etkileri üzerine etkilerine ilişkin değerler Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Verilere göre uygulamaların incelenen parametreler üzerine etkileri istatistiksel öneme sahiptir ($p>0,05$).

Tablo 4.3'te verildiği gibi sarımsak örneklerinde % kül miktarı kontrole göre artış göstermiştir. Sarımsak başlarında kuru madde miktarı sırası ile kontrol grubu bitkilerde 3,57 g, K1'de 4,60 g, K2 için 5,60 g ve K3 için 10,36 g olarak ölçülmüştür.

Sarımsak örneklerinde % ağırlık değişimleri ise kontrol grubu bitkilerde her üç dönem için sırasıyla %12,27; %2,65 ve %14,60 olarak belirlenmiştir. Ağırlık değişimleri her üç periyot dikkate alındığında sırasıyla; K1 için 5,79; 7,34 ve 12,70 g; K2 için 6,38; 6,74 ve 12,6 g ve K3 için ise 5,78; 9,05 ve 4,30 g olarak kaydedilmiştir. (Tablo 4.3)

Sarımsak başlarında kuru madde miktarı sırası ile kontrol grubu bitkilerde 3,57 g, K1 için 4,60 g, K2 için 5,60 g ve K3 için 10,36 g olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkilerde ağırlık kaybı (her üç dönem için) sırası ile %12,27; %2,65 ve %14,60 olarak ölçülmüştür. Örneklerde en yüksek ağırlık kaybı üçüncü dönemde ve en düşük ağırlık kaybı ise ikinci dönemde ölçülmüştür (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Kitozan uygulamalarının taşköprü sarımsağında kuru madde, kül içeriği (%) ve ağırlık değişimleri (%) üzerine etkileri

Gruplar	g	%			
	Kuru madde	Kül %	I-II	II-III	I-III
Kontrol	3,57±0,10d	15,79±0,08c	12,27±0,43a	2,65±0,18c	14,60±0,27a
K1	4,60±0,10c	16,30±0,40c	5,79±0,24c	7,34±0,14b	12,70±0,17b
K2	5,60±0,09b	20,13±0,27b	6,38±0,21b	6,74±0,30b	12,69±0,10b
K3	10,36d±0,17a	36,00±0,47a	5,78±0,13c	9,05±0,11a	4,30±0,16c
F.	649,507	801,152	131,648	190,696	30,473
Sig.	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000

*: Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir (P<0,05).

K1:1000 ppm; K2:1500 ppm; K3:2000 ppm; I:İlk ağırlık ölçümleri; II: İkinci ağırlık ölçümleri; III: üçüncü ağırlık ölçümleri

5. TARTIŞMA SONUÇ

Kitozanın tarımsal bitkilerin yetiştirilmesinde kullanımı yapılan bazı çalışmalar ile önem kazanmıştır. Kitozanın bitkisel üretimde verim ve kaliteyi etkilediği birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Kaya vd., 2015; Malerba ve Cerana, 2016; Rinaudo, 2008; Shahidi ve Abuzaytoun, 2005; Synowiecki ve Al-Khateeb, 2003; Vasconcelos, 2014). Bu çalışmada kitozan uygulamalarının Taşköprü sarımsağında büyüme parametreleri, baş verimi ve depolama süreci üzerine etkileri uygulanan doza göre önemli değişim gösterdiği ortaya konulmuştur.

5.1 Kitozan Uygulamalarının Sarımsak Yeşil Aksamında Morfolojik Parametreler Üzerine Etkileri

Bu çalışmada 1000; 1500 ve 2000 ppm kitozan uygulamaları sarımsak fidelerinde bitki boyu, gövde çapı, yaprak özellikleri (boy, çap ve taze ağırlık) ve bitki başına yaprak sayısı gibi ölçülen parametrelerde azalmaya neden olmuştur (Tablo 4). Bununla birlikte K1 (1000 ppm) uygulamasında bitki boyu, yaprak boyu ve bitki başına yaprak sayısında kısmi artış saptanmıştır (Tablo 4). Uygulamaların büyüme parametreleri üzerindeki etkilerine ilişkin verilerde kitozan konsantrasyonlarının yüksek olmasının etkili olabileceği düşünülmüştür (Mondal vd., 2012). Literatürde kitozanın sarımsağın büyüme parametreleri üzerine etkilerine ilişkin çalışma sayısı az denilecek kadar azdır. Ancak mısır (Khan vd., 2002), pirinç (Chibu vd., 2002), asma (Górník vd., 2008), domates (El-Tantawy, 2009), bezelye (El Nagar vd., 2012), çilek (Rahman vd., 2018), soğan (Abd El-Aziz vd., 2019; M. E. Ahmed vd., 2019), patates (Kowalski vd., 2006; Zheng vd., 2021), gül (Akhtar, 2022) ve aspir (Gursoy, 2022) gibi tarım ürünlerinde kitozanın etkileri detaylı olarak ortaya konulmuştur. Mondal vd. (2012) kitozan uygulamasının (0; 50; 75; 100 ve 125 ppm) bamyada büyüme parametreleri ve verim üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitki boyu, yaprak sayısı ve meyve özelliklerinin kitozanın dozuna göre değiştiğini, ölçülen özelliklerin yüksek kitozan dozlarında arttığını; erken büyüme ve meyve verimi için en uygun dozun ise 125 ppm olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde Sultana vd. (2015) yapraktan kitozan (50; 75 ve 100 ppm) uygulamalarının ıspanak bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu

üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında her üç uygulama grubunda kontrole göre artırdığını ve en yüksek değerin ise 100 ppm uygulamasında ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Gmaa (2016) yaptığı çalışmada sarımsak üzerine yapraktan 2500 ppm kitozan uygulamasının bitkideki büyüme parametreleri ve ağırlık kaybı üzerine olumlu etkilerini rapor etmiştir. Ancak yaptıkları çalışmada yapraktan kitozan uygulama sıklığı çalışmamıza göre daha fazladır. Bu sonuçlar, bu çalışmada kullanılan dozun çok yüksek olduğunu desteklemektedir.

5.2 Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Baş Verimi Üzerine Etkileri

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi baş ağırlığı ve baş uzunluğu her üç kitozan dozunda kontrole göre düşük, baş çapı ise yüksektir. Ayrıca kontrole göre en düşük baş ağırlığı ve uzunluğu da K1 uygulamasında gözlenmiştir (Şekil 4.1). Sarımsak başlarında kontrole göre değerlerin düşük olması da uygulanan kitozanın yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir (Sultana vd., 2017; Rahman vd., 2018). Birçok araştırmacı tarımsal ürünlerde verim ve kalitenin artırılmasına yönelik çalışmalarda uygulanan biyosimultanların tür ve konsantrasyona göre önemli değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir (Lizárraga-Paulín vd., 2011; Parvin vd., 2019). Mondal vd. (2012) yapraktan kitozan uygulamasının (0; 50; 75;100 ve 125 ppm) bamya meyve verimini artırdığını tespit etmişlerdir. Kitozan bamya meyvesinde bitki başına meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve uzunluğu ve çapı konsantrasyon arttıkça artmış ve en yüksek verim 125 ppm kitozan ile kaydedilmiştir. Parvin vd. (2019) domatese yapraktan kitozan (0; 60; 80 ve 100 ppm) uygulamasının domateste yaprak sayısı, çiçek verimi, meyve uzunluğu ve verimi üzerine etkilerini kıyaslamışlardır. Araştırmacılar meyve uzunluğu, ağırlığı ve sayısının 80 ppm kitozan uygulaması ile en yüksek değere ulaştığını, en düşük değerinse kontrol grubuna ait olduğunu gözlemlemişlerdir.

5.3 Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Diş Verimi Üzerine Etkileri

Kontrol grubuna kıyasla kitozan uygulamalarında büyük diş ağırlığında önemli bir değişiklik oluşturmazken, küçük diş ağırlığında artışa neden olmuştur (Şekil 4.2).

Sarımsaklarda diş ağırlığı ve boyutları yetiştirme koşulları, iklimsel parametreler, toprak özellikleri, hasat öncesi ve sonrası uygulamaları gibi parametrelere göre

değişebilmektedir. Sabuncu (2005) çinko uygulamasının sarımsakta verim ve kalite üzerine etkilerini incelediği çalışmasında büyük dişlerin 3,0-3,1 g arasında değiştiğini, küçük dişlerin ise 1,0-1,1 arasında değiştiğini belirlemiştir. Ayrıca baş başına büyük diş 6,3- 6,9 adet ve küçük diş sayısı 11,3 ila 12,9 adet arasında bulunmuştur. Bu sonuçlar bizim çalışmamız ile örtüşmektedir. Bizim çalışmamızda da sarımsakların diş ağırlıkları uygulamalardan etkilenmemiştir (Sabuncu, 2005). Ancak Nasir vd. (2017) ekim sıklıkları ve diş boyutlarının sarımsak verimi üzerine yaptıkları çalışmalarda küçük dişlerin 187,42 g, orta boy dişlerin 231,25 g ve büyük dişlerin ise 211 g aralığında değiştiğini saptamışlardır. Ayrıca sarımsak veriminde büyük dişlerden elde edilen başlar ile elde edildiği de vurgulanmıştır. Turfan (2020) Taşköprü sarımsağında farklı boylardaki sarımsak dişlerini (küçük, büyük ve merkez) ekerek bitkinin büyüme parametreleri ve verimini incelemiştir. Dişlerdeki ağırlık değişimini 1,53 ila 3,83 g, diş uzunlukları 1,65 ile 3,23 cm aralığında, diş çapının ise 0,81 ile 2,18 aralığında olduğunu kaydetmiştir. Kotagariwar vd. (1997), Castellanos vd. (2004) benzer sonuçları elde etmiştir.

5.4 Kitozan Uygulamalarının Sarımsakta Depolama Süresi ve Ağırlık Kaybı Üzerine Etkileri

Tablo 4.3'te görüldüğü gibi depolama sürecinde ağırlık değişimleri I. ve II. dönemde kontrole göre düşük ve III. dönemde ise yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak uzun süreli depolama koşullarında kitozan uygulamalarının olumlu etkisi görülmüştür. Ahmed ve Farm (2015)'in sarımsak üzerine yaptıkları çalışmada depolamanın yedinci ayına kadar kilo kaybı yüzdesi artmış, depolamanın sonuna kadar yükselerek devam etmiştir. Bu sonuçlar Ahmed ve Farm (2015)'in yaptıkları çalışmayı desteklemektedir. Kitozanın sarımsak başlarında depolama süresine etkisi solunum hızını ve su kaybını azaltarak depolama süresini uzatmasından kaynaklanmış olabilir (Shehata vd., 2012). Araştırmacılar ekzogen kitozan uygulamasının bitki yüzeyinde yarı geçirgen bir tabaka olumuna neden olduğunu, bu tabakanın bitkisel doku içerisinden dışarıya su, kimyasal madde ve gaz geçişini sınırlandırdığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada uygulanan kitozan sarımsak kabuklarında geçirgenliği azaltarak ağırlık kaybını azaltmış olabilir (Raymond vd., 2012). Nitekim Abdel-Mawgoud vd. (2010) çilekte ve Ghoname vd. (2010) tatlı biberde ekzogen kitozan uygulamalarının meyvelerin

depolama süresinde olumlu etki yaptığını, kitozan uygulanmış meyvelerde solunum hızı yavaşladığı için su ve ağırlık kaybı ve ayrıca renk kaybı ve doku bozulmalarının daha düşük seviyelerde olduğunu bildirmişlerdir.

Farklı dozlarda kitozan (1000; 1500 ve 2000 ppm) uygulamalarının Taşköprü sarımsağı (*Allium sativum* L.) üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada uygulamaların doza göre değişim gösterdiği ve uygulamaların genel olarak olumsuz etki gösterdiği ortaya konulmuştur. Taze (yeşil) sarımsak örneklerinde gövde boyu, K1 ve K2 uygulamasında ve yaprak boyu ise K1’de artış göstermiştir. Gövde çapı, yaprak çapı, bitki başına yaprak sayısı, gövde taze ağırlığı, yaprak ağırlığı, bitki taze ağırlığı ise kontrol gruba göre azalmıştır. Uygulamaların baş verimi (baş ağırlığı, çap ve uzunluğu) üzerine etkisi de olumsuz olmuştur. Örneklerde baş ağırlığı, çap ve uzunluğu kitozan uygulamalarında düşüktür. Baş başına toplam diş sayısı K2 ve K3 uygulamalarında artış göstermiştir. Sarımsak örneklerinde büyük dişlerde taze ağırlık azalırken küçük dişlerde ise uygulamalı gruplarda yükselmiştir. Dişlerde uzunluk K1 ve K2 grubunda; diş çapı büyük dişlerde K2 ve küçük dişlerde ise K1 ve K3 dozlarında yüksektir. Kitozan dozları sarımsak örneklerinin kabuk ağırlıklarında azalmaya sebep olmuştur. Ancak %kül içeriği uygulamalı gruplarda artış göstermiştir. Sarımsak örneklerinin depolama süresinde ağırlık kaybı I ve III dönemde kontrole göre düşük ve II dönemde ise yüksek bulunmuştur. Sonuçta kitozan uygulamaları yeşil aksamda büyüme parametreleri, baş verimi ve kabuk ağırlığında azalmaya neden olmuştur ancak küçük dişlerde verim, kuru madde, % kül miktarı ve uzun süreli depolama koşullarında olumlu etki yapmıştır.

KAYNAKLAR

- Abd El-Aziz, M. E., Morsi, S. M. M., Salama, D. M., Abdel-Aziz, M. S., Abd Elwahed, M. S., Shaaban, E. A., & Youssef, A. M. (2019). Preparation and characterization of chitosan/polyacrylic acid/copper nanocomposites and their impact on onion production. *International journal of biological macromolecules*, 123, 856-865.
- Abdel-Mawgoud, A. M. R., Tantawy, A. S., El-Nemr, M. A., & Sassine, Y. N. (2010). Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1), 170-177.
- Ahmed, M. E. M., & Farm, E. (2015). Response of garlic plants (*Allium sativum* L.) to foliar application of some bio-stimulants. *Egyptian Journal Of Horticulture* 42(1), 613-625.
- Ahmed, M. E., Abd El-Latif, A. A., Al-Araby, A. A., & Mehrez, F. M. (2019). Response of growth, yield, productivity and storability of onion (*Allium cepa* L.) to foliar spray with some growth stimulants. *Fayoum Journal Of Agricultural Research And Development* 33, 247-262.
- Akça, H., Taban, N., Turan, M. A., Taban, S., Ouedraogo, A. R., & Türkmen, N. (2017). Fertility status of garlic cultivated soils in Turkey. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 93-100.
- Akçiçek, E., & Ötleş, S. (2006). *Sarımsak Kitabı*. İzmir, Güven Kitabevi.
- Akhtar, G. (2022). Foliar application of chitosan improves biomass, physiological and biochemical attributes of Rose (Gruss-an-Teplitz). *Kuwait Journal of Science*, 49(2), 1-14.
- Akter, J., Jannat, R., Hossain, M. M., Ahmed, J. U., & Rubayet, M. T. (2018). Chitosan for plant growth promotion and disease suppression against anthracnose in chilli. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(3), 264343.
- Anonim (2021) <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021-Haziran%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Sar%C4%B1msak,%20Haziran-2021,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu>,
- Ayaz, E., & Alpsoy, H. C. (2007). Garlic (*Allium sativum*) and traditional medicine. *Turkiye Parazitolojii Dergisi*, 31(2), 145-149.
- Azinheiro S, Avelas F, Leandro SM, Rodrigues AA (2014) Role for ABA in the plants response to chitosan. *Fronties in Marine Science*

- Badawy, M. E., & Rabea, E. I. (2011). A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2011,1-29 doi:10.1155/2011/460381
- Balmori, D. M., Domínguez, C. Y. A., Carreras, C. R., Rebato, S. M., Farías, L. B. P., Izquierdo, F. G., Berbara, R. L. L., & García, A. C. (2019). Foliar application of humic liquid extract from vermicompost improves garlic (*Allium sativum* L.) production and fruit quality. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 103-112.
- Barber, M.S., Bertram, R.E., & Ride, J.P. (1989). Chitin oligosaccharides elicit lignification in wounded wheat leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 34(1),3-12.
- Basit, A., Hassnain, M. A., Ullah, I., Shah, S. T., Zuhair, S. A., & Ullah, I. (2020). 13. Quality indices of tomato plant as affected by water stress conditions and chitosan application. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 9 (2), 1364-1375.
- Berezina, N. (2016). Production and application of chitin. *Physical Sciences Reviews*, 1(9), 1527 doi: 10.1515/psr-2016-0048
- Beşirli, G., Yanmaz, R., & Güçlü, D. (1999). Sarımsak yetiştiriciliğinde dış iriliğinin baş iriliği ve verime etkisi. *Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı*, 715-719, Ankara.
- Boonlertnirun, S., Sarobol, E. D., Meechoui, S., & Sooksathan, I. (2007). Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. *Agriculture and Natural Resources*, 41(1), 1-6.
- Castellanos, J. Z., Vargas-Tapia, P., Ojodeagua, J. L., Hoyos, G., Alcantar-Gonzalez, G., Méndez, F. S., ... & Gardea, A. A. (2004). Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and planting method. *HortScience*, 39(6), 1272-1277.
- Cemeroğlu, B., (2007). Gıda Analizleri, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 535s. Ankara.
- Chakraborty, M., Hasanuzzaman, M., Rahman, M., Khan, M. A. R., Bhowmik, P., Mahmud, N. U., Tanveer M. & Islam, T. (2020). Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer. *Agriculture*, 10(12), 624.
- Chanchan, M., Hore, J. K., & Ghanti, S. (2013). Response of garlic to foliar application of some micronutrients. *Journal of Crop and Weed*, 9(2), 138-141.
- Chen, Y. E., Yuan, S., Liu, H. M., Chen, Z. Y., Zhang, Y. H., & Zhang, H. Y. (2016). A combination of chitosan and chemical fertilizers improves growth and disease resistance in *Begonia* × *hiemalis* Fotsch. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 57(1), 1-10.

- Chibu, H., Shibayama, H., & Arima, S. (2002). Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese journal of crop science*, 71(2), 206-211.
- Choudhary, R. C., Kumaraswamy, R. V., Kumari, S., Sharma, S. S., Pal, A., Raliya, R., Biswas P. & Saharan, V. (2017). Cu-chitosan nanoparticle boost defense responses and plant growth in maize (*Zea mays* L.). *Scientific reports*, 7(1), 1-11.
- Demir, A., & Seventekin, N. (2009). Kitin, kitosan ve genel kullanım alanları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2), 92-103
- Dzung, N. A., Khanh, V. T. P., & Dzung, T. T. (2011). Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. *Carbohydrate polymers*, 84(2), 751-755.
- El Nagar, M. M., Shafshak, N. S. A., Sedera, F. A., Esmail, A. A., & Kamel, A. S. (2012). Effect of foliar spray by some natural stimulating compounds on growth, yield and chemical composition of peas (*Pisum sativum* L.). *Annals Of Agricultural Crop Sciences, Moshtohor*, 50(4), 463-472.
- El-Mohamedya, R. S. R., Abd El-Aziz, M. E., & Kamel, S. (2019). Antifungal activity of chitosan nanoparticles against some plant pathogenic fungi in vitro. *Agricultural Engineering International CIGR J*, 21, 201-209.
- Elsoud M.M.A. & El Kady E. (2019): Current trends in fungal biosynthesis of chitin and chitosan. *Bulletin of the National Research Centre*, 43,1-12.
- El-Tantawy & E. M. (2009). Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 12(17), 1164-1173.
- Erdemir, A. D. (2018). Türk Tıp Tarihinde Ünlü Türk Hekimi İbni Sina'nın Tıbbi Tedaviler Üzerinde Yorumlamaları. *Türk Dünyası Araştırmaları*, 118(232), 189-210.
- Esringü, A., Kotan, R., Bayram, F., Ekinci, M., Yıldırım, E., Nadaroğlu, H., & Katırcıoğlu, H. (2016). Sarımsak yetiştiriciliğinde farklı bakteri biyoformülasyonu uygulamalarının bitki gelişimi parametreleri, verim ve enzim düzeyleri üzerine etkisi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 214-227.
- Féréol, L., Chovelon, V., Causse, S., Michaux-Ferriere, N., & Kahane, R. (2002). Evidence of a somatic embryogenesis process for plant regeneration in garlic (*Allium sativum* L.). *Plant Cell Reports*, 21(3), 197-203.
- Francois, L. E. (1994). Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal*, 86(2), 233-237.

- García, M., Casariego, A., Diaz, R., & Roblejo, L. (2014). Effect of edible chitosan/zeolite coating on tomatoes quality during refrigerated storage. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 26(3).
- Genç, S. (2017) "Sarımsağın tarihçesi, türleri ve sarımsak ürünleri." *TKDK, Kırsal Kalkınma* 7.
- Ghasemnezhad, M., Shiri, M. A., & Sanavi, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian journal of environmental sciences*, 8(1), 25-33.
- Ghonaie, A. A., El-Nemr, M. A., Abdel-Mawgoud, A. M. R., & El-Tohamy, W. A. (2010). Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological, organic and nutritional solutions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 349-355.
- Gmaa, S. S. (2016). (Improving Yield, Quality And Storageability Of Garlic (*Allium sativum* L.) By Pre-Harvest Foliar Application), *Journal of Plant Production*, 7(1), 7-12.
- Górník, K., Grzesik, M., & Romanowska-Duda, B. (2008). The effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16, 333-343.
- Goy, R. C., Britto, D. D., & Assis, O. B. (2009). A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros*, 19, 241-247.
- Guan, Y., Hu, J., Wang, X., & Shao, C. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B*, 10(6), 427-433.
- Gursoy, M. (2022). Effect of foliar aminopolysaccharide chitosan applications under saline conditions on seedling growth characteristics antioxidant enzyme activity, chlorophyll and carotenoid contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, 54(5). [https://doi.org/10.30848/PJB2022-5\(15\)](https://doi.org/10.30848/PJB2022-5(15))
- Gülçur, F. (1974). Physical and chemical analysis methods of soil. Istanbul University Faculty of Forestry Publications No: 201, Istanbul.
- Humberto, I. O., Yovany, Q. O., Rosalina, D. C., Dolores, P. A., Maria, C. G., Sergio, G. S., & Olimpia, G. C. (2004). Micropropagation Del Ajo (*Allium sativum* L.). *Alimentaria*, 65.
- Iber, B. T., Kasan, N. A., Torsabo, D., & Omuwa, J. W. (2022). A review of various sources of chitin and chitosan in nature. *Journal of Renewable Materials*, 10(4), 1097.

- Iriti, M., & Faoro, F. (2008). Absciscic acid is involved in chitosan-induced resistance to tobacco necrosis virus (TNV). *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(12), 1106-1111.
- Iriti, M., Picchi, V., Rossoni, M., Gomasasca, S., Ludwig, N., Gargano, M., & Faoro, F. (2009). Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Environmental and Experimental Botany*, 66(3), 493-500.
- Iriti, M., Sironi, M., Gomasasca, S., Casazza, A. P., Soave, C., & Faoro, F. (2006). Cell death-mediated antiviral effect of chitosan in tobacco. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(11-12), 893-900.
- İbret, B. (2013). Türkiye'deki sarımsak tarımı ve Taşköprü sarımsağı üzerine coğrafi açıdan bir inceleme. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (12), 17-50.
- İpek, M. (2011). Sarımsak yetiştiriciliği (*Allium sativum* L.): Bahçe tarımı II. *Editörler: Şeniz, V., Erdoğan, V., Anadolu Üniversitesi, Eskişehir*, 171-173.
- Katiyar, D., Hemantaranjan, A., & Singh, B. (2015). Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(1), 1-9.
- Kaya, M., Mujtaba, M., Bulut, E., Akyuz, B., Zelencova, L., & Sofi, K. (2015). Fluctuation in physicochemical properties of chitins extracted from different body parts of honeybee. *Carbohydrate Polymers*, 132, 9-16.
- Kazakova, A. A., & Starokozhev, S. I. (1973). Keeping quality of garlic varieties in relation to their place of origin. *Trudy po prikladnoï botanike, genetike i selektsii*.
- Kendra, D. F., & Hadwiger, L. A. (1984). Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisatin formation in *Pisum sativum*. *Experimental mycology*, 8(3), 276-281.
- Khan, W. M., Prithviraj, B., & Smith, D. L. (2002). Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthetica*, 40(4), 621-624.
- Khoushab, F., & Yamabhai, M. (2010). Chitin research revisited. *Marine drugs*, 8(7), 1988-2012.
- Kim, E. K., Hahn, E. J., Murthy, H. N., & Paek, K. Y. (2003). High frequency of shoot multiplication and bulblet formation of garlic in liquid cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73(3), 231-236.
- Koch, H. P., & Lawson, L. D. (1996). *Garlic: The science and therapeutic application of Allium sativum L. and related species*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Kotagariwar, V. V., Choudhary, M. H., Damke, M. M., & Jadho, B. J. (1997). Effect of planting methods and clove size on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) cv Godawari. *Punjabrao Krishi Vidyapeeth Research Journal*, 21(2), 182-184.

- Kowalski, B., Terry, F. J., Herrera, L., & Peñalver, D. A. (2006). Application of soluble chitosan in vitro and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. *Potato research*, 49(3), 167-176.
- Koyuncu, M. (2012). Sarımsağın tarihçesi, kullanım alanları, sarımsağın faydaları. *Taşköprü Sarımsak Paneli Bildiri Notları*, 6, 11-19.
- Kulikov, S. N., Chirkov, S. N., Il'Ina, A. V., Lopatin, S. A., & Varlamov, V. P. (2006). Effect of the molecular weight of chitosan on its antiviral activity in plants. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 42(2), 200-203
- Kurtar, E. S. (2010). Dikim Sıklığının ve Yaprak Gübrelemesinin Sarımsakta (*Allium sativum* L.) Bazı Kalite Özellikleri ve Verim Üzerine Etkileri. *Türkiye VIII. Sebzeçilik Sempozyumu*.
- Kurtuluş, G., & Vardar, F. (2020). Kitosanın Özellikleri, Uygulama Alanları, Bitki Sistemlerine Etkileri. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), 258-269.
- Lizárraga-Paulín, E. G., Torres-Pacheco, I., Moreno-Martínez, E., & Miranda-Castro, S. P. (2011). Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology*, 10(34), 6439-6446.
- Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan effects on plant systems. *International journal of molecular sciences*, 17(7), 996.
- Malerba, M., & Cerana, R. (2019). Recent applications of chitin-and chitosan-based polymers in plants. *Polymers*, 11(5), 839
- Martin-Urdiroz, N., Garrido-Gala, J., Martin, J., & Barandiaran, X. (2004). Effect of light on the organogenic ability of garlic roots using a one-step in vitro system. *Plant cell reports*, 22(10), 721-724.
- Mondal, M. M., Malek, M. A., Puteh, A. B., Ismail, M. R., Ashrafuzzaman, M., & Naher, L. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*, 6(5), 918-921.
- Moon, Y. H., Lee, J. H., Ahn, B. K., Choi, I. Y., & Cheong, S. S. (2012). Effects of chitosan on red pepper (*capsicum annuum* L.) cultivation for eco-friendly agriculture. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 45(4), 635-641.
- Moreira, M. D. R., Ponce, A., Ansorena, R., & Roura, S. I. (2011). Effectiveness of edible coatings combined with mild heat shocks on microbial spoilage and sensory quality of fresh cut broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Journal of food science*, 76(6), M367-M374.
- Mukhopadhyay, M. J., Sengupta, P., Mukhopadhyay, S., & Sen, S. (2005). In vitro stable regeneration of onion and garlic from suspension culture and chromosomal instability in solid callus culture. *Scientia horticulturae*, 104(1), 1-9.

- Nasir, S., Regasa, T., & Yirgu, M. (2017). Influence of clove weight and planting depth on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural e Environmental Sciences*, 17, 315-319.
- Ohta, K., Morishita, S., Suda, K., Kobayashi, N., & Hosoki, T. (2004). Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 73(1), 66-68.
- Özaydin, A. G., Arin, E., & Önem, E. (2020). Türk Mutfağında Yeni Bir Fonksiyonel Gıda Olarak Siyah Sarımsak (*Allium sativum* L.): Fenolik Madde İçeriği ve Bakteriyel İletişim (Quorum Sensing) Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 18(1), 27-35. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.730036>
- Özçelik, S., Sümer, Z., Değerli, S., Ozan, F., & Sökmen, A. (2007). Sarımsak (*Allium Sativum*) özütü skolosidal ajan olarak kullanılabilir mi. *Türkiye Parazitoloj Derg*, 31(4), 318-321.
- Özsoy, G. (1988). Sarımsağın farmakolojik özellikleri. *Uzmanlık tezi. Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Farmakoloji Ana Bilim Dalı*, Kayseri.
- Parvin, M. A., Zakir, H. M., Sultana, N., Kafi, A., & Seal, H. P. (2019). Effects of different application methods of chitosan on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 4(3), 261-267.
- Peker, S. (2019). Diyarbakır koşullarında sarımsak yetiştiriciliğinde farklı dikim tarihlerinin hasat, verim ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 70s
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M. S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., & Scortichini, M. (2015). Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*, 4(4), 501-523.
- Phothi, R., & Theerakarunwong, C. D. (2017). Effect of chitosan on physiology, photosynthesis and biomass of rice ('*Oryza sativa*'L.) under elevated ozone. *Australian Journal of Crop Science*, 11(5), 624-630.
- Rabêlo, V. M., Magalhães, P. C., Bressanin, L. A., Carvalho, D. T., Reis, C. O. D., Karam, D., ... & Souza, T. C. D. (2019). The foliar application of a mixture of semisynthetic chitosan derivatives induces tolerance to water deficit in maize, improving the antioxidant system and increasing photosynthesis and grain yield. *Scientific reports*, 9(1), 1-13
- Rahman, M., Mukta, J. A., Sabir, A. A., Gupta, D. R., Mohi-Ud-Din, M., Hasanuzzaman, M., Miah, M. G., Rahman, M., & Islam, M. T. (2018). Chitosan biopolymer promotes yield and stimulates accumulation of antioxidants in strawberry fruit. *One*, 13(9), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203769>

- Rajalakshmi, A., Krithiga, N., & Jayachitra, A. (2013). Antioxidant activity of the chitosan extracted from shrimp exoskeleton. *Middle-East Journal of Scientific Research* 16(10), 1446-1451.
- Ramos-García, M., Ortega-Centeno, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Alia-Tejagal, I., Bosquez-Molina, E., & Bautista-Baños, S. (2009). Response of gladiolus (*Gladiolus* spp) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. *Scientia Horticulturae*, 121(4), 480-484.
- Raymond, L. V., Zhang, M., & Azam, S. R. (2012). *Effect of chitosan coating on physical and microbial characteristics of fresh-cut green peppers (Capsicum annuum L*
- Rinaudo, M. (2008). Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials. *Polymer International*, 57(3), 397-430.
- Sabuncu, A. B. (2005). Çinkonun sarımsak (*Allium Sativum L.*)’ta verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Salachna, P., & Zawadzińska, A. (2014). Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of potted freesia. *Journal of Ecological Engineering*, 15(3).
- Sandeep, A., Sangameshwar, K., Mukesh, G., Chandrakant, R., & Avinash, D. (2013). A brief overview on chitosan applications., 13(2), 1564-1574.
- Sapt, W. M., Metwally, H. G., Shehata Omran, A. E., & Ragab, M. E. (2019). *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 27(3), 1947-1953.
- Sathiyabama, M., & Charles, R. E. (2015). Fungal cell wall polymer based nanoparticles in protection of tomato plants from wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Carbohydrate polymers*, 133, 400-407.
- Sekiguchi, S., Miura, Y., Kaneko, H., Nishimura, S. I., Nishi, N., Iwase, M., & Tokura, S. (1994). Molecular weight dependency of antimicrobial activity by chitosan oligomers. In *Food hydrocolloids* (pp. 71-76).
- Selen, A. (2014). Sarımsak *Allium sativum L.* Tüketiminin İnsan Sağlığına Yararları. *Akademik Gıda*, 12(2), 95-100.
- Shahidi, F., & Abuzaytoun, R. (2005). Chitin, chitosan, and co-products: Chemistry, production, applications, and health effects *Advances in food and nutrition research*, 49(4), 93-137.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. *Biomolecules*, 11(6), 819.
- Shalaby, T. A., & El-Ramady, H. (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 8(2), 271-275.

- Shehata, S. A., Fawzy, Z. F., & El-Ramady, H. R. (2012). Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(4), 63-71.
- Simon, P. W., & Jenderek, M. M. (2004). Flowering, seed production, and the genesis of garlic breeding. *Plant breeding reviews*, 23, 211-244.
- Stasińska-Jakubas, M., & Hawrylak-Nowak, B. (2022). Protective, Biostimulating, and Eliciting Effects of Chitosan and Its Derivatives on Crop Plants. *Molecules*, 27(9), 2801
- Sudarshan, N. R., Hoover, D. G., & Knorr, D. (1992). Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnology*, 6(3), 257-272
- Sultana, S., Dafader, N. C., Kabir, H., Khatun, F., Rahman, M., & Alam, J. (2015). Application of oligo-chitosan in leaf vegetable (spinach) production. *Nuclear Science Applications*, 24, 55-56.
- Sultana, S., Islam, M., Khatun, M. A., Hassain, M., & Huque, R. (2017). Effect of foliar application of oligo-chitosan on growth, yield and quality of tomato and eggplant. *Asian Journal of Agricultural Research*, 11(2), 36-42.
- Synowiecki, J., & Al-Khateeb, N. A. (2003). Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives.
- Tazıcı, K. N. (1996). Klinik materyallerden izole edilen çeşitli mikroorganizmalara karşı sarımsağın (*Allium sativum*) etkisinin araştırılması. Uzmanlık tezi. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı* Ankara.
- Turan, M. A., Taban, S., Sezer, S. M., & Türkmen, N. (2013). Selenyumca zenginleştirilmiş sarımsak üretimi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 19-26.
- Turfan, N. (2020). Variation in Chemicals and Growth Parameters of Taşköprü Garlic. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(4), 847-854.
- Turfan, N. (2021). Effect of Different Organic Manures Application on the Bioactive Compound and Yield of Taşköprü Garlic (*Allium sativum* L.) under 50% Drought. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 264-275.
- URL-1 <https://garlicstore.com/garlic/garlic-varieties-the-complete-guide-on-all-types-of-garlic>, Erişim Tarihi, 11/05/2021
- URL-2 <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> , Erişim Tarihi,22/10/2021
- URL-3 <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/kastamonu/taskoeprue-19450/#climate-graph>, Erişim Tarihi, 03/02/2022

- URL-4 From Chitin to Chitosan. Available online: http://www.glycopedia.eu/IMG/pdf/from_chitin_to_chitosan-2.pdf. (Erişim tarihi, 17/10/2021).
- Vasconcelos, M. W. (2014). Chitosan and chitooligosaccharide utilization in phytoremediation and biofortification programs: Current knowledge and future perspectives. *Frontiers in plant science*, 5, 616.
- Vural, H. Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). *Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir*, 440 s.
- Wang, Y., Du, H., Xie, M., Ma, G., Yang, W., Hu, Q., & Pei, F. (2019). Characterization of the physical properties and biological activity of chitosan films grafted with gallic acid and caffeic acid: A comparison study. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100401.
- Wójcik, W., & Zlotek, U. (2008). Use of chitosan film coatings in the storage of carrots (*Daucus carota*). *Progress on Chemistry and Application of Chitin and its Derivatives*, 13, 141-148.
- Xu, D., Li, H., Lin, L., Liao, M. A., Deng, Q., Wang, J., ... & Xia, H. (2020). Effects of carboxymethyl chitosan on the growth and nutrient uptake in *Prunus davidiana* seedlings. *Physiology and molecular biology of plants*, 26(4), 661-668.
- Yang, F., Hu, J., Li, J., Wu, X., & Qian, Y. (2009). Chitosan enhances leaf membrane stability and antioxidant enzyme activities in apple seedlings under drought stress. *Plant Growth Regulation*, 58(2), 131-136.
- Yin, H., Bai, X., & Du, Y. (2008). The primary study of oligochitosan inducing resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* on *Brassica napus*. *Journal of Biotechnology*, (136), S600-S601.
- Zeng, D., & Luo, X. (2012). Physiological effects of chitosan coating on wheat growth and activities of protective enzyme with drought tolerance. *Open Journal of Soil Science*, 2(03), 282.
- Zhang, Y., Zhang, M., & Yang, H. (2015). Postharvest chitosan-g-salicylic acid application alleviates chilling injury and preserves cucumber fruit quality during cold storage. *Food chemistry*, 174, 558-563.
- Zheng, K., Lu, J., Li, J., Yu, Y., Zhang, J., He, Z., Ismail, O. M., Wu, J., Xie, X., & Li, X. (2021). Efficiency of chitosan application against *Phytophthora infestans* and the activation of defence mechanisms in potato. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1670-1680.
- Zong, H., Liu, S., Xing, R., Chen, X., & Li, P. (2017). Protective effect of chitosan on photosynthesis and antioxidative defense system in edible rape (*Brassica rapa* L.) in the presence of cadmium. *Ecotoxicology and environmental safety*, 138, 271-278.