



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KAPLAMA MATERYALLERİNİN
BAZI BAKLAGİL TOHUMLARINA
AŞILANMIŞ RHİZOBİUM BAKTERİLERİNİN
RAF ÖMRÜNE ETKİSİ

Gülnisa CİNFİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

TEMMUZ-2022

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Gülnisa CİNFİR tarafından hazırlanan “Farklı Kaplama Materyallerinin Bazı Baklagil Tohumlarına Aşılantmış Rhizobium Bakterilerinin Raf Ömrüne Etkisi” adlı tez çalışması 27/07/2022 tarihinde aşğıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri yeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA

.....

Danışman

Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA

.....

ye

Dr. Öğr. Üyesi Münüre TANUR ERKOYUNCU

.....

ye

Dr. Öğr. Üyesi Funda IRMAK YILMAZ

.....

ye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 20201023 nolu proje ile desteklenmiştir

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Öğrencinin Adı SOYADI

Gülnisa CİNFİR

Tarih: 27/07/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KAPLAMA MATERYALLERİNİN BAZI BAKLAGİL TOHUMLARINA AŞILANMIŞ RHİZOBİUM BAKTERİLERİNİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİ

Gülnisa CİNFİR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA

2022, 91 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA

Dr. Öğr. Üyesi Münüre TANUR ERKOYUNCU

Dr. Öğr. Üyesi Funda IRMAK YILMAZ

Biyolojik gübreler, son zamanlarda kimyasal gübrelerin mevcut zararlarını azaltmak amacıyla önerilen alternatiflerden birisidir. Son yıllarda biyolojik gübrelerin kullanımı artma eğilimi göstermiş ancak kullanımındaki hassasiyetler olduğu için mikrobiyal gübrelerin kullanımının az ya da hiç uygulanmadığı görülmüştür. Azot bağlayıcı bakteri grubu olarak bilinen rhizobium bakterileri sürdürülebilir tarımda çok önemlidir. Bakteriler tarafından bağlanan azot kimyasalların negatif etkisini baskılamak ve bununla birlikte daha iyi bitki beslemeyi sağlamak için biyolojik gübre olarak kullanılmaktadır. Rhizobium bakterisi biyolojik azot fiksasyonu yeteneğine sahiptir, bu sayede azot kazancını ve ürün verimliliğini artırabilir. Baklagil tohumlarına rhizobium bakterisinin aşılmasında yaygın olarak

kullanılan katı ve sıvı formülasyonlar, depolama ve alan uygulaması sırasında mikroorganizmaların düşük canlılığı ile ilgili olarak çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunları gidermek veya en aza indirebilmek için rhizobium bakterisi aşılama tohumlarına farklı biyomateryaller (kitosan, sodyum aljinat) kaplanarak bakterinin canlılığını uzun süre koruyabilmesi ve bazı baklagil bitkilerinin bazı verim unsurlarına ve nodülasyonuna etkisi planlanmıştır. Bu amaçla; bazı fasulye (Akman 98, Yunus 90) ve nohut (Azkan) tohumlarının yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra, rhizobium bakterisinin bitkiye göre suşları tohumlara aşılama, tohumların yüzeyleri kitosan ve sodyum aljinat gibi biyopolimerler ile kaplanmıştır. Araştırmada bazı fasulye ve nohut bitkilerinin tohumlarına sıvı formülasyonda (1×10^8 CFU) bakteri aşılama yapılmıştır. Tohumlara aşılama bakterilerinin üzeri %1'lik konsantrasyonlarda hazırlanmış olan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanmıştır. Aşılama ve kaplama yapılan tohumlar ışık almayan bir yerde kurutulduktan sonra 3 ay süresince muhafaza edilmiştir. 90 günlük süre sonunda steril kum ve perlit içeren saksılara fasulye ve nohut tohumları ekilerek, kontrollü şartlarda sera denemesi kurulmuştur. Bitkiler çiçeklenme döneminden sonra (%50'sini geçtikten sonra) hasat edilmiş ve bazı ölçümler (üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam ve kökte azot) yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; bazı baklagil bitkilerinin (Akman 98, Yunus 90 ve Azkan) tohumlarına rhizobium bakterisi aşılama sonrasında tohumların yüzeyinin kitosan ve sodyum aljinat gibi biyopolimerlerle kaplamalarının etkisi yapılan uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklı olmuş ve bu farklılıklar genellikle istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Sonuç olarak; kitosan ve sodyum aljinat antibakteriyel özelliğe sahip olmasından dolayı bakteri canlılığını başlangıçta azaltmış olabileceği düşünülmüştür. Ancak biyomateryallerle kaplama yapıldıktan sonra tohumların 3 ay muhafaza süresi içerisinde bakterinin canlılığını koruduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Fasulye, kaplama, kitosan, nohut, rhizobium aşılama, sodyum aljinat,

ABSTRACT

MS THESIS

**THE EFFECT OF DIFFERENT COATING MATERIALS ON SHELF LIFE OF
RHIZOBIUM BACTERIA INOCULATED TO SOME LEGUME SEEDS**

Gülnisa CNFR

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELUK UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Associate Professor Ummahan ETN KARACA

2022, 91 Pages

Jury

Associate Professor Ummahan ETN KARACA

Assistant Professor Mnre TANUR ERKOYUNCU

Assistant Professor Funda IRMAK YILMAZ

Biological fertilizers is the alternative way to reduce the existing damage of chemical fertilizers nowadays. In recent years usage of biological fertilizers is increasing but there is a fact that usage of microbiological fertilizers is decreasing or laborers dont use in common fertilizers program for cultivation field due to precision usage procedure of microbiological fertilizers. Bacteria of nitrogen-fixer as known as Rhizobium is crucial for sustainable agriculture. Bacteria which bounds nitrogen in the air suppresses the negative effects of nitrogen chemical after all may be used as a biological fertilizers for a better plant nutrition. Rhizobium bacteria has a capability of fixing nitrogen, thus it may increase total nitrogen

content and may have positive effects on yield. The common manner of inoculate of Rhizobium for leguminous seeds as a which is solid and liquid formulation causes problems about storage and field application due to liveliness of microorganism. The seed which is already inoculated Rhizobium may coat with biomaterials (chitosan, sodium alginate) to keep more liveliness of bacteria and also this progress factor of yield and nodulation in some leguminous seeds and as a result clarify this problem or curtail the problem. For that purpose; some beans (Akman 98, Yunus 90) and chickpea (Azkan) seeds after the surface sterilization the Rhizobium bacteria inoculated by bacteria strain to seeds according to plant after this step the seeds coated with biopolymers which are chitosan and sodium alginate. In this research bacteria is inoculated (1×10^8 CFU) in liquid formulation into some bean and chickpea seeds. Seeds which are inoculated with the bacteria coated with 1% concentration of biopolymers which are chitosan and sodium alginate. Seeds are inoculated and coated in a unlit place after the progress of inoculating and coating the seeds stayed in a unlit place for three months. After 90 days period the seeds which are inoculated and coated before be planted into the flower pod which had mixture of sterile sand and perlite for testing under controlled greenhouse standards. Plants are harvested after the bloom season (After passing 50%) and some measurements (upper parts, length of root, upper part dry and wet weight, root wet and dry weight, number of nodule and nodule weights and upper parts nitrogen) were calculated. According to the results of the research; after inoculation of rhizobium bacteria on the seeds of some leguminous plants (Akman 98, Yunus 90 and Azkan), there were differences between the applications and maintenance periods under the influence of the coating of the training with biopolymers such as chitosan and sodium alginate, and for this purpose required ($p < 0.01$). As a result; Since chitosan and sodium alginate have antibacterial properties, it was thought that they may have reduced bacterial viability at the beginning. However, after coating with biomaterials, it was observed that the seeds preserved the viability of the bacteria within 3 months of storage.

Keywords: Beans, coating, chitosan, chickpeas, rhizobium inoculation, sodium alginate,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda, planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden her zaman yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmesiyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA'ya sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca desteğini hiç esirgemeyip yüksek lisans tez sürecinde de hep yanımda olup, beni destekleyen biricik babam Veyis PİLGİR, annem Nihal PİLGİR, ablam Büşra ÇETECİ ve yeğenim Lina ÇETECİ' ye teşekkürler ederim.

Sağ omzumu hep yasladığım, her zaman desteğini sonsuz hissettiğim can parçam eşim Muhammed CİNFİR'e teşekkür ederim.



Gülnisa CİNFİR

KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	11
3. 1. Denemede Kullanılan Materyaller.....	11
3. 1. 1. Denemede kullanılan ortam.....	11
3. 1. 2. Denemede kullanılan saksılar.....	11
3. 1. 3. Denemede kullanılan biyomateryaller.....	11
3. 1. 3. 1. Kitosan.....	11
3. 1. 3. 2. Sodyum aljinat.....	11
3. 1. 4. Denemede kullanılan biyolojik gübreler.....	11
3. 1. 4. 1. Rhizobium phaseoli.....	11
3. 1. 4. 2. Rhizobium cicer.....	11
3. 1. 5. Denemede kullanılan baklagil tohumları.....	12
3. 1. 5. 1. Akman 98.....	12
3. 1. 5. 2. Yunus 90.....	12

3. 1. 5. 3. Azkan.....	12
3. 2. Metot.....	12
3. 2. 1. Denemede yapılan analizler.....	15
3. 2. 1. 1. Bitki üst aksam uzunluğu.....	15
3. 2. 1. 2. Bitki üst aksam yaş ağırlığı.....	15
3. 2. 1. 3. Bitki üst aksam kuru ağırlığı.....	15
3. 2. 1. 4. Bitki kök uzunluğu.....	15
3. 2. 1. 5. Bitki kök yaş ağırlığı.....	15
3. 2. 1. 6. Bitki kök kuru ağırlığı.....	15
3. 2. 1. 7. Nodül sayısı.....	15
3. 2. 1. 8. Nodül ağırlığı.....	15
3. 2. 1. 9. Bitki üst aksam azot.....	16
3. 2. 1. 10. Bitki Kök azot.....	16
3. 3. İstatistiksel Analizler.....	16
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	17
4. 1. Akman 98 Fasulye Çeşidinin Bazı Verim Unsurları.....	17
4. 1. 1. Bitki üst aksam uzunluğu.....	17
4. 1. 2. Bitki kök uzunluğu.....	19
4. 1. 3. Bitki üst aksam yaş ağırlık.....	20
4. 1. 4. Bitki üst aksam kuru ağırlık.....	21
4. 1. 5. Bitki kök yaş ağırlık.....	22
4. 1. 6. Bitki kök kuru ağırlık.....	23
4. 1. 7. Nodül sayısı.....	24
4. 1. 8. Nodül ağırlığı.....	26

4. 1. 9. Bitki üst aksam azot.....	27
4. 1. 10. Bitki kök azot.....	29
4. 2. Yunus 90 Fasulye Çeşidinin Bazı Verim Unsurları.....	32
4. 2. 1. Bitki üst aksam uzunluğu.....	32
4. 2. 2. Bitki kök uzunluğu.....	33
4. 2. 3. Bitki üst aksam yaş ağırlık.....	34
4. 2. 4. Bitki üst aksam kuru ağırlık.....	35
4. 2. 5. Bitki kök yaş ağırlık.....	37
4. 2. 6. Bitki kök kuru ağırlık.....	38
4. 2. 7. Nodül sayısı.....	39
4. 2. 8. Nodül ağırlığı.....	41
4. 2. 9. Bitki üst aksam azot.....	42
4. 2. 10. Bitki kök azot.....	44
4. 3. Azkan Nohut Çeşidinin Bazı Verim Unsurları.....	47
4. 3. 1. Bitki üst aksam uzunluğu.....	47
4. 3. 2. Bitki kök uzunluğu.....	48
4. 3. 3. Bitki üst aksam yaş ağırlık.....	49
4. 3. 4. Bitki üst aksam kuru ağırlık.....	50
4. 3. 5. Bitki kök yaş ağırlık.....	52
4. 3. 6. Bitki kök kuru ağırlık.....	53
4. 3. 7. Nodül sayısı.....	54
4. 3. 8. Nodül ağırlığı.....	56
4. 3. 9. Bitki üst aksam azot.....	58
4. 3. 10. Bitki kök azot.....	59

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	74



TABLO LİSTESİ

- Tablo 1. Rhizobium bakterisi aşılannmış tohumlara kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması ve muhafaza sürelerinin Akman 98 kuru fasulye çeşidinde bazı verim unsurları ve nodülasyonuna etkisi.....31
- Tablo 2. Rhizobium bakterisi aşılannmış tohumlara kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması ve muhafaza sürelerinin Yunus 90 kuru fasulye çeşidinde bazı verim unsurları ve nodülasyonuna etkisi46
- Tablo 3. Rhizobium bakterisi aşılannmış tohumlara kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması ve muhafaza sürelerinin Azkan nohut çeşidinde bazı verim unsurları ve nodülasyonuna etkisi61

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1. Deneme deseni.....13
- Şekil 2. Akman 98, Yunus 90 fasulye çeşitleri ve Azkan nohut çeşidinin tohum ekimlerinden görüntüler.....14
- Şekil 3. Akman 98, Yunus 90 fasulye çeşitleri ve Azkan nohut çeşidinin sera denemesi görüntüleri.....14
- Şekil 4. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksam uzunluğuna etkisi.....18
- Şekil 5. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kök uzunluğuna etkisi.....19
- Şekil 6. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksam yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi.....20
- Şekil 7. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksam kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi.....22
- Şekil 8. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kök yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi.....23
- Şekil 9. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kök kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi.....24
- Şekil 10. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi.....25
- Şekil 11. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi.....27

Şekil 12. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksamındaki azot içeriğine (%) etkisi.....	28
Şekil 13. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%) etkisi.....	30
Şekil 14. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksam uzunluğuna etkisi.....	32
Şekil 15. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kök uzunluğuna etkisi.....	33
Şekil 16. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksam yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	35
Şekil 17. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksam kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	36
Şekil 18. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kök yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	37
Şekil 19. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kök kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	39
Şekil 20. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi.....	40
Şekil 21. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	42
Şekil 22. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksamındaki azot içeriğine (%) etkisi.....	43

Şekil 23. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%) etkisi.....	44
Şekil 24. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksam uzunluğuna etkisi.....	47
Şekil 25. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kök uzunluğuna etkisi.....	48
Şekil 26. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksam yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	50
Şekil 27. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksam kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	51
Şekil 28. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kök yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	53
Şekil 29. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kök kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	54
Şekil 30. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi.....	55
Şekil 31. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi.....	57
Şekil 32. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksamdaki azot içeriğine (%) etkisi.....	58
Şekil 33. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%) etkisi.....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR

N : Azot

P: Fosfor

K: Potasyum

C: Karbon

%: Yüzde

°C: Derece santigrat

µg: Mikrogram

g: Gram

kg: Kilogram

L: Litre

ml: Mililitre

da: dekar

ha: hektar

cm: Santimetre

CFU: Colony Forming Unit (Koloni oluşturan ünite)

NaClO: Sodyum hipoklorit

1. GİRİŞ

Gıda üretimindeki en büyük sorunlardan biri, bitkilerin üretimi sırasında çevreye, gıda güvenliğine ve dolayısıyla insan sağlığına ciddi olumsuz etkileri olan toksik tarım kimyasallarının aşırı kullanımudur. Araştırmacılar, giderek zirai kimyasalların kullanımını bırakmak veya en azından sınırlamak için bitkileri işlemenin doğal yollarına daha fazla yönelmektedirler. Kimyasal gübrelerin aşırı ve yanlış uygulanmasının olumsuz etkileri dünya çapında mikrobiyal inokulant gelişiminin artışa neden olmuştur (Malusa ve Vassilev 2014; Kaur ve Kaur, 2018).

Kimyasalların aşırı kullanımlarını azaltmanın yollarından biri mikroorganizmalar ve kimyasal ajanların kontrollü ve hedefli dağıtımıdır. Kapsülleme yöntemiyle uygun, kontrollü ve hedeflenen dağıtım gerçekleştirilebilir ve bunun, organik ve sürdürülebilir mahsul üretimi için besinleri sağlamanın uygun bir yolu olduğu kanıtlanmıştır. Biyolojik ve kimyasal ajanların kapsüllemesinin başlıca faydaları arasında sürekli ve kontrollü salım, daha yüksek verimlilik ve çevre üzerinde nispeten olumlu etkisi yer alır (John ve ark. 2011).

Topraklarda mikrobiyal populasyon biyotik ve abiyotik faktörlere bağlıdır. Formülasyonun ana rolü toprakta uzun süre hayatta kalabilmek için daha uygun bir çevre sağlamaktır. Kapsülleme yani kaplama yönteminin, bakteri kültürlerinin hayatta kalma oranını ve kolay dağıtımını arttırmaya yardımcı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bakteri hücrelerini zararlı ortamdan da korur ve böylece hücre kaybını azaltır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, polimer bazlı birçok deneysel formülasyonun yapılmış olduğunu (Bashan, 1998) ve potansiyel bakteri taşıyıcıları olduğunu göstermiştir (Junng ve ark. 1982). Kapsüllemeye kullanılan polimerler toprak mikroorganizmaları tarafından parçalandığında bakteriyi toprağa yavaşça salıvermeyi sağlamışlar ve biyotik ve abiyotik streslere karşı mikroorganizmaları korumuşlardır (Bashan, 1998). Tohum yüzeyine aşılana bakterinin kaplanması depolama süresince hücre canlılığını artırabilir ve kaplanmış bakteri hücreleri, uzun vadeli iyileştirme etkinliği olan yavaş ve kontrol edilebilir bir yöntemle hedeflenen ortama salınabilir. Ayrıca, uzun bir depolama süresinden sonra bakteriler bitki büyümesini arttırma yeteneklerini kaybetmemiş olurlar.

Mikroenkapsülasyon (kaplama materyalleri ile kaplama) tekniğinde kaplama materyali olarak çoğunlukla, nişasta, kitosan, aljinat gibi karbonhidratlar; metil selüloz, etil selüloz gibi selülozlar; arap zamkı, karragenan gibi zamklar; mum,

parafin gibi yağlar; gluten, kazein gibi proteinler kullanılmaktadır. Biyolojik olarak parçalanabilen polimerler mikropartiküller hazırlamak ve çevre için güvenli oldukları ve genellikle toksik olmadıkları için kullanılırlar (Kumari ve ark. 2010).

Biyopolimer mikropartiküller içine kapsülleme, ekolojik ve sürdürülebilir bitki üretimi için daha yüksek verimlilik ve çevre güvenliği ile kontrollü salım sunarken aktif maddelerin korunmasını ve hedeflenen dağıtımını sağlar. Biyolojik ajanların kapsüllemesi, büyüme için güvenli bir ortam sağlarken koruma sağlar ve bekasını artırır. Kimyasal ve biyolojik ajanlarla yüklü mikropartiküllerin uygulanması, bitki metabolitlerinin sentezini uyarmak için yenilikçi bir yol sunar. Bu, bitkilerin zararlılara ve patojenlere karşı savunmasını artırır ve daha kaliteli gıda üretimiyle sonuçlanır. İyonik jelleşme, yeni nesil biyopolimerler aljinat ve kitosan bazlı biyopolimerik mikropartiküllerin geliştirilmesinde sürdürülebilir bir yöntem olarak sunulmuştur.

Simbiyotik azot fiksasyonu tarımda büyük bir öneme sahiptir. Ancak nodulasyon sıklıkla çeşitli biyotik ve abiyotik streslerle sınırlandırılır. Özellikle tohum aşılması, toprakta rhizobium olmadığı veya düşük canlılık sergilediği zaman tavsiye edilir. Baklagil bitkilerinin yetiştiriciliğinde özellikle organik madde yönüyle fakir olan topraklarda tabi olarak rhizobium popülasyonunun yeterli olmaması nedeniyle söz konusu biyogübrelerin kullanımının yaygınlaştırılması azotlu gübre kullanımının ve çevreye olumsuz etkilerinin azaltılmasına çok önemli katkılar sağlayabilir. Rhizobium bakterilerinin doğal, ucuz ve yaygın bulunan biyomateryaller ile tohuma kaplanabilmesi biyolojik gübre kullanılabilirliğinin artışına neden olabilir. Bu nedenle çalışmada; canlı hücreleri muhafaza etme ve destekleme kapasitelerine bağlı olarak bazı baklagil bitkilerinin tohumlarına rhizobium bakterisi aşılandıktan sonra tohum kabuğuna kitosan ve sodyum aljinat gibi biyomateryallerin kaplanması ve muhafaza süresinin fasulye ve nohut tohumlarında bakterinin canlılığını ne kadar sürede koruyabileceği araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yemelik baklagiller bünyelerinde yüksek miktarda protein bulduklarını için beslenmede büyük önem taşırlar ve bu yüzden taneleri insan beslenmesinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Biyolojik azot fiksasyonu, toprak verimliliği ve ekim münavebesindeki önemli bakımından da tarla bitkileri yetiştiriciliğinin olmazsa olmaz bitkileridir.

Türkiye, baklagillerin gen merkezi olarak kabul edilen verimli hilal'in en önemli parçasıdır (Adak ve ark. 2010). Besin içerikleri yönünden zengin oldukları gibi yetiştirildikleri toprağa da pozitif etkileri olmaktadır. Havanın serbest azotunu toprağa bağlama özelliklerinden dolayı hem çevre açısından hem de sürdürülebilirliğin açısından baklagil bitkilerinin önemleri artmaktadır. Baklagiller ile simbiyoz yaşayan Rhizobium türü bakteriler, havada serbest halde bulunan azotu yaşadıkları ortama bağlayarak toprağı organik azotça zenginleştirirler ve ihtiyaçlarını bu azottan sağlarlar. Yemelik baklagillerin toprağa bağladıkları azot miktarı çeşide ve çevre koşullarına göre, yılda 5-20 kg/da arasında değişmektedir (Şehirali, 1988).

Rizosferdeki mikrobiyal sinerji, bitki ve toprak verimliliğinin sürdürülmesinde önemli bir faktördür. Toprak bakterileri, bitkide mevcut besinlerin rezervini iyileştiren faaliyetler olan topraktaki aktivitelere müdahale ederek bitki büyümesini uyarır (Glick, 1995). Kimyasal gübre kullanımından kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmak için rizobakteriler gereklidir (Malusa ve ark., 2012). Tohum kaplama, biyotik ve abiyotik stresleri azaltmak için tarımda etkili bir araç olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede bitkilerin büyümesi, verimi ve sağlığını artırmaktadır (Ma, 2019). Yaygın olan tohum kaplama türleri tohum sargı, film kaplama ve peletleme olarak bildirilmiştir (Rocha ve ark., 2019).

Kitin, N-Asetil-D-glukozamin monomerlerinin Glc-NAc β -1,4 bağıyla bağlanması ile oluşmuş, selülozdan sonra en bol bulunan yenilenebilen doğal bir kaynaktır. Mantarların hücre duvarlarının ana bileşeni, kalamar ve ahtapot da dahil olmak üzere, eklembacaklılar, kabuklular, yengeç, ıstakoz, karides, böcekler, yumuşakçalar kafadan bacaklıların iskeletini oluşturmaktadır. Kitin bu kaynaklardan kimyasal yollarla elde edilmektedir. Kitinin kısmi deasetilasyonu ile meydana gelen kitosan, antimikrobiyal, antifungal ve insektisidal aktiviteye sahip olduğundan biyokontrol amacıyla kullanılmaktadır. Kitosanın çok sayıda tarım ürünüde toprak ve yaprak patojenlerinin gelişimini engellediği, bitkilerde direnç mekanizmasını

artırdığı ayrıca ürünlerin raf ömrünü uzattığı kanıtlanmıştır. Kitosan ve türevleri biyomedikal, gıda, ziraat, atık su arıtımı gibi birçok alanda kullanım olanakları ile ilgi çekmektedir. Tarımsal ürünlerde küf, patojen ve diğer zararlıların gelişiminin engellenmesi ve/veya azaltılması ayrıca ürünlerin raf ömrünün uzatılması için doğal ürünlerin kullanılması konusunda yaygın araştırmalar yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır (İmamoglu, 2011).

Kitosan, çoğunlukla yengeç, istakoz, karides gibi kabuklu su canlılarının iskeletinde yaygın olarak bulunan kitinden deasetilasyon yöntemiyle elde edilmektedir. Kitosan antiviral, antibakteriyel ve antifungal özelliğe sahip olmasının yanında, bitkilerin savunma sistemini de teşvik ederek hastalıkların kontrolü ve yayılmalarının azaltılmasında da etkili bir ajandır. Bunun yanında bulunduğu ortamda (su, toprak vb.) metal iyonlarını şelatlaması ve bitkilerin toksik etkili metallerin alınımını engellemesi nedeniyle tarım alanında iyileştirmede de kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çok sayıdaki çalışmaya rağmen kitosanın bitkilerdeki etki mekanizması tam olarak aydınlatılamamıştır. Kitosanla ilgili detaylı çalışmaların artması, tarımsal alanlarda kitosan kullanımı ile ürünlerden yüksek verim alınabilmesi için yardımcı olacaktır (Vasconcelos, 2014; Malerba ve ark. 2016).

Polikatyonik özelliğe sahip olan kitosanın, bakteri ve funguslara karşı etkilerinin yanı sıra, antioksidan etkileri, yüksek adsorbsiyon kapasitesi, jel oluşturma kabiliyeti ve şelat oluşturma yeteneği de bulunmaktadır. Kitosanın gıdalarda kullanımı, bağırsaklarda yağ emilimini azaltmakta ve plazma kolesterolü ve trigliseridler seviyelerini düşürmektedir. Bununla birlikte toksik olmamaları, vücutta parçalanabilmeleri, ekonomik olmaları da gıdalarda kullanım potansiyellerini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda bakteriyi koruma başarısı, parçalanabilir kitosan/alginat mikropartikülleri ile kapsüllenmesiyle elde edilmiştir. Bakterilerin biyoaktivitesi, kapsüllenmiş örneklerde muhafaza edilmiştir. Tarımda aljinat/kitosan bazlı uygulamaların bol olmaları ve nispeten düşük fiyatlarından dolayı giderek artmaktadır. Örneğin kitosan gübreleme, pestisitler ve besinlerin alımında başarılı şekilde kullanılmaktadır (Juri'c, 2020).

Kitosan geniş bir antimikrobiale aktivite spektrumuna sahip olmasına rağmen, farklı mantarlara, Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı farklı inhibisyon verimliliği sergilemektedir (Kong ve ark. 2010). Mevcut kanıtlara dayanarak, bakteriler genel olarak mantarlara göre kitosanın antimikrobiyal etkisine karşı daha

az duyarlıdır. Antibakteriyel aktivite, farklı hücre yüzeyi özelliklerinden dolayı gram pozitif ve gram negatif bakteriler arasında değişen karmaşık bir süreçtir. Birçok çalışmada, kitosanın gram negatif bakterilere gram pozitif bakterilere oranla daha kuvvetli antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir (No ve ark. 2002; Chung ve ark. 2003).

Aljinatlar, kahverengi deniz yosunu türlerinin (*Phaeophyceae*) hücre duvarlarından izole edilen, belli toprak bakterileri (*Azotobacter vinelandii* ve *Pseudomonas aeruginosa*) tarafından bir ekstraselüler matriks olarak üretilen, poliüronik bir sakkarittir (Khong ve ark. 2013). Aljinatlar, uzun yıllardır gıda endüstrisinde yoğunlaştırıcı, jelleştirici ajan ve koloidal stabilizör, aynı zamanda çeşitli protein ve hücre dağılımı ve/veya tutulmasında kullanılmakta olan bileşenlerdir. Aljinat hemen hemen tüm enkapsülasyon metotlarına uygun olması, farklı kabuk materyalleri ile uyumlu kombinasyonlar sergilemesi, toksik olmaması, oluşturduğu enkapsüllerin mekanik olarak dayanıklı olması, porozitesinin yüksek olması, tuz ve şelatlayıcı ajanlara karşı toleransının yüksek olması nedeni ile geniş bir kullanım avantajı sunmaktadır.

Aljinatların su içindeki çözünürlükleri solventin pH'sı, ortamın iyonik gücü ve solvent içindeki jelleştirici iyonların varlığına bağlıdır. Aljinik asit ve kalsiyum aljinat suda çözünmezken, amonyum aljinat, potasyum aljinat ve sodyum aljinat suda çözünmektedir (Pawar ve Edgar, 2012).

Aljinatın biyolojik olarak geri dönüşümlü, biyouyumlu ve ucuz olması, bağırsaklarda tamamen çözünebilir olması kabuk materyali olarak kullanım kolaylığı yaratmaktadır. Fakat yapılan çalışmalarda aljinatın bu üstünlüklerinin yanı sıra enkapsülasyon prosesinde daha başarılı sonuçlar elde etmek istendiğinde aljinat kapsüllerinin tek başına yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu sonucun nedenleri incelendiğinde aljinat mikrokapsüllerinin asidik çevre koşullarına dayanıksız olduğu ve asidik ortamlarda kapsüllerde çatlama gerçekleştiği, mekanik özellik kayıpları yaşandığı ve kapsül bütünlüğünün ortamda şelatlayıcı ajanların varlığında tehlikeye girdiği tespit edilmiştir. Tüm bu olumsuzluklar aljinat mikrokapsüllerinin polimer katkıları ilavesiyle gerçekleştirilen yapısal modifikasyonu ile giderilmektedir (Mortazavian ve Sohravandi, 2007).

Alginat, biyopolimer olarak son zamanlarda tıp, gıda, çevre gibi alanlarda uygulamaları olan, hidrojel olarak yaygın kullanım alanına sahiptir. Hidrojeller, su

içeriği yüksek olan hidrofilik polimerlerden oluşan üç boyutlu çapraz bağlı ağlardır. Aljinatlar kahverengi deniz yosunundan elde edilen bir anyonik polisakarittir.

Alginat, mikroorganizmalar için en yaygın kullanılan biyopolimerdir (Cassidy ve ark., 1996). Aljinat jellerle üretimi, hücrelerinin yaşam sürekliliği, yumuşaması ve immobilizasyonu ve polienzim işlemlerini sağlar (Shcherbakova ve ark., 2018). Suda çözünür polimer (kitosan) ($\text{pH} < 6$), bakterileri mikrokapsül içine almak için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır (Arora ve ark., 2016). Nodül oluşturan bakterilerin taşıyıcı seçiminde ana kriterler; ucuzluk, kullanım kolaylığı, nem kapasitesi ve toksisitesiz olmasıdır (Lewis ve Papavizas, 1985). Aljinat kaplama kullanmanın avantajları; yavaş, kontrollü bakteri salınımı, toprakta biyolojik degradasyonu ve raf ömrü uzatmasıdır (Bashan ve ark., 2014; Ivanova ve ark., 2006; Shcherbakova ve ark., 2018). Ayrıca, kullanımında zamanla bakterilerin bir kısmını azaltabilir ancak kalan bakterilerin popülasyonu yeterli olur (Bashan, ve ark. 2002). Shcherbakova ve ark., (2018) yaptıkları bir çalışmada; nohut ve soya fasulyesi tohumlarının aljinat mikrokürelerde kapsüllenmiş *Mezorhizobium ciceri* ST-282 ve *Bradyrhizobium japonicum* M8 ile aşılması, nodül sayısını ve ağırlığını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir.

Biyogübrelerin içermesi gereken temel kriterler; minimum canlı hücre sayısı, besin çözünürlüğü ve/veya fiksasyon verimliliği (bakteri varlığında), bitki aşılmasındaki verimlilik (mikorizal funguslara göre), geçerlilik (raf ömrü ve/veya son kullanma tarihi), kirlilik seviyesi, pH, fiziksel form, karbon ve su içeriği gibi faktörlerdir. Canlı hücre/propagüllerin asgari sayısı ve verimlilik verileri için üreticinin teknik olanakları ve araştırmalardan elde edilen verileri dikkate alarak bir dizi değer oluşturulabilir. Ticari preparatta yer alan süşun doğru tanımlanması da gereklidir.

Alternatif olarak, toprağa mikrobiyal inokulantların uygulanması bitkiler tarafından besin alımını ve mineral gübrelerin verimliliğini artırabilir. Kapsülleme metotları mikroorganizmaları koruma ve kaplama içerir. Rizobakterilerin kapsüllenmesi prensibi kademeli ve uzun süreli salınımdan emin olmak için toprağa verilen mikroorganizmaları korumaktır (Bashan, 1986; Kim ve ark. 2012). Kapsülleme matrisinin parçalanma oranı toprak mikroorganizmalarının biyolojik aktivitesi ile doğrudan bir ilişkiye sahip olacaktır. Kurutulmuş kapsüller canlılığı azaltma riskini azaltan ve bakteri için uygun bir çevreyi uzun süre koruyan oda sıcaklığında depolanabilir.

Kök endofitik mantarlar, mikorizal mantarlar, bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler, rizobia ve fosfat çözücüler gibi toprak mikroorganizmalarının farklı grupları, stres koşullarını da içeren doğrudan ve bitki aracılı mekanizmalar bitki büyümesini etkiler (van der Heijden ve ark., 2008; Berg, 2009; Shilev ve ark., 2019). Seçilmiş bitkiye faydalı mikroorganizmaların, tek tek veya çok işlevli özelliklere sahip mikrobiyal konsorsiyumlar olarak uygulanması, mahsul sağlığını ve üretkenliğini teşvik etmek için önemli bir araçtır (Ahmad ve ark., 2018; Maron ve ark., 2018). Birçok ticari biyo-inokulant sera veya laboratuvar şartlarında (Stephens ve Rask, 2000; Vassilev ve ark., 2015; Arora ve Mishra, 2016; Malusá ve ark., 2016) gösterdiği etki ile arazi şartları altında taşıyıcıların kararlılığı ve zayıf uyumluluğunu içeren yetersiz ve düşük kalitede formülasyonu sebebiyle çalışmaz (Bhattacharyya ve Jha, 2012; Bashan ve ark., 2016; Baez-Rogelio ve ark., 2017; Stamenkovic ve ark., 2018).

Kitosan aynı zamanda bikiye faydalı mikroorganizmalar için mükemmel bir taşıyıcıdır (Chanratana ve ark., 2018). Ticari rhizobium inokulantların farklı formülasyonları olmasına rağmen uygunsuz çevre koşullarında depolanmış tohumlarda bakterilerin düşük canlılığından dolayı kullanımları sınırlıdır (Lodeiro, 2015). Bu etkiler makromoleküllerin toksik oksijen seviyelerine ve yüksek sıcaklıklara maruz kalmasından dolayı kurumasıdır (Deaker ve ark. 2004). Bu nedenle, bitkilerin, tohumların verimini ve nodülasyon üzerindeki etkisini azaltmak ve fidelerin hayatta kalma oranını artırmak için düşük sıcaklıklarda depolanır ve alternatif inokulantların ilavesi (polimerik yapıştırıcılar) rhizobianın mikroçevresini iyileştirmek için kullanılır (Pereira ve ark., 2010). Tohumlara kitosan uygulaması, çimlenmeyi uyarmada, büyüme ve verimde (Lizárraga-Paulín ve ark., 2011, Salachna ve Zawadzinska, 2014) hastalık kontrolü veya patojenlere karşı doğuştan gelen bitki savunmalarının aktivasyonu ve çeşitli abiyotik streslere yanıtları modüle etmede (Al Tawaha ve ark., 2013, Mahdavi ve Rahimi, 2013, Pongprayoon ve ark., 2013) farklı mahsul türlerinde en önemli yollarından birisidir (Suvannasara ve Boonlertnirun, 2013, Mahdavi, 2016). Kitosan ile tohum muameleleri emdirme, kaplama ve astarlama olarak uygulanır.

Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin *Bradyrhizobium japonicum*'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını

ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir. Aşılamadan önce kitosan uygulaması, en iyi tohum çimlenme yüzdesini ve fide kalitesini sahip olduğunu göstermiştir.

Ticari rhizobium inokulantlarının farklı formülasyonları olmasına rağmen uygunsuz çevresel faktörlerde depolanmış tohumlarda bakterinin düşük canlılığından dolayı kullanımı sınırlıdır (Lodeiro, 2015). Bu etkiler kuruma, makromoleküllerin toksik oksijen seviyeleri ve yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktır (Deaker ve ark. 2004). Aljinat bazlı formülasyondaki bakteriyel izolatlar, depolama sırasında kök kolonizasyonunu, antifungal ve enzim aktivitelerini korumuştur (Chakraborty, 2020).

Jarecki, (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+alginat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında inokulantın tek başına uygulanması, değerlendirilen özellikleri olumlu yönde etkilemiş ancak bitki popülasyonunun beklenenden daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise dünya genelinde ekonomik öneme sahip buğday (*Triticum aestivum* L.)'da oluşturulmuş olan Al toksisitesi kitosan uygulaması ile ilk kez iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda çeşitli morfolojik, sitolojik, biyokimyasal ve moleküler yöntemler kullanılarak Al'ye maruz bırakılmış köklerle kitosan uygulamasıyla iyileştirilmiş kökler karşılaştırılmıştır. Ankara Tarımsal Araştırma Merkezi'nden temin edilen buğday tohumları materyal olarak kullanılmıştır. Tohumlar petri kabında 96 saat boyunca farklı solüsyonlarda çimlendirilmiştir. Kontrol grubu olarak distile su kullanılmıştır. 100 µM AlCl₃ solüsyonu (pH 4.5) kullanılarak toksisite oluşturulmuştur. Oluşan Al toksisitesinin iyileştirilmesi için kökler; 0.1 mg/L, 0.25 mg/L ve 0.5 mg/L kitosan çözeltileri ile muamele edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; Al iyonları buğday köklerinin uzamasını inhibe ederken kitosan uygulaması sonucu kök uzamasında artış gözlenmiştir. Al birikimi sonucu hücre zarında lipid peroksidasyonu artarak zar bütünlüğü bozulmuş, prolin birikimi meydana gelmiş ve antioksidan enzim aktivitelerinde artış gözlenmiştir. Kitosan uygulaması ile Al'nin hücreye verdiği zarar iyileştirilmiş, artan enzimatik aktivite ile strese karşı direnç oluşturulmuştur. Yapılan çalışmaya göre Al kaynaklı stres belirtilerine kitosan

uygulamasının düşük konsantrasyonlardaki (0.1 mg/L ve 0.25 mg/L) iyileştirme etkisinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Kurtuluş, 2019).

Zeng ve Zhang 2010; yaptıkları bir çalışmada ana bileşen olarak karboksimetilkitosan kullanılan yeni bir soya fasulyesi tohum kaplama maddesi hazırlamışlardır. Bu kaplama maddesinin verim artışına etkisi hem laboratuvarda hem de arazide yapılan deneylerle test edilmiştir. Testlerin sonucu, yeni tohum kaplama maddesi ile kaplanmış soya fasulyesi tohumlarının kontrolle karşılaştırıldığında ürün verimini %18 oranında artırdığı ve bunu %26 oranında daha az maliyetle gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda kaplama bileşiminin hastalıklara ve zararlılara karşı korumada etkili ve ayrıca çevre için güvenli olduğu tespit edilmiştir.

Zeng ve ark. 2012; deneysel bir çalışmada farklı konsantrasyonlar ile kitosanın haşere kontrolü ve soya fasulyesinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kitosan bazlı kaplama, besleme caydırıcı olarak ve soya fasulyesi tohumlarının çimlenmesini ve kalitesini arttırmak için kullanılmıştır. Sonuçlar, tüm kitosan kaplamanın artan konsantrasyonlarda zararlılara karşı beslenmeyi önleme üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca kitosan kaplama tohum çimlenmesi, bitki büyümesi ve soya fasulyesi verimini artırmıştır, özellikle %5'lik konsantrasyondaki verimi kontrolle karşılaştırıldığında yaklaşık %20 oranında artırmıştır.

Rocha ve ark. 2019; kaplanmış tohumların kullanılmasının etkilerinin, bitki türleri veya habitat koşullarını içeren birçok faktöre bağlı olduğunu bildirmiştir. Chachalis ve Smith 2001; soya fasulyesi tohumlarına uygulanan hidrofobik bir polimer özellikle ekimden sonra toprak nemi elverişsiz olduğunda su alımının düzenlenmesinde etkili olmuş, bu da bitkide çimlenme ve çıkışı iyileştirmiştir.

Tripathi ve ark. 2015; doğal maddelere dayalı polimer kaplamaların soya fasulyesi tohumlarının çimlenmesini etkili bir şekilde iyileştirdiğini bulmuşlardır. Mevcut araştırma, kaplanmış tohumların ekilmesinin soya fasulyesinin ortaya çıkışını geciktirdiğini, ancak aynı zamanda kontrolle kıyaslandığında bitki popülasyonunu arttırdığı belirlenmiştir.

Jeyabal ve ark. 1992; soya fasulyesi tohumlarının organik veya inorganik maddelerle kaplanmasının bitki başına bakla sayısını arttırdığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, tohum veriminin kontrolle karşılaştırıldığında % 30 dan % 37'e arttığı

belirlenmiştir. Elde edilen etkilerin toprak tipine bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür.

Zhou ve ark. 2017, yaptıkları bir çalışmada Zhongmu No.1 yonca çeşidinde etkili olan iki rhizobium suşunu (ACCC17631 ve ACCC17676) iki farklı kaplama yapıştırıcısı ile tohum kaplama formülasyonunda amonyum molibdatın farklı konsantrasyonları ile değerlendirmişlerdir. Araştırmadan elde edilen verilere göre ACCC17631 rhizobium suşu ile aşılana bitkilerin azot fiksasyon yeteneği, nodülasyon ve gelişmesi amonyum molibdat uygulamasının % 0.2 formülasyonunda en yüksek olarak bulunmuştur. % 0.1'lik bir amonyum molibdat konsantrasyonunun, ACCC17676 rhizobium suşu ile aşılana bitkilerin gelişmesinde en faydalı olduğu belirlenmiştir. Kaplama yapıştırıcısı olarak kullanılan sodyum karboksimetil selüloz ve sodyum alginat yonca bioması ve azot fiksasyonu üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yağsız sütün yapıştırıcıya eklenmesi nitrojenaz aktivitesini iyileştirmiştir. Bu sonuçlar, yeni bir rhizobium tohum kabuğu formülasyonunun yonca nodülasyonuna ve verimine fayda sağladığını göstermiştir.

Bu çalışma tohum çıkışında, kök gelişmesi ve su ve besin absorpsiyonunda zıt kök gelişimi ile iki mısır genetik hattında kitosan (30 g/L), sodyum aljinat (50 g/L), salisilik asit (1×10^{-3} M) ile kaplamanın etkisi ve N-P₂O₅-K₂O dozuna eşdeğer gübreler : 26.7-7.5-13.3 kg ha⁻¹ değerlendirilmiştir. Çalışmanın hipotezi, verimli bir çıkışı uyaran fidenin su ve beslenme durumunu destekleyen bu materyallerin bir veya daha çoğu ile mısır tohumlarının kaplanması, kök biomasını, su ve besin alımlarını artırması beklenmiştir. Araştırmada, fidelerin biyokütle ve besin konsantrasyonları ekimden 30 ve 50 gün sonra değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; bitkilerin ortaya çıkışı kaplamaların bir sonucu olarak azalmıştır (kitosan (%40) ve sodyum aljinat (%14)). Gübreler ve salisilik asit biyokütle ve kök uzunluğunu azaltmıştır (30 gün). Mısır bitkilerinde besin maddesi konsantrasyonuna kaplamaların etkisinin tutarlılığı bulunamamıştır (Peña-Datoli ve ark. 2016).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Denemede Kullanılan Materyaller

3.1.1. Denemede kullanılan ortam

Çalışmada ortam olarak 1:1 oranında kum + perlit karışımı kullanılmıştır. Deneme için temin edilen kum yıkanmış ve otoklavda steril edildikten sonra kullanılmıştır. Aynı şekilde ortamda kullanılan perlitde kullanılmadan önce steril edilmiştir.

3.1.2. Denemede kullanılan saksılar

Denemede 3 L kapasiteye sahip kahverengi saksılar kullanılmıştır. Saksılar kullanılmadan önce dezenfeksiyonu yapılmıştır.

3.1.3. Denemede kullanılan biyomateryaller

3.1.3.1. Kitosan

%1'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan kitosan çözeltisi kullanılmıştır. 1 g kitosan tartılmış, üzerine bir miktar saf su ilave edildikten sonra %1'lik asetik asit çözeltisinden 1 ml ilave edilmiştir. Magnetik karıştırıcıda çözdürdükten sonra üzeri saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

3.1.3.2. Sodyum aljinat

%1'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan sodyum aljinat çözeltisi kullanılmıştır. 1 g sodyum aljinat tartılmış, üzerine bir miktar saf su ilave edildikten sonra magnetik karıştırıcıda katı eriyene kadar karıştırılmıştır. Sodyum aljinat eridikten sonra üzeri saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

3.1.4. Denemede kullanılan biyolojik gübreler

3.1.4.1. *Rhizobium phaseoli*

Çalışmada kullanılan olan *Rhizobium phaseoli*, Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü biyolojik laboratuvarlarından temin edilmiştir.

3.1.4.2. *Rhizobium cicer*

Çalışmada kullanılan olan *Rhizobium cicer*, Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü biyolojik laboratuvarlarından temin edilmiştir.

3.1.5. Denemede kullanılan baklagil tohumları

3.1.5.1. Akman 98

Çalışmada, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünce 1998 yılında tescil ettirilmiş olan çeşit kullanılmıştır. Akman 98, 115-125 günde olgunlaşan, yarı-sarılcı kuru fasulye çeşididir. Çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz ucu kıvrıktır. Baklada tane sayısı 3-5 adettir. Tane tipi dermason, tane rengi beyazdır. Bin tane ağırlığı 340-350 gr arasında olup, tane verimi 280-300 kg/da arasında değişmektedir. Tanede protein oranı %23-26 arasında değişmekte olup virüs ve bakteri hastalıklarına toleranslı ve orta erkencidir (Işık, 1998).

3.1.5.2. Yunus 90

Çalışmada, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünce 1990 yılında tescil ettirilmiş olan çeşit kullanılmıştır. Yunus 90, 115-120 günde olgunlaşan, bodur, dik kuru fasulye çeşididir. Çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz ucu kıvrıktır. Bitkide bakla sayısı 13-25 adet olup, baklada tane sayısı 4-5 adettir. Tane rengi beyaz, T.S.E. standartlarına göre tane şekli büyük horozdur. Bin tane ağırlığı 530-550 g arasında olup, tane verimi 220-260 kg/da arasında değişmektedir. Tanede protein oranı %23-26 arasında değişmektedir. Bakteriyel hastalıklara ve virüs hastalıklarına karşı toleranslı ve biraz geççidir (Işık, 1998).

3.1.5.3. Azkan

Çalışmada, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünce 2009 yılında tescil ettirilmiş olan çeşit kullanılmıştır. 100-105 günde olgunlaşan, bitki boyu 42-46.3 cm arasında değişen dik nohut çeşididir. Çiçek rengi beyaz, bitkide bakla sayısı 24-30 adet olup tane tipi koçbaşı, tane rengi bej'dir. Bin tane ağırlığı 425-499 g arasında olup, tane verimi 131-210 kg/da arasında değişmektedir. Tanede protein oranı %23.4-25.3 arasında değişmektedir. Antraknoz hastalığına toleranslıdır.

3.2. Metot

Araştırma, bilgisayar kontrollü serada, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bakteri konsantrasyonu 1×10^8 CFU/mL'ye ayarlandıktan sonra bazı baklagil tohumlarına yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra aşılama işlemi yapılmıştır. Araştırmada Akman 98 ve Yunus 90 fasulye çeşitleri ile, Azkan Nohut çeşidi tohumlarının %0.5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) ile yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra, sıvı formülasyonda hazırlanmış olan rhizobium bakterisi

suşları ile aşılanmıştır. Bakteri aşılamaından sonra tohumlar %1'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan kitosan ve sodyum aljinat çözeltilerine daldırılmış ve bu solüsyonlarda 5 dakika tutulmuştur. Bakteri ile aşılanmış tohumların yüzeyi %1'lik konsantrasyonlarda hazırlanmış kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplandıktan sonra 2 saat ışık almayan bir yerde kurutulmuştur. Aşılama ve kaplama yapılan tohumlar paketlenerek ışık almayan bir yerde 3 ay süresince muhafaza edilmiştir. 90 günlük süre sonunda kum ve perlit içeren saksılara aşılanmış ve kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanmış tohumlar ekilerek, kontrollü şartlarda sera denemesi kurulmuştur.

Çeşit	Süre	Uygulama	Tekerrürler			
AKMAN 98	0.gün	Aşılı	1	2	3	4
		Aşılı+Kitosan	1	2	3	4
		Aşılı+Sodyum Alginat	1	2	3	4
	90.gün	Aşılı	1	2	3	4
		Aşılı+Kitosan	1	2	3	4
		Aşılı+Sodyum Alginat	1	2	3	4
YUNUS 90	0.gün	Aşılı	1	2	3	4
		Aşılı+Kitosan	1	2	3	4
		Aşılı+Sodyum Alginat	1	2	3	4
	90.gün	Aşılı	1	2	3	4
		Aşılı+Kitosan	1	2	3	4
		Aşılı+Sodyum Alginat	1	2	3	4
AZKAN	0.gün	Aşılı	1	2	3	4
		Aşılı+Kitosan	1	2	3	4
		Aşılı+Sodyum Alginat	1	2	3	4
	90.gün	Aşılı	1	2	3	4
		Aşılı+Kitosan	1	2	3	4
		Aşılı+Sodyum Alginat	1	2	3	4

Şekil 1. Deneme deseni

Aynı gün içerisinde denemede kullanılan baklagil bitkilerinin tohumlarının yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra bakteri aşılması yapılmış ve tohumların yüzeyi %1 konsantrasyonda hazırlanmış olan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanmıştır. Kaplanan tohumlar diğer 90 gün muhafaza edilen tohumlarla beraber aynı gün içerisinde deneme kurulmuştur. Aynı zamanda bakteri aşılması yapıp, biyomateryallerle kaplanmayan tohumlar 0 ve 90 gün olarak ekimleri yapılmıştır.



Şekil 2. Akman 98, Yunus 90 fasulye çeşitleri ve Azkan nohut çeşidinin tohum ekimlerinden görüntüler

Saksılar bitkilerin makro ve mikro besin element ihtiyacına göre hazırlanmış olan besin solüsyonu ile bitkinin ihtiyacı göz önüne alınarak deneme sonuna kadar sulanmıştır.



Şekil 3. Akman 98, Yunus 90 fasulye çeşitleri ve Azkan nohut çeşidinin sera denemesi görüntüleri

Besin solüsyonu hazırlandıktan sonra, litresine mikro element çözeltilerinin her birinden 1 ml ilave edilmiştir. Saksılar 1/5 oranında sulandırılmış besin solüsyonu ile sulanmıştır. Bitkiler çiçeklenme döneminin %50'sini geçtikten sonra hasat edilmiş ve bitkilerde bazı ölçümler (üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam ve kökte azot) yapılmıştır.

Besin Solüsyonu (L)		Mikro Element Çözeltileri	
KNO₃	0.5 g	500 ppm B	H ₃ BO
CaHPO₄	1.0 g	500 ppm Mn	MnSO ₄
K₂HPO₄	0.2 g	50 ppm Zn	ZnCl ₂
MgSO₄.7H₂O	0.2 g	50 ppm Mo	MoO ₃
NaCl	0.2 g	20 ppm Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O
FeCl₃	0.1 g		

3.2.1. Denemede yapılan analizler

3.2.1.1. Bitki üst aksam uzunluğu (cm): Her saksıdan sökülen bitkilerin boyu ölçülüp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.2. Bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerin ağırlığı tartılıp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.3. Bitki üst aksam kuru ağırlığı (g/bitki): Bitkiler 70°C'de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılmış ve ortalaması alınarak hesap edilmiştir.

3.2.1.4. Bitki kök uzunluğu (cm): Her saksıdan sökülen bitkilerin köklerinin uzunluğu ölçülüp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.5. Bitki kök yaş ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerin köklerinin ağırlığı tartılıp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.6. Bitki kök kuru ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilere ait kökler 70°C'de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılmış ve ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.7. Nodül sayısı (adet/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerdeki nodüller sayılıp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.8. Nodül ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerdeki nodüllerin ağırlıkları alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.9. Bitki üst aksam N (%): Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden yaklaşık 0.2 g tartılarak kalay kaplara konulmuş ve 950 °C’de ısıtılan helyum, oksijen ve kuru hava ile çalışan LECO C/N analizatöründe AACC Metot 46-30’da verilen Dumas Combustion Metoduna göre (AACC 2004) azot miktarları tespit edilmiştir.

3.2.1.10. Bitki kök N (%): Kurutulan ve öğütülen bitki kök örneklerinden yaklaşık 0.2 g tartılarak kalay kaplara konulmuş ve 950 °C’de ısıtılan helyum, oksijen ve kuru hava ile çalışan LECO C/N analizatöründe AACC Metot 46-30’da verilen Dumas Combustion Metoduna göre (AACC 2004) azot miktarları tespit edilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analizler

Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü kurulmuş olan sera denemesinden elde edilen veriler Minitab 16 istatistik programına göre varyans analizine tabii tutulmuş ve yapılan F testine göre önemli çıkan muameleler Duncan çoklu karşılaştırma testinde gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark, 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Araştırmada, bazı baklagil bitkilerinin tohumlarına (Akman 98, Yunus 90 ve Azkan) bitki çeşidine ait rhizobium bakterilerinin suşlarının aşılmasından sonra, tohum kabuğunun yüzeyi %1'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan kitosan ve sodyum aljinat çözeltileri ile kaplanmış ve kaplanan tohumlar farklı depolama sürelerinde (0 ve 90 gün) ışık almayan bir yerde muhafaza edilmiştir. Bakteri aşılması yapılan ve biyopolimerlerle kaplanan fasulye ve nohut tohumları kontrollü sera şartlarında farklı biyopolimerlerin ve sürenin etkisini belirlemek için deneme kurulmuştur. Çiçeklenmenin %50'sini geçtiği dönemde hasat edilen bitkilerde bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri ölçülmüştür. Fasulye ve nohut çeşitlerinde ölçülen parametrelere (bitki üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, bitki üst aksam ve kökte azot) ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre yapılan kitosan ve sodyum aljinat uygulamaları arasında farklılıklar olduğu belirlenmiş olup, bu farklılıkların genellikle istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan aşılınmış tohumların biyomateryallerle kaplandıktan sonra muhafaza sürelerinin fasulye ve nohut çeşidinin bazı verim unsurları ve nodülasyon üzerine etkisi genellikle istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

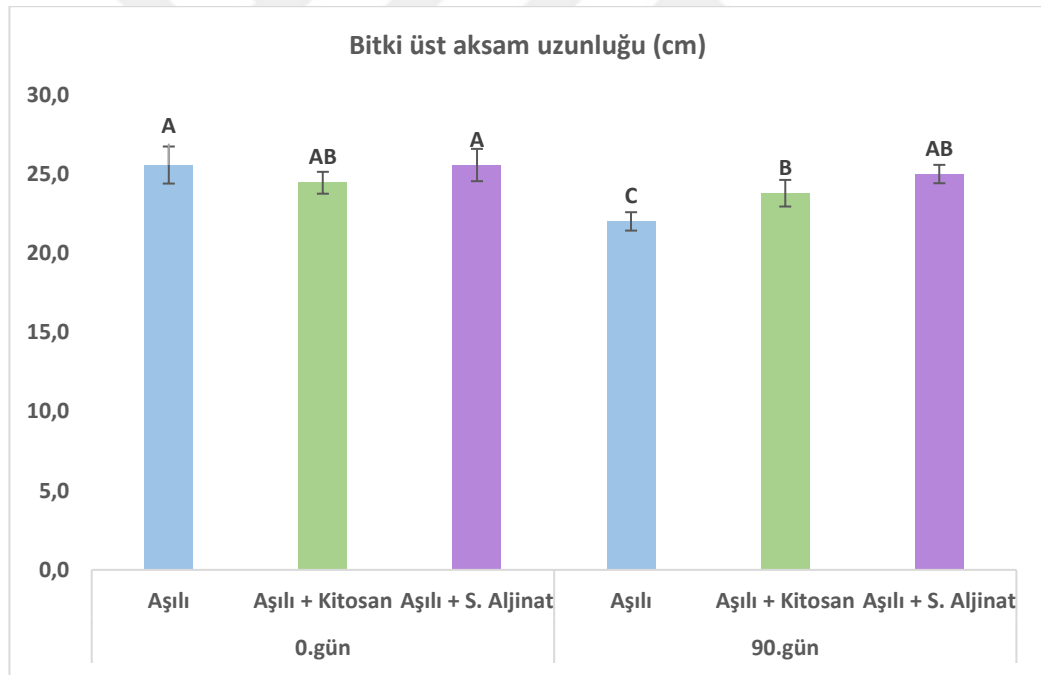
4.1. Akman 98 Fasulye Çeşidinin Bazı Verim Unsurları

4.1.1. Bitki üst aksam uzunluğu

Araştırma sonuçlarına göre; bakteri aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan farklı biyopolimerler (kitosan ve sodyum aljinat) Akman 98 fasulye bitkisinin üst aksam uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Farklı sürelerde (0 ve 90 gün) ve bazı biyopolimerlerle kaplanan fasulye tohumlarının bitki üst aksam uzunluklarının 22.00-25.56 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1'de de görüldüğü gibi denemede fasulye bitkisinin en yüksek üst aksam uzunlukları 25.56 cm ile iki uygulamada belirlenmiştir. Birincisi bakteri aşılınmış tohumun biyopolimerlerle kaplanmadan, ikincisi ise bakteri aşılınmış tohumun sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanmasından sonra her iki

uygulamada da tohumların bekletilmeden ekilmesiyle bu değere ulaşılmıştır. Diğer taraftan en düşük bitki üst aksam uzunluğu ise bakteri aşılansmış tohumun (kontrol) 90 gün muhafaza edilmesinden sonra ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Şekil 4, Tablo 1). Şekil 4'den de görülebileceği gibi bakteri aşılması yapıp biyopolimerlerle kaplandıktan sonra bekletilmeden ekilen tohumların bitki uzunlukları, 90 gün süresince bekletilip ekilen tohumların bitki uzunluklarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Diğer taraftan bitki üst aksam uzunluklarının uygulamalar arasında incelendiğinde, sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanan aşılansmış tohumun, diğer kitosan biyopolimerine göre bitki üst aksam uzunluklarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Şekil 4'de de görüldüğü gibi bakteri aşılansmış tohumların bekletilmeden ekilen tohumların bitki uzunluklarının 3 aylık bekletilen tohumlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).



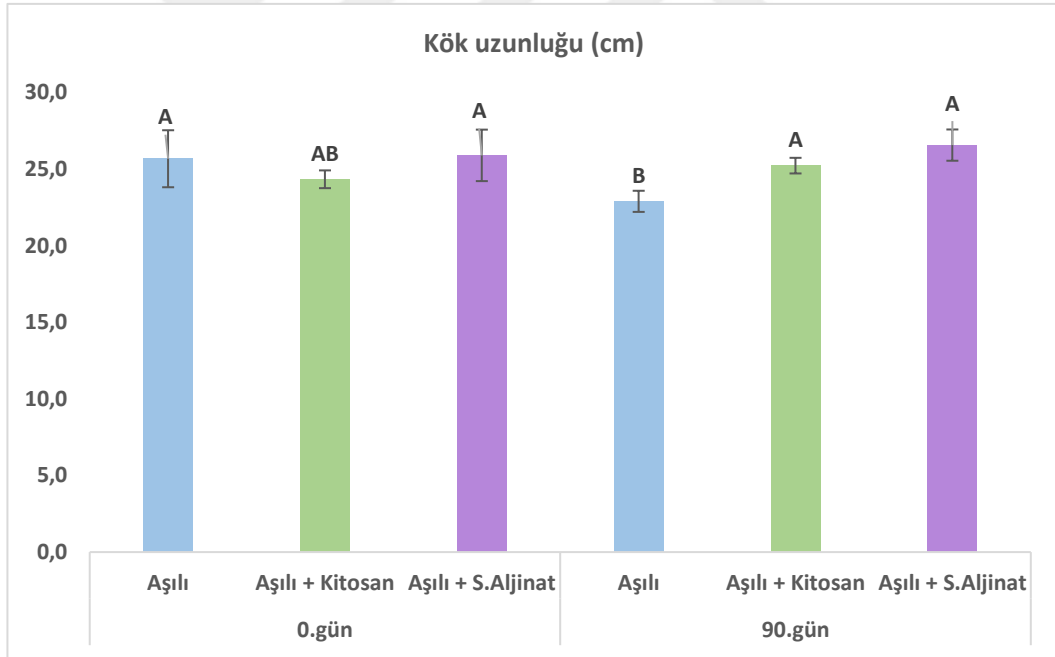
Şekil 4. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksam uzunluğuna etkisi

Aljinat bazlı formülasyondaki bakteriyel izolatlar, depolama sırasında kök kolonizasyonunu, antifungal ve enzim aktivitelerini korumuştur (Chakraborty, 2020). Jarecki, (2021), gelişmiş kaplamanın (kitosan+aljinat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında

etkinliğini göstermek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında inokulantın tek başına uygulanması, değerlendirilen özellikleri olumlu yönde etkilemiş ancak bitki popülasyonunun beklenenden daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

4.1.2. Bitki kök uzunluğu

Rhizobium bakterisi aşılansın Akman 98 fasulye tohumlarına farklı biyopolimerlerin kaplanmasıyla fasulye bitkisinin kök uzunluğunda uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında değişiklikler olup, bu değişikliklerin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Tablo 1'de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin kök uzunluklarının 22.89-26.56 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5, Tablo 1).



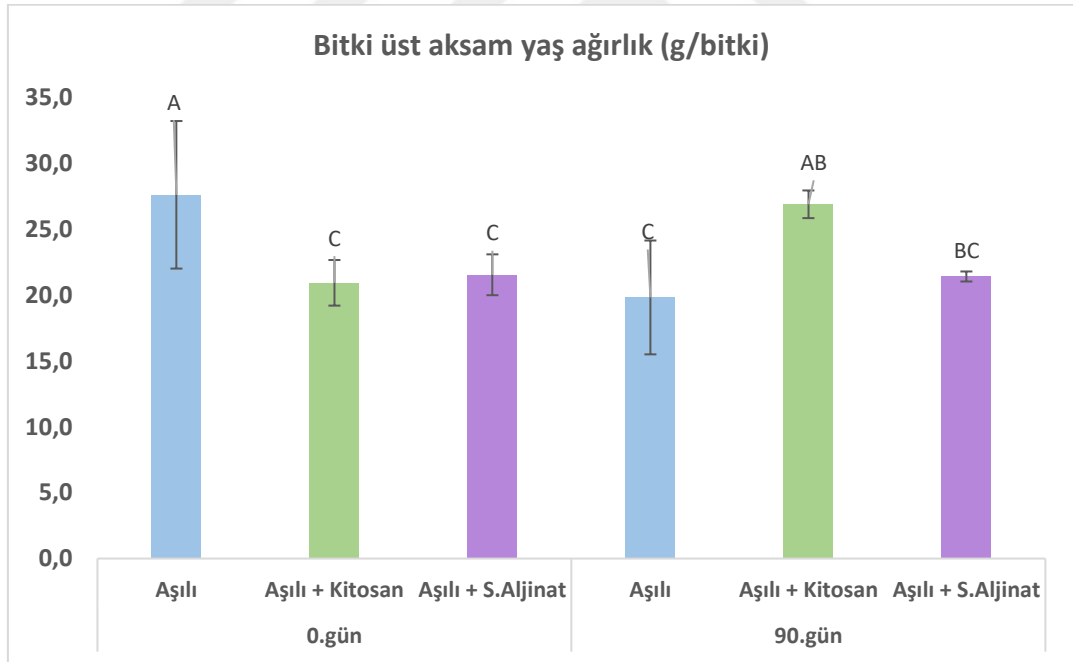
Şekil 5. Rhizobium bakterisi aşılansın tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kök uzunluğuna etkisi

Araştırmada fasulye bitkisinin en düşük kök uzunluğu 22.89 cm olarak aşılı olarak 90 gün bekletilen tohumda belirlenmiş olup en yüksek kök uzunluğu ise aşılansın tohumun sodyum aljinat ile kaplanmasıyla ve 90 günlük muhafaza süresi sonrasında ekilen tohumda tespit edilmiştir. Diğer taraftan sodyum aljinat

biyopolimeri ile kaplanan bakteri ile aşılansmış tohumun, diğer kitosan biyopolimerine göre kök uzunlukları daha yüksek olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların kitosan ve sodyum aljinat gibi biyopolimerlerle kaplanmasının bitkinin kök uzunluklarında dikkate değer farklılıklar göstermediği tespit edilmiştir.

4.1.3. Bitki  st aksam yaş ağırlık

Araştırma sonuçlarına göre; bakteri aşılanmış tohumun yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin Akman 98 fasulye bitkisinin üst aksam yaş ağırlıkları üzerine yapılan uygulamalar arasında farklılıklar belirlenmiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan aşılanan tohumların biyopolimerlerle kaplanması ve muhafaza edilmesinden sonra ekilen tohumlardan elde edilen bitkilerin üst aksam yaş ağırlıkları üzerine muhafaza süresinin etkileri istatistik olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.



Şekil 6. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksam yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi

Akman 98 fasulye bitkisinin üst aksam yaş ağırlıklarının 19.82-27.61 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tablo 1'de de g r ld ğu gibi fasulye bitkisinin en yüksek üst aksam yaş ağırlığı 27.61 g ile aşılanmış tohumların bekletilmeden

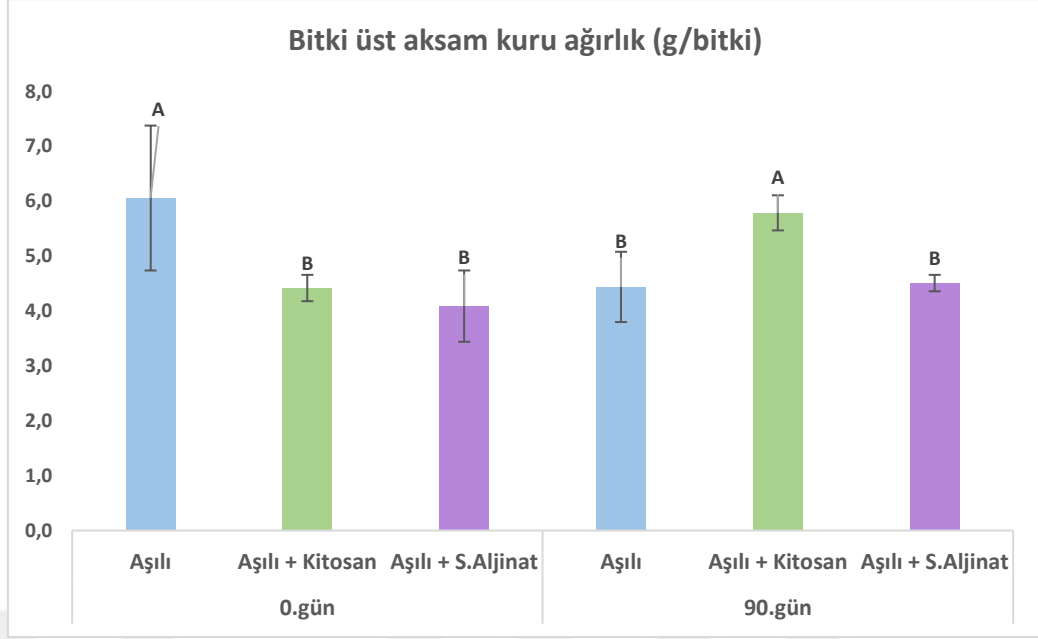
ekilmesiyle elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük bitki üst aksam yaş ağırlığı ise 19.82 g ile aşılanmış tohumların 90 gün muhafazasından sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 6, Tablo 1). Bunun yanı sıra en yüksek üst aksam yaş ağırlığını ikinci olarak (26.89 g) rhizobium bakterisi aşılanan tohumların yüzeyinin kitosan biyopolimeri kaplanıp, 90 gün muhafaza süresinden sonra ekilen tohumlardan elde edilen bitkilerin üst aksam ağırlıkları takip etmiştir.

Aşılamadan önce kitosan uygulaması, en iyi tohum çimlenme yüzdesini ve fide kalitesini sahip olduğunu göstermiştir. Ticari rhizobium inokulantlarının farklı formülasyonları olmasına rağmen uygunsuz çevresel faktörlerde depolanmış tohumlarda bakterinin düşük canlılığından dolayı kullanımı sınırlıdır (Lodeiro, 2015). Bu etkiler kuruma, makromoleküllerin toksik oksijen seviyeleri ve yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktır (Deaker ve ark. 2004).

4.1.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık

Araştırmadan elde edilen verilere göre; rhizobium bakterisi aşılanmış fasulye bitkisinin tohumlarına kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin fasulye bitkisinin üst aksam kuru ağırlıklarında uygulamalar arasında farklılıklar belirlenmiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak bitkinin üst aksam kuru ağırlığı üzerine muhafaza sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1 de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin üst aksam kuru ağırlıklarının 4.09-6.06 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Denemede yapılan uygulamalar arasında fasulye bitkisinin en yüksek üst aksam kuru ağırlığı 6.06 g ile aynı gün içerisinde (0.gün) rhizobium bakterisi ile aşılanan ve ekilen tohumlardan elde edilmiştir. En düşük bitki üst aksam kuru ağırlığı ise 4.09 g ile 0.gün aşılı+Sodyum aljinat uygulaması yapılan tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 6, Tablo 1). Söz konusu çalışmada fasulye bitkisinin en yüksek üst aksam kuru ağırlığını sırasıyla aşılı+Kitosan (90.gün) (5.79 g), aşılı+Sodyum aljinat (90.gün) (4.51 g), aşılı (90.gün) (4.44 g), aşılı+Kitosan (0.gün) (4.42 g) ve aşılı+Sodyum aljinat (0.gün) (4.09 g) uygulamalarının takip ettiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

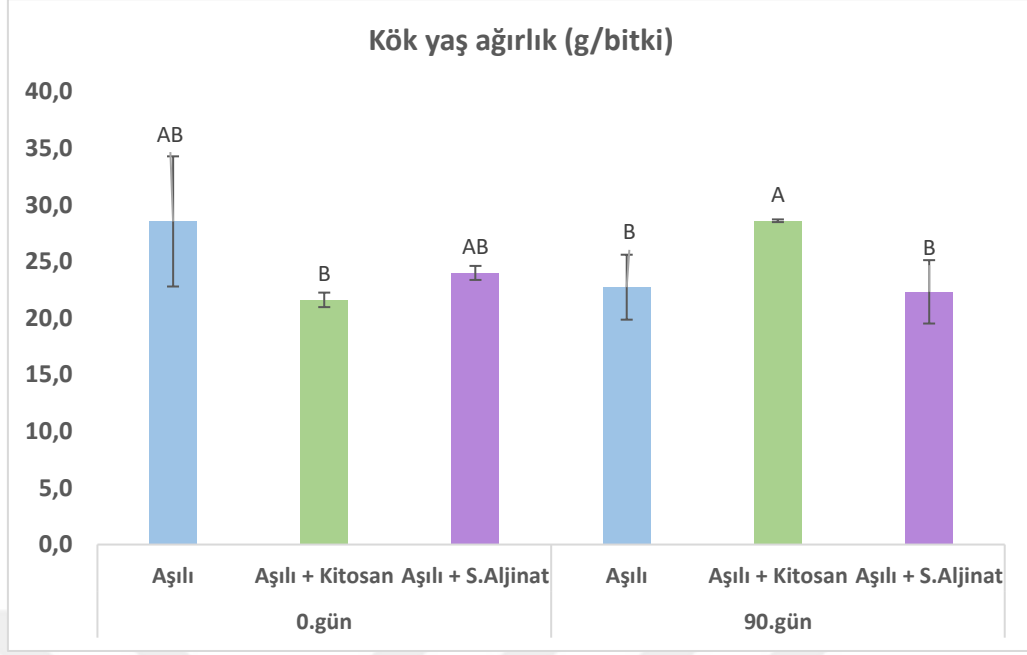


Şekil 7. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksam kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi

4.1.5. Bitki kök yaş ağırlık

Fasulye bitkisinin tohumlarına aşılansan rhizobium bakterisinin farklı biyopolimerle kaplanması ve kaplanan tohumların muhafaza sürelerinin bakterinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, Akman 98 fasulye çeşidinde kök yaş ağırlığına ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitkinin kök yaş ağırlıklarında yapılan uygulamalar arasında farklılıklar olduğu belirlenmiş olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan aşılansmış tohumların biyomateryallerle kaplandıktan sonra muhafaza sürelerinin Akman 98 fasulye çeşidinin kök yaş ağırlıkları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Tablo 1'de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin kök yaş ağırlıkları 21.62-28.61 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek fasulye bitkisinin kök yaş ağırlığı 28.61 g ile aşılansmış tohumun kitosan biyopolimeri ile kaplandıktan sonra 90 gün muhafaza edilmesini takiben ekilen tohumlarda (aşılı+kitosan) belirlenmiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise 21.62 g ile 0.gün aşılı+kitosan uygulamasında belirlenmiştir. (Şekil 8, Tablo 1).



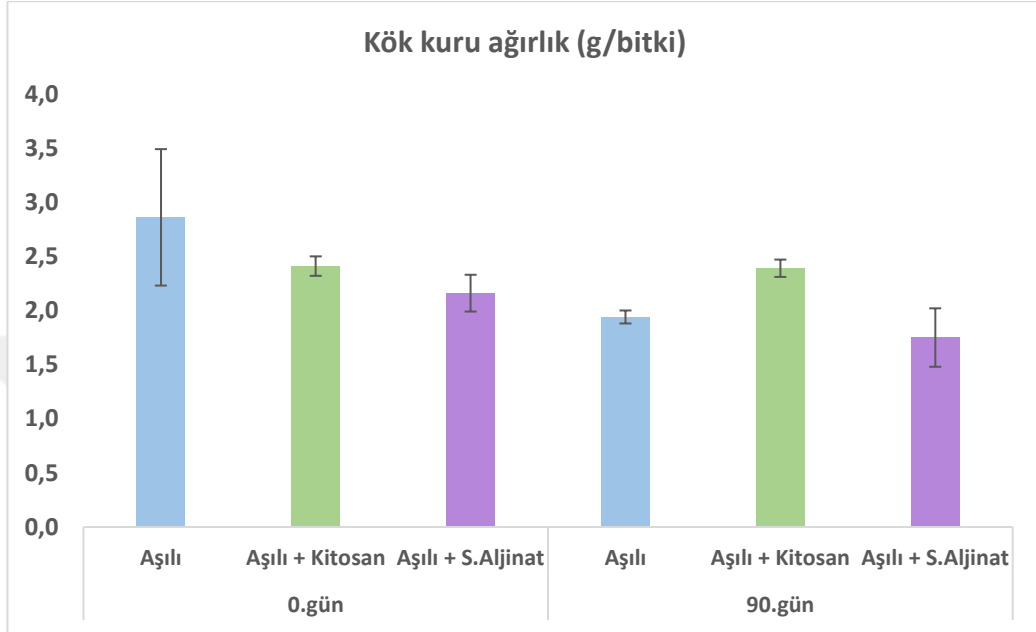
Şekil 8. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kök yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi

Jarecki (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+aljinat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında inokulantın tek başına uygulanması, değerlendirilen özellikleri olumlu yönde etkilemiş ancak bitki popülasyonunun beklenenden daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

4.1.6. Bitki kök kuru ağırlık

Fasulye bitkisinin tohumlarına aşılanan rhizobium bakterisinin kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanması ve kaplanan tohumların muhafaza sürelerinin bakterinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, Akman 98 fasulye çeşidinde kök kuru ağırlığına ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitkinin kök kuru ağırlıklarında yapılan uygulamalar arasında farklılıklar olduğu belirlenmiş olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan aşılanmış tohumların biyomateryallerle kaplandıktan sonra muhafaza sürelerinin Akman 98

fasulye çeşidinin kök kuru ağırlıkları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Farklı biyomateryallerle kaplama ve muhafaza süreleri arasındaki farklılıkların önem seviyelerini tespit edebilmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 1’de de özetlenmiştir.



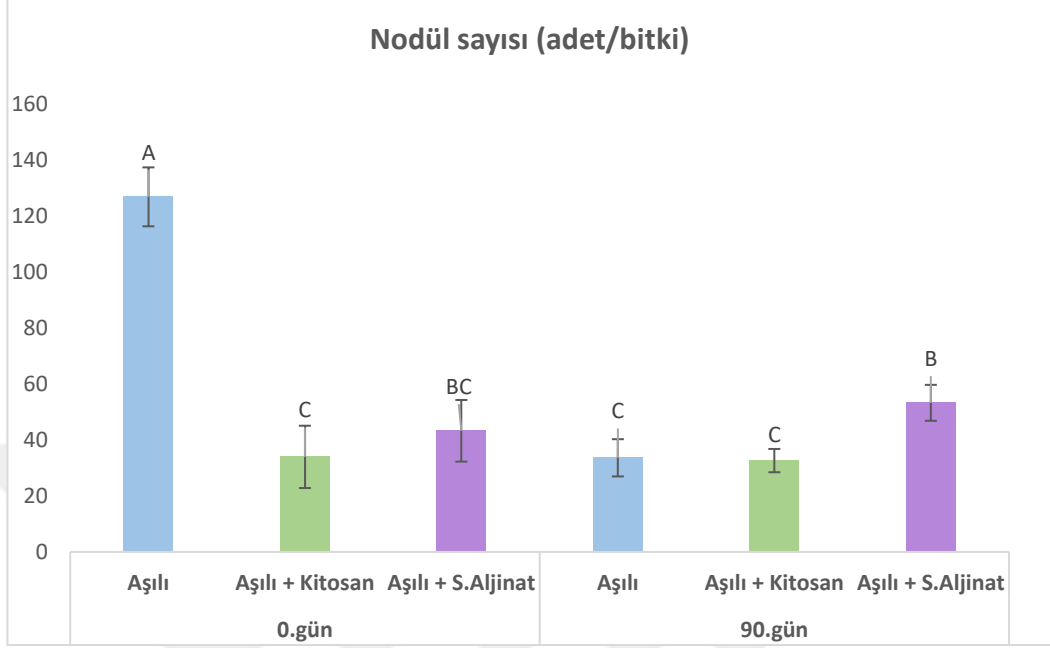
Şekil 9. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kök kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi

Tablo 1’de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin kök kuru ağırlıklarının 1.75-2.86 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada fasulye bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı 2.86 g ile aynı gün içerisinde (0.gün) aşılanıp ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük bitki kök kuru ağırlığı ise 1.75 g ile bakteri ile aşılanıp sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplandıktan sonra 90 gün (aşılı+Sodyum aljinat) muhafaza edilmiş tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 9, Tablo 1).

4.1.7. Nodül sayısı

Araştırmadan elde edilen verilere göre; bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) fasulye bitkisinin (Akman 98) tohumlarına aşılanmış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, aşılanmış tohuma kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin fasulye bitkisinin

nodül sayısında uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.



Şekil 10. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi

Tablo 1’de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin nodül sayılarının 32.67-127 adet arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada uygulamalar arasında fasulye bitkisinin en yüksek nodül sayısı 127 adet ile rhizobium bakterisi ile aşılanmış tohumların biyopolimerlerle kaplanmamış ve aynı gün içerisinde ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük nodül sayısı ise 32.67 adet ile bakteri ile aşılanmış tohumların yüzeyi kitosan biyopolimeri ile kaplanıp 90 gün bekletildikten sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 10, Tablo 1). Şekil 10’da da görüldüğü gibi aşılı kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında bakteri aşılanmış tohuma kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması bakteri canlılığını olumsuz etkileyerek nodül sayısında azalmalara neden olmuştur. Kitosan ve sodyum aljinat antibakteriyel özelliğe sahip olmasından dolayı bakteri canlılığını başlangıçta azaltmış olabilir. Ancak biyomateryallerle kaplama yapıldıktan sonra tohumların 3 ay muhafaza süresi içerisinde bakterinin canlılığını koruduğu görülmüştür. Kitosan geniş bir antimikrobial aktivite spektrumuna sahip olmasına rağmen, farklı mantarlara, gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı farklı inhibisyon verimliliği

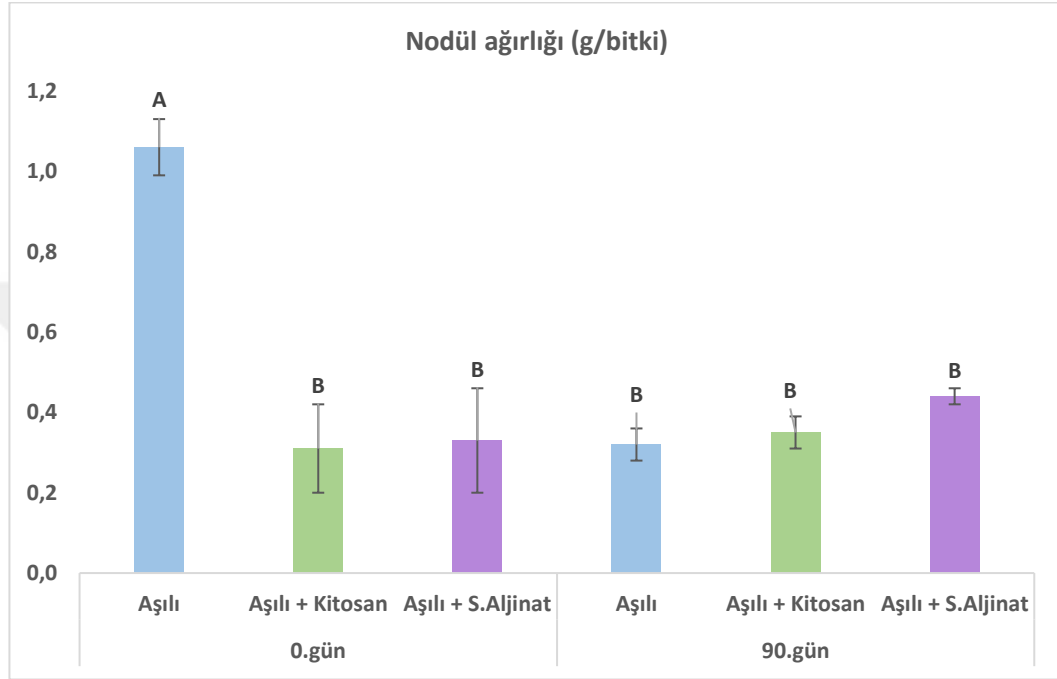
sergilemektedir (Kong ve ark. 2010). Kitosan ile tohum uygulamalarına ilişkin önceki çalışmalar tohum kalitesi üzerinde önemli veya hiç etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (Lizárraga Paulin ve ark. 2011), halbuki kitosan uygulamalarının diğer formları tohumlarda canlılığı ve aylarca canlılığı korumada daha çok etkili olmuştur (Suvannasara ve Boonlertnirun, 2013).

Shcherbakova ve ark., (2018) yaptıkları bir çalışmada; nohut ve soya fasulyesi tohumlarının aljinat mikrokürelerde kapsüllenmiş *Mezorhizobium ciceri* ST-282 ve *Bradyrhizobium japonicum* M8 ile aşılınması, nodül sayısını ve ağırlığını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin *Bradyrhizobium japonicum*'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir (Chakraborty, 2020). Jarecki (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+aljinat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir.

4.1.8. Nodül ağırlığı

Fasulye bitkisi (Akman 98) tohumlarına rhizobium bakterisi aşılandıktan sonra, farklı kaplama biyomateryalleri (kitosan ve sodyum aljinat) ile kaplanarak 3 ay süresince muhafaza edilen tohumlardaki bakteri canlılığına etkisi araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilere göre, bakteri ile aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan bazı biyopolimerler fasulye bitkisinin nodül ağırlıkları arasında farklılıklar göstermiş olup, uygulamalar ve muhafaza süreleri arasındaki bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, Akman 98 fasulye bitkisinin nodül ağırlıklarının 0.31-1.06 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tablo 1'de de görüldüğü gibi aşılı, aşılı+kitosan ve aşılı+sodyum aljinat uygulamaları ve 0 ve 90 gün muhafaza süreleri arasında fasulye bitkisinin kökündeki en yüksek nodül ağırlığı 1.06 g ile bakteri ile aşılanan tohumların bekletilmeden ekildiği uygulamalarda belirlenmiştir. Diğer taraftan fasulye bitkisinin kökündeki en

düşük nodül ağırlığı ise 0.31 g ile rhizobium bakterisi ile aşılaman tohumların kitosan biyopolimeriyle kaplandıktan sonra bekletilmeden ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Şekil 11, Tablo 1). Bunun yanı sıra en yüksek nodül ağırlığını 0.44 g ile bakteri ile aşılammış tohumun sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanıp 90 gün muhafaza edildikten sonra ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Tablo 1).



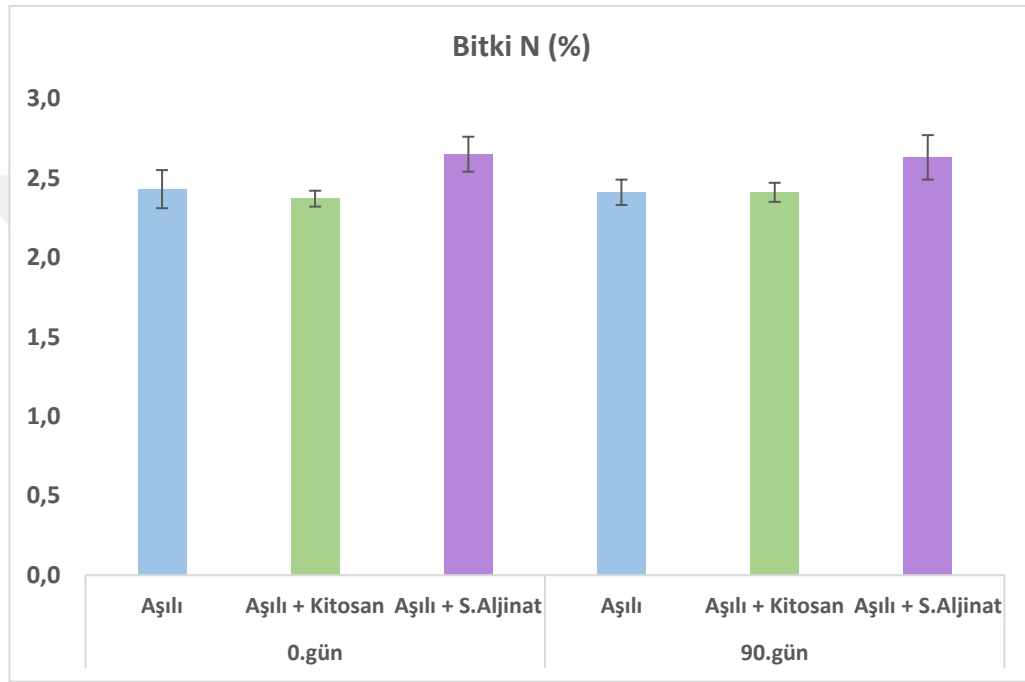
Şekil 11. Rhizobium bakterisi aşılammış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi

Şekil 11’de de görüldüğü gibi aşılı kontrol uygulaması ile mukayese edildiğinde rhizobium bakterisi aşılammış Akman 98 fasulye tohumlarına kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması bakteri canlılığını olumsuz etkileyerek bekletilmeden ekilen tohumlardan elde edilene bitkilerin köklerindeki nodül sayılarında düşüşler görülmüş olup bu düşüşler nodül ağırlıklarında azalmalara neden olmuştur.

4.1.9. Bitki üst aksam N

Akman 98 fasulye çeşidi bitkisinin tohumlarına aşılaman rhizobium bakterilerinin kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanması ve kaplanan tohumların 0 ve 90 gün muhafaza sürelerinin rhizobium bakterilerinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, Akman 98

fasulye çeşidinde bitki üst aksam azot içeriğine ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitkinin üst aksam azot içeriğine aşılı, aşılı+kitosan ve aşılı+sodyum aljinat uygulamaları arasında farklılıklar olduğu belirlenmiş olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan bakteri aşılanmış tohumların biyomateryallerle kaplandıktan sonra 0 ve 90 gün muhafaza sürelerinin Akman 98 fasulye çeşidinin bitki üst aksam azot içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 12. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin üst aksamındaki azot içeriğine (%) etkisi

Tablo 1’de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin azot içeriklerinin %2.37-2.65 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada fasulye bitkisinin en yüksek azot içeriği % 2.65 ile bakteri ile aşılanmış tohumların sodyum aljinat ile kaplandıktan sonra bekletilmeden ekilmesiyle (0.gün aşılı+s.aljinat) belirlenmiştir. Bunu fasulye bitkisinde %2.63 azot içeriği ile rhizobium bakterisi ile aşılanmış tohumların sodyum aljinat ile kaplandıktan sonra 90 gün muhafaza edilen tohumların ekilmesiyle elde edilmiştir. Bitkide en düşük azot içeriği ise % 2.37 ile 0.gün aşılı+kitosan uygulamasında belirlenmiştir. (Şekil 12, Tablo 1). Diğer taraftan araştırmadan elde edilen verilere göre bakteri ile

aşıl原因mış tohumların kitosan biyopolimeri ile kaplanması ve muhafaza süresinin bitkinin üst aksamındaki azot içeriğine etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

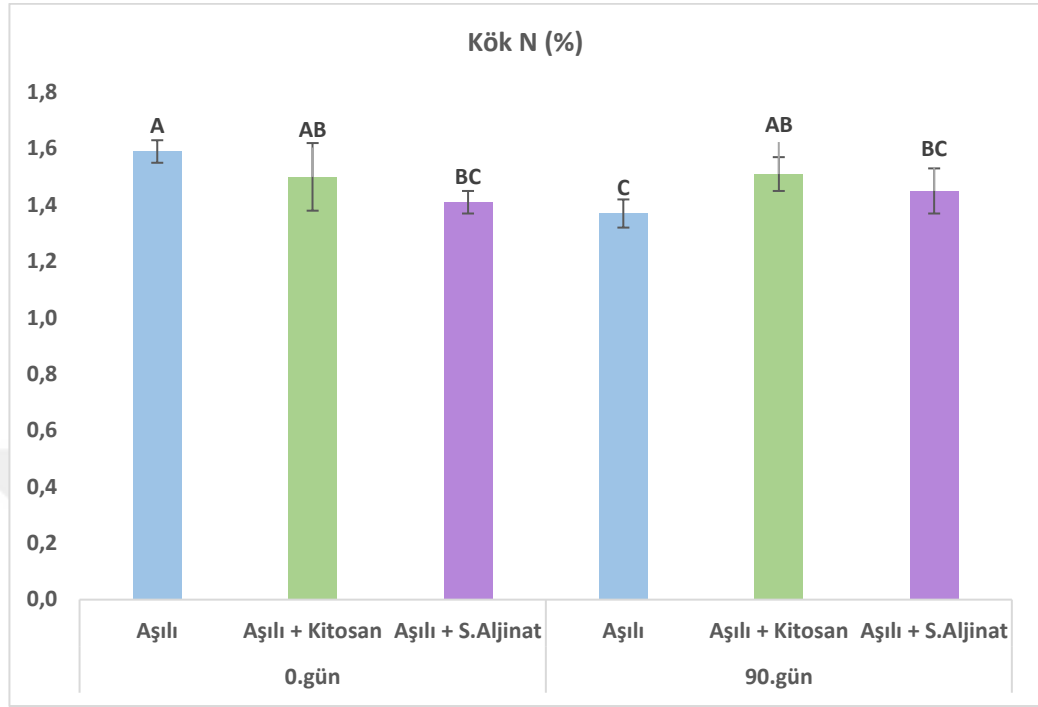
Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin Bradyrhizobium japonicum'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir. Aşılama önceden önce kitosan uygulaması, en iyi tohum çimlenme yüzdesini ve fide kalitesini sahip olduğunu göstermiştir. Ticari rhizobium inokulantlarının farklı formülasyonları olmasına rağmen uygunsuz çevresel faktörlerde depolanmış tohumlarda bakterinin düşük canlılığından dolayı kullanımı sınırlıdır (Lodeiro, 2015). Bu etkiler kuruma, makromoleküllerin toksik oksijen seviyeleri ve yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktır (Deaker ve ark. 2004). Aljinat bazlı formülasyondaki bakteriyel izolatlar, depolama sırasında kök kolonizasyonunu, antifungal ve enzim aktivitelerini korumuştur (Chakraborty, 2020).

4.1.10. Bitki kökünde N

Araştırmadan elde edilen verilere göre; bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) fasulye bitkisinin (Akman 98) tohumlarına aşıl原因mış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, rhizobium bakterisi aşıl原因mış tohumlara kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin fasulye bitkisinin kökündeki azot içeriği aşılı, aşılı+kitosan ve aşılı+sodyum aljinat uygulamaları ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar arasında önemsiz ancak muhafaza süreleri arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Tablo 1'de de görüldüğü gibi Akman 98 fasulye bitkisinin kökündeki azot içeriklerinin % 1.37-1.59 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Akman 98 fasulye bitkisinin kökündeki en yüksek azot içeriğine (%1.59) rhizobium bakterisi ile aşıl原因mış tohumun bekletilmeden ekilmesiyle elde edilmiştir. Diğer taraftan bu değeri takip eden kökteki azot içeriğine ise aşıl原因mış tohumun kitosan biyopolimeri ile kaplanması ve 90 gün muhafaza süresinden sonra ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Tablo 1). Fasulye bitkisinin kökündeki en düşük azot içeriği ise %1.37 ile rhizobium bakterisi aşıl原因mış ve biyopolimerlerle

kaplanmamış tohumun 90 gün bekletilmesinden sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 13, Tablo 1).



Şekil 13. Rhizobium bakterisi aşılammış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Akman 98) bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%) etkisi

Diğer taraftan araştırmadan elde edilen sonuçlara göre rhizobium bakterisi ile aşılammış tohumların kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanması aşılı, aşılı+kitosan ve aşılı+sodyum aljinat uygulamalarının fasulye bitkisinin kökündeki azot içeriğine çok fazla etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Rhizobium bakterisi aşılانmış tohumlara kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması ve muhafaza sürelerinin Akman 98 kuru fasulye çeşidinde bazı verim unsurları ve nodülasyonuna etkisi

	BÜAU	KU	BÜAYA	BÜAKA	KYA	KKA	NS	NA	BÜAA	KA	
	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(adet)	(g)	(%)	(%)	
Aşılı	23.78B	24.28B	23.71	5.25	25.64	2.40A	80.33A	0.69A	2.42B	1.48	
Aşılı + Kitosan	24.11B	24.78AB	23.91	5.11	25.12	2.40A	33.33C	0.33B	2.39B	1.51	
Aşılı + S.Aljinat	25.28A	26.22A	21.47	4.30	23.17	1.96B	48.33B	0.38B	2.64A	1.43	
LSD (p<0.05)	1.06	1.49	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	0.37	11.01	0.10	0.13	Ö.D.	
0.gün	Aşılı	25.56A	25.67A	27.61A	6.06A	28.55AB	2.86	127.00A	1.06A	2.43	1.59A
	Aşılı + Kitosan	24.44AB	24.33AB	20.93C	4.42B	21.62B	2.41	34.00C	0.31B	2.37	1.50AB
	Aşılı + S.Aljinat	25.56A	25.89A	21.54BC	4.09B	24.00AB	2.16	43.33BC	0.33B	2.65	1.41BC
90.gün	Aşılı	22.00C	22.89B	19.82C	4.44B	22.74B	1.94	33.67C	0.32B	2.41	1.37C
	Aşılı + Kitosan	23.78B	25.22A	26.89AB	5.79A	28.61A	2.39	32.67C	0.35B	2.41	1.51AB
	Aşılı + S.Aljinat	25.00AB	26.56A	21.41BC	4.51B	22.33B	1.75	53.33B	0.44B	2.63	1.45BC
LSD (P<0.05)	1.50	2.10	5.46	1.20	5.13	Ö.D.	15.57	0.14	Ö.D.	0.13	

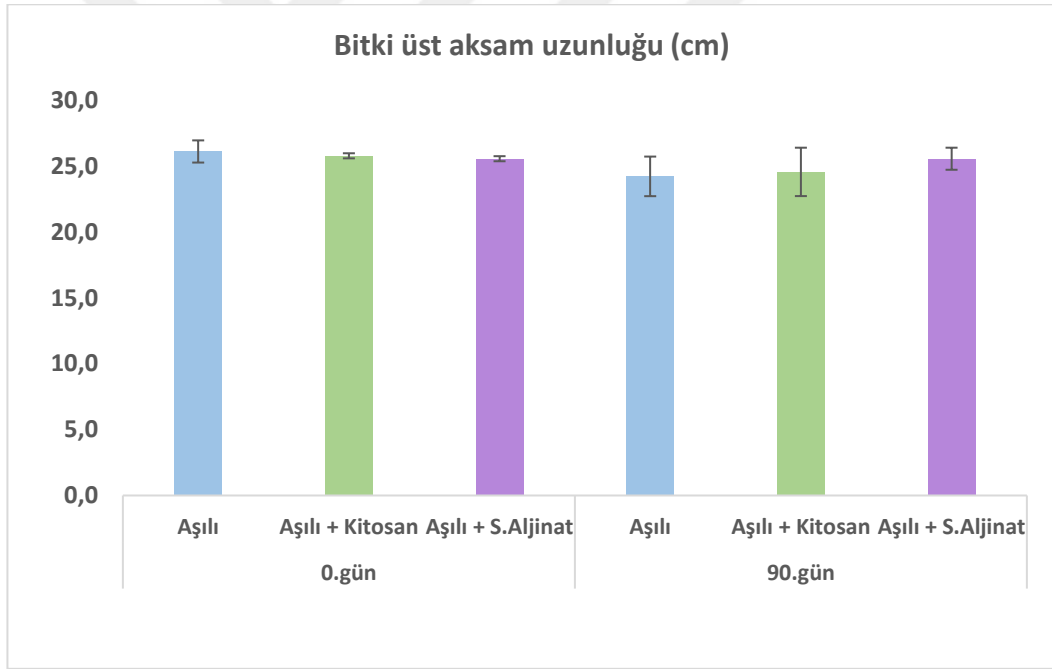
LSD testine göre % 5 düzeyinde oluşan gruplar farklı harfler ile verilmiştir. Ö.D.: Önemli Değil S.Aljinat: Sodyum Aljinat

BÜAU: Bitki üst aksam uzunluğu, KU: Kök uzunluğu, BÜAYA: Bitki üst aksam yaş ağırlık, BÜAKA: Bitki üst aksam kuru ağırlık, KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, NS: Nodül sayısı, NA: Nodül ağırlığı, BÜAA: Bitki üst aksam azot, KA: Kök azot

4.2. Yunus 90 Fasulye Çeşidinin Bazı Verim Unsurları

4.2.1. Bitki üst aksam uzunluğu

Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumlara bazı biyopolimerlerin (kitosan ve sodyum aljinat) kaplanmasıyla ve 3 ay süre ile muhafaza edilmesinden sonra ekilen tohumların Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin üst aksam uzunluğuna aşılı, aşılı+kitosan ve aşılı+sodyum aljinat uygulamaları ve uygulama süreleri arasında farklılıklar olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Tablo 2’de de görüldüğü gibi en yüksek bitki üst aksam uzunluğu 26.11 cm ile bakteri ile aşılansmış tohumun bekletilmeden ekilmesiyle elde edilmiştir. Yunus 90 fasulye çeşidinin en düşük bitki üst aksam uzunluğu ise 24.22 cm ile bakteri aşılansmış tohumun 90 gün muhafaza süresinden sonra ekilmesiyle tespit edilmiştir. (Şekil 14, Tablo 2).



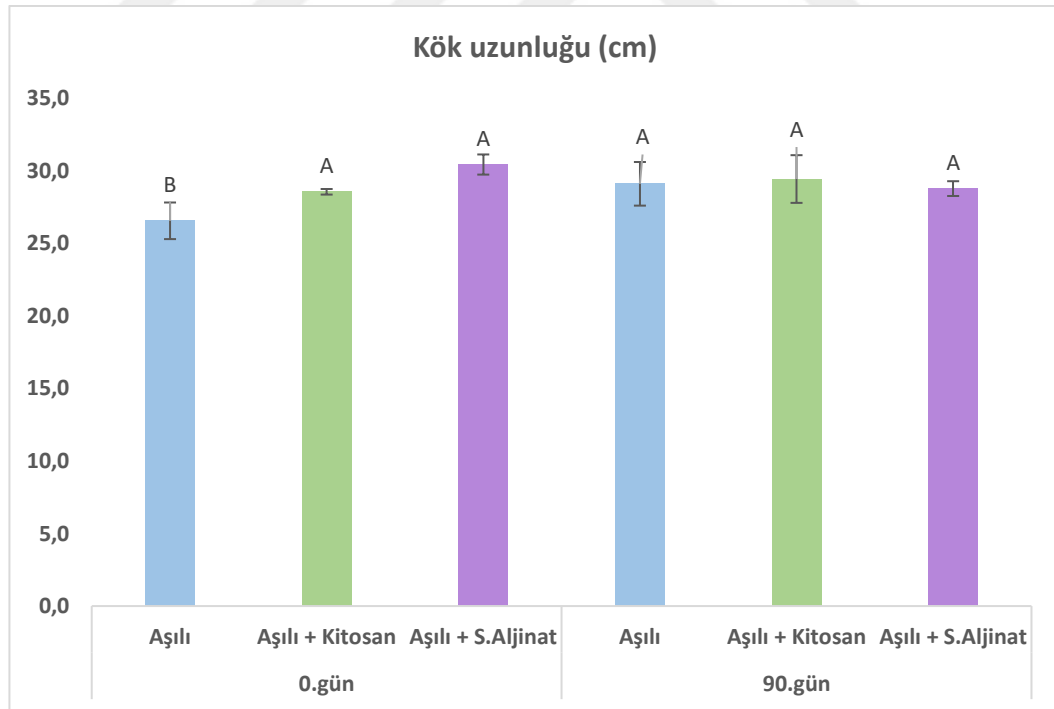
Şekil 14. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksam uzunluğuna etkisi

Araştırmadan elde edilen verilere göre bakteri aşılansmasından sonra tohum yüzeyinin kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerler ile kaplanması ve muhafaza süreleri, Yunus 90 fasulye çeşidinde bitki üst aksam uzunluğuna önemli bir etki göstermediği belirlenmiştir. Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin *Bradyrhizobium japonicum*'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum

iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir. Tripathi ve ark. 2015; doğal maddelere dayalı polimer kaplamaların soya fasulyesi tohumlarının çimlenmesini etkili bir şekilde iyileştirdiğini bulmuşlardır. Mevcut araştırma, kaplanmış tohumların ekilmesinin soya fasulyesinin ortaya çıkışını geciktirdiğini, ancak aynı zamanda kontrolle kıyaslandığında bitki popülasyonunu arttırdığı belirlenmiştir.

4.2.2. Bitki kök uzunluğu

Araştırma sonuçlarına göre; bakteri aşılansın Yunus 90 fasulye çeşidinin tohumlarına bazı biyopolimerlerin (kitosan, sodyum aljinat) kaplanmasıyla fasulye bitkisinin kök uzunluğunda aşılı, aşılı+kitosan ve aşılı+sodyum aljinat uygulamalarının ve uygulama sürelerinin (0, 90 gün) arasında farklılıklar olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.



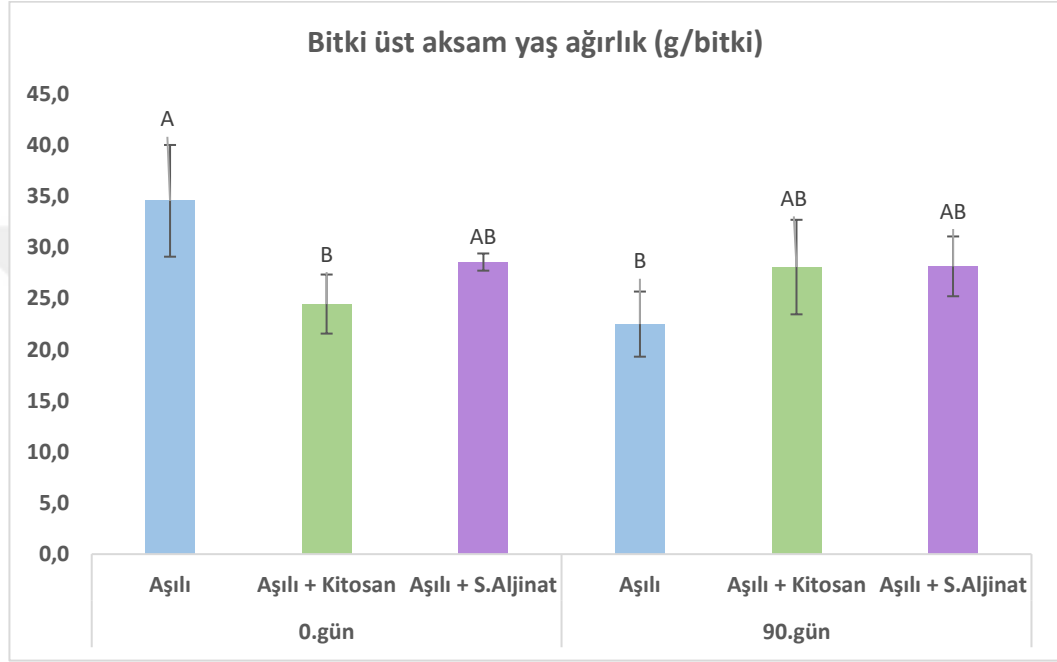
Şekil 15. Rhizobium bakterisi aşılansın tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kök uzunluğuna etkisi

Tablo 2’de de görüldüğü gibi Yunus 90 fasulye bitkisinin kök uzunluklarının 26.56-30.44 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada fasulye bitkisinin en yüksek bitki kök uzunluğu 30.44 cm ile bakteri aşılama tohumun yüzeyi sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplandıktan sonra bekletilmeden ekilen tohumlarda (aşılı+s.alginat) belirlenmiştir. Bunlara ilaveten en yüksek değeri 29.44 cm ile tohum aşılama tohumlarından sonra kitosan biyopolimeri ile kaplanan ve 90 gün muhafaza edilen tohumlar ekildikten sonra tespit edilmiştir. Diğer taraftan Yunus 90 fasulye çeşidinin en düşük bitki kök uzunluğu ise 26.56 cm ile aşılama tohumlarının bekletilmeden ekilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 15, Tablo 2). Zeng ve Zhang 2010; yaptıkları bir çalışmada ana bileşen olarak karboksimetilkitosan kullanılan yeni bir soya fasulyesi tohum kaplama maddesi hazırlamışlardır. Bu kaplama maddesinin verim artışına etkisi hem laboratuvarda hem de arazide yapılan deneylerle test edilmiştir. Testlerin sonucu, yeni tohum kaplama maddesi ile kaplanmış soya fasulyesi tohumlarının kontrolle karşılaştırıldığında ürün verimini %18 oranında artırdığı ve bunu %26 oranında daha az maliyetle gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Rocha ve ark. 2019; kaplanmış tohumların kullanılmasının etkilerinin, bitki türleri veya habitat koşullarını içeren birçok faktöre bağlı olduğunu bildirmiştir. Chachalis ve Smith 2001; soya fasulyesi tohumlarına uygulanan hidrofobik bir polimer özellikle ekimden sonra toprak nemi elverişsiz olduğunda su alımının düzenlenmesinde etkili olmuş, bu da bitkide çimlenme ve çıkışı iyileştirmiştir.

4.2.3. Bitki üst aksam yaş ağırlık

Bazı biyopolimerlerin (kitosan ve sodyum aljinat) baklagil tohumlarına bakteri aşılama tohumlarından sonra kaplanmasıyla tohumların bekletilmeden ya da belirli bir süre muhafaza edildikten sonra tohumlar ekilmiş ve bakterinin canlılığı araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilere göre, tohuma kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin Yunus 90 fasulye bitkisinin üst aksam yaş ağırlıkları üzerine uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemsiz, ancak muhafaza süreleri arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Tablo 2’de de görüldüğü gibi, Yunus 90 fasulye bitkisinin üst aksam yaş ağırlıkları 22.50-34.56 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fasulye bitkisinin

en yüksek bitki üst aksam yaş ağırlığı 34.56 g ile bakteri aşılansmış tohumun biyopolimerle kaplanmadan aynı gün içerisinde ekilmesiyle belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 28.57 g (aşılı+sodyum aljinat 0.gün), 28.15 g (aşılı+sodyum aljinat 90.gün), 28.08 g (aşılı+kitosan 90.gün), 24.46 g (aşılı+kitosan 0.gün) ve 22.50 g (aşılı 90.gün) üst aksam yaş ağırlık değerleri takip ettiği belirlenmiştir (Şekil 16, Tablo 2).



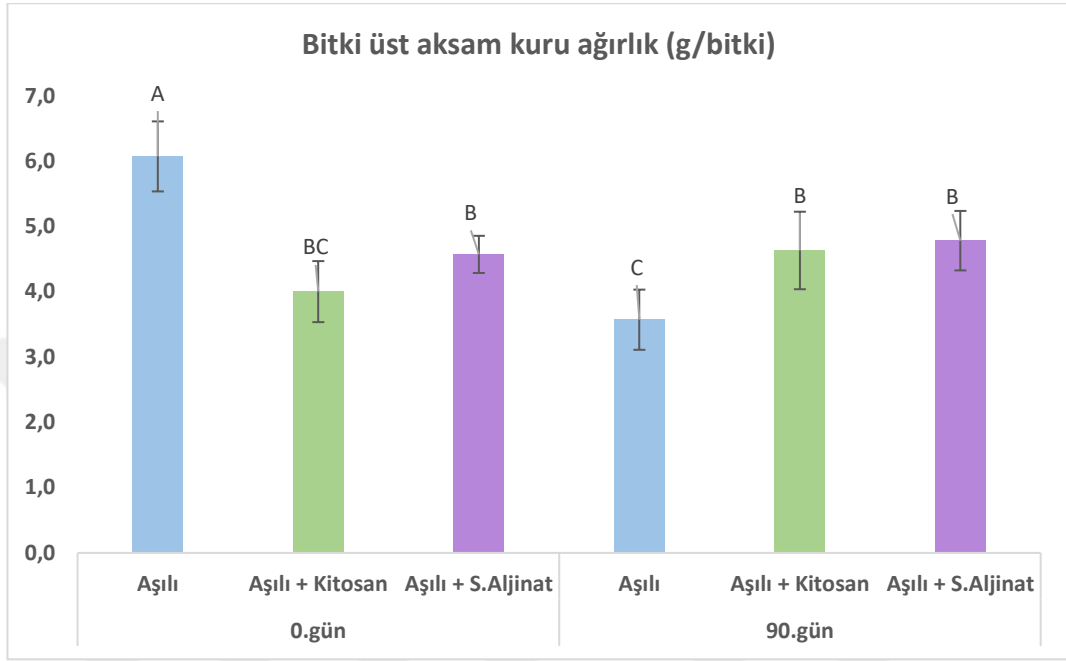
Şekil 16. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksam yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi

Jeyabal ve ark. 1992; soya fasulyesi tohumlarının organik veya inorganik maddelerle kaplanmasının bitki başına bakla sayısını arttırdığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, tohum veriminin kontrolle karşılaştırıldığında % 30 dan % 37'e arttığı belirlenmiştir. Elde edilen etkilerin toprak tipine bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür.

4.2.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık

Araştırmada rhizobium bakterisi aşılansmış fasulye bitkisinin tohumlarına kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin Yunus 90 fasulye bitkisinin üst aksam kuru ağırlıklarında uygulamalar arasında farklılıklar belirlenmiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer

tarafından bakteri aşılanmış tohumların bazı biyopolimerlerle kaplandıktan sonra 3 ay süre ile muhafaza edilen tohumların ekiminden sonra fasulye bitkisinin üst aksam kuru ağırlıkları arasında farklılıklar olup bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.



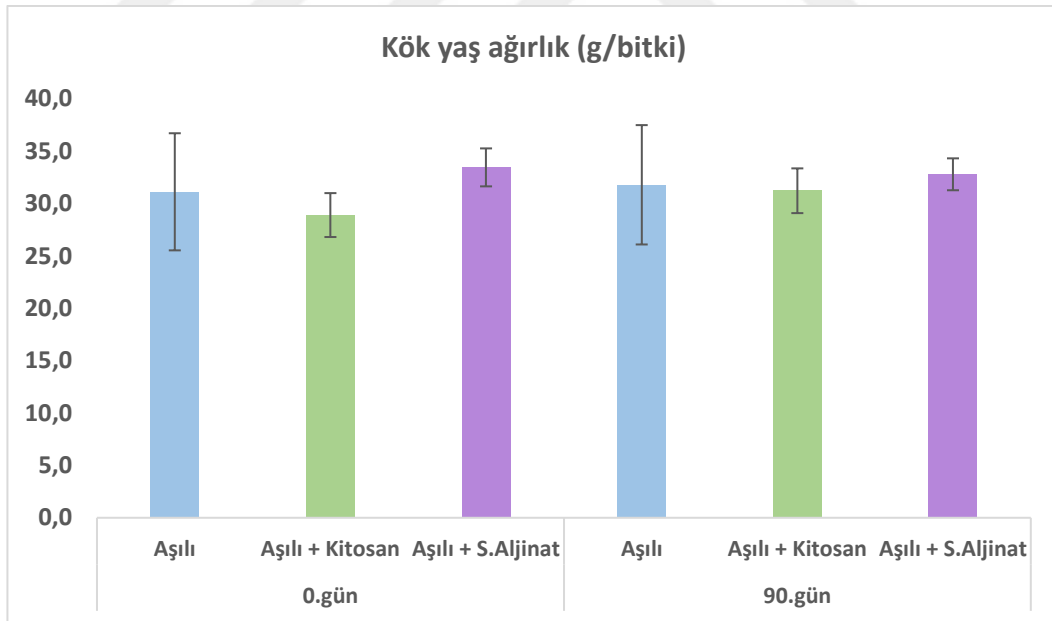
Şekil 17. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksam kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi

Yunus 90 fasulye bitkisinin üst aksam kuru ağırlıkları Tablo 2’de de görüldüğü gibi 3.57-6.07 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fasulye bitkisinin en yüksek bitki üst aksam kuru ağırlığı 6.07 g ile bakteri aşılanmış tohumun biyomateryallerle kaplama olmadan ve bekletilmeden ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük bitki üst aksam kuru ağırlığı ise 3.57 g ile rhizobium bakterisi aşılanmış tohumun biyomateryallerle kaplama olmadan ve 90 gün bekletildikten sonra ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Şekil 17, Tablo 2). Söz konusu araştırmada en yüksek üst aksam kuru ağırlığını sırasıyla aşılı+Sodyum aljinat (90.gün) (4.78 g), aşılı+Kitosan (90.gün) (4.63 g), aşılı+Sodyum aljinat (0.gün) (4.57 g), aşılı+Kitosan (0.gün) (4.00 g) ve aşılı (90.gün) (3.57 g) uygulamalarının takip ettiği belirlenmiştir. Rocha ve ark. 2019; kaplanmış tohumların kullanılmasının etkilerinin, bitki türleri veya habitat koşullarını içeren birçok faktöre bağlı olduğunu bildirmiştir. Chachalis ve Smith 2001; soya fasulyesi tohumlarına uygulanan hidrofobik bir polimer özellikle ekimden sonra toprak nemi

elverişsiz olduğunda su alımının düzenlenmesinde etkili olmuş, bu da bitkide çimlenme ve çıkışı iyileştirmiştir.

4.2.5. Bitki kök yaş ağırlık

Yunus 90 çeşidi fasulye bitkisinin tohumlarına aşıl原因an rhizobium bakterisinin kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanması ve kaplanan tohumların 0 ve 90 gün muhafaza sürelerinin rhizobium bakterisinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, fasulye bitkisinin kök yaş ağırlığına ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitkinin kök yaş ağırlıklarında yapılan uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiş olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan bakteri aşıl原因mış tohumların biyomateryallerle kaplandıktan sonra muhafaza sürelerinin Yunus 90 fasulye çeşidinin kök yaş ağırlıkları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.



Şekil 18. Rhizobium bakterisi aşıl原因mış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kök yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi

Tablo 2’de de görüldüğü gibi Yunus 90 fasulye bitkisinin kök yaş ağırlıklarının 28.89-33.44 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada Yunus 90 fasulye bitkisinin en düşük kök yaş ağırlığı 28.89 g ile

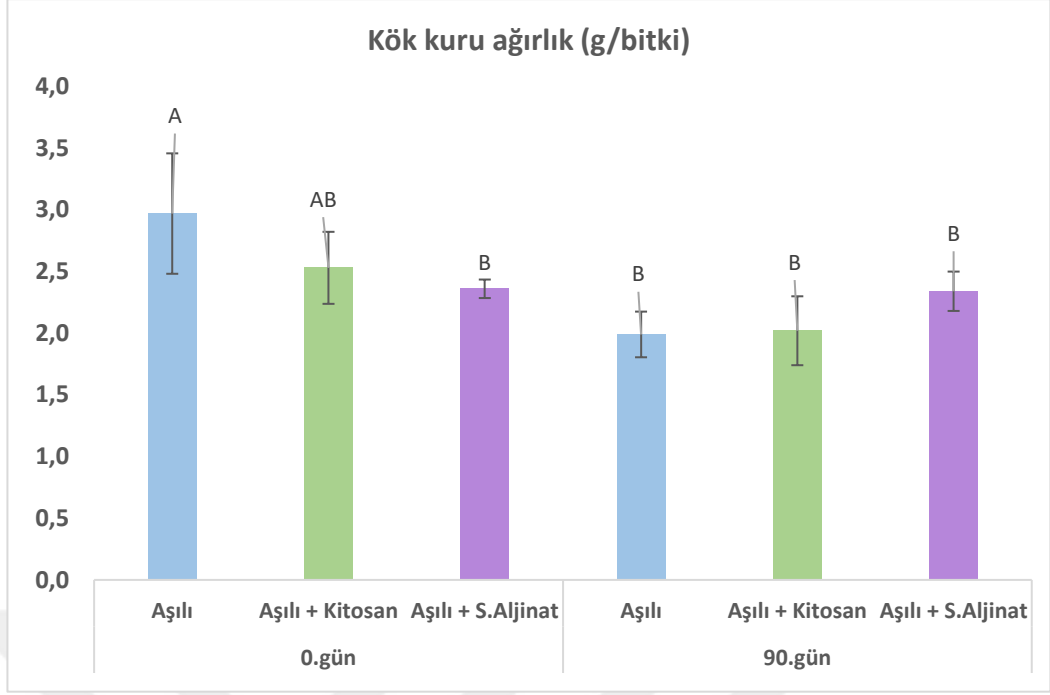
aşılmiş tohumun kitosan biyopolimeri ile kaplandıktan sonra bekletilmeden ekilen tohumlarda (aşılı+kitosan) belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ağırlığı ise 33.44 g ile 0.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında belirlenmiştir. (Şekil 18, Tablo 2). Zeng ve Zhang 2010; yaptıkları bir çalışmada ana bileşen olarak karboksimetilkitosan kullanılan yeni bir soya fasulyesi tohum kaplama maddesi hazırlamışlardır. Bu kaplama maddesinin verim artışına etkisi hem laboratuvarında hem de arazide yapılan deneylerle test edilmiştir. Testlerin sonucu, yeni tohum kaplama maddesi ile kaplanmış soya fasulyesi tohumlarının kontrolle karşılaştırıldığında ürün verimini %18 oranında artırdığı ve bunu %26 oranında daha az maliyetle gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

4.2.6. Bitki kök kuru ağırlık

Bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) ve muhafaza sürelerinin, Yunus 90 fasulye bitkisinin tohumlarına aşılmiş rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, aşılmiş tohuma kaplanan bazı biyopolimerler ve muhafaza süreleri arasında fasulye bitkisinin kök kuru ağırlıkları üzerine etkisi farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar arasında önemsiz ancak muhafaza süreleri arasında istatistik olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Tablo 2’de de görüldüğü gibi Yunus 90 fasulye bitkisinin kök kuru ağırlıklarının 1.99-2.97 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada fasulye bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı 2.97 g ile aynı gün içerisinde (0.gün) aşılınıp ekilen ve biyomateryallerle kaplanmayan tohumlarda belirlenmiştir. En düşük bitki kök kuru ağırlığı ise 1.99 g ile bakteri ile aşılınıp 90 gün muhafaza edilmiş tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 19, Tablo 2).

Jeyabal ve ark. 1992; soya fasulyesi tohumlarının organik veya inorganik maddelerle kaplanmasının bitki başına bakla sayısını arttırdığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, tohum veriminin kontrolle karşılaştırıldığında % 30 dan % 37’e arttığı belirlenmiştir. Elde edilen etkilerin toprak tipine bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür.

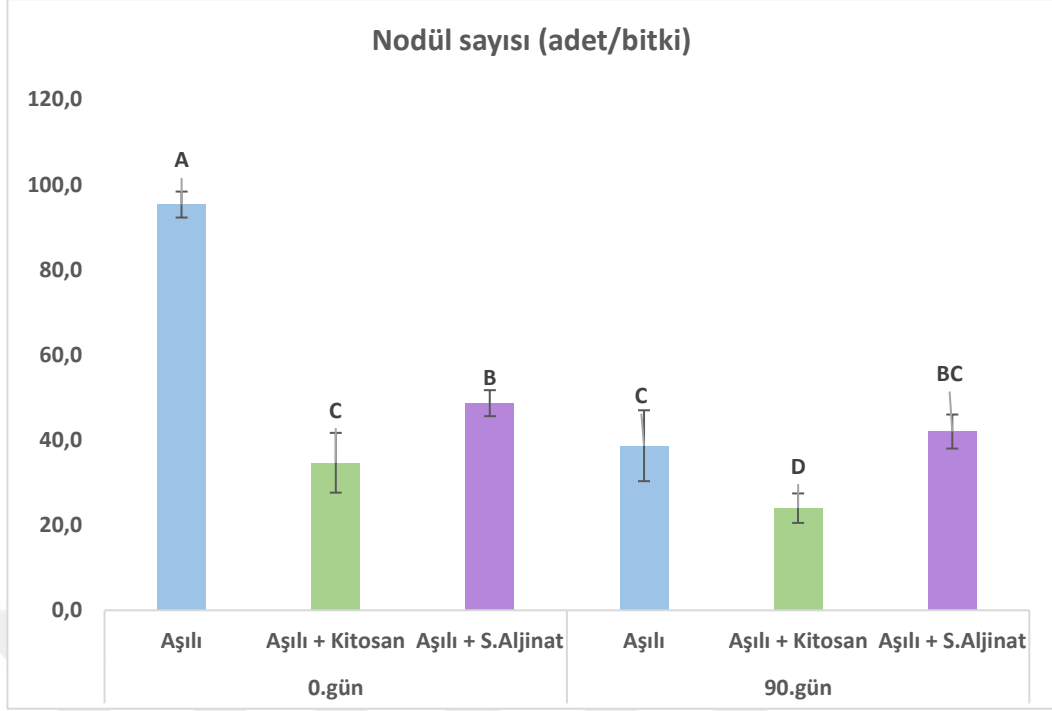


Şekil 19. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kök kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi

4.2.7. Nodül sayısı

Araştırmadan elde edilen verilere göre; bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) ve muhafaza sürelerinin Yunus 90 fasulye bitkisinin tohumlarına aşılanmış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, bakteri aşılanmış tohuma kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin fasulye bitkisinin nodül sayısında uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Tablo 2’de de görüldüğü gibi Yunus 90 fasulye bitkisinin nodül sayılarının 24.00-95.33 adet arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada uygulamalar arasında fasulye bitkisinin en yüksek nodül sayısı 95.33 adet ile rhizobium bakterisi ile aşılanmış tohumların biyopolimerlerle kaplanmayıp ve aynı gün içerisinde ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük nodül sayısı ise 24.00 adet ile bakteri ile aşılanmış tohumların yüzeyi kitosan biyopolimeri ile kaplanıp 90 gün bekletildikten sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 20, Tablo 2).



Şekil 20. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumun yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin fasulye (Yunus 90) bitkisinin kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi

Şekil 20’de de görüldüğü gibi aşılı kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında bakteri aşılanmış tohuma kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması bakteri canlılığını olumsuz etkileyerek Yunus 90 fasulye bitkisinin kökünde nodül sayısında azalmalara neden olmuştur. Kitosan ve sodyum aljinat antibakteriyel özelliğe sahip olmasından dolayı bakteri canlılığını başlangıçta azaltmış olabileceği düşünülmüştür. Ancak biyomateryallerle kaplama yapıldıktan sonra tohumların 3 ay muhafaza süresi içerisinde bakterinin canlılığını koruduğu görülmüştür (Şekil 20). Kitosan geniş bir antimikrobial aktivite spektrumuna sahip olmasına rağmen, farklı mantarlara, gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı farklı inhibisyon verimliliği sergilemektedir (Kong ve ark. 2010). Kitosan ile tohum uygulamalarına ilişkin önceki çalışmalar tohum kalitesi üzerinde önemli veya hiç etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (Lizárraga Paulin, ve ark. 2011), halbuki kitosan uygulamalarının diğer formları tohumlarda canlılığı ve aylarca canlılığı korumada daha çok etkili olmuştur (Suvannasara ve Boonlertnirun, 2013).

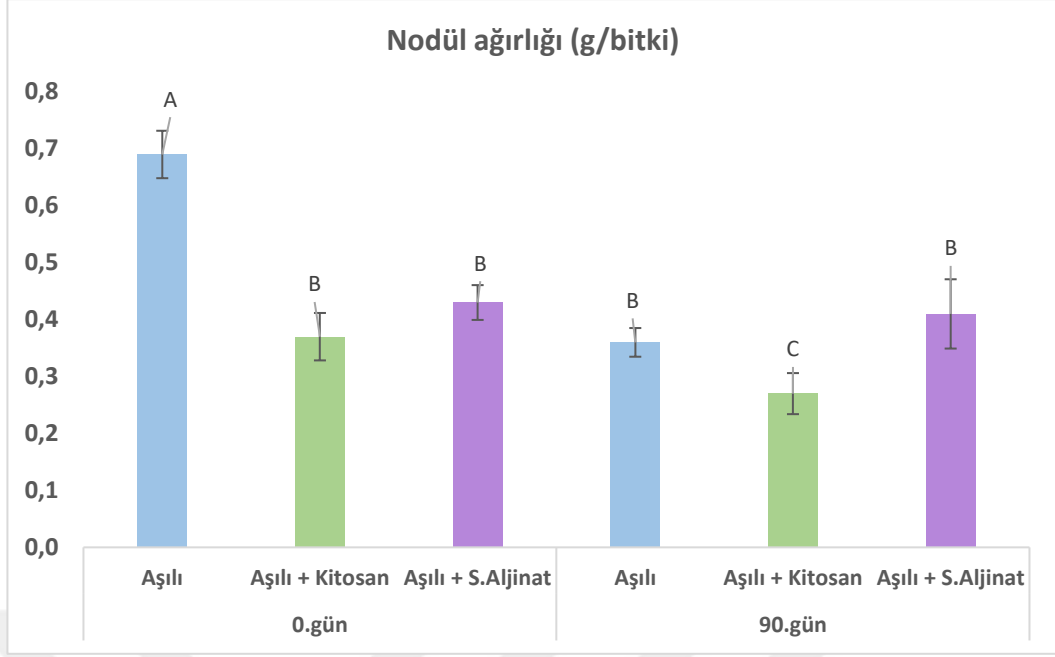
Shcherbakova ve ark., (2018) yaptıkları bir çalışmada; nohut ve soya fasulyesi tohumlarının aljinat mikrokürelerde kapsüllenmiş *Mezorhizobium ciceri* ST-282 ve *Bradyrhizobium japonicum* M8 ile aşılması, nodül sayısını ve

ağırlığını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin Bradyrhizobium japonicum'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir (Chakraborty, 2020). Jarecki (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+alginat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir.

4.2.8. Nodül ağırlığı

Yunus 90 çeşidi fasulye bitkisinin tohumlarına aşılamanın rhizobium bakterisinin kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanması ve kaplanan tohumların 0 ve 90 gün muhafaza sürelerinin rhizobium bakterisinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, fasulye bitkisinin kökünden toplanan nodül ağırlıklarına ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitkinin kökünden toplanan nodüllerin ağırlıkları üzerine yapılan uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiş olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilere göre, Yunus 90 fasulye bitkisinin nodül ağırlıklarının 0.27-0.69 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tablo 2'de de görüldüğü gibi uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında fasulye bitkisinin kökündeki en yüksek nodül ağırlığı 0.69 g ile bakteri ile aşılamanın tohumların bekletilmeden ekildiği uygulamalarda belirlenmiştir. Diğer taraftan fasulye bitkisinin kökündeki en düşük nodül ağırlığı ise 0.27 g ile rhizobium bakterisi ile aşılamanın tohumların kitosan biyopolimeriyle kaplandıktan sonra 90 gün muhafaza edilmesiyle ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Şekil 21, Tablo 2). Bunun yanı sıra en yüksek nodül ağırlığını 0.69 g ile bakteri ile aşılamanın tohumun biyopolimerlerle kaplanmadan ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Tablo 2).



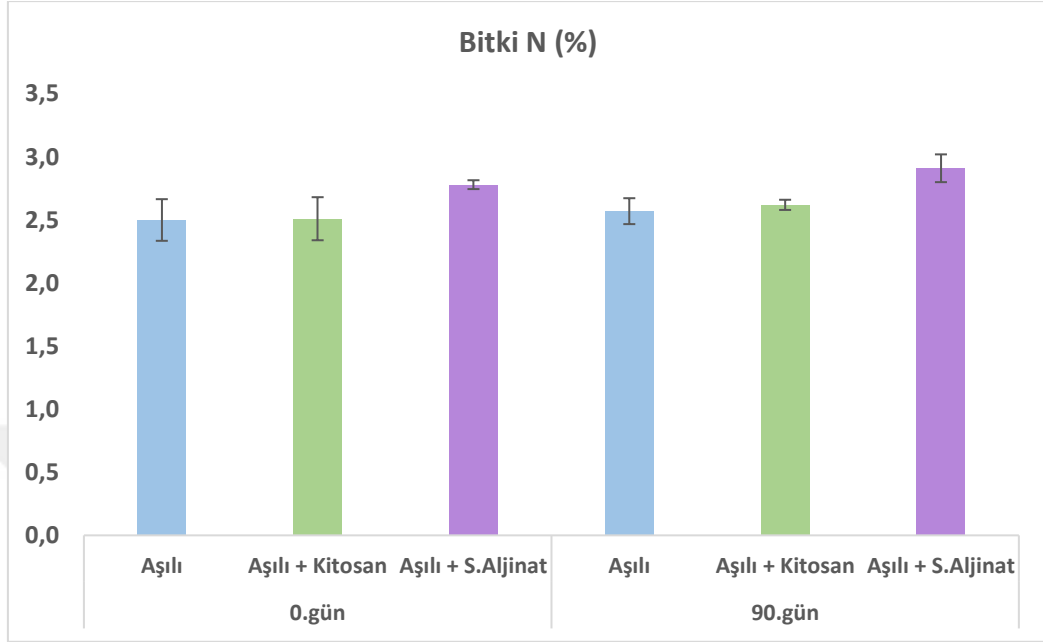
Şekil 21. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi

Şekil 20’de de görüldüğü gibi aşılı kontrol uygulaması ile mukayese edildiğinde rhizobium bakterisi aşılanmış Yunus 90 fasulye tohumlarına kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması bakteri canlılığını olumsuz etkileyerek bekletilmeden ekilen tohumlardan elde edilen bitkilerin köklerindeki nodül sayılarında düşüşler görülmüş olup bu düşüşler nodül ağırlıklarında azalmalara neden olmuştur.

4.2.9. Bitki üst aksam N

Yunus 90 çeşidi fasulye bitkisinin tohumlarına aşılanan rhizobium bakterisinin kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanması ve kaplanan tohumların 0 ve 90 gün muhafaza sürelerinin rhizobium bakterisinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla fasulye bitkisinin üst aksamındaki azot içerikleri araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, fasulye bitkisinin üst aksam azot içeriklerine ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitkinin üst aksam azot içeriğine yapılan uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiş olup, bu farklılıkların uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan muhafaza

sürelerinin bitkinin üst aksamdaki azot içeriğine etkileri değişiklik göstermiş ancak bu değişiklik istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 22. Rhizobium bakterisi aşılansız tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin üst aksamındaki azot içeriğine (%) etkisi

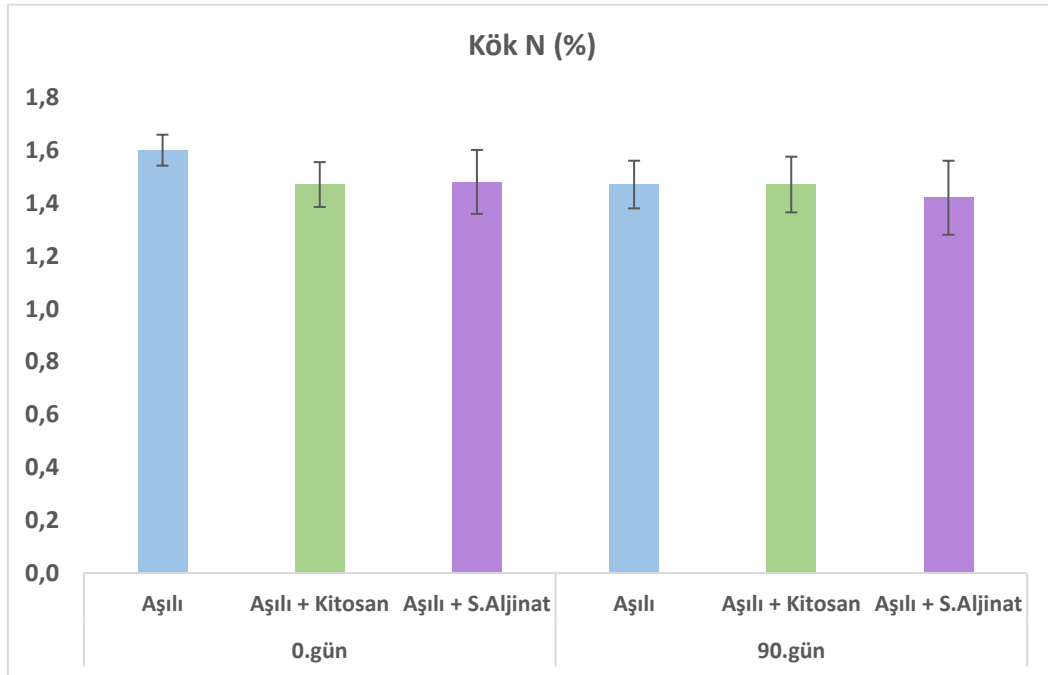
Tablo 2’de de görüldüğü gibi Yunus 90 fasulye bitkisinin azot içeriklerinin % 2.50-2.91 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada fasulye bitkisinin en yüksek azot içeriği % 2.91 ile bakteri ile aşılansız tohumların sodyum aljinat ile kaplandıktan sonra 90 gün bekletilen tohumların ekilmesiyle (90.gün aşılı+ssodyum aljinat) belirlenmiştir. Bunu fasulye bitkisinde % 2.78 azot içeriği ile rhizobium bakterisi ile aşılansız tohumların sodyum aljinat ile kaplandıktan sonra 90 gün muhafaza edilen tohumların ekilmesiyle elde edilmiştir. Bitkide en düşük azot içeriği ise % 2.50 ile bakteri ile aşılansız tohumların bekletilmeden ekilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 22, Tablo 2). Diğer taraftan araştırmadan elde edilen verilere göre bakteri ile aşılansız tohumların kitosan biyopolimeri ile kaplanması ve muhafaza süresinin bitkinin üst aksamdaki azot içeriğine diğer biyopolimere göre etkisinin daha az olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin Bradyrhizobium japonicum'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde

aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir. Aşılamadan önce kitosan uygulaması, en iyi tohum çimlenme yüzdesini ve fide kalitesini sahip olduğunu göstermiştir. Ticari rhizobium inokulantlarının farklı formülasyonları olmasına rağmen uygunsuz çevresel faktörlerde depolanmış tohumlarda bakterinin düşük canlılığından dolayı kullanımı sınırlıdır (Lodeiro, 2015). Bu etkiler kuruma, makromoleküllerin toksik oksijen seviyeleri ve yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktır (Deaker ve ark. 2004). Aljinat bazlı formülasyondaki bakteriyel izolatlar, depolama sırasında kök kolonizasyonunu, antifungal ve enzim aktivitelerini korumuştur (Chakraborty, 2020).

4.2.10. Bitki kökünde N

Araştırmadan elde edilen verilere göre; bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye bitkisinin (Yunus 90) tohumlarına aşılanmış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, rhizobium bakterisi aşılanmış tohumlara kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin fasulye bitkisinin kökündeki azot içeriğine uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 23. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) fasulye (Yunus 90) bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%) etkisi

Tablo 2’de de görüldüğü gibi Yunus 90 fasulye bitkisinin kökündeki azot içerikleri %1.42-1.60 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek fasulye bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%1,60) rhizobium bakterisi ile aşılınmış tohumun bekletilmeden ekilmesiyle elde edilmiştir. Diğer taraftan bu değeri aşılınmış tohumun sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanması ve bekletilmeden ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Tablo 2). Fasulye bitkisinin kökündeki en düşük azot içeriği ise %1.42 ile bakteri aşılınmış ve sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanmış tohumun 90 gün bekletilmesinden sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 23, Tablo 2). Diğer uygulamalar arasındaki bitki kökündeki azot içeriği birbirlerine yakın ve aynı değerler tespit edilmiştir (Tablo 2).

Rocha ve ark. 2019; kaplanmış tohumların kullanılmasının etkilerinin, bitki türleri veya habitat koşullarını içeren birçok faktöre bağlı olduğunu bildirmiştir. Chachalis ve Smith 2001; soya fasulyesi tohumlarına uygulanan hidrofobik bir polimer özellikle ekimden sonra toprak nemi elverişsiz olduğunda su alımının düzenlenmesinde etkili olmuş, bu da bitkide çimlenme ve çıkışı iyileştirmiştir.

Tablo 2. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumlara kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması ve muhafaza sürelerinin Yunus 90 kuru fasulye çeşidinde bazı verim unsurları ve nodülasyonuna etkisi

	BÜAU	KU	BÜAYA	BÜAKA	KYA	KKA	NS	NA	BÜAN	KA	
	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(adet)	(g)	(%)	(%)	
Aşılı	25.17	27.83B	28.53	4.82	31.44	2.48	67.00A	0.53A	2.54B	1.54	
Aşılı + Kitosan	25.17	29.00AB	26.27	4.32	30.05	2.28	29.33C	0.32C	2.57B	1.47	
Aşılı + S.Aljinat	25.56	29.61A	28.36	4.67	33.11	2.35	45.33B	0.42B	2.85A	1.45	
LSD (p<0.05)	Ö.D.	1.39	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	6.61	0.05	0.15	Ö.D.	
0.gün	Aşılı	26.11	26.56B	34.56A	6.07A	31.11	2.97A	95.33A	0.69A	2.50	1.60
	Aşılı + Kitosan	25.78	28.56A	24.46B	4.00BC	28.89	2.53AB	34.67C	0.37B	2.51	1.47
	Aşılı + S.Aljinat	25.56	30.44A	28.57AB	4.57B	33.44	2.36B	48.67B	0.43B	2.78	1.48
90.gün	Aşılı	24.22	29.11A	22.50B	3.57C	31.78	1.99B	38.67C	0.36B	2.57	1.47
	Aşılı + Kitosan	24.56	29.44A	28.08AB	4.63B	31.21	2.02B	24.00D	0.27C	2.62	1.47
	Aşılı + S.Aljinat	25.56	28.78A	28.15AB	4.78B	32.78	2.34B	42.00BC	0.41B	2.91	1.42
LSD (P<0.05)	Ö.D.	1.97	6.46	0.85	Ö.D.	0.50	9.35	0.07	Ö.D.	Ö.D.	

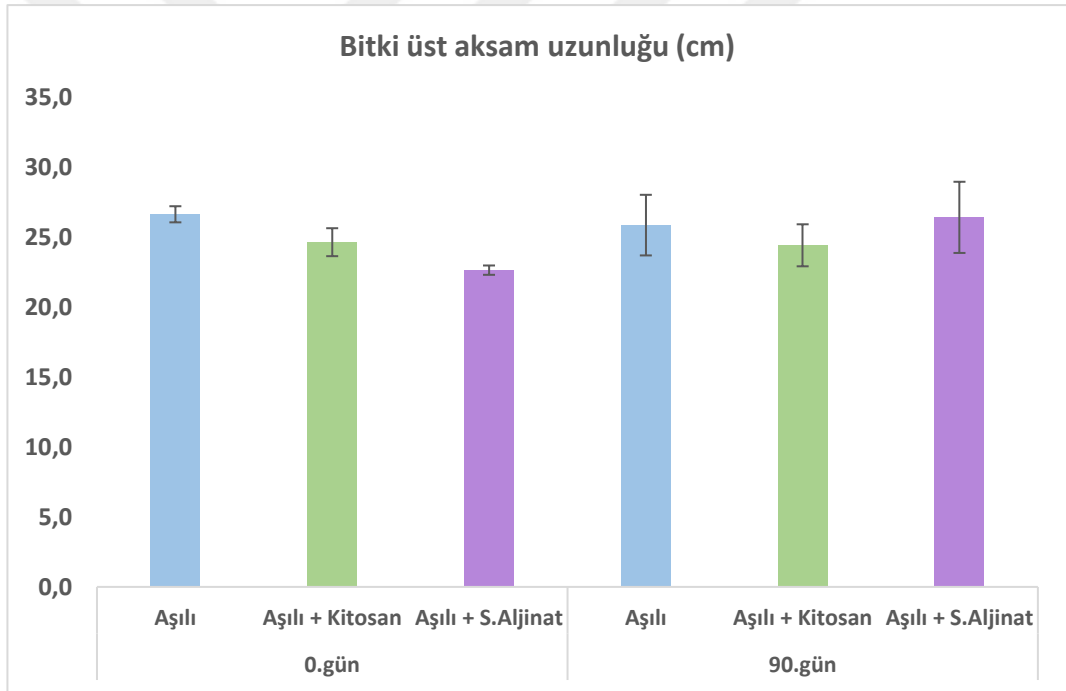
LSD testine göre % 5 düzeyinde oluşan gruplar farklı harfler ile verilmiştir. Ö.D.: Önemli Değil S.Aljinat: Sodyum Aljinat

BÜAU: Bitki üst aksam uzunluğu, KU: Kök uzunluğu, BÜAYA: Bitki üst aksam yaş ağırlık, BÜAKA: Bitki üst aksam kuru ağırlık, KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, NS: Nodül sayısı, NA: Nodül ağırlığı, BÜAA: Bitki üst aksam azot, KA: Kök azot

4.3. Azkan Nohut Çeşidinin Bazı Verim Unsurları

4.3.1. Bitki üst aksam uzunluğu

Kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin rhizobium bakterisi ile aşılansmış nohut bitkisinin tohumlarına kaplanması ve 3 ay süreyle muhafaza edilmesinden sonra tohumlarda bakteri canlılığını araştırmak için sera koşullarında nohut bitkisi yetiştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre, nohut bitkisinin üst aksam uzunluğuna ilişkin verilerle yapılan varyans analizi sonucu, bitkinin üst aksam uzunluklarına yapılan uygulamaların (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).



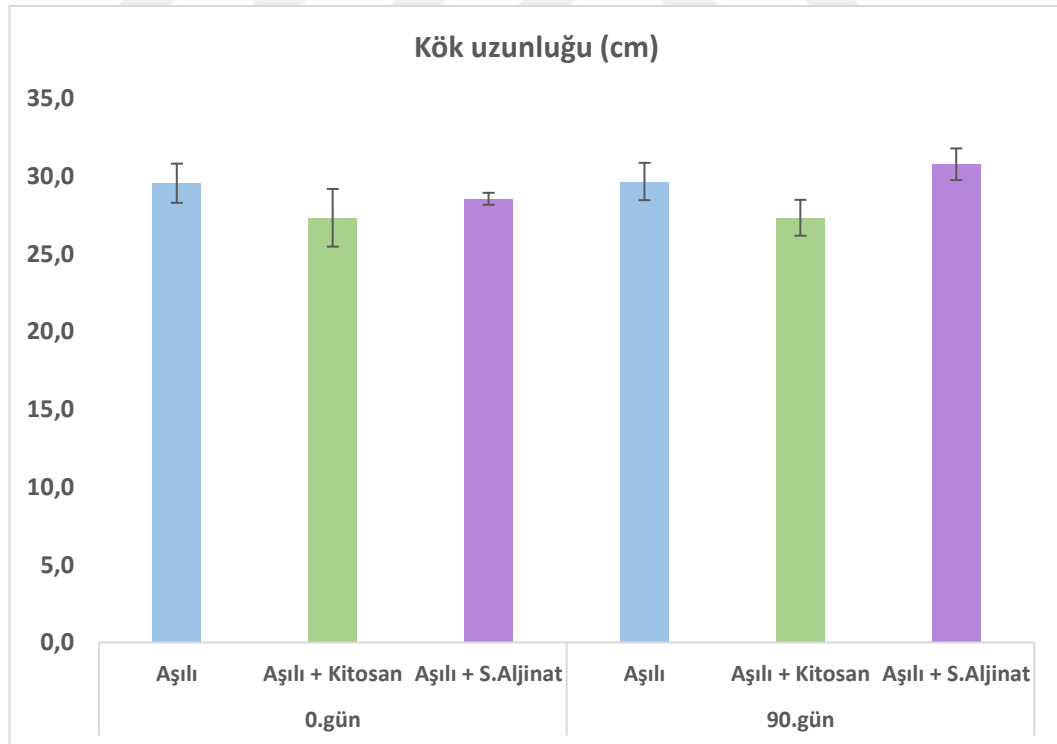
Şekil 24. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksam uzunluğuna etkisi

Azkan nohut bitkisinin üst aksam uzunluklarının 22.67-26.66 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tablo 3’de de görüldüğü gibi nohut bitkisinin en yüksek bitki üst aksam uzunluğu 26.66 cm ile bakteri aşılansmış tohumun kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleriyle kaplanmadan ve bekletilmeden ekilen tohumlarda belirlenmiştir. Nohut bitkisinin en düşük bitki üst aksam uzunluğu ise 22.67 cm olarak bakteri aşılansmış nohut bitkisinin tohumlarının sodyum aljinat

biyopolimeri ile kaplandıktan sonra tohumların bekletilmeden ekilen uygulamalarda belirlenmiştir (Şekil 24, Tablo 3). Zeng ve Zhang 2010; yaptıkları bir çalışmada ana bileşen olarak karboksimetilkitosan kullanılan yeni bir soya fasulyesi tohum kaplama maddesi hazırlamışlardır. Bu kaplama maddesinin verim artışına etkisi hem laboratuvarında hem de arazide yapılan deneylerle test edilmiştir. Testlerin sonucu, yeni tohum kaplama maddesi ile kaplanmış soya fasulyesi tohumlarının kontrolle karşılaştırıldığında ürün verimini %18 oranında artırdığı ve bunu %26 oranında daha az maliyetle gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

4.3.2. Bitki kök uzunluğu

Rhizobium bakterisi aşılınmış Azkan çeşidi nohut bitkisinin tohumlarının yüzeyine kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri kaplandıktan sonra 3 ay süreyle muhafaza edilmiştir. Bakteri aşılınmış tohumların bazı biyopolimerlerle kaplanmasının ve muhafaza edilmesinin nohut bitkisinin tohumlarında rhizobium bakterisinin canlılığına etkisi araştırılmıştır.



Şekil 25. Rhizobium bakterisi aşılınmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kök uzunluğuna etkisi

Araştırmadan elde edilen sonuçlarına göre, nohut bitkisinin kök uzunlukları üzerine uygulamalar ve uygulama süreleri arasında değişiklikler olup, bu değişikliklerin uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu ancak muhafaza süreleri arasında önemsiz olduğu belirlenmiştir. Tablo 3’de de görüldüğü gibi, Azkan nohut bitkisinin kök uzunluklarının 27.33-30.78 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 25, Tablo 3). Araştırmada nohut bitkisinin en düşük kök uzunluğu 27.33 cm olarak bakteri aşılması yapılan, kitosan biyopolimeri ile kaplanan ve bekletilmeden ekilen tohumlarda belirlenmiş olup en yüksek kök uzunluğu ise aşılanmış tohumların sodyum aljinat ile kaplanmasıyla ve 90 günlük muhafaza süresi sonrasında ekilen tohumlarda tespit edilmiştir. Diğer taraftan sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanan bakteri ile aşılanmış tohumlardan ekilen bitkilerin kök uzunlukları, diğer kitosan biyopolimeri ile kaplanan tohumlardan elde edilen bitkilere göre kök uzunlukları daha yüksek olarak belirlenmiştir.

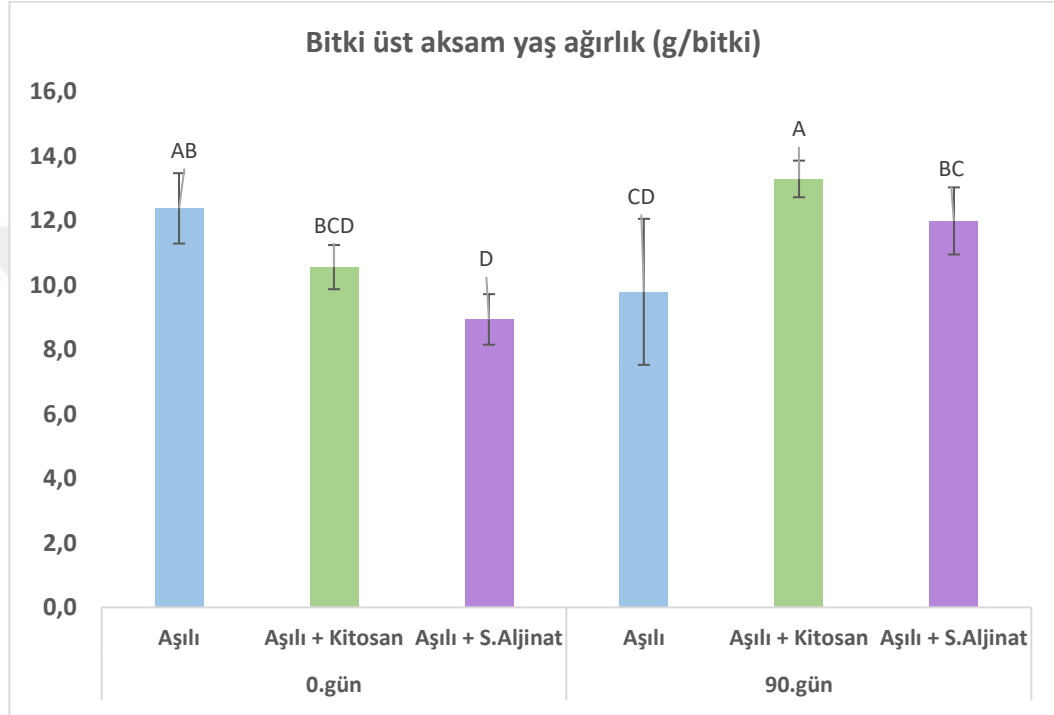
Jeyabal ve ark. 1992; soya fasulyesi tohumlarının organik veya inorganik maddelerle kaplanmasının bitki başına bakla sayısını arttırdığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, tohum veriminin kontrolle karşılaştırıldığında % 30 dan % 37’e arttığı belirlenmiştir. Elde edilen etkilerin toprak tipine bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür.

4.3.3. Bitki üst aksam yaş ağırlık

Bazı biyopolimerlerin (kitosan ve sodyum aljinat) Azkan nohut bitkisinin tohumlarına bakteri aşılamasından sonra tohum yüzeylerine kaplanmasıyla tohumların bekletilmeden ya da 3 ay süre ile muhafaza edildikten sonra tohumlar serada kum+perlit ortamına ekilmiş ve rhizobium bakterisinin canlılığı araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilere göre, tohuma kaplanan bazı biyopolimerlerin Azkan nohut bitkisinin üst aksam yaş ağırlıkları uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) arasında istatistiksel olarak önemsiz, ancak muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında istatistik olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Tablo 3’de de görüldüğü gibi, Azkan nohut bitkisinin üst aksam yaş ağırlıkları 8.93-13.29 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Nohut bitkisinin en

yüksek bitki üst aksam yaş ağırlığı 13.29 g olarak bakteri aşılansmış tohumun kitosan biyopolimeri ile kaplanmasından sonra 3 ay bekletildikten sonra ekilen tohumlardan elde edilen bitkilerde belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 12.38 g (aşılı 0.gün), 11.99 g (aşılı+sodyum aljinat 90.gün), 10.56 g (aşılı+kitosan 0.gün), 9.79 g (aşılı 90.gün) ve 8.93 g (aşılı+sodyum aljinat 90.gün) üst aksam yaş ağırlık değerleri takip etmektedir (Şekil 26, Tablo 3).



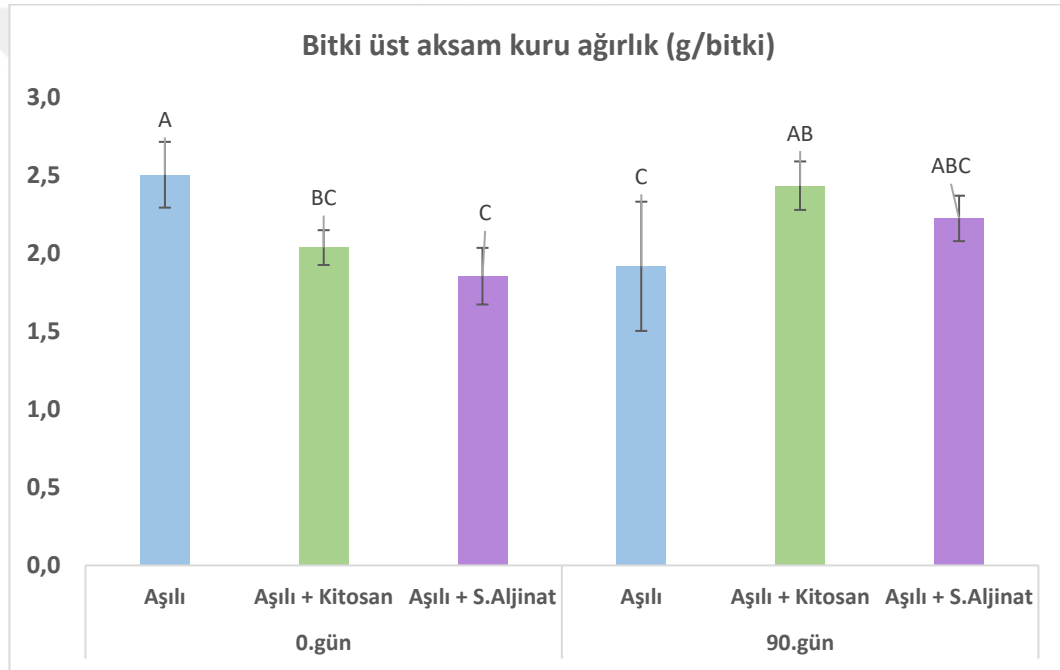
Şekil 26. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksam yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi

Aşılamaadan önce kitosan uygulaması, en iyi tohum çimlenme yüzdesini ve fide kalitesini sahip olduğunu göstermiştir. Ticari rhizobium inokulantlarının farklı formülasyonları olmasına rağmen uygunsuz çevresel faktörlerde depolanmış tohumlarda bakterinin düşük canlılığından dolayı kullanımı sınırlıdır (Lodeiro, 2015). Bu etkiler kuruma, makromoleküllerin toksik oksijen seviyeleri ve yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktır (Deaker ve ark. 2004).

4.3.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık

Araştırmada rhizobium bakterisi aşılansmış nohut bitkisinin tohumlarına kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin Azkan nohut bitkisinin üst

aksam kuru ağırlıklarına ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonucuna göre uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) arasında farklılıklar belirlenmiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan bakteri aşılanmış tohumların bazı biyopolimerlerle kaplanıp 3 ay süre ile muhafaza edilmesinden sonra ekilen tohumlardan elde edilen bitkilerin üst aksam kuru ağırlıkları arasında farklılıklar olup bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Kitosan ve sodyum aljinat biyomateryallerle kaplama ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasındaki farklılıkların nohut bitkisinin üst aksam kuru ağırlık üzerine önem seviyelerini tespit edebilmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3’de de özetlenmiştir.



Şekil 27. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksam kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi

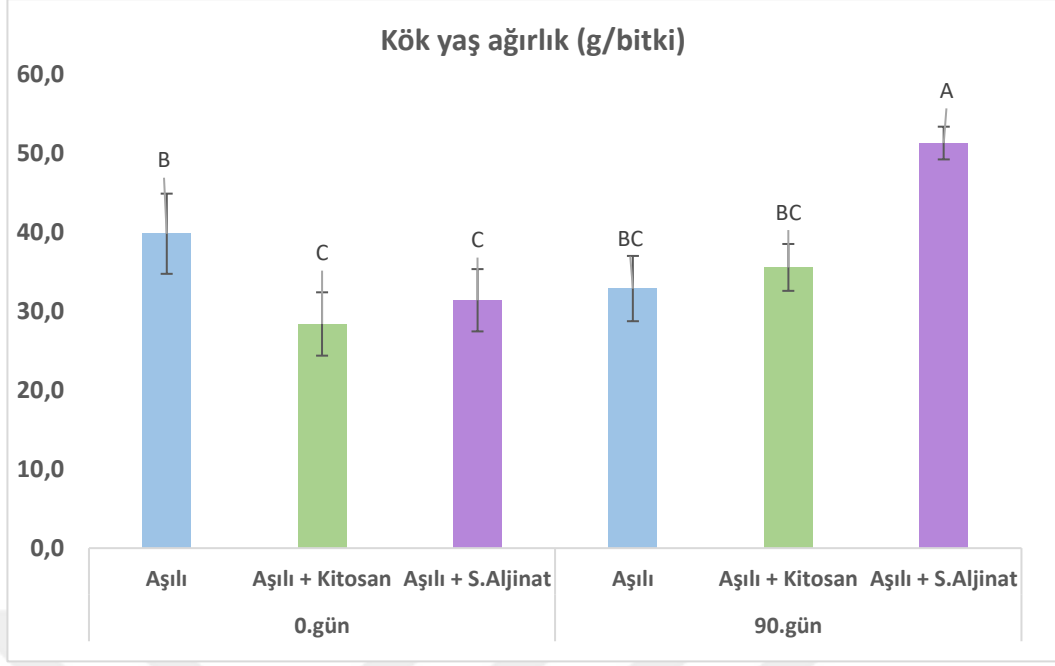
Azkan nohut çeşidi bitkisinin üst aksam kuru ağırlıkları Tablo 3’de de görüldüğü gibi 1.85-2.50 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Nohut bitkisinin en yüksek bitki üst aksam kuru ağırlığı 2.50 g ile rhizobium bakterisi aşılanmış tohumun kitosan ve sodyum aljinat biyomateryalleri ile kaplama olmadan ve bekletilmeden ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük bitki üst aksam kuru ağırlığı ise 1.85 g ile rhizobium bakterisi aşılanmış tohumun sodyum aljinat biyomateryali ile kaplanmasından sonra tohumların bekletilmeden ekilmesiyle belirlenmiştir (Şekil 27, Tablo 3). Söz konusu araştırmada nohut bitkisinin en

yüksek üst aksam kuru ağırlığını sırasıyla 2.43 g aşılı+kitosan 90.gün, 2.22 g aşılı+Sodyum aljinat 90.gün, 2.04 g aşılı+kitosan 0.gün, 1.92 g aşılı 90.gün ve 1.85 g aşılı+Sodyum aljinat 0.gün uygulamalarının takip ettiği tespit edilmiştir (Tablo 3).

Jarecki (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+aljinat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığı ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında inokulantın tek başına uygulanması, değerlendirilen özellikleri olumlu yönde etkilemiş ancak bitki popülasyonunun beklenenden daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

4.3.5. Bitki kök yaş ağırlık

Rhizobium bakterisi aşılamanın nohut bitkisi tohumlarının yüzeyi kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanmış ve 3 ay muhafaza edildikten sonra kum+perlit ortamına ekilerek kontrollü sera şartlarına bırakılmıştır. Çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilerde yapılan araştırma sonuçlarına göre; nohut bitkisinin tohumuna kaplanan bazı biyopolimerler bitkinin kök yaş ağırlıkları arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Aynı zamanda biyopolimerlerle kaplanan tohumların uygulama sürelerinin bitkinin kök yaş ağırlıkları üzerine etkisi istatistik olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Tablo 3’de de görüldüğü gibi Azkan nohut bitkisinin köklerinin yaş ağırlıkları 28.39-51.31 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek bitki kök yaş ağırlıkları 51.31 g ile bakteri aşılamanın sodyum aljinat biyopolimeri kaplanan tohumların 90 gün bekletildikten sonra ekilmesiyle belirlenmiştir. En düşük bitki kök yaş ağırlıkları ise 28.39 g olarak bakteri aşılamanın kitosanla kaplanmasından sonra bekletilmeden ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Şekil 28, Tablo 3). Diğer taraftan aşılamanın yüzeyinin sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanması, kitosanla kaplanan tohumlara göre bitki kök yaş ağırlığı üzerinde daha etkili olmuştur (Tablo 3).



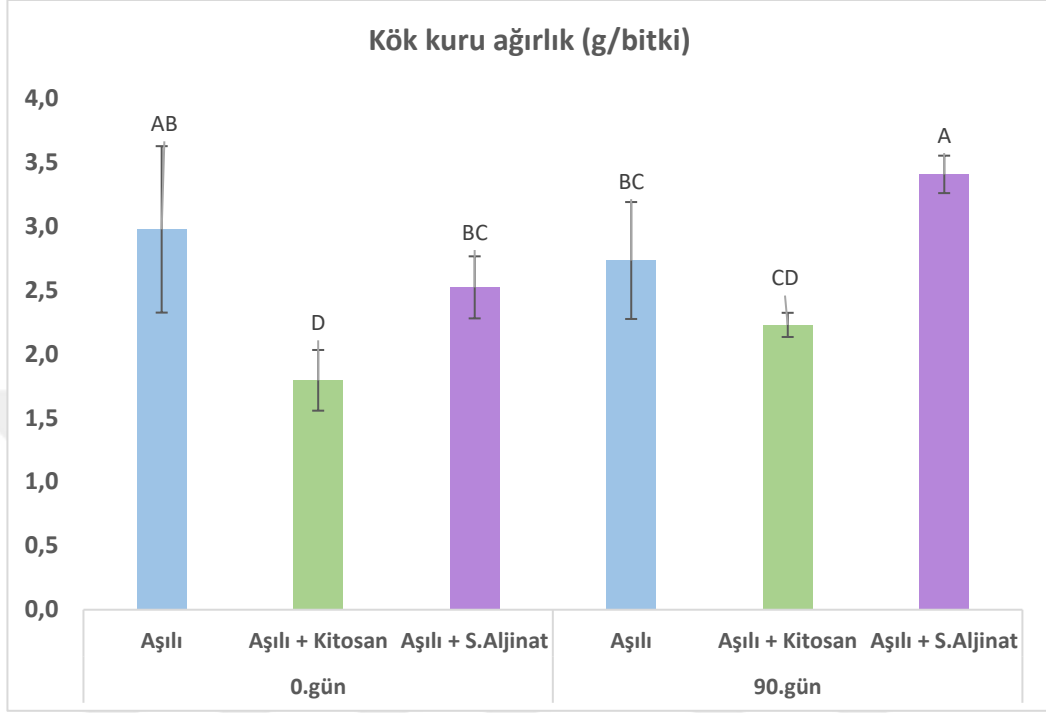
Şekil 28. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kök yaş ağırlığına (g/bitki) etkisi

Rocha ve ark. 2019; kaplanmış tohumların kullanılmasının etkilerinin, bitki türleri veya habitat koşullarını içeren birçok faktöre bağlı olduğunu bildirmiştir. Chachalis ve Smith 2001; soya fasulyesi tohumlarına uygulanan hidrofobik bir polimer özellikle ekimden sonra toprak nemi elverişsiz olduğunda su alımının düzenlenmesinde etkili olmuş, bu da bitkide çimlenme ve çıkışı iyileştirmiştir.

4.3.6. Bitki kök kuru ağırlık

Bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) Azkan nohut bitkisinin tohumlarına aşılanmış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, aşılanmış tohuma kaplanan bazı biyopolimerler ve muhafaza süreleri nohut bitkisinin kök kuru ağırlıkları üzerinde farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Tablo 3’de de görüldüğü gibi Azkan nohut bitkisinin kök kuru ağırlıklarının 1.79-3.40 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada nohut bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı 3.40 g olarak bakteri aşılanmış tohumların sodyum aljinat biyopolimeri ile tohum yüzeyi kaplandıktan sonra 3 ay bekletilip ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük bitki kök kuru

ağırlığı ise 1.79 g ile bakteri ile aşılanıp kitosan biyopolimeri ile kaplandıktan sonra bekletilmeden ekilen nohut bitkisinin tohumlarında belirlenmiştir. (Şekil 29, Tablo 3).



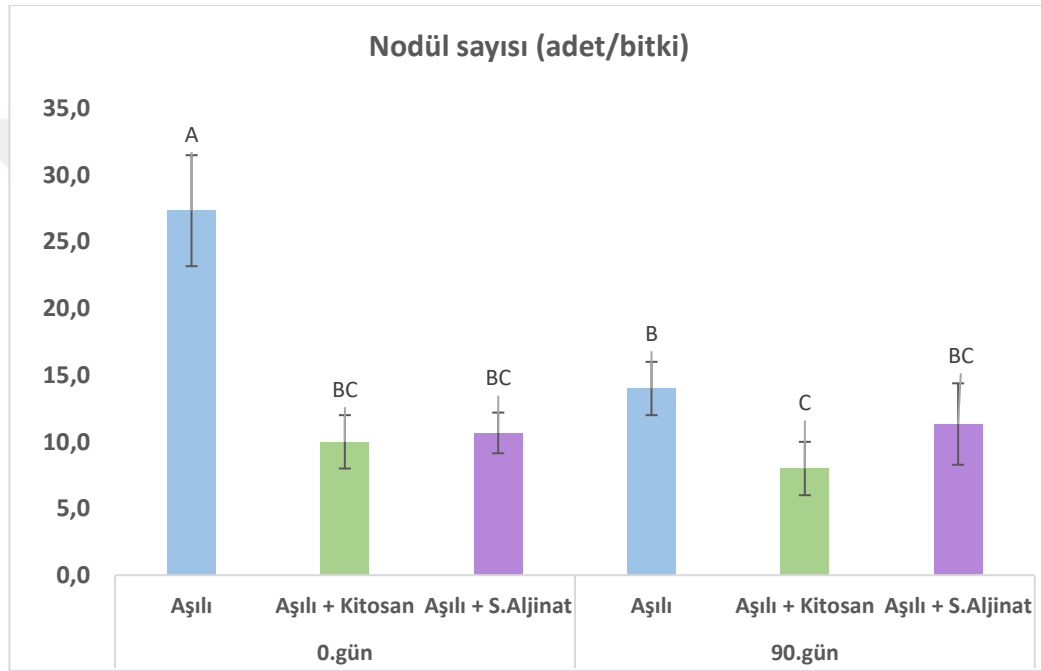
Şekil 29. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kök kuru ağırlığına (g/bitki) etkisi

Jeyabal ve ark. 1992; soya fasulyesi tohumlarının organik veya inorganik maddelerle kaplanmasının bitki başına bakla sayısını arttırdığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, tohum veriminin kontrolle karşılaştırıldığında % 30 dan % 37'e arttığı belirlenmiştir. Elde edilen etkilerin toprak tipine bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür.

4.3.7. Nodül sayısı

Araştırmadan elde edilen verilere göre; bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) ve muhafaza sürelerinin Azkan nohut bitkisinin tohumlarına aşılanmış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, bakteri aşılanmış tohuma kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin nohut bitkisinin kökündeki nodül sayısına uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel

olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Tablo 3’de de görüldüğü gibi Azkan nohut bitkisinin nodül sayılarının 8-27.33 adet arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada uygulamalar arasında nohut bitkisinin en yüksek nodül sayısı 27.33 adet ile rhizobium bakterisi ile aşılanmış tohumların biyopolimerlerle kaplanmayıp ve aynı gün içerisinde ekilen tohumlarda belirlenmiştir. En düşük nodül sayısı ise 8 adet ile bakteri ile aşılanmış tohumların yüzeyi kitosan biyopolimeri ile kaplanıp 90 gün bekletildikten sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 30, Tablo 3).



Şekil 30. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi

Şekil 30’da da görüldüğü gibi aşılı kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında bakteri aşılanmış nohut tohumuna kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması bakteri canlılığını olumsuz etkileyerek Azkan nohut bitkisinin kökünde nodül sayısında azalmalara neden olmuştur. Kitosan ve sodyum aljinat antibakteriyel özelliğe sahip olmasından dolayı bakteri canlılığını başlangıçta azaltmış olabileceği düşünülmüştür. Ancak biyomateryallerle kaplama yapıldıktan sonra nohut tohumların 3 ay muhafaza süresi içerisinde bakterinin canlılığını koruduğu görülmüştür (Şekil 29). Kitosan geniş bir antimikrobial aktivite spektrumuna sahip olmasına rağmen, farklı mantarlara, gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı farklı inhibisyon verimliliği

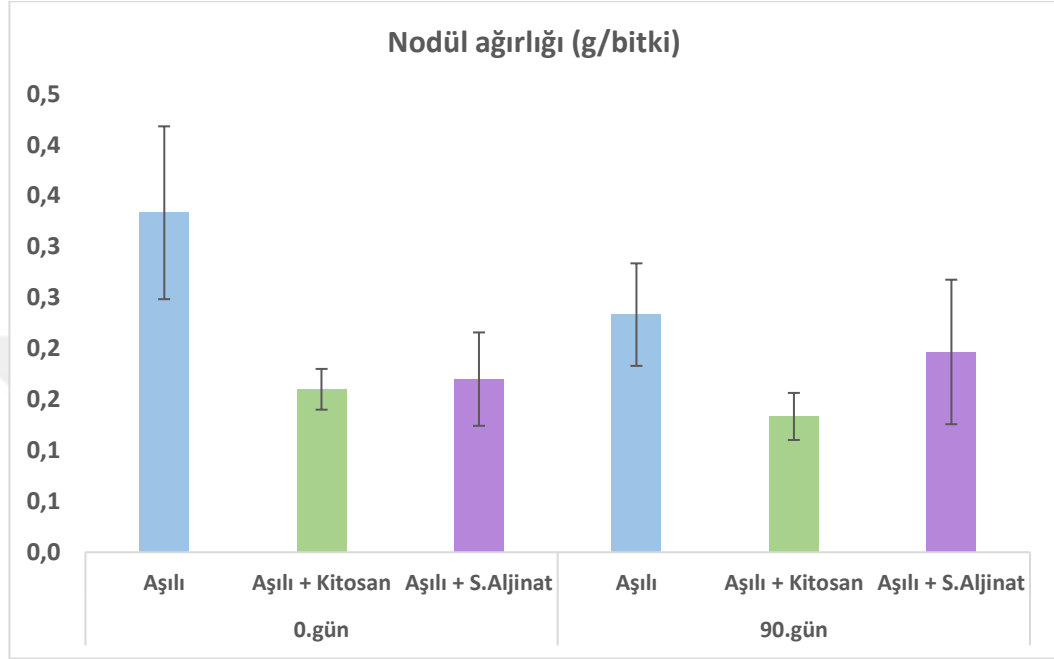
sergilemektedir (Kong ve ark. 2010). Kitosan ile tohum uygulamalarına ilişkin önceki çalışmalar tohum kalitesi üzerinde önemli veya hiç etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (Lizárraga Paulin, ve ark. 2011), halbuki kitosan uygulamalarının diğer formları tohumlarda canlılığı ve aylarca canlılığı korumada daha çok etkili olmuştur (Suvannasara ve Boonlertnirun, 2013).

Shcherbakova ve ark., (2018) yaptıkları bir çalışmada; nohut ve soya fasulyesi tohumlarının aljinat mikrokürelerde kapsüllenmiş *Mezorhizobium ciceri* ST-282 ve *Bradyrhizobium japonicum* M8 ile aşılınması, nodül sayısını ve ağırlığını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin *Bradyrhizobium japonicum*'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir (Chakraborty, 2020). Jarecki (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+alginat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir.

4.3.8. Nodül ağırlığı

Bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) ve muhafaza sürelerinin Azkan nohut bitkisinin tohumlarının yüzeyine aşılınmış rhizobium bakterilerinin canlılığına etkisinin araştırıldığı çalışmada, bakteri ile aşılınmış nohut bitkisinin tohumlarının yüzeyine kaplanan bazı biyopolimerler nohut bitkisinin köklerindeki nodül ağırlıkları arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) ancak muhafaza süreleri arasında önemsiz bulunmuştur. Araştırmadan elde edilen verilere göre, Azkan nohut bitkisinin nodül ağırlıklarının 0.13-0.33 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tablo 3'de de görüldüğü gibi uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) ve muhafaza süreleri (0 ve 90 gün) arasında nohut bitkisinin kökündeki en yüksek nodül ağırlığı 0.33 g olarak bakteri ile aşılınan tohumların biyopolimerlerle kaplanmadan ve bekletilmeden ekildiği

uygulamalarda belirlenmiştir. Diğer taraftan nohut bitkisinin kökündeki en düşük nodül ağırlığı ise 0.13 g ile rhizobium bakterisi ile aşılanan tohumların kitosan biyopolimeriyle kaplandıktan sonra 90 gün muhafaza edilmesiyile ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Şekil 31, Tablo 3).



Şekil 31. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi

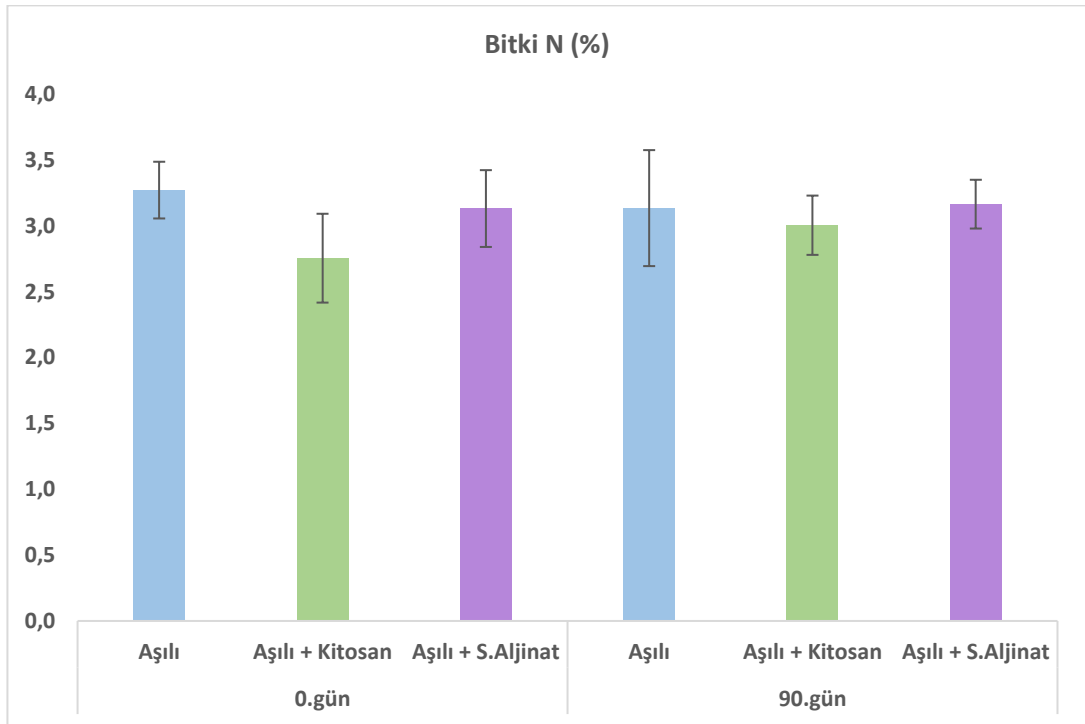
Şekil 31’de de görüldüğü gibi aşılı kontrol uygulaması ile mukayese edildiğinde rhizobium bakterisi aşılanmış Azkan nohut çeşidi tohumlarına kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması bakteri canlılığını olumsuz etkileyerek bekletilmeden ekilen tohumlardan elde edilen bitkilerin köklerindeki nodül sayılarında düşüşler görülmüş olup bu düşüşler nodül ağırlıklarında azalmalara neden olmuştur.

Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin Bradyrhizobium japonicum'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir. Aşılamadan önce kitosan uygulaması, en iyi tohum çimlenme yüzdesini ve fide kalitesini sahip olduğunu göstermiştir.

4.3.9. Bitki üst aksam N

Nohut bitkisinin (Azkan) tohumlarına aşılansmış rhizobium bakterilerinin yüzeyine kitosan ve sodyum aljinat biyomateryallerinin kaplanması ve 3 ay muhafaza süresinden sonra bakterinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı denemede, nohut bitkisinin üst aksamındaki azot içerikleri araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilere göre; uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) arasında azot içeriklerinde farklılıklar görülmüş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan muhafaza sürelerinin bitkinin üst aksamdaki azot içeriğine etkileri değişiklik göstermiş ancak bu değişiklik istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3’de de görüldüğü gibi Azkan nohut bitkisinin azot içeriklerinin % 2.75-3.27 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada nohut bitkisinin en yüksek azot içeriği % 3.27 ile bakteri ile aşılansmış tohumların biyopolimerle kaplanmadan ve bekletilmeden ekilen tohumların ekilmesiyle belirlenmiştir. Bunu nohut bitkisinde % 3.16 azot içeriği ile rhizobium bakterisi ile aşılansmış tohumların sodyum aljinat ile kaplandıktan sonra 90 gün muhafaza edilen tohumların ekilmesiyle elde edilmiştir.

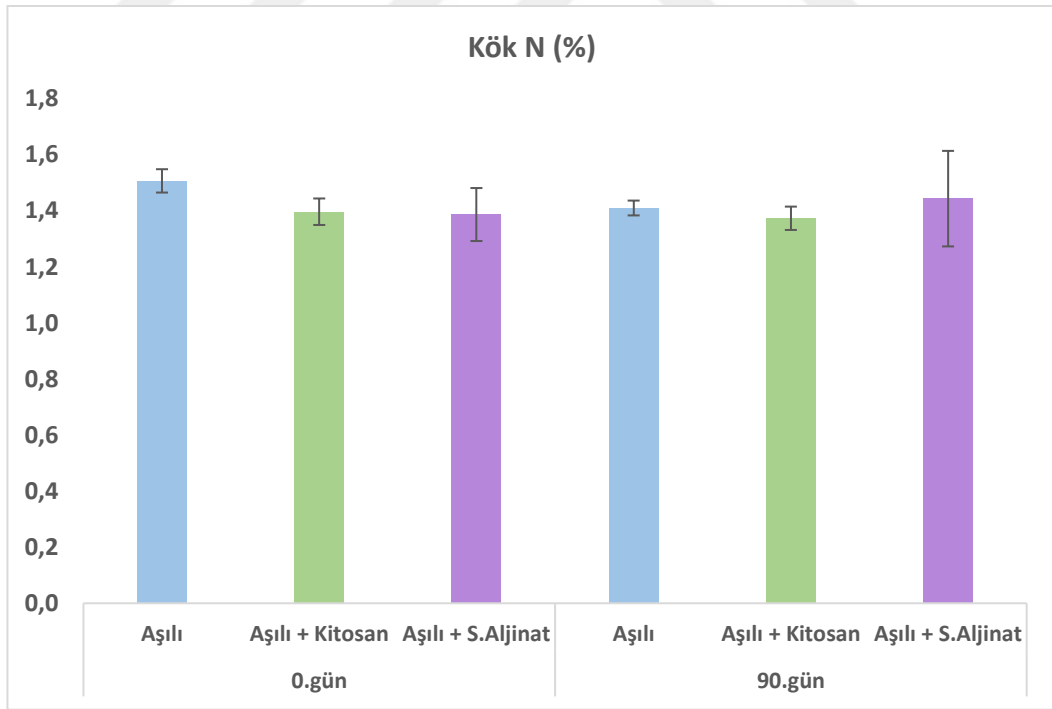


Şekil 32. Rhizobium bakterisi aşılansmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin üst aksamdaki azot içeriğine (%) etkisi

Bitkide en düşük azot içeriği ise % 2.75 ile bakteri ile aşılanmış tohumların kitosan biyopolimeri ile kaplanmasından sonra bekletilmeden ekilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 32, Tablo 3). Diğer taraftan araştırmadan elde edilen verilere göre bakteri ile aşılanmış tohumların kitosan biyopolimeri ile kaplanması ve muhafaza süresinin bitkinin üst aksamdaki azot içeriğine diğer biyopolimere göre etkisinin daha az olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

4.3.10. Bitki kökünde N

Araştırmadan elde edilen verilere göre; bazı kaplama biyomateryallerinin (kitosan ve sodyum aljinat) nohut bitkisinin (Azkan) tohumlarına aşılanmış rhizobium bakterilerinin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, rhizobium bakterisi aşılanmış tohumlara kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin nohut bitkisinin kökündeki azot içeriğine uygulamalar ve muhafaza süreleri arasında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 33. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumların yüzeyine kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerin ve muhafaza sürelerinin (0 ve 90 gün) nohut (Azkan) bitkisinin kökündeki azot içeriğine (%) etkisi

Tablo 3’de de görüldüğü gibi Azkan nohut bitkisinin kökündeki azot içerikleri %1.37-1.51 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Nohut bitkisinin köklerindeki en yüksek azot içeriğine (%1.51) rhizobium bakterisi ile aşılınmış tohumun bekletilmeden ve biyopolimerlerle kaplanmadan ekilmesiyle elde edilmiştir. Diğer taraftan bu değeri aşılınmış tohumun sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanması ve 90 gün muhafaza süresinden sonra ekilen tohumlarda tespit edilmiştir (Tablo 3). Nohut bitkisinin köklerindeki en düşük azot içeriği ise %1.37 ile bakteri aşılınmış ve kitosan biyopolimeri ile kaplanmış tohumun 90 gün bekletilmesinden sonra ekilen tohumlarda belirlenmiştir. (Şekil 33, Tablo 3).

Shcherbakova ve ark., (2018) yaptıkları bir çalışmada; nohut ve soya fasulyesi tohumlarının aljinat mikrokürelerde kapsüllenmiş *Mezorhizobium ciceri* ST-282 ve *Bradyrhizobium japonicum* M8 ile aşılması, nodül sayısını ve ağırlığını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Costales ve ark., (2019); bir kitosan polimerinin *Bradyrhizobium japonicum*'un, tohumlar üzerindeki canlılığı ve bunların tohum iyileştirme, bakteri canlılığı ve soya fasulyesinde nodülasyona etkisini farklı depolama sürelerinde aşılama-polimer uygulamasında değerlendirmişlerdir. Polimer ne tohum canlılığını ne de tohumlarda bakteri yaşayabilirliğini etkilememiştir (Chakraborty, 2020). Jarecki (2021), yaptığı çalışmada gelişmiş kaplamanın (kitosan+alginat/PEG) ve ticari inokulantın soya fasulyesi tohumlarına tek veya kombinasyon uygulamasında etkinliğini göstermek amacıyla yürütmüştür. Yapılan araştırmada sadece kaplanmış tohumların ekiminde çok etkili olmadığını ve soya fasulyesi kökleri üzerinde uygun sayıda nodül gelişmediğini göstermiştir.

Tablo 3. Rhizobium bakterisi aşılanmış tohumlara kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin kaplanması ve muhafaza sürelerinin Azkan nohut çeşidinde bazı verim unsurları ve nodülasyonuna etkisi

	BÜAU	KU	BÜAYA	BÜAKA	KYA	KKA	NS	NA	BÜA	KN	
	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(adet)	(g)	(%)	(%)	
Aşılı	26.28	29.61A	11.09	2.21	36.35B	2.85A	20.67A	0.28A	3.20	1.46	
Aşılı + Kitosan	24.56	27.33B	11.93	2.34	31.98B	2.01B	9.00B	0.15B	2.88	1.39	
Aşılı + S.Alginat	24.56	29.67A	10.46	2.04	41.35A	2.96A	11.00B	0.18B	3.15	1.42	
LSD (p<0.05)	Ö.D.	1.54	Ö.D.	Ö.D.	4.01	0.39	3.29	0.07	Ö.D.	Ö.D.	
0.gün	Aşılı	26.66	29.56	12.38AB	2.50A	39.82B	2.97AB	27.33A	0.33	3.27	1.51
	Aşılı + Kitosan	24.67	27.33	10.56BCD	2.04BC	28.39C	1.79D	10.00BC	0.16	2.75	1.40
	Aşılı + S.Alginat	22.67	28.56	8.93D	1.85C	31.40C	2.52BC	10.67BC	0.17	3.13	1.39
90.gün	Aşılı	25.89	29.67	9.79CD	1.92C	32.88BC	2.73BC	14.00B	0.23	3.13	1.41
	Aşılı + Kitosan	24.44	27.33	13.29A	2.43AB	35.56BC	2.23CD	8.00C	0.13	3.00	1.37
	Aşılı + S.Alginat	26.44	30.78	11.99ABC	2.22ABC	51.31A	3.40A	11.33BC	0.20	3.16	1.44
LSD (P<0.05)	Ö.D.	Ö.D.	2.16	0.40	6.79	0.55	4.65	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	

LSD testine göre % 5 düzeyinde oluşan gruplar farklı harfler ile verilmiştir. Ö.D.: Önemli Değil S.Aljinat: Sodyum Aljinat

BÜAU: Bitki üst aksam uzunluğu, KU: Kök uzunluğu, BÜAYA: Bitki üst aksam yaş ağırlık, BÜAKA: Bitki üst aksam kuru ağırlık, KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, NS: Nodül sayısı, NA: Nodül ağırlığı, BÜAA: Bitki üst aksam azot, KA: Kök azot

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bazı baklagil tohumlarına (Akman 98, Yunus 90 ve Azkan) rhizobium bakterisi aşılması yapıldıktan sonra tohum kabuğu kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri ile kaplanmış ve tohumlar 3 ay süre ile muhafaza edilmiştir. Rhizobium bakterisi aşıl原因mış tohumlara farklı biyomateryaller (kitosan, sodyum aljinat) kaplanarak bakterinin canlılığını ne kadar sürede muhafaza edebileceği araştırılmıştır. Bu amaçla; üç aylık süre sonunda steril kum ve perlit içeren saksılara fasulye ve nohut tohumları ekilerek, kontrollü şartlarda sera denemesi kurulmuştur. Bitkiler çiçeklenme döneminin %50'sini geçtikten sonra hasat edilmiş ve bazı ölçümler (üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam ve kökte azot) yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; rhizobium bakterisi aşıl原因mış bazı baklagil bitkilerinin [fasulye (Akman 98, Yunus 90), nohut (Azkan)] tohumlarına kaplanan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin fasulye ve nohut bitkilerinin bazı verim unsurları ve nodülasyon verilerine ilişkin yapılan varyans analiz sonucuna göre uygulamalar (aşılı, aşılı+kitosan, aşılı+sodyum aljinat) arasında farklılıklar belirlenmiş olup, bu farklılıklar Akman 98 fasulye çeşidinde (üst aksam ve kök uzunluğu, kök kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam azot içeriği), Yunus 90 fasulye çeşidinde (kök uzunluğu, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam azot içeriği) ve Azkan nohut çeşidinde (kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı) istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Diğer taraftan bakteri aşıl原因mış tohumların bazı biyopolimerlerle kaplanıp 3 ay süre ile muhafaza edilmesinden sonra ekilen tohumlardan elde edilen fasulye ve nohut bitkilerinin bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri arasında farklılıklar olup bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu, ancak Akman 98'de kök kuru ağırlık ve üst aksam azot içeriği, Yunus 90'da üst aksam uzunluğu, kök yaş ağırlık, üst aksam azot ve kökte azot içeriği, Azkan nohut çeşidinde ise üst aksam ve kök uzunluğu, nodül ağırlığı, üst aksam ve kökte azot içeriği önemsiz olarak belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilere göre, kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin uygulamaları aşılı kontrolle karşılaştırıldıklarında önemli ölçüde bakteri canlılığını azalttığı belirlenmiştir. Kitosan uygulamasında, depolama süresi arttıkça bakteri canlılığı azalmış ancak sodyum aljinat

uygulamasında depolama süresine bağlı olarak çok az da olsa bir artış olmuştur. Sonuçlarımız kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerlerinin bakteri ile aşılansmış baklagil tohumlarına kaplanmasında fasulye ve nohut bitkilerinin bazı verim unsurları ve nodülasyon verilerinde biyopolimerlere göre farklılıklar göstermiş olup artışlara ve azalmalara sebep olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, tohum yüzeyine bakteri aşılansından sonra biyolojik olarak parçalanabilen biyopolimer (kitosan/sodyum aljinat) ile kaplanmış ve uzun süre muhafaza edilen (90 gün) baklagil tohumlarının, bitkilerin bazı verim unsurları ve kök bölgesinin nodülasyonunu kısmi olarak artırdığı görülmüştür. Kitosan ve sodyum aljinat antibakteriyel özelliğe sahip olmasından dolayı bakteri canlılığını başlangıçta azaltmış olabileceği düşünülmüştür. Ancak biyomateryallerle kaplama yapıldıktan sonra bazı baklagil tohumlarının 3 ay muhafaza süresi içerisinde bakterinin canlılığını koruduğu görülmüştür.

Bitkiler üst aksam uzunluğu bakımından incelendiğinde Akman 98 fasulye bitkisinde en yüksek bitki uzunluğu aşılı ve aşılı+sodyum aljinat uygulamalarında görülmüştür. Akman 98 fasulye bitkisinin uzunluğunun artmasında bir diğer etki ise tohumların bekletilmesi olup, 90.gün uygulamalarında yüksek bitki boylarına ulaşılmıştır. Yunus 90 fasulye bitkisinde en yüksek bitki uzunluğu aşılı uygulamasında görülmüştür. Yunus 90 bitkisinin bakteri aşılansından sonra biyomateryallerle kaplanmasının ve bekletilmesinin bitki uzunluğuna bir etkisi olmadığı görülmüştür. Azkan nohut bitkisinin en yüksek bitki uzunluğu 0.gün aşılı uygulanmasında görülmüştür. Azkan nohut bitkisinin kaplanmasının ve bekletilmesinin bitki uzunluğuna bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Bitkiler kök uzunluğu bakımından incelendiğinde Akman 98 fasulye bitkisinde en yüksek kök uzunluğu 90.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında görülmüş olup, 2.sırayıda 0.gün aşılı+sodyum aljinat uygulaması almıştır. Yunus 90 fasulye bitkisinde en yüksek kök uzunluğu 0.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında görülmüş olup, 2.sırayıda 90.gün aşılı+kitosan uygulaması almıştır. Azkan nohut bitkisinde en yüksek kök uzunluğu 90.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında görülmüş olup, 2.sırayıda 90.aşılı uygulaması almıştır.

Bitkiler üst aksam yaş ağırlık olarak incelendiğinde Akman 98 fasulye bitkisinde aşılamanın bitki üst aksam yaş ağırlığı üzerine etkili olduğu görülmüştür. Yunus 90 fasulye bitkisinde aşılamanın bitki üst aksam yaş ağırlığı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Azkan nohut bitkisinde aşılı tohuma kitosan

kaplamanın bitki üst aksam yaş ağırlığı üzerine etkili olduğu görülmüştür. Buradan elde ettiğimiz sonuç doğrultusunda fasulye bitkilerine kaplamanın bir etkisi yok iken nohut bitkisine kitosan kaplamasının bitki üst aksam ağırlığında etkin rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Bitkiler üst aksam kuru ağırlık olarak incelendiğinde Akman 98, Yunus 90 fasulye ve Azkan nohut bitkileri için aşılama uygulamaları bitkilerin üst aksam kuru ağırlığı ölçümlerinde etkin rol oynamıştır. Bitkiler kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı bakımından incelendiğinde Akman 98 fasulye bitkisinde kök yaş ağırlığı en yüksek gelişimi 90.gün aşılı+kitosan uygulamasında iken kök kuru ağırlığı gelişimine tohum kaplamanın ve bekletmenin bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Yunus 90 fasulye bitkisinde kök yaş ağırlığı en yüksek gelişimi 0.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında iken kök kuru ağırlığı gelişimine kaplamanın ve bekletmenin bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Azkan nohut bitkisinde kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı için en yüksek gelişimi 90.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında olduğu görülmüş olup, Azkan nohut bitkisi için hem kök kuru ağırlığı gelişiminde hem de kök yaş ağırlığı gelişiminde kaplamanın ve bekletmenin etkin olduğu tespit edilmiştir.

Bitkiler nodül sayıları bakımından incelendiğinde Akman 98 bitkisi için 0.gün aşılama yapılmış tohum 90.gün aşılama yapılmış tohuma kıyasla yaklaşık 4 kat daha olumlu sonuç vermiş olup, tohum bekletmenin nodül sayısına etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Yunus 90 bitkisi için 0.gün aşılama yapılmış tohum 90.gün aşılama yapılmış tohuma kıyasla yaklaşık 3 kat daha olumlu sonuç vermiş olup, tohum bekletmenin nodül sayısına etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Azkan nohut bitkisi için en yüksek nodül sayısı 0.gün aşılama yapılmış tohum uygulamalarında gözlemlenmiştir.

Bitkiler nodül ağırlığı bakımından incelendiğinde Akman 98, Yunus 90 fasulye ve Azkan nohut bitkileri için en etkili uygulama aşılı 0.gün olmuştur, biyomateryallerle kaplamanın ve bekletmenin bitkilerin nodül ağırlığına gözle görülür bir etkisi olmamıştır.

Bitkiler azot içerikleri bakımından incelendiğinde Akman 98 fasulye bitkisindeki azot miktarı 0.gün aşılı + sodyum aljinat uygulamasında iken kökteki azot miktarına kaplamanın etkisi daha az olup en yüksek kökteki azot miktarı 0.gün aşılı uygulamasında gözlemlenmiştir. Yunus 90 fasulye bitkisindeki azot miktarı 90.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında iken kökteki azot miktarına

kaplamanın etkisi az olup en yüksek azot miktarı 0.gün aşılı uygulamasında gözlemlenmiştir. Azkan nohut bitkisindeki azot miktarı 90.gün aşılı+sodyum aljinat uygulamasında iken kökteki azot miktarına kaplamanın etkisi az olup en yüksek azot miktarı 0.gün aşılı uygulamasında gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak Akman 98, Yunus 90 fasulyesi ve Azkan nohut bitkilerine rhizobium bakterisi aşılamanın ve bazı biyopolimerler ile (kitosan ve sodyum alginat) kaplamanın, aşılı ve kaplamalı tohumları bekletmenin bitkilerin verim unsurları artışında, azot ihtiyacının giderilmesinde ve nodül oluşumunda etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Doğal biyopolimerler iyi bir film oluşturma yeteneğine sahip oldukları için tohumlara daha çok besinleri absorplamasına izin veren yüzey tabakası üzerinde yoğun bir koruyucu film oluşturabilir. Polimerler iyi bir geçirgenliğe sahip olduğu için tohumların belirli enzimlerinin aktivitesini artırabilir.

Sonuç olarak; kontrollü sera şartlarında yapılan bu araştırma ile rhizobium bakterisinin tohum kabuğu üzerinde canlılığını ne kadar sürede korunabildiği ve bu sayede mikrobiyolojik gübreleme uygulamasının önemi ve artırılması ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bazı baklagil tohumları (fasulye ve nohut) rhizobium bakterisi ile aşılması yapıldıktan sonra, bakterilerin canlılığını koruması için doğada kolaylıkla parçalanabilen biyopolimerle kaplanabilir. Çalışmada kullanılan kitosan ve sodyum aljinat biyopolimerleri antibakteriyel özelliğe sahip olmasından dolayı bakteri aşılama tohumlarına kaplandıktan sonra başlangıçta aşılı kontrol ile kıyaslandığında bakteri canlılığını elde edilen verilere göre azaltmış olduğu görülmüştür. Ancak biyomateryallerle kaplama yapıldıktan sonra 90 günlük muhafaza süresi içerisinde bakterinin canlılığını koruduğu görülmüştür. Baklagil tohumları bakteri aşılması yapıldıktan sonra biyopolimerlerle kaplanarak muhafaza edilebilir. Ancak bu konuda yeterince çalışmalar mevcut olmadığı için, bu konunun farklı biyopolimerler ve farklı bitki çeşitleri ile laboratuvar ve sera koşullarında denemeler yapılması ve bu denemeler ışığında arazi çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adak M.S., Güler M. ve Kayan N., 2010. Yemelik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara.
- Ahmad, M., Pataczek, L., Hilger, T. H., Zahir, Z. A., Hussain, A., Raschev, F., 2018. Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management. *Frontiers in Microbiology*, 9:2992. doi: 10.3389/fmicb.2018.02992.
- AACC 2004. Modifiye AACC method 46-30 approved methods of american association of cereal chemists.
- Al Tawaha, A.R.M. and Al-Ghzawi, A.L.A. 2013. Effect of chitosan coating on seed germination and salt tolerance of lentil (*Lens culinaris* L.). *Research on Crop*, 14:489-491.
- Arora, N. K., Mehnaz, S., & Balestrini, R. 2016. Encapsulation Techniques for Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Bioformulations: For Sustainable Agriculture*, 5–6. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2779-3>.
- Arora, N. K., and Mishra, J. 2016. Prospecting the roles of metabolites and additives in future bioformulations for sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 107, 405–407. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.05.020.
- Baez-Rogelio, A., Morales-Garcia, Y. E., Quintero-Hernandez, V., and Muños-Rojas, J. 2017. Next generation of microbial inoculants for agriculture and bioremediation. *Microbiology Biotechnology*, 10, 19–21. doi: 10.1111/1751-7915.12448.
- Bashan, Y. 1986. Alginate beads as synthetic inoculant carriers for slow release of bacteria that affect plant growth. *Applied Environmental Microbiology*, 51:1089–1098.
- Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacterium for use in agriculture, *Biotechnology Advances*, 4: 729–770.

- Bashan, Y., & Gonzalez, L. E. 1999. Long-term survival of the plant-growth-promoting bacteria *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in dry alginate inoculant. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(2), 262–266. <https://doi.org/10.1007/s00253005139>.
- Bashan, Yoav, Hernandez, J. P., Leyva, L. A., & Bacilio, M. 2002. Alginate microbeads as inoculant carriers for plant growth-promoting bacteria. *Biology and Fertility of Soils*, 35(5), 359–368. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0481-5>.
- Bashan, Yoav, de-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant and Soil*, 378(1–2), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>.
- Bashan, Y., de-Bashan, L. E., and Prabhu, S. R. 2016. Superior polymeric formulations and emerging innovative products of bacterial inoculants for sustainable agriculture and the environment, in *Agriculturally Important Microorganisms- Commercialization and Regulatory Requirements in Asia*. eds H. B. Singh, B. K.Sarma, C. Keswani (Berlin: Springer), 15–46. doi: 10.1007/978-981-10-2576-1_2.
- Bhattacharyya, P. N., and Jha, D. K. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology Biotechnology*, 28, 1327– 1350. doi: 10.1007/s11274-011-0979-9.
- Berg, G. 2009. Plant microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84, 11–18. doi: 10.1007/s00253-009-2092-7.
- Cassidy, M. B., Lee, H., & Trevors, J. T. 1996. Environmental applications of immobilized microbial cells: a review. *Journal of Industrial Microbiology*, 16(2), 79–101.

- Chachalis, D.; Smith, M.L. 2001. Hydrophobic-polymer application reduces imbibition rate and partially improves germination of emergence of soybean seedlings. *Seed Science Technology*, 29, 91–98.
- Chakraborty, A. P. 2020. Carrier Based Bioformulations of PGPR- Characteristics , Shelf life and Application in Improving Health Status of Crop Plants- A Mini Review. 7(April), 88–98.
- Chanratana, M., Han, G. H., Joe, M. M., Choudhury, A. R., Sundaram, S., and Abdul Halim, MD, 2018. Evaluation of chitosan and alginate immobilized *Methylobacterium oryzae* CBMB20 on tomato plant growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64, 1489–1502.
- Chung, Y.C., Wang, H.L., Chen, Y.M., Li, S.L., 2003. Effect of abiotic factors on the antibacterial activity of chitosan against waterborne pathogens. *Bioresource Technology*, 88, 179–184.
- Costales, D., Nápoles, M.C., Alejandro, F.R., Gustavo, G.A., Cecilia, P., Susana, S., Perrig and Diego Group of Bioactive Products, De. 2019. Effect of chitosan polymer and inoculated with *R. Japonicum* on soybean germination survival of seedling, nodulation and bacteria viability on seeds. *Legume Research*, 42(2), 265–269. <https://doi.org/10.18805/LR-410>.
- Deaker, R., Roughley, R.J. and Kennedy, I.R. 2004. Legume seed inoculation technology-a review. *Soil Biology & Biochemistry*, 36:1275–1288.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 381s.
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacterium, *Can. Journal of Microbiology*, 41: 109–117.
- Ivanova, E., Teunou, E., & Poncelet, D. 2006. Alginate based macrocapsules as inoculant carriers for the production of nitrogen fixing bio fertilizers. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 12 (1), 31–39.

- İmamoğlu, Ö. 2011. Biyokontrolde doğal ürünlerin kullanılması; Kitosan. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 68 (4), 215-222.
- Jarecki, W. 2021. Soybean Response to Seed Coating with Chitosan + Alginate/PEG and/or Inoculation. *Agronomy*, 11, 1737. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091737>.
- Jeyabal, A.; Kuppaswamy, G.; Lakshmanan, A. 1992. Effect of seed coating on yield attributes and yield of soybean (*Glycine max L.*). *Journal of Agronomy Crop Science*. 169, 145–150.
- John RP, Tyagi RD, Brar SK, Surampalli RY, Prevost D 2011. Bio-encapsulation of microbial cells for targeted agricultural delivery. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31 (3):211–226.
- Jung, G. Mugnier, J. Diem, H.G. Dommergues, Y.R. 1982. Polymer entrapped Rhizobium as an inoculant for legumes, *Plant Soil* 65: 219–231.
- Jurić, S. 2020. Bioencapsulation as a Sustainable Delivery of Active Agents for Plant Nutrition/Protection and Production of Functional Foods. Doctoral Thesis, Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia.
- Kaur, R., & Kaur, S. 2018. Biological alternates to synthetic fertilizers: Efficiency and future scopes. *Indian Journal of Animal Research*, 52(6), 587–595. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-5117>.
- Khong, T.T., Aarstad, O.A., Skjåk-Bræk, G., Draget, K.I., Vårum, K.J. 2013. Gelling Concept Combining Chitosan and Alginate Proof of Principle. *Biomacromolecules*, 14, 2765–2771.
- Kim IY, Pusey PL, Zhao Y, Korban SS, Choi H, Kim KK, 2012. Controlled release of *Pantoea agglomerans* E325 for biocontrol of fire blight disease of apple. *Journal of Controlled Release*, 161:09–15.
- Kong, M., Chen, XG., Xing, K., Park, HJ. 2010. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. *International Journal of Food*

- Microbiology. 144 (51-63).Kumari, A.; Yadav, S.K.; Yadav, S.C. 2010. Biodegradable polymeric nanoparticles based drug delivery systems. *Colloids Surf. B Biointerfaces*, 75, 1–18.
- Kurtuluş, 2019. Buğday (*triticum aestivum* l.)’da alüminyum toksisitesine karşı kitosan uygulamasının etkileri. Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Lewis, J. A., & Papavizas, G. C. 1985. Characteristics of alginate pellets formulated with *Trichoderma* and *Gliocladium* and their effect on the proliferation of the fungi in soil. *Plant Pathology*, 34(4), 571–577.
- Lizárraga-Paulín, E.G., Torres-Pacheco, I., Moreno-Martínez, E. and 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: 6439-6446.
- Lodeiro, A. 2015. Interrogantes en la tecnología de la inoculación de semillas de soja con *Bradyrhizobium* spp. *Revista Argentina de Microbiología*, 47 (3): 261-273.
- Ma, Y., Látr, A., Rocha, I., Freitas, H., Vosátka, M., and Oliveira, R. S. 2019. Delivery of inoculum of *rhizophagus irregularis* via seed coating in combination with *pseudomonas libanensis* for cowpea production. *Agronomy* 9, 33. doi: 10.3390/agronomy9010033.
- Mahdavi, B. and Rahimi, A. 2013. Seed priming with chitosan improves the germination and growth performance of ajowan (*Carumc opticum*) under salt stress. *EurAsian Journal of BioSciences*, 7: 69-76.
- Mahdavi, B. 2016. Effects of priming treatments on germination and seedling growth of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journals Agriculture Science Developments*, 5 (3): 28-32.
- Malerba, M.; Cerana, R., 2016. Chitosan effects on plant systems. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 996–1010.
- Malusa, E., Vassilev, N. 2014. A contribution to set a legal framework for biofertilizers. *Applied Microbiology Biotechnology*, 98:6599.

- Malusa' E, Sas-Paszt L, Ciesielska J 2012. Technologies for beneficial microorganism's inoculants used as biofertilizers. *Scientific World Journal*, 2012:491206. doi:10.1100/ 2012/491206.
- Malusá, E., Pinzari, F., and Canfora, L. 2016. Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production, in *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity- Vol. 2*, eds D. Singh, H. Singh, and R. Prabha (Berlin Springer), 17–40. doi: 10.1007/978-81-322-2644-4_2.
- Maron, P. A., Sarr, A., Kaisermann, A., Leveque, J., Mathieu, O., Guigue, J., 2018. High microbial diversity promotes soil ecosystem functioning. *Applied Environmental Microbiology* 84: e002738-17. doi: 10.1128/AEM.02738-2717.
- Mortazavian, A.M. ve Sohrabvandi, S. 2007. Probiotics and food probiotic products: based on dairy probiotic products (Ed. A.M. Mortazavian), 131-169, Iran: Eta Publication.
- No, H.K., Park, N.Y., Lee, S.H., Meyers, S.P., 2002. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *International Journal of Food Microbiology* 74, 65–72.
- Pawar, S.N. ve Edgar, K.J. 2012. Alginate derivatization: A review of chemistry, properties and applications. *Biomaterials*, 33, 3279-3305.
- Peña-Datoli, M. Hidalgo-Moreno, CMI. González-Hernández, VA. Alcántar-González, EG. Etchevers-Barra, JD. 2016. Maize (*Zea mays l.*) seed coating with chitosan and sodium alginate and its effect on root development. Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 1091-1106.
- Pereira, C.E., de Souza Moreira, F.M., Oliveira, J.A. and Caldeira, C.M. 2010. Compatibility among fungicide treatments on soybean seeds through film coating and inoculation with *Bradyrhizobium* strains. *Acta Scientiarum Agronomy Maringá*, 32: 585-589.

- Pongprayoon, W., Roytrakul, S., Pichayangkura, R. and Chadchawan, S. 2013. The role of hydrogen peroxide in chitosan-induced resistance to osmotic stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Growth Regulation*, ISSN 0167-6903.
- Rocha, I., Ma, Y., Souza-Alonso, P., Vosátka, M., Freitas, H., & Oliveira, R. S. 2019. Seed Coating: A Tool for Delivering Beneficial Microbes to Agricultural Crops. *Frontiers in Plant Science*, 10(November). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01357>.
- Salachna, P. and Zawadzińska, A. 2014. Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of Potted freesia. *Journal of Ecological Engineering*, 15 (3): 97–102.
- Shcherbakova, E. N., Shcherbakov, A. V., Rots, P. Y., Gonchar, L. N., Mulina, S. A., Yahina, L. M., Chebotar, V. K. 2018. Inoculation technology for legumes based on alginate encapsulation. *Agronomy Research*, 16(5), 2156–2168. <https://doi.org/10.15159/AR.18.186>.
- Shilev, S., Azaizeh, H., Vassilev, N., Georgiev, D., Babrikova, I. 2019. Interactions in soil-microbe-plant system: adaptation to stressed agriculture, in *Microbial Interventions in Agriculture and Environment*, eds D. Singh, V. Gupta, and R. Prabha (Singapore: Springer), 131–171. doi: 10.1007/978-981-13-8391-5_6.
- Stamenkovic, S., Beskoski, V., Karabegovic, I., Lazic, M., and Nikolic, N. 2018. Microbial fertilizers: a comprehensive review on current findings and future perspectives. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16:e09R01. doi: 10.5424/sjar/2018161-2012117.
- Stephens, J. H. G., and Rask, H. M. 2000. Inoculant production and formulation. *Field Crops Research*, 65:249–258 doi: 10.1016/s0378-4290(99)00090-8.
- Suvannasara, R. and Boonlertnirun, S. 2013. Studies on appropriate chitosan type and optimum concentration on rice seed storability. *Asian Research Publishing Network (ARPN) Journal of Agricultural and Biological Science*, 8. ISSN 1990-6145.

- Şehirali S., 1988. Yemelik Dane Baklagiller, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 1089, Ders Kitabı 314.
- Tripathi, B.; Pandey, A.; Bhatia, R.; Walia, S.; Yadav, A.K. 2015. Improving soybean seed performance with natural colorant-based novel seed-coats. *J. Crop Improv.* 29, 301–318.
- van der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., van Straalen, N. M. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 11, 296–310. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x.
- Vasconcelos, M. W. 2014. Chitosan and chitooligosaccharide utilization in phytoremediation and biofortification programs: Current knowledge and future perspectives. *Frontiers of Plant Science*, 5, 616.
- Vassilev, N., Vassileva, M., Lopez, D., Martos, V., Reyes, A., Maksimovich, I., Eichler-Löbermann, B., and Malusa, E. 2015. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. *Applied Microbiology Biotechnology*, 99, 4983–4996. doi: 10.1007/s00253-015-6656-6654.
- Yurtsever, N. 1984. “Deneyisel İstatistik Metotları” Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları: 623. Ankara.
- Zeng, D.-F.; Zhang, L. 2010. A novel environmentally friendly soybean seed-coating agent. *Acta Agricultural Scand. B Soil Plant Science*, 60, 545–551.
- Zeng, D.; Luo, X.; Tu, R. 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*. 2012, 104565.
- Zhou, J. Deng, B. Zhang, Y. Cobb, AB. Zhang, Z. 2017. Molybdate in rhizobial seed-coat formulations improves the production and nodulation of Alfalfa. *PLoS ONE* 12(1): e0170179. doi:10.1371/journal.pone.0170179.