

Farklı Bakteri Yapıştırıcılarının Nohut (*Cicer arietinum* L.) Bitkisinde Nodülasyon ile Verim Performansına Etkileri

Muharrem KAYA¹, Aykut ŞENER^{2*}, Cemile TEKELİ³

^{1,2,3}Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 32000, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 09.08.2024, Kabul / Accepted: 07.11.2024, Online Yayınlanma / Published Online: 23.12.2024)

Anahtar Kelimeler

Aşılama,
Nohut,
Rhizobium,
Yapıştırıcı ajan,
Verim

Öz: Bu araştırma, bakteri aşılama farklı yapıştırıcı ajanların kullanılmasının nohut bitkisinin nodülasyon verileri ve verimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Tarla denemeleri tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 2 yıl süre ile Isparta lokasyonunda yürütülmüştür. Çalışmada, test bitkisi olarak Azkan çeşidi ve İspanyol nohut genotipi kullanılmıştır. *Rhizobium* bakterilerini nohut bitkisinin tohumlarına yapıştırmak için saf su, şekerli su, süt tozu, arap zamkı ve metil selüloz kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda, bakteri aşılama yapıştırıcı madde kullanımının yüz tane ağırlığı özelliği dışındaki diğer tüm özelliklerde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Nodül sayısı 24.3-174.0 adet bitki⁻¹, nodül ağırlığı 0.38-3.29 g bitki⁻¹, ilk çiçeklenme süresi 47.3-66.3 gün, bitki boyu 34.9-54.9 cm, bitkide bakla sayısı 23.9-42.5 adet, bitkide tane sayısı 24.4-42.1 adet, bitki tohum verimi 4.03-8.84 g, hasat indeksi % 36.5-43.7, tohum verimi 117.0-269.0 kg da⁻¹ ve yüz tane ağırlığı 38.3-49.0 g arasında değişim göstermiştir. Tane verimi bakımından en iyi bakteri yapıştırma uygulamalarının arap zamkı ve metil selüloz olduğu söylenebilir.

Effects of Different Bacteria Adhesive Agent on Nodulation and Yield Performance in Chickpea Plant (*Cicer arietinum* L.)

Keywords

Inoculation,
Chickpea,
Rhizobium,
Adhesive agent,
Yield

Abstract: This research was carried out to determine the effects of using different adhesive agents in bacterial inoculation on the nodulation and yield of chickpea plant. Field trials were conducted in the Isparta location for two years using a randomized complete block split plots design with three replications. In the study, Azkan variety and Ispanyol chickpea genotype were used as test plants. Distilled water, sugar water, milk powder, gum arabic, and methyl cellulose were used to adhere *Rhizobium* bacteria to seeds of chickpea plant.

As a result of the research, it was observed that the use of adhesive agents in bacterial inoculation had positive effects on all properties except hundred-grain weight. The number of nodules ranged from 24.3 to 174.0 per plant, nodule weight from 0.38 to 3.29 g per plant, the first flowering period from 47.3 to 66.3 days, plant height from 34.9 to 54.9 cm, the number of pods per plant from 23.9 to 42.5, the number of grains per plant from 24.4 to 42.1, seed yield per plant from 4.03 to 8.84 g, harvest index from 36.5% to 43.7%, seed yield from 117.0 to 269.0 kg da⁻¹, and hundred-grain weight from 38.3 to 49.0 g. In terms of seed yield, it can be said that the best bacterial adhesive applications were gum arabic and methyl cellulose.

*İlgili yazar: aykutsener@isparta.edu.tr

1. Giriş

Yemelik baklagil cinsleri içerisinde yer alan nohut bitkisinin kuru tanelerinin içerdiği yüksek protein oranının (%18-31) yanı sıra, mineral madde kompozisyonu ile vitaminler bakımından da zengin olması, bu ürünün yüzyıllardır insan beslenmesinde kullanılmasına yol açmıştır. *Mesorhizobium ciceri* gibi bakteriler ile simbiyotik yaşamları sonucu atmosferik azottan yararlanabilmekte olan nohut bitkisinin kökleri toprağın derinliklerine kadar inebilmekte ve toprağın verimliliğine katkı sağlamaktadır. Ayrıca tarımsal üretim açısından vejetasyon süresinin kısalığı ve yetiştiriciliğinin görece olarak kolay olması, bu bitkinin önemli avantajları arasında sayılabilir [1]. Bu bakımdan nohut, hem sulu hem de kuru tarımda ekim nöbeti sistemlerinde öncelikli bitkilerden biridir [2;3].

Ülkemizde nohut üretim miktarının azalmasının başlıca sebepleri; üretim maliyetlerinin yüksek olması, işçilik sorunları, ürün fiyatlarındaki dalgalanmalar ya da fiyatlarının düşük olması, çiftçilerin farklı ürün tercihleri, yüksek verimli çeşit sayısının azlığı, yanıklık hastalığı (*Ascochyta rabiei*), yabancı ot sorunu ve ekimden hasada kadar geçen süreçte takip edilen yetiştirme tekniklerindeki eksikliklerdir.

Nohut üretim miktarımızı arttırabilmek için yeni çeşitlerin ıslahı yanı sıra birim alandan elde edilen verimi arttırabilecek en uygun agronomik yöntemlerin de belirlenmesi son derece önemlidir.

Baklagil bitkileri yetiştiriciliğinde mikrobiyal gübre kullanımı bitki gelişimi ve tohum verimlerini olumlu yönde etkilemektedir. Konu üzerinde yapılan araştırmalara göre, baklagil tarımında bakteri aşılama ile tane verimleri; mercimekte %15-30, nohutta %20-45, maş fasulyesinde %18-35, börülcede %25-45, yer fıstığında %20-40 ve soya fasulyesinde %75-200 oranında artabilmektedir [4]. Ekim zamanı ile ekolojik koşullara göre değişmekle birlikte, nohut tarımında bitkinin kendi ihtiyacı olan azotun yaklaşık %42-70'i *Rhizobium* simbiyozu sayesinde atmosferden karşılanabilmektedir [5].

Özbağ [6], farklı nohut çeşitlerinde, bakteri aşılamanın nodülasyon ve bitki gelişimi üzerine etkilerini belirleyebilmek için yürüttüğü çalışmada; denemede kullanılan çeşitlerinin ortalaması olarak, kontrol parsellerine göre aşılama parsellerinde nodül sayısının (%787), nodül yaş ve kuru ağırlıklarının (sırasıyla %352 ve %357), bitki boyunun (%6), bitkinin yaş ve kuru ağırlığının (sırasıyla %15.3 ve %21), tane azot oranı ve toplam azot içeriğinin (sırasıyla %7.9 ve %22.6) önemli oranlarda arttığını bildirmiştir.

Toprakta bulunan mikroorganizmalar, çevre şartlarından oldukça etkilenmektedirler. İdeal koşullarda hızla çoğalırlar, olumsuz koşullarda ise hayatta kalmaya çalışırlar. Nodül oluşumu ve azot

fiksasyonu birçok faktörden etkilenmektedir [7]. Özellikle tohum aşılama yönteminde geleneksel yöntemlerle (doğrudan kuru aşılama ya da su ile ıslatılarak) yapılan aşılama bazı problemler ortaya çıkabilmektedir. Bazı tohumlarda yeteri kadar bakteri tohumla yapışmamaktadır [8]. Ayrıca, olumsuz çevre koşullarında nodülasyon başlayınca kadar süreçte tohumlar kurumakta ve bakteriler ölebilmektedir. Nodülasyon evresine kadar bakterilerin canlılığını devam ettirebilmesi için bir miktar beslenmeye de ihtiyaçları vardır. Ekimden itibaren baklagil bitkisinin nodülasyona duyarlı hale gelmesine kadar geçen süreçte bakterilerin rekabetçi bir ortamda hayatta kalması ve çoğalması gereklidir [9]. Bakterilerin hem köklere yeter sayıda yapışabilmesi hem de beslenmeleri için su yerine farklı yapıştırıcılar kullanılabilir. Bu amaçla katı (turba tozu, granül turba, kepek, vermikülit) ya da sıvı yapıştırıcılar (arap zamkı, şekerli su, metilselüloz, duvar kâğıdı yapıştırıcısı, mısır şurubu, bal, süt tozu, suyu buharlaştırılmış süt, mineral yağ, bitkisel yağlar) kullanılabilir. Bu sayede baklagil bitkilerinde inokülasyonun etkinliği ve verim artabilmektedir. Elegba ve Rennie [8], soya fasulyesinde farklı yapıştırıcılar kullanarak yaptıkları bakteri aşılama denemesinde, aşılama ajanı olarak su, şekerli su, pelgel, nutricat, arap zamkı, metil selüloz, duvar kâğıdı yapıştırıcısı, mısır şurubu, bal, süt tozu ve suyu alınmış süt kullanmışlardır. Çalışma sonunda su ile ıslatmanın hem bakterileri kurumaktan koruyamadığını hem de bakterilerin beslenememesi nedeniyle olumsuz sonuçlar elde edildiğini belirtmişlerdir. Tohum başına bakteri sayısı, bitkide nodül sayısı ve ağırlığı ile tane verimi gibi parametrelerin, bakterileri tohumla yapıştırmada arap zamkı, metil selüloz ve duvar kâğıdı yapıştırıcısı kullanılarak yapılan uygulamalarda en yüksek düzeye ulaştığını bildirmişlerdir.

Yapılan birçok araştırma sonucuna göre, farklı baklagil bitkilerinde tohumla bakteri aşılama özellikle sıvı yapıştırma ajanlarının kullanımıyla daha yüksek aşılama oranlarına bağlı olarak daha yüksek nodülasyon ve azot fiksasyonu ile tane verimlerinin önemli oranda arttığı belirlenmiştir [10;11].

Bu araştırmanın amacı; nohut çeşitlerinde *Mesorhizobium ciceri* bakteri suşu ile tohum aşılama farklı yapıştırma ajanları kullanımının nodülasyon verileri ve bazı verim unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme yeri ve materyal

Bu çalışmada; tarla denemesi, Isparta il merkezinde bulunan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Yerleşkesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Çiftliği deneme alanında kurulmuştur. Denemeler 2022-2023 yıllarında iki yıl süreyle yürütülmüştür. Hem 2022 hem de 2023 yılında tarla

denemelerinin kurulduğu parseller, buğday/nadas ekim sistemi uygulanan tarlalarda nadas yılından sonraki alanlardan seçilmiştir.

Isparta ili konumu itibarıyla Akdeniz Bölgesinde Göller Bölgesi olarak adlandırılan coğrafyada yer almaktadır. Bölgenin iklimi Akdeniz iklimi ile İç Anadolu iklimi arasında geçit kuşağı iklimi şeklindedir. Yaz mevsimi boyunca sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve yağışlıdır. Bölgenin rakımı ortalama 1035 m kadardır. Uzun yıllık iklim verileri ile karşılaştırıldığında; 2022 yılı iklim verilerine göre denemenin vejetasyon döneminde (nisan-temmuz arası) nisan, mayıs ve temmuz ayları toplam yağış değerleri uzun yıllar ortalamalarından düşük olup, diğer aylar birbirine yakın seyretmiştir. Ortalama sıcaklık değerleri açısından incelendiğinde, tüm ayların daha yüksek sıcaklık değerleri sergilediği gözlemlenmiştir. Oransal nem bakımından nisan ve mayıs aylarında düşük nem içeriği görülmüştür. 2023 yılında ise nisan, mayıs ve haziran aylarında yağış miktarı daha yüksek, temmuz ayında düşük olarak gerçekleşmiştir. İkinci yıl sıcaklık ve nem değerlerinin ise uzun yıllık ortalamalara benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Toprak analizlerine göre, denemenin yürütüldüğü alanların toprak özellikleri killi tınlı yapıda, hafif alkali ve hafif tuzlu sınıfta yer almıştır. Deneme topraklarının kireç içeriği yüksek, buna karşın organik madde içeriği ise düşük olarak değerlendirilmiştir. Fosfor ve magnezyum içeriği bakımından yeterli, potasyum ve kalsiyum içeriği ise fazla olarak belirlenmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Deneme yerine ait toprak analiz sonuçları

Bünye	pH	Tuzluluk Değeri ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Killi - tınlı	7.66	322
Kireç oranı (%)	Org. madde içeriği (%)	Fosfor (mg kg^{-1})
28.7	1.54	23.5
Potas içeriği (mg kg^{-1})	Magnezyum (mg kg^{-1})	Kalsiyum (mg kg^{-1})
772.2	169.5	8229.8

Denemede tohum materyali olarak koçbaşı tane tipinde olan Azkan nohut çeşidi ile İspanyol nohut genotipi kullanılmıştır. Azkan nohut çeşidi; dik gelişme tabiatlı, orta derece dallanma özelliğinde, erkenci grupta yer alan yemeklik kullanıma uygun bir çeşittir. Kuraklık ve soğuk streslerine toleranslı, makinalı hasada uygundur. Bitkide bakla sayısı 30 adet olup, çeşidin 100 tane ağırlığı 45 grama kadar çıkabilmektedir. 3-3.5 aylık bir vejetasyon süresine sahip olup, uygun ekolojik koşullarda potansiyel verimi yaklaşık 400 kg da^{-1} kadardır. Yanıklık hastalığına toleransı oldukça yüksektir. İspanyol nohut genotipi ise popülasyon niteliğinde olup, Göller Bölgesi illerinde yetiştiricilerin tercih ettiği köy çeşididir.

Tohuma bakteri aşılama amacıyla T.C. Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarlarından getirtilen peat kültür formunda kullanılan *Mesorhizobium ciceri* kullanılmıştır. Kullanılan bakteri preparatında toplam organik madde içeriği %33, toplam hümitik + fulvik asit içeriği %20 ve canlı organizma sayısı $1.1 \times 10^5 \text{ kob g}^{-1}$ 'dir.

Aşılama bakterileri tohuma yapıştırma ajanı olarak ise saf su, şekerli su, süt tozu (%100 inek sütü, en fazla %1.5 süt yağı), arap zıncı (Gumarabic CAS-No: 9000-01-5; EC-No: 232-519-5), methyl selüloz (CAS-No: 9004-65-3 Edukim) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Ekimden önce tav durumuna göre, deneme alanı toprakları pulluk + diskaro ile işlenerek ekime hazır hale getirilmiş ve deneme planına göre deneme alanının parselasyonu yapılmıştır. 2022 yılı ekimleri 15 Nisan, 2023 yılı ekimleri ise 17 Nisan tarihlerinde, çapa ile açılan sıralara elle yapılmıştır. Tarla denemeleri, tesadüfi bloklar deneme deseni, bölünmüş parseller düzenine göre 3 tekrarlı olacak şekilde kurulmuştur. Denemede her blokta 12 parsel yer almıştır. Denemede ana parsellere çeşitler (İspanyol ve Azkan), alt parsellere ise 6 farklı yapıştırma ajanı (kontrol, saf su, şekerli su, süt tozu, arap zıncı ve methyl selüloz) yerleştirilmiştir.

Her parselin uzunluğu 3 m ve genişliği 1 m, toplam alanı 3 m^2 olacak şekilde ayarlanmıştır. Her alt parselde 4 bitki sırası yer almış, bitki sıklığı sıra arası 25 cm ve sıra üzeri 10 cm olacak şekilde, ekimler elle ekim yöntemiyle yapılmıştır. Çalışmada her alt parsel arasında 0.5 m, tekerrürler (bloklar) arasında ise 2 m boşluk bırakılarak ekim yapılmıştır. Ekimlerden önce sağlam ve sağlıklı görünen tohumlardan her parsel için 120'şer adet sayılmış ve paketlenerek ekime hazırlanmıştır. Ekimden önce her parselde dekara 13 kg ($2.34 \text{ kg N da}^{-1}$ ve $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$ gelecek şekilde) hesabıyla DAP (Diamonyumfosfat) gübresi temel gübreleme olarak uygulanmıştır.

Denemede sulama yapılmamıştır. Parsellerin otlama durumuna göre yabancı otları temizlemek için elle ot alma ve çapalama yöntemi uygulanmıştır.

Denemede her parsel için çeşitlere ait sağlam tohumlardan 120 adet sayılmış ve hassas terazide ekim öncesi ağırlıkları belirlenmiştir. Bakteri aşılama öncesi, %1 oranında sodyum hipoklorit içeren çözelti ile tohumların yüzeyi sterilize edilmiş, daha sonra tohumlar saf su ile yıkanmış, kurutma kağıtları ile kurutulmuştur.

Araştırmada tohumlara uygulanmak üzere bakteri yapıştırma ajanı olarak aşağıdaki solüsyonlar hazırlanmıştır.

- a) Saf su
b) Şekerli su: %10'luk şekerli su (sofra şekeri) [12]
c) Süt tozu: ağırlıkça %10 süt tozu içeren çözelti [8]
d) Arap zamkı: 40 g 100 ml⁻¹ hesabıyla [13]
e) Methyl selüloz: hacimce %4'lük çözelti [8;14]

Her parsel için tartılan tohumlara yukarıda hazırlanan çözeltilerden tohum ağırlığının %1'i kadar pülverize edilerek tohumlar ıslatılmıştır. Daha sonra gölge bir yerde ıslatılan tohumlara yine tohum ağırlığının %1 kadar *Rhizobium* bakterisi elle bulaştırılmış ve iyice karıştırılarak bakterilerin tohuma yapışması sağlanmıştır. Aşılama tohumlarının ekimleri 5-6 cm ekim derinliğinde elle açılan sıralara hiç bekletilmeden yapılmış ve tohum yatağı hemen kapatılmıştır. Kontrol parselleri için hazırlanan tohumlara herhangi bir işlem yapılmamış ve bakteri bulaşmasını engellemek için her blokta bu parsellerin ekimi ilk önce yapılmıştır.

Denemede, Meral ve ark. [12]'nin bildirdiği yöntemlere göre; bitkide nodül sayısı ve ağırlığı, ilk çiçeklenme süresi, bitki boyu, bitkide bakla ve tane sayısı, bitki verimi, hasat indeksi, tohum verimi ve yüz tane ağırlığı özellikleri incelenmiştir. Bitki ölçümleri parsellerden tesadüfi olarak seçilen 10'ar bitkide, tohum verimi alt parsellerde kenar tesirler atıldıktan sonra kalan deneme alanındaki bitkiler topluca hasat/harman edilerek, nodülasyon gözlemleri ise %50 çiçeklenme döneminde etiketlenen bitkilerin kökleri bel küreği yardımıyla dikkatlice sökülmiş ve çeşme suyunda yıkanmış, bitkilerin köklerindeki nodüller sayılmış ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Denemede incelenmiş olan verim ve verim özelliklerine ait verilerle, Tesadüfi Bloklar Deneme Deseninde, Bölünmüş Parseller düzenine göre, bilgisayarda istatistik paket programı (TOTEMSTAT) yardımıyla varyans analizleri; ele alınan faktörlere ait ortalamaların farklılık gruplandırılmalarını oluşturmak için 0.05 düzeyinde Duncan testi yapılmıştır [15]. Çalışmada, yıllar ayrı ayrı analiz edilmiş olup, yıl etkisini incelemek için

3. Bulgular ve Tartışma

Nohut bitkisinde tohuma bakteri aşılama farklı yapıştırıcı maddelerin kullanıldığı bu çalışmada; nohut çeşitlerinde bitkide nodül sayısı ve ağırlığı, ilk çiçeklenme süresi, bitki boyu, bitkide bakla ve tane sayısı, bitki verimi, hasat indeksi, tohum verimi ve yüz tane ağırlığı özellikleri yıllara göre ayrı ayrı değerlendirilmiş ve elde edilen ortalamalar ayrı başlıklar altında aşağıda açıklanmıştır.

3.1. Nodül sayısı

Bitkide nodül sayısı özelliğine ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, denemenin birinci

(2022 yılı) yılında çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak ($p \leq 0.01$) önemli; çeşit x uygulama etkileşimini ise önemsiz bulunmuştur. İkinci yılda (2023 yılı) ise hem çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar hem de çeşit x uygulama etkileşimini önemli ($p \leq 0.01$) bulunmuştur. Yıllara göre elde edilen ortalamalar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bitkide nodül sayısı ortalamaları

Her iki deneme yılında da en düşük nodül sayıları bakteri aşılama yapılmayan parsellerde gözlemlenmiş ve bakteri aşılama ile nodülasyonun arttığı belirlenmiştir. Genellikle kontrol dahil tüm uygulamalarda Azkan çeşidinde nodül sayısı İspanyol genotipine göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 1). Bunun nedeni olarak kullanılan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olması söylenebilir. Birinci yıl çeşitlerin ortalaması olarak en yüksek nodül sayısı 155.8 adet bitki⁻¹ ile methyl selüloz uygulamasından elde edilmiştir. Ancak, bu uygulama ile arap zamkı uygulaması (145.2 adet bitki⁻¹) istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. İkinci deneme yılında ise Azkan çeşidinde en yüksek nodül sayısı (134 adet bitki⁻¹) methyl selüloz uygulamasında; İspanyol genotipinde ise süt tozu ve şekerli su uygulamasında (112.3 adet bitki⁻¹) saptanmıştır. Bu yıl hem Azkan çeşidinde hem de İspanyol genotipinde şekerli su, süt tozu, arap zamkı ve methyl selüloz uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta değerlendirilmiştir. Saf su ve kontrol parselleri ise en düşük ortalamalara sahip olmuşlardır (Şekil 1).

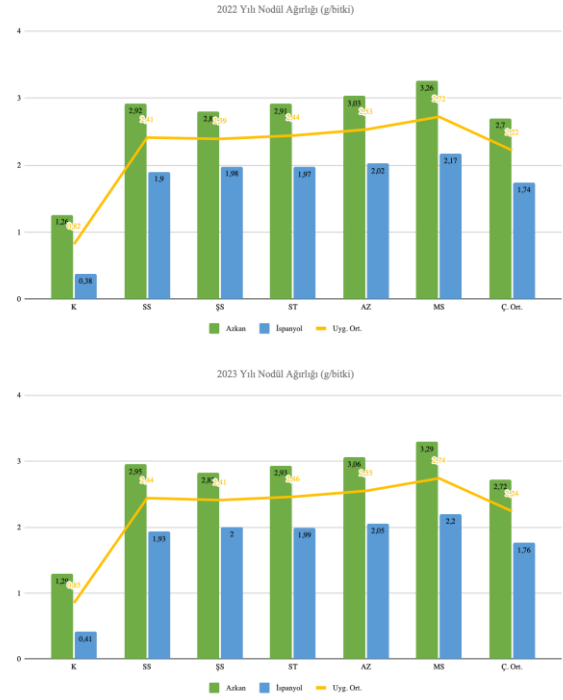
Nohut tarımının yapıldığı topraklarda yeterli sayıda *Rhizobium* bakterisi bulunmadığı takdirde, uygun bakteri suşları ile aşılama yapılması tane verimini 2.1 kat arttırabilmektedir [16]. Bu yüzden etkili bir nodülasyon hem de yüksek tohum verimi elde edebilmek için nohut tohumlarının ekimden önce türe

özgü bakteriler ile aşılması gereklidir. Farklı baklagil türleri ile yapılan çalışmalar, bakteri aşılamanın ve aşılama uygulamasında bakterileri yapıştırmak için çeşitli materyallerin kullanılmasının, bitki başına canlı bakteri ve nodül sayısını önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Tohuma bakteri aşılama farklı yapıştırıcı ajanların kullanıldığı araştırmalar; börülce çeşitlerinde nişasta ve metil selüloz [14], yonca bitkisi ile yapılan bir denemede süt tozu, sodyum aljinat ve metil selüloz karışımı [17], mung fasulyesinde arap zıncı (%20'lik çözelti) [18] ve soya çeşitlerinde biyokömür ile bazı biyopolimerlerin yapıştırıcı ajan olarak kullanıldığında bitkilerde hem nodül sayısının hem de bakteri/baklagil simbiyozunda dinitrojenaz enzim aktivitesinin arttığını göstermektedir. İsparta koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülen bir başka çalışmada ise bitki başına en yüksek nodül sayısının bakterilerin tohumlara arap zıncı ile yapıştırılması neticesinde elde edildiği bildirilmiştir [19].

3.2. Nodül ağırlığı

Bitkide nodül ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçlarına göre, 2022 yılında çeşit x uygulama interaksyonu önemsiz iken, çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar önemli ($p \leq 0.01$) bulunmuştur. 2023 yılında ise çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklar $p \leq 0.01$ düzeyinde; çeşit x uygulama interaksyonu $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir. Nodül ağırlığı ortalamaları Şekil 2'de verilmiştir.

Hem 2022 hem de 2023 yılı sonuçlarına göre en düşük nodül ağırlığı ortalamaları nodül sayısına benzer olarak aşılama yapılmayan kontrol parsellerinde saptanmıştır. Her iki yılda da hem kontrol parsellerinde hem de diğer uygulamalarda İspanyol genotipine göre Azkan çeşidinden daha yüksek nodül ağırlığı değerleri elde edilmiş olup, bu farklılıklar istatistiki yönden de önemli olmuştur. Birinci yıl en düşük nodül ağırlığı kontrol parsellerinde belirlenirken, bunu artan sırayla şekerli su, saf su ve süt tozu uygulamaları izlemiştir. En yüksek nodül ağırlıkları ise arap zıncı (2.44 g) ve metil selüloz (2.53 g) uygulamalarında saptanmış ve bu iki uygulama aynı ve üst istatistik grupta değerlendirilmişlerdir. 2023 yılında da en düşük nodül ağırlıkları her iki çeşitte de kontrol parsellerinde ölçülmüştür. Saf su ve diğer yapıştırıcı ajan uygulamaları nodül ağırlığını olumlu yönde etkilemiştir. Hem Azkan çeşidinde hem de İspanyol genotipinde en yüksek ortalamalar (sırasıyla 3.29 ve 2.20 g) metil selüloz ile bakterilerin tohuma yapıştırıldığı uygulamadan elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Bitkide nodül ağırlığı ortalamaları

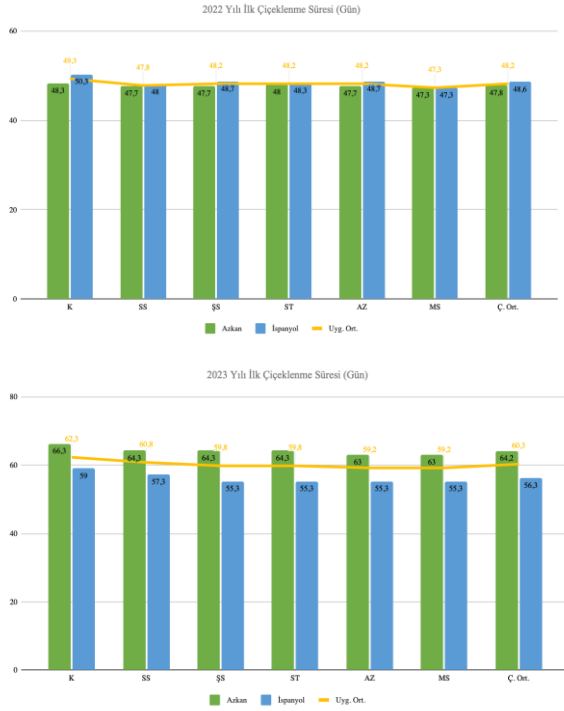
Kaya ve ark., [20]'nin yaptıkları bir araştırmaya göre, nohut yetiştiriciliğinde toprakların veya tohumların uygun bakteri (*Mesorhizobium ciceri*) suşları ile ekim öncesinde aşılmasıyla nodülasyon ve bitki gelişiminin olumlu yönde etkilenecek tane veriminin arttığı bildirilmiştir. Özbağ [6], nohut bitkisi üzerinde yapmış olduğu bir araştırmada, bakteri aşılama yapılmayan parsellere göre aşılamanın bitkide nodül yaş ağırlığını 3.52 kat, kuru ağırlığını ise 3.57 kat arttırdığını vurgulamıştır. Farklı baklagil türleri üzerinde yapılan birçok araştırmada, türe uygun bakterilerle tohum aşılama bakterileri yapıştırmak için yapıştırıcı ajan kullanımının bitki başına nodül sayısını, dolayısıyla nodül ağırlıklarını da arttırdığı açıklanmıştır [13; 17; 18; 19; 21; 22; 23; 24].

3.3. İlk çiçeklenme süresi

Bakteri aşılama farklı yapıştırıcı ajanların kullanıldığı çalışmada, varyans analiz sonuçlarına göre ilk çiçeklenme süresi özelliğinde, her iki deneme yılında da çeşit x uygulama interaksyonu önemsiz olarak belirlenmiştir. Birinci yıl istatistiki bakımdan çeşitler arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde, uygulamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.01$ düzeyinde; ikinci yılda ise hem çeşitler hem de uygulamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.01$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İlk çiçeklenme süresine ait ortalamalar Şekil 3'te özetlenmiştir.

Uygulamaların ortalaması bakımından ilk çiçeklenme süresi özelliği ortalamaları incelendiğinde, birinci yıl 47.8 gün ile Azkan çeşidinin İspanyol genotipine (48.6 gün) göre daha kısa sürede çiçeklendiği, ikinci yılda ise birinci yılın tersine İspanyol genotipinin (56.3 gün) Azkan çeşidinden (64.2 gün) daha erken çiçeklendiği

görülmektedir (Şekil 3). Bu farklılığın nedeninin, deneme yıllarında özellikle vejetasyon döneminde aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerlerinin farklılık göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 2022 yılında en geç çiçeklenme gün sayısı 49.3 gün ile bakteri aşılınmayan kontrol parsellerinde saptanmıştır. Bakteri aşılama ve yapıştırıcı ajan uygulamaları çiçeklenme süresini önemli düzeyde kısaltmıştır. En erken çiçeklenme süresi 47.3 gün ile metil selüloz uygulamasında belirlenmesine karşın, bu uygulama ile saf su, şekerli su, süt tozu ve arap zıncı uygulamaları aynı istatistiksel grupta değerlendirilmiştir. 2023 yılında da birinci yıla benzer olarak en geç çiçeklenme süreleri kontrol (62.7 gün) grubunda belirlenmiştir. En kısa çiçeklenme süreleri ise 59.2 gün ile metil selüloz ve arap zıncı uygulamalarında belirlenmiş olmakla birlikte, bu iki uygulama ile süt tozu ve şekerli su uygulaması aynı istatistiksel grupta yer almıştır.



Şekil 3. İlk çiçeklenme süresi ortalamaları

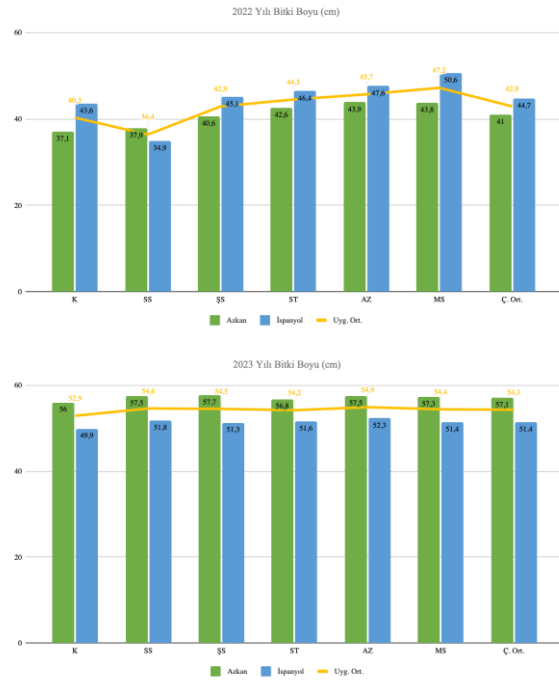
Nohut bitkisinde çiçeklenme süreleri kullanılan çeşitlerin genetik yapılarından daha çok etkilenmekte olup, bitkinin yetiştirildiği bölgenin ekolojik koşulları ile tarımsal uygulamalar da etkili olabilmektedir [25; 26]. Nohut tarımında erken çiçeklenme, tane dolum süresini uzatmakta ve çiçeklenme periyodunun yüksek sıcaklık ve kuraklık stresinin yaşanmadığı aylara denk gelmesinden dolayı tohum veriminin yükselmesine neden olmaktadır.

Ayrıca yeni nohut çeşitlerinin geliştirilmesinde kullanılan ıslah kriterlerinden birisi de çiçeklenme süresidir [26;27]. Nohutta ilk çiçeklenme süresi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış olup, Konya'da yürütülen bir denemede bunun yıllara ve genotiplere [25], Batı Akdeniz Bölgesi ekolojik koşullarında

yürütülen başka bir çalışmada ise lokasyon ve çeşitlere göre varyasyon gösterdiği bildirilmiştir [27]. Isparta ekolojik koşullarında nohut çeşitleri ile yürütülen çalışmada da, çeşitlere ve ekim öncesi tohum uygulamalarına göre çiçeklenme süresinin önemli düzeyde değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir [26].

3.4. Bitki boyu

Varyans analiz sonuçlarına göre, 2022 yılında yapıştırıcı ajan uygulamaları arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde, 2023 yılında ise çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Birinci yıl çeşitler, ikinci yıl ise uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz olarak belirlenmiştir. Şekil 4'te yıllara göre ayrı ayrı elde edilen ortalamalar gösterilmiştir.



Şekil 4. Bitki boyu ortalamaları

Tohuma bakteri aşılama farklı yapıştırıcı ajanların kullanıldığı nohut çeşitlerinde, bitki boyu bakımından elde edilen ortalamalar incelendiğinde, birinci yıl çeşitlerin ortalaması bakımından en düşük bitki boyu 36.4 cm ile saf su uygulanan parsellerde belirlenmiştir. Ancak saf su uygulaması yapılan parseller ile kontrol, şekerli su, süt tozu ve arap zıncı uygulanan parseller aynı istatistiksel grupta yer almış olup, aralarındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. En yüksek bitki boyu ortalaması ise 47.2 cm ile metil selüloz uygulanan parsellerde saptanmıştır. İkinci yılda ise bitki boyuna uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuş, sadece çeşitler arasındaki farklar anlamlı olmuştur. Bu bakımdan 57.1 cm ile Azkan çeşidinin boyu İspanyol genotipinden (51.4 cm) daha uzun olarak kaydedilmiştir (Şekil 4).

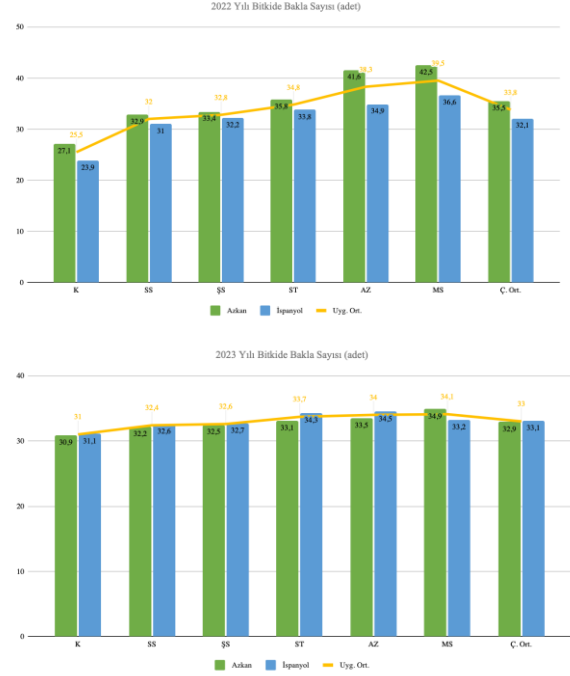
Nohutta bitki boyu özelliği açısından kalıtım derecesinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte bitkinin yetiştirildiği bölgelerin çevre koşulları ile ekim zamanı, ekim normu ve bitki sıklığı gibi tarımsal işlemlerin de bitki boyunu etkilediği belirtilmiştir [27; 28]. Genellikle nohut üretiminde makine ile hasat ve bitki başına yüksek verimlilik için yüksek bitki boyu istenmektedir. Ayrıca bitki boyu karakteri önemli bir ıslah kriteri olarak ele alınmaktadır [27]. Literatür bilgilerine göre, nohutta bakteri aşılama ile bitki boyu başta olmak üzere pek çok bitki gelişim parametresi olumlu yönde etkilenmektedir. Erzurum koşullarında yapılan bir çalışmada, farklı nohut çeşitlerinde bakteri aşılama ile kontrole göre bitki boyunu % 6, bitki azot içeriğini % 10.9 ve bitkinin bazı makro ve mikro besin elementleri alım oranlarını % 1.9-17.4 arasında arttırdığı belirtilmiştir [6]. Benzer şekilde Ankara'da nohutta yapılan bir çalışmada bakteri aşılama ile bitki boyu önemli düzeyde artış göstermiştir [12]. Isparta koşullarında yürütülen başka bir çalışmada, nohutta tohumla bakteri aşılama için kullanılan yapıştırıcı maddelerin bitki boyunu olumlu yönde etkilediği ve en iyi sonuçların arap zamkı ile yapıştırma uygulamasından elde edildiği vurgulanmıştır [19]. Monisha ve ark. [18], mung fasulyesi üzerinde yaptıkları çalışmada, uygulama yapılmayan ve sadece su uygulamasına göre, bakterilerin arap zamkı, guar ve ksantan zamkı ile yapıştırılmasının bitki boyunu önemli düzeyde arttırdığını belirtmişlerdir.

3.5. Bitkide bakla sayısı

Varyans analiz sonuçlarına göre, 2022 yılında çeşitler arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde; uygulamalar arasındaki farklılıklar ile çeşit x uygulama interaksyonu $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. 2023 yılında ise sadece uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.01$) olmuş, çeşitler ve çeşit x uygulama interaksyonu önemsiz çıkmıştır. Elde edilen ortalamalar Şekil 5'te özetlenmiştir.

Şekil 5'te görüldüğü gibi, 2022 yılında her iki çeşitte de bakteri aşılama ve yapıştırıcı ajan uygulamalarıyla bakla sayısı artmıştır. Ele alınan tüm uygulamalarda Azkan çeşidi daha yüksek bakla sayısına sahip olmuştur. Aynı yıl hem Azkan hem de İspanyol genotipinde en düşük ortalamalar kontrol parsellerinde (sırasıyla 27.1 ve 25.5 adet) belirlenmiştir. En yüksek bakla sayısı ortalamaları ise Azkan çeşidinde metil selüloz ve arap zamkı uygulamalarında (sırasıyla 42.5 ve 41.6 adet) saptanmıştır. Benzer şekilde İspanyol genotipinde de metil selüloz (39.5 adet) ve arap zamkı (38.3 adet) uygulamalarında en yüksek ortalamalar belirlenmiştir. Bakla sayısı bakımından bu iki uygulama da aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Çeşitlerin ortalaması bakımından 2023 yılında da en düşük bakla sayıları kontrol parsellerinde (31.0 adet) bulunmuş ve yapıştırıcı ajan uygulamaları bakla

sayısını olumlu yönde etkilemiştir. En yüksek bakla sayısı ortalamalarının 34.1 adet ile metil selüloz ve 34.0 adet ile arap zamkı uygulamalarında olduğu belirlenmiştir. Ancak bu iki uygulama ile bakteri yapıştırmada kullanılan süt tozu ve şekerli su uygulaması aynı istatistiksel grupta değerlendirilmişlerdir (Şekil 5).



Şekil 5. Bitkide bakla sayısı ortalamaları

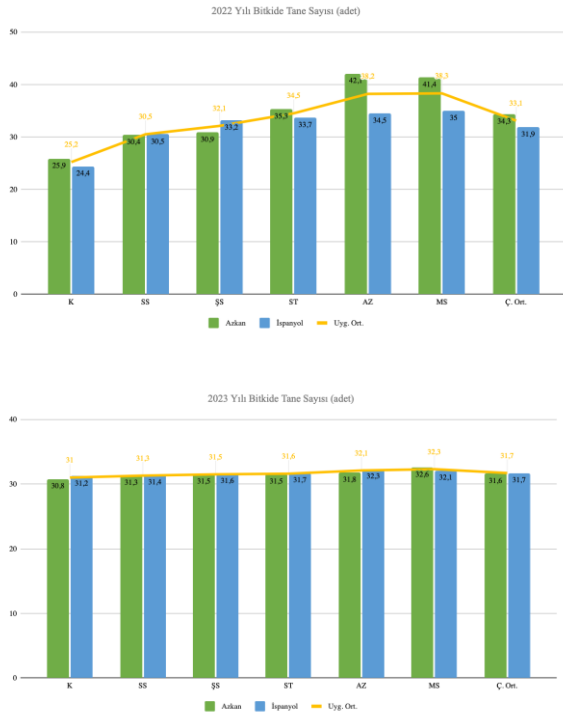
Nohutta bitki başına bakla sayısı ile bitki verimi ve birim alandaki tohum verimi arasında önemli ve pozitif korelasyonlar (0.817**) olmasına bağlı olarak bakla sayısının yüksek olması istenmektedir [29]. Nohut bitkisinde bitki başına bakla sayısı; çeşitlerin genetik yapısı, yetiştirildiği bölgelerin ekolojik koşulları, genotip x çevre interaksyonları ile yetiştirme tekniği paketindeki agronomik uygulamalara göre değişebilmektedir [26]. Yonca çeşitleri üzerinde yapılan bir çalışmada, tohumlara bakteri bulaştırılmasında yapıştırıcı ajan olarak metil selüloz ve sodyum aljinat uygulamalarının bakla sayısında önemli artışlara neden olduğu [17], kumlu toprak koşullarında nohutta yapılan bir çalışma sonucuna göre ise biyokömür kullanımının bakla sayısını olumlu etkilediği bildirilmiştir [30]. Börülcede yapılan bir çalışmada tohumla bakteri aşılama [31], nohutta tohumlara ekim öncesi çinko uygulaması [26] ve yine nohut bitkisinde tohumlara harpin proteini uygulaması ile [28] bitkide bakla sayısının arttığı belirtilmiştir. Batı Akdeniz koşullarında yürütülen bir çalışmada ise nohutta bakla sayısının çeşitler ve lokasyonlara göre önemli düzeyde değişebildiği açıklanmıştır [27].

3.6. Bitkide tane sayısı

Varyans analiz sonuçlarına göre, çeşitler arası ($p \leq 0.05$) ve uygulamalar arası ($p \leq 0.01$) farklılıklar ile

çesit x uygulama interaksyonunu ($p \leq 0.01$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci (2023) yılında ise sadece uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiki bakımdan ($p \leq 0.01$) önemli olmuştur. Çesitler arası farklar ile çesit x uygulama interaksyonunu önemsiz bulunmuştur. Tane sayısı ortalamaları Şekil 6'da özetlenmiştir.

Şekil 6'da gösterildiği üzere, 2022 yılı verilerine göre hem Azkan çeşidinde hem de İspanyol genotipinde en düşük bitki başına tane sayıları kontrol parsellerinde (sırasıyla 25.9 ve 24.4 adet) gözlemlenmiş olup, bakterileri yapıştırmak için kullanılan uygulamalar tane sayısını olumlu yönden etkilemiştir. En yüksek tane sayısı 42.1 adet ile Azkan çeşidinde arap zamkı uygulamasında saptanmıştır. Bu uygulama ile metil selüloz uygulanan parseller aynı grupta yer almıştır. İspanyol genotipinde ise en yüksek ortalama metil selüloz uygulamasında (35 adet) belirlenirken, bu uygulama ile arap zamkı ve süt tozu uygulamalarının benzer ortalamalara sahip olduğu tespit edilmiştir. Denemenin ikinci (2023) yılında sadece uygulamalar arası farklılıklar önemli olup, en düşük ortalama 31 adet ile kontrol parsellerinde, en yüksek ortalama ise 32.3 adet ile metil selüloz uygulamasında saptanmıştır. Metil selüloz ile arap zamkı uygulamaları birbirine benzer sonuçlar sergilemiş olup, istatistiki olarak aynı grupta değerlendirilmiştir.



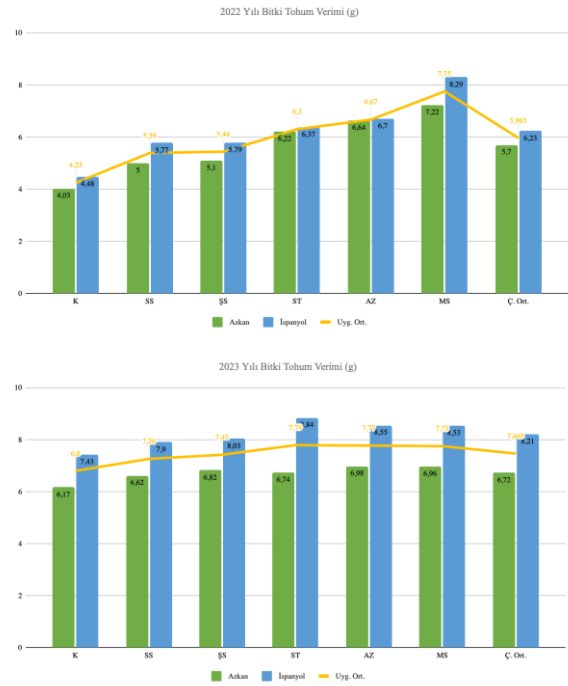
Şekil 6. Bitkide tane sayısı ortalamaları

Nohut bitkisinde çesit geliştirme ıslahında; bitkide tane sayısı tohum verimi ile olan olumlu ve pozitif korelasyonların yanında verime doğrudan ve yüksek katkı sağlaması nedeniyle seleksiyonda önemli bir kriter olarak kullanılmaktadır [29]. Tane sayısı genetik yapı, çevresel etmenler, genotip x çevre interaksyonları ve tarımsal uygulamalara göre

değişebilmektedir [26]. Konu üzerinde yapılan çalışmalarda, tuzlu koşullarda [32] ve kurak/yarı kurak iklim koşullarında [16] nohutta bakteri aşılmasının bitkide bakla ve tane sayısını önemli oranda arttırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

3.7. Bitki tohum verimi

Nohut çeşitlerinde tohuma bakteri aşılama farklı yapıştırıcı maddelerin kullanıldığı bu çalışmada, bitki tohum verimine ilişkin varyans analiz sonuçlarına göre, 2022 yılında sadece uygulamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.01$ düzeyinde; 2023 yılında çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.01$ düzeyinde, çesit x uygulama interaksyonu ise $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur. Şekil 7'de bitki tohum verimi ortalamaları özetlenmiştir.



Şekil 7. Bitki tohum verimi ortalamaları

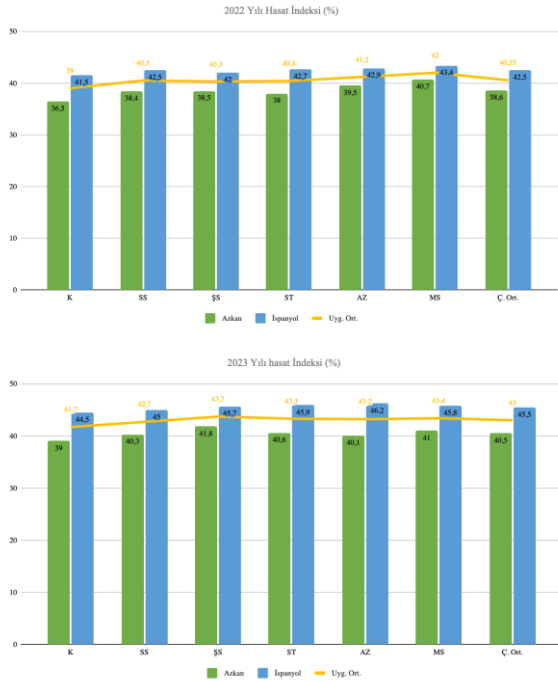
Bitki tohum verimi bakımından 2022 verileri incelendiğinde, çeşitlerin ortalaması olarak en düşük değer 4.25 g ile kontrol parsellerinde saptanmıştır. Bakteri aşılama yapıştırıcı ajan kullanımı bitki verimini olumlu yönde etkilemiş, tüm uygulamalarda verim artmıştır. En yüksek ortalamanın 7.75 g ile metil selüloz uygulanan parsellerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). 2023 yılında hem Azkan çeşidinde hem de İspanyol genotipinde en düşük verim değerleri kontrol parsellerinden (sırasıyla 6.17 ve 7.73 g) elde edilmiştir. Aynı yıl Azkan çeşidinde en yüksek verim 6.98 g ile arap zamkı uygulamasında belirlenmiş olmakla birlikte; bu uygulama ile metil selüloz, süt tozu, şekerli su ve saf su uygulamalarından elde edilen değerler, istatistiksel olarak aynı grupta değerlendirilmiştir. İspanyol genotipinde ise en yüksek verim 8.84 g ile süt tozu uygulanan parsellerde

ölçülmüş, bu uygulama ile arap zamkı ve metil selüloz aynı istatistikî grupta yer almıştır.

Nohut çeşit geliştirme ıslahında bitki verimi özelliği de önemli seleksiyon kriterleri arasında yer almakta olup, ekim sıklıklarının önerilen değerlerde olması durumunda bitki verimi yüksek olan çeşitlerde birim alandan elde edilen tohum verimi de önemli oranda artmaktadır [26; 33]. Yılmaz [28], nohut genetik yapının, çevresel faktörlerin ve agronomik uygulamaların bitki tohum verimini önemli düzeyde etkilediğini bildirmiştir. Nohut üzerinde yapılan çalışma sonuçlarına göre, ekimden önce bakteri aşılama ve azot uygulamasının [16], ekimden önce tohumlara çinko uygulamasıyla [26] ve ekim öncesi tohumların ozmotik koşullandırılması uygulamasının [34] bitki tohum verimini arttırdığı belirtilmiştir. Nohut üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise nohut tohumlarının ekimden önce bakteri ile aşılama ve bakteri bulaşmasını sağlamak için yapıştırıcı madde kullanımının bitki başına tohum verimini yükselttiği bildirilmiştir [35].

3.8. Hasat indeksi

Varyans analiz sonuçlarına göre, 2022 yılında çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci (2023) yılında ise sadece çeşitler arasındaki farklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur. Her iki yılda da çeşit x uygulama interaksyonları önemsiz olarak hesaplanmıştır. Hasat indeksi bakımından elde edilen değerler Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Hasat indeksi ortalamaları

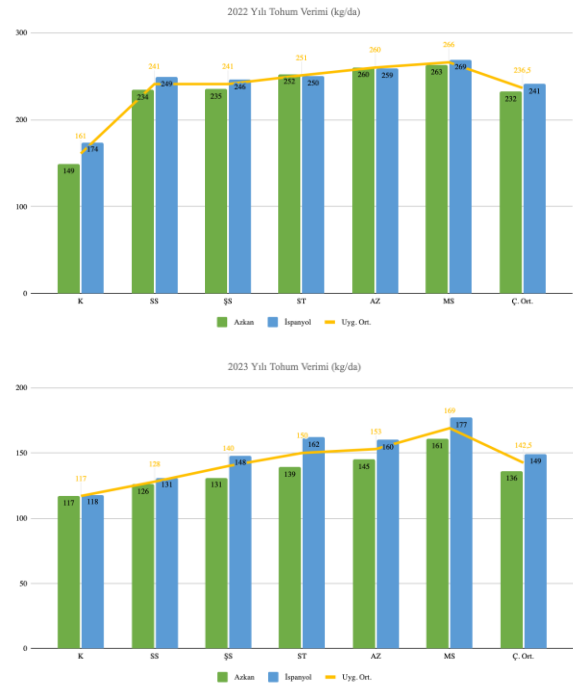
Şekil 8'de görüldüğü gibi, 2022 yılında uygulamaların ortalaması olarak, hasat indeksi İspanyol genotipinde (%42.5) Azkan çeşidine (%38.6) göre daha yüksek

bulunmuştur. Yapıştırıcı ajan uygulamaları yönünden değerlendirildiğinde en düşük değerler kontrol uygulamasında belirlenmiş olup, yapıştırıcı madde uygulamaları (şekerli su dışında) hasat indeksini arttırmıştır. En yüksek ortalama metil selüloz uygulamasında (%42) saptanmıştır. İkinci yılda ise sadece çeşitler arası farklılıklar önemli bulunmuştur. Birinci yıla benzer olarak İspanyol genotipinde daha yüksek (%45.5) hasat indeksi değerleri belirlenmiştir.

Hasat indeksi nohut çeşitlerinin genotipik özellikleri ile agronomik uygulamalara göre değişebilmekte olup, tohum verimi ile doğrusal bir korelasyon gösterdiği için yüksek olması istenen bir özelliktir [26; 33; 36]. Ankara koşullarında farklı bitkilerle yapılan çalışma sonuçlarına göre, nohutta [12] ve bezelyede [20] bakteri aşılama ile düşük azot dozlarında hasat indeksinin olumlu yönde etkilendiği bildirilmiştir. Konya'da yapılan bir çalışmada nohutta hasat indeksinin çeşitlere göre [25] ve Isparta'da yapılan bir çalışmada ise ekim öncesi tohum uygulamalarının hasat indeksini arttırdığı belirlenmiştir [28].

3.9. Tohum verimi

Birim alan tohum verimi varyans analizlerine göre, 2022 yılında uygulamalar arasındaki farklılıklar ($p \leq 0.01$) ile çeşit x uygulama interaksyonu ($p \leq 0.05$); 2023 yılında ise çeşitler ($p \leq 0.05$) ve uygulamalar arası ($p \leq 0.01$) farklılıklar ile çeşit x uygulama interaksyonu ($p \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Tohum verimi ortalamaları Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Tohum verimi ortalamaları

Birim alan tohum verimi değerleri incelendiğinde; 2022 yılında çeşitlerin ortalaması olarak en düşük ortalamalar 161.2 kg da^{-1} ile kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Bakteri aşılama ve yapıştırıcı madde

kullanımı verimi olumlu yönde etkilemiştir. En yüksek verim ise 266.1 kg da⁻¹ ile metil selüloz uygulamasında saptanmış ve arap zamkı uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Çeşit x uygulama interaksyonu bakımından da Azkan ve İspanyol nohut çeşitlerinde en düşük verimler kontrol parsellerinden (sırasıyla 148.6 ve 173.9 kg da⁻¹) elde edilmiştir. En yüksek verimler her iki çeşitte de metil selüloz uygulanan parsellerde (sırasıyla 263.3 ve 268.8 kg da⁻¹) saptanmıştır. Azkan çeşidinde süt tozu, arap zamkı ve metil selüloz uygulamaları; İspanyol genotipinde ise arap zamkı ve metil selüloz uygulamaları aynı grupta değerlendirilmiştir. İkinci yıl (2023) verilerine göre, birinci yıla benzer olarak en düşük verimler kontrol parsellerinde görülmüştür. En yüksek verimler ise Azkan çeşidi ve İspanyol genotipinin metil selüloz parsellerinde (161.1 ve 176.8 kg da⁻¹) hesaplanmıştır. Her iki yılda da genel olarak İspanyol genotipi daha verimli olmuştur.

Nohut bitkisinde tohum verimi; çeşitlerin genotipik özellikleri, yetiştirildiği bölgenin iklim ve toprak özellikleri ile yetiştirme tekniği içerisindeki agronomik işlemlere göre değişebilmektedir. Birim alan tohum veriminin yüksekliği hem araştırmacıların hem de çiftçilerin öncelikli ve nihai hedefleri arasında sayılmaktadır. Nohutta çeşitlerin verim potansiyeli çok sayıda morfolojik özelliğin doğrudan ya da dolaylı etkilerine bağlıdır [33; 36]. Nohut çeşitleri [12] ve bezelyede yapılan bir çalışmada [20] bakteri aşılama ile tohum veriminin arttığı açıklanmıştır. Nohutta tohumlara bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Gezahegn [31], börülce genotipleri ile yürüttüğü çalışmada bakteri aşılama ile tohum veriminin %53 oranında arttığını vurgulamıştır.

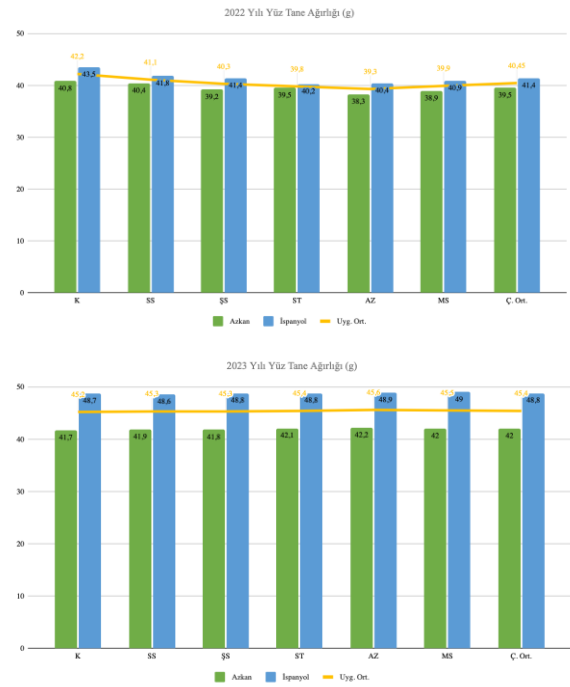
3.10. Yüz tane ağırlığı

Varyans analiz sonuçlarına göre, 2022 yılında çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak p≤0.01 düzeyinde önemli; 2023 yılında ise çeşitler arasındaki farklılıklar p≤0.01 düzeyinde önemli olmuştur. Ortalama değerler Şekil 10'da gösterilmiştir.

Denemenin birinci yıl (2022) verilerine göre, İspanyol genotipinin (41.4 g) Azkan çeşidine (39.5 g) kıyasla daha yüksek yüz tane ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Uygulamalar yönünden değerlendirildiğinde en yüksek değer (42.2 g) kontrol parsellerinde saptanmıştır. Bakterileri tohumla yapıştırmak için kullanılan tüm uygulamalar tane iriliğini azaltmıştır. En düşük yüz tane ağırlığı arap zamkı uygulamasında belirlenmiştir. İkinci (2023) yıl ise bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Gezahegn [31], börülce genotipleri ile yürüttüğü çalışmada bakteri aşılama ile tohum veriminin %53 oranında arttığını vurgulamıştır.

iriliği Azkan çeşidine göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur.

Nohutta yüz tane ağırlığı özelliğinin kalıtım derecesi oldukça yüksek olup, çeşit geliştirmek amacıyla kullanılan önemli seleksiyon kriterlerinden birisidir [26; 29]. Tane iriliği yüksek olan çeşitlerin genellikle verimleri de yüksek olmakta ve iri tanelilik nohutta pazar fiyatını olumlu yönde etkilemektedir. Ullah ve ark. [30], kumsal toprak koşullarında nohut tohumlarına biyokömür uygulaması ile tane iriliğinin arttığını belirtmişlerdir. Nohut ve börülce çeşitleri ile yapılan denemelerde bakteri aşılama ile tohum iriliğinin önemli düzeyde arttığı vurgulanmıştır [31; 37].



Şekil 10. Yüz tane ağırlığı ortalamaları

Denemeden elde ettiğimiz sonuçlar diğer araştırmacıların sonuçları ile uyumsuz bulunmuştur. Bu farklılığın nedenleri; kullanılan çeşitlerin farklı olması, bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde artması, bitkinin tane doldurma rekabetinin azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Azkan nohut çeşidi ile İspanyol genotiplerinde bakteri aşılama tohumlara bakterileri yapıştırmak için farklı yapıştırıcı maddelerin kullanıldığı bu çalışmada, nodülasyon verileri ve bazı morfolojik özellikler ele alınmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, yüz tane ağırlığı özelliği dışındaki diğer tüm özelliklerde bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde arttığı gözlemlenmiştir. Yüz tane ağırlığı özelliğinde bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde arttığı gözlemlenmiştir. Yüz tane ağırlığı özelliğinde bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde arttığı gözlemlenmiştir. Yüz tane ağırlığı özelliğinde bakteri aşılama yapıldığında tohum veriminin önemli düzeyde arttığı gözlemlenmiştir.

olmuştur. Tane verimine doğrudan ya da dolaylı olarak katkısı bulunan diğer özellikler (nodül sayısı ve ağırlığı, bitki boyu, bitkide bakla ve tohum sayısı, bitki verimi, hasat indeksi özellikleri) bakımından yapıştırıcı ajan uygulamalarının olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Üreticilerin nihai hedefi durumundaki tohum verimi üzerine, bakteri aşılama yapıştırıcı madde kullanımları kontrol parsellerine göre önemli artışlar sağlamıştır.

Her iki nohut genotipinde de bakteri aşılama yapıştırıcı madde uygulamaları hem nodülasyon özellikleri hem verim ve verim unsurları bakımından yüksek değerlerin elde edilmesine neden olmuştur. Genellikle denemede ele alınan birçok özellikte metil selüloz ve arap zankı uygulamaları en iyi sonuçların alınmasını sağlamıştır. Bu sonuçlar nohutta tohumlara bakteri aşılama yapılırken, yapıştırıcı ajan olarak metil selüloz ve arap zankının rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın 1. yıl verileri Cemile Tekeli'nin yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Etik Beyanı/Declaration of Ethical Code

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

In this study, we undertake that all the rules required to be followed within the scope of the "Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive" are complied with, and that none of the actions stated under the heading "Actions Against Scientific Research and Publication Ethics" are not carried out.

Kaynakça

- [1] Avçin, A., Avci, M.1992. Soil water and inorganic nitrogen accumulation of sowing time of wheat in a two-year rotation as influenced by previous crops under central Anatolian conditions. Fertilizer use efficiency under rain-fed agriculture in west Asia and North Africa. In Proceedings of the fourth regional workshop, 5-10 May, Agadir, Morocco, 64-70.
- [2] Calcagno, F., Gallo, G., Venora, G., Iaiani, M., Raimondo, I. 1988. Early sowing increases chickpea yields in the dry, warm environment of Sicily, Italy. International Chickpea Newsletter, 18, 28-29.

- [3] Sepetoğlu, H. 1992. Yemelik Dane Baklagiller. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, 262s.
- [4] Sattar, M. A., Podder, A. K., Chanda, M. C. 1996. Rhizobial biofertilizers: the most promising BNF technology for increased grain legume production in Bangladesh. In Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice Production: Based on selected papers presented in the International Symposium on Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice, 28 November–2 December, Dhaka, Bangladesh, 15-20.
- [5] Beck, D. P. 1992. Yield and nitrogen fixation of chickpea cultivars in response to inoculation with selected rhizobial strains. Agronomy Journal, 84(3), 510-516.
- [6] Özbağ, T. 2013. Tescilli Bazı Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Simbiyotik Performansları ve Bitki Besin Elementi Alımının Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Erzurum.
- [7] Şener, A. 2023. Legume (*Leguminosae*) – Microorganism (*Rhizobium*) Relationships. ss 197-210. Çolak, A. M., Mertoğlu, K. ed. 2023. Plant Microbe Interactions, İksad Publishing House, Türkiye, 246s.
- [8] Elegba, M. S., Rennie, R. J. 1984. Effect of different inoculant adhesive agents on rhizobial survival, nodulation, and nitrogenase (acetylene-reducing) activity of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). Canadian Journal of Soil Science, 64(4), 631-636.
- [9] Kumar, M. S., Thangaraju, M. 2002. Survival of *Rhizobium* strains on the legume seeds. Legume Research-An International Journal, 25(3), 184-187.
- [10] Rice, W. A., Clayton, G. W., Lupwayi, N. Z., Olsen, P. E. 2001. Evaluation of coated seeds as a *Rhizobium* delivery system for field pea. Canadian Journal of Plant Science, 81(2), 247-253.
- [11] Rai, A., Jha, M. N., Singh, D., Thapa, S., Chaurasia, S. K., Jha, G. 2021a. Detection of endophytic association between *Aeschynomene* nodulating *Bradyrhizobium* sp. and traditional Desariya rice roots under rice-Aeschynomene ecosystem of chaur land, Bihar, India. Biologia Futura, 73, 95–105.
- [12] Meral, N., Çiftçi, C. Y., Ünver, S. 1998. Bakteri aşılması ve değişik azot dozlarının nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim ve verim öğelerine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 7(1), 44-59.
- [13] Rai, Q., Choudhury, R., Soti, P., Racelis, A. 2021b. Rhizobial adhesives enhance nodule formation in sunn hemp. bioRxiv, 1-10.

- [14] Junior, F., P. I., Rohr, T. G., Oliveira, P. J. D., Xavier, G. R., Rumjanek, N. G. 2009. Polymers as carriers for rhizobial inoculant formulations. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 1184-1190.
- [15] Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metotları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 381s.
- [16] Akdağ, C., Şehirali, S. 1995. The effects of inoculation (*Rhizobium* spp.), nitrogen application and plant density on the yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 12(1), 122-134.
- [17] Zhou, J., Deng, B., Zhang, Y., Cobb, A. B., Zhang, Z. 2017. Molybdate in rhizobial seed-coat formulations improves the production and nodulation of alfalfa. *PLoS One*, 12(1), e0170179.
- [18] Monisha, S., Renganayaki, P. R., Sundareswaran, S., Nakkeeran, S., Varanavasiappan, S. 2023. Seed coating with biodegradable stickers for enhancement of inoculant viability and their beneficial properties on seed germination of blackgram [*Vigna mungo* (L.) Hepper.]. *Agricultural Science Digest*, 43(4), 472-477.
- [19] Karaman, R., Kaya, M., Türkay, C. 2022. Effects of Mycorrhiza Effectiveness and Different Adhesive Agents Used in Bacteria Inoculation Process to Chickpea for Nodulation and Some Seedling Growth. IV. Balkan Agricultural Congress. 31 August – 02 September, Edirne, 552-557.
- [20] Kaya, M. D., Çiftçi, C. Y., Kaya, M. 2002. Bakteri aşılması ve azot dozlarının bezelye (*Pisum sativum* L.)'de verim ve verim öğelerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 8(04), 300-305.
- [21] Thanni, B. M., Soretire, A. A., Adejuyigbe, C. O., Obuotor, T. M. 2017. Nitrogen fixation and nodulation of soybean as affected by rhizobial inoculation using different seed adhesives in a sandy clay loam soil. *Nigerian Journal of Biotechnology*, 33, 72-77.
- [22] Stupina, L. A. 2018. The influence of rizotorfin inoculant and carboxymethylated products on soybean photosynthetic activity and productivity in temperate-arid steppe of the Altai Region. *Bulletin of Altai State Agrarian University*, 7(165), 20-27.
- [23] Gözütok, M. 2021. Farklı Dozlarda Uygulanan Azotlu Gübre Formları ve Bakteri Aşılmasının Nohutta (*Cicer arietinum* L.) Nodül Oluşumu ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Kayseri.
- [24] Nakei, M. D., Venkataramana, P. B., Ndakidemi, P. A. 2023. Preliminary symbiotic performance of indigenous soybean (*Glycine max*)-nodulating rhizobia from agricultural soils of Tanzania. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1085843.
- [25] Bayrak, H., Önder, M. 2017. Konya ekolojisi'nde tarımı yapılan yerel nohut popülasyonları ve çeşitlerinin (*Cicer arietinum* L.) tarımsal, teknolojik ve besinsel karakterlerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 52-61.
- [26] Büyükdığan, C. 2021. Nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta Çinko İçerikli Biyostimülatör ile Tohum Uygulamasının Verim ve Bazı Verim Öğelerine Etkileri. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Isparta.
- [27] Sayılğan, Ç., Kocatürk, M. 2019. Sahil ve geçit kuşağına uygun tescilli ve yerel nohut çeşitlerinin Batı Akdeniz Bölgesi'nde yazlık ekim verim performanslarının değerlendirilmesi. *Derim*, 36(2), 207-216.
- [28] Yılmaz, E. D. 2021. Nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta Harpin Proteini ile Tohum Uygulamasının Verim ve Bazı Verim Öğelerine Etkileri. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Isparta.
- [29] Babagil, G. E. 2010. Muş ekolojik koşullarında bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3), 181-186.
- [30] Ullah, S., Ul Haq, T., Shehzad, M. A., Ahmad, K. S., Imran, M., Matloob, A., Wang, J. 2023. Fe and Zn-loaded cotton-sticks biochar and organic amendments improves chickpea production by enhancing ionic uptake and chemical properties of sandy soils. *Cogent Food & Agriculture*, 9(2), 2265110.
- [31] Gezahegn, L. Y. 2023. Growth, Nodulation and Yield Response of Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Varieties to *Bradyrhizobium* Inoculation in Dale and Hawassa, Sidama Region, Doctoral Dissertation, Southern Ethiopia.
- [32] Ishaq, A. S., Hayatu, M., Sani, L. A., Ahmed, H. 2022. Effect of rhizobia inoculation on growth and yield of selected soybean (*Glycine max* L.) varieties under salt stress. *Journal of Agriculture and Environment*, 18(2), 37-48.
- [33] Koca, M. A. 2019. Çinko Uygulamasının Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Tane Çinko İçeriğinin Zenginleştirilmesi ve Verim Öğelerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 255s, Ankara.
- [34] Şanlı, A., Kaya, M. 2008. Tohum muameleleri ile farklı ekim zamanlarının nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim ve verim unsurlarına etkileri.

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Dergisi, 3(2), 42-51.

- [35] Erker, B., Brick, M. A. 2023. Legume seed inoculants. Colorado State University Cooperative Extension. <https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/legume-seed-inoculants-0-305/> (Erişim tarihi: 20.03.2023).
- [36] Adak, M. S. 2021. Yemelik Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 312s.
- [37] Söğüt, T. 2005. Aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisi. Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture, 18(2), 213-218.