



# BAKLAGİLLERDE HERBİSİT UYGULAMALARININ BİYOLOJİK AZOT BAĞLAMAYA ETKİLERİ

Effects of herbicide applications on biological nitrogen fixation in legumes (Fabaceae)

**Dr. Uğur SEVİLMİŞ<sup>1</sup>**  
**Deniz SEVİLMİŞ<sup>2</sup>**


<sup>1</sup>Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü,  
Adana

<sup>2</sup>Yağlı Tohumlar Araştırma Enstitüsü, Osmaniye

\*Sorumlu Yazar: Uğur SEVİLMİŞ,  
e-mail: ugur.sevilmis@tarim.gov.tr

**ORCID** (Yazar Sırasına Göre):

 0000-0003-3820-8387

 0000-0003-3030-3160

Gönderilme Tarihi: 22 Ekim 2019  
Kabul Tarihi : 27 Kasım 2019

## ÖZET

Baklagiller, havadaki azotu biyolojik olarak atmosferden bağlama kabiliyetine sahip türlerdir. Biyolojik azot fiksasyonu, çoklu streslere duyarlı bir sistemdir ve bu stres faktörlerinin etkisinin hafifletilmesi durumunda, bu sistemin agroekosisteme olan katkısını arttırmada önemli bir potansiyele sahiptir. Pestisit kullanımının çevreye olan etkisi, toprak mikroorganizmaları üzerinde de bazı olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu pestisit gruplarından biri olan herbisitlerin özellikle baklagillerle simbiyoz oluşturan azot bağlama bakterileri üzerindeki etkisiyle birlikte, tarımsal verimlilik yönüyle önemli etkilere sebep olduğu bilinmektedir. Dünyada bu konu ile ilgili yapılmış çalışmaların bir analizinin amaçlandığı bu derlemede, baklagillerin nodülasyon ve azot bağlama yeteneğine karşı farklı dönemde yapılan farklı herbisit uygulamalarının etkileri, toprak koşulları ile kullanılan bakteri ırklarına ait konular değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Baklagil, herbisit, nodülasyon, simbiyotik azot fiksasyonu, Rizobium

## ABSTRACT

Legumes are species that are capable of fixing nitrogen biologically from the atmosphere. Biological nitrogen fixation is a system that is sensitive to multiple stresses and mitigating the effect of these stress factors will increase the contribution of this system to the agroecosystem. The impact of pesticides on the environment includes the impact on soil microorganisms. It is well known that herbicides, which are one of these pesticide groups, have important effects in terms of agricultural productivity, especially with their effect on nitrogen binding bacteria, which create symbiosis with legumes. In this review, which analysis the studies conducted on this subject in the world, the reaction of nodulation and nitrogen fixing capacity of different legumes to different herbicide applications were evaluated and the importance of herbicide application time, soil conditions and bacterial races were evaluated.

**Keywords:** Legume, herbicide, nodulation, symbiotic nitrogen fixation, Rhizobium

## GİRİŞ

Baklagiller azotu biyolojik olarak atmosferden bağlama kabiliyetine sahip önemli türlerdir. Bu, sadece baklagillerin kendisine değil, tarımsal ürün rotasyonunda baklagilleri takip eden bitki türlerine de yarar sağlamaktadır ki bu durum azot gübresi gereksinimini azaltmaktadır (Liu ve ark., 2011). Baklagiller dünya çapında yaklaşık 250 M ha alanda yetiştirilmekte ve yılda yaklaşık 90 Tg N<sub>2</sub> bağlamaktadırlar (Divito ve Sadras, 2014). Biyosferdeki azot rezervine

önemli bir katkı yapan baklagillerdeki simbiyotik azot fiksasyonu, sürdürülebilir bir tarımsal üretim sisteminde kritik bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, bu katkı, nodüle edilmiş kök rizosferinin fiziko-kimyasal ve biyolojik koşullarına göre değişmektedir (Drevon ve ark., 2011). Simbiyotik azot fiksasyonu çoklu streslere duyarlı bir sistemdir ve bu stres faktörlerinin etkisinin hafifletilmesi bu sistemin agroekosisteme olan katkısını arttırmaya yönelik bir etki yapabilmektedir (Dwivedi ve ark., 2015).

Azot bağlama bakterileri, baklagillerde yaygın olarak toprağa dışarıdan inokulantlarla verilmektedir. Baklagil üretiminde kimyasal mücadelede kullanılan herbisitler, mahsul verimini arttırmada sorun olan yabancı otları kontrol altına almak için uygulanmaktadır. Bununla birlikte yabancı ot mücadelesinde, tarlalarda kullanılan bu herbisitler, mikrobiyal aşılama ile uyumlu olamayabilmektedirler (Sharma ve Khanna, 2011). Çünkü kullanılan herbisitlerin çoğu hedef dışı organizmalara da etki edebilmektedir (Shin ve Oh, 1989). Ayrıca bu pestisit gruplarından biri olan herbisitler, toprakta var olan mikroorganizmaların metabolizmasını bozma potansiyeline sahiptir (Schellenberger ve ark., 2012).

Simbiyotik azot fiksasyonu hakkında daha fazla bilgi elde etmek, baklagillerden daha yüksek performans elde edilmesine yardımcı olacaktır (Sulieman ve Tran, 2013). Bu doğrultuda yapılmış, uluslararası literatürlerde kısıtlı sayıda (20 adet) çalışma mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu konuda çalışma yapmak

isteyebilecek ülkemiz araştırmacılarının yaratıcı bakış açısını yorumlarımızla değiştirmemek amacıyla sunum sırasında yorumlanmadan kaçınılmış, çalışmalar kronolojik olarak verilmiş fakat değerlendirmelerimiz makalenin sonuç kısmında sunulmuştur.

Herbisit uygulamaları ile biyolojik azot fiksasyonu arasındaki muhtemel ilişkiyi araştırıp ilk yayımlayan kişi olan Prodanov (1980), Bulgaristan'da yoncada bir çalışma yürütmüştür. Hektara 1.7 kg 2.4-DB + 1.2 kg Dinoseb Asetat uygulamasının yeni ekilen yoncanın köklerinde veya gelişen nodülasyon yapılarında herhangi bir toksik etkiye neden olmadığını bildirmiştir. Ancak 1.5 kg Bentazon ve Benfluralin + Bentazon uygulamalarının kök büyümesini ve nodülasyon yapılarını uyardığını saptamıştır. İkinci ot biçme işleminden hemen önceki tomurcuklanma aşamasında, Bentazon'un bitki kök sayısını %35-73, kök ağırlığını ise %15-37 oranında arttırdığını, Benfluralin + Bentazon'un bu değerleri sırasıyla %32-60 ve %8.4-46 oranları arasında arttırdığını bildirmiştir. 2-4 yıllık yonca bitkileri üzerinde tarlada yürüttüğü çalışmada, Curb Mix B (% 30 Propyzamid + % 20 Diuron) + TCA, Curb Mix B + Asulam, Curb Mix B + Asulam + TCA ve Etazin 3585 (%35 Sebumeton + Simazin) + Asulam + TCA uygulamalarının kök gelişimini engellemediği ve nodülasyonu arttırdığı, bunun yanında nodüllerin kuru ağırlığını 1-2 kat ve nodül sayısını 1-1.5 kat yükselttiğini belirlemiştir. Sadece 0.8 kg / ha Terbacil uygulamasının inhibe edici etki gösterdiğini de saptamıştır.

Clark (1987), ak üçgülde (*Trifolium repens*),

yabancı otu baskılamak için yaygın olarak kullanılan beş herbisit, ak üçgül, *Rhizobium trifolii* ve azot sabitleyici simbiyoz üzerindeki toksisitesini test etmek için Yeni Zelanda'da bir deneme yürütmüştür. Denemeleri katı ve sıvı ortamda gerçekleştirmiştir. Paraquat ve MCPB aktif maddelerinin katı besiyerlerinde bakteri üremesini büyük ölçüde engellediğini bildirmiştir. Bentazon, Fluazifop-P ve Propyzamide herbisitlerinin yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında, *R.trifolii*'nin katı agar üzerindeki büyümesinde kısmi engellemelere neden olduğunu, sıvı kültürde ise *R.trifolii*'nin büyümesini etkilemediğini saptamıştır. Paraquat'ı ak üçgül için hem in vitro hem de saksıda yaptığı denemelerde son derece toksik bulmuştur. Nodülasyon gelişiminin, bu herbisitten bir miktar etkilendiğini, bu etkinin yeşil aksamdaki kayıptan dolayı ileri geldiğini tahmin etmiştir. MCPB'nin hem in vitro hem de saksı denemelerinde kök dokularında ciddi deformasyonlar oluşturduğunu kaydetmiştir. Bentazon'un ak üçgülden veya nodül aktivitesinde in vitro koşullarda zarar oluşturmadığını, toprakta yetiştirme koşullarında, özellikle düşük toprak nemi altında, hem bitki ağırlığı hem de nodülasyon üzerinde olumsuz etki yapmadığını ortaya çıkarmıştır. Fluazifop-P'nin in vitro koşullarda nitrojenaz aktivitesine doğrudan etki gösterdiğini, diğer bitki dokularına ise zarar vererek nodül aktivitesini direkt etkilediğini düşünmüştür. Propyzamide'in in vitro koşullarda ak üçgül fidesi için çok toksik olmasına rağmen, yaşlı bitkiler üzerinde herhangi bir hassasiyetinin oluşmadığını ve yüksek konsantrasyonlarda dahi nodülasyonu uyardığını belirlemiştir. Kurduğu denemeler sonucunda herbisitlere karşı

oluşan tepkinin in vitro ve saksı denemelerinde farklı olmasının muhtemel sebebinin, in vitro koşullarda uygulamaların tüm bitkiye, saksı denemelerinde ise sadece yeşil aksama yapılmasından kaynaklandığını ileri sürmüştür.

Eberbach ve Douglas, (1989) tarafından bazı herbisitlerin (2,4-D, amitrole, atrazine, chlorsulfuron, diclofop-methyl, diquat, glyphosate, paraquat ve trifluralin) yer altı üçgülü (*Trifolium subterraneum*)'nün nodülasyonu üzerindeki etkisini saptamak için bir çalışma yapılmıştır. Köklenme ortamındaki Amitrol, Diclofop-methyl ve Glyphosate konsantrasyonlarının 0 ila 20 mg ai L<sup>-1</sup> arasındaki dozları arttıkça, nodülasyon gelişiminin doğrusal olarak azaldığını saptamışlardır. Bu konsantrasyonlardaki diğer aktif maddelerin ise nodülasyon gelişimlerinde çok daha ciddi düşümlere neden olduğunu bildirmişlerdir.

Shin ve Oh, (1989), bazı herbisitlerin, soya nodülü bakterileri (*Rhizobium japonicum*) üzerindeki etkilerini in vitro ortamda belirlemeye yönelik bir çalışma yürütmüştür. Seçici herbisitler olan Alachlor, Linuron, Simazine ile kontak herbisit olan Paraquat'ı kullanarak ortamdaki bakterilerin hayatta kalma oranını inkübasyon süresinden bir hafta sonra ölçmüşlerdir. Önerilen konsantrasyonlarda (400 ppm) Alachlor ve Linuron uygulanan ortamlarda soya nodül bakterilerinin sağkalımını sırasıyla %27.4 ve %57.8 oranında azaldığını saptamıştır. 200 ppm Paraquat uygulamasında ise ortamda belirgin bir bakteri azalması gözlememişlerdir. Alachlor'un uygulanmasıyla nodül bakteri izolatlarında

değişimlerin olduğunu gözlemişlerdir. İzolat I-122'nin nispeten kullanılan herbisitlere dayanıklı ve I-145 izolatının test edilen diğer izolatlardan daha hassas olduğunu belirlemişlerdir.

Jeong-Hae, (1989), Alachlor ve Napropamidin herbisitlerinin soyanın (*Glycine max*) büyümesi ve tarla koşullarında nodülasyonu üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için Kore'de bir çalışma yapmıştır. Nodülasyon, herbisitlerin konsantrasyonundaki artışla önemli ölçüde azamıştır. Nodülasyonun azalması ile soya fasulyesinin agronomik karakterleri arasında önemli bir korelasyon gözlenmiştir. Bitki çıkış oranı, uygulama yapılmamış alan ile karşılaştırıldığında önerilen konsantrasyonda bile, tüm herbisit çeşitlerinde, uygulama konsantrasyonundaki artış ile orantılı olarak düşmüş ve fidelerde anormal belirtiler ortaya çıkmıştır. Bitki boyu, bitkinin taze ağırlığı, boğum sayısı, dal sayısı, bakla sayısı, bitki başına tohum sayısı ve 100 tohum ağırlığı herbisit konsantrasyonundaki artışla birlikte azalmıştır.

Kovalzhiu ve ark., (1990), farklı dozlarda uygulanan herbisitlerin yonca kültür bitkisi üzerindeki etkilerini gözlemek için tarla ve saksı çalışmaları yürütmüşlerdir. Nodül-bakteri sembiyozunun, uygulanan farklı dozlardaki herbisitlerin ve bakteri süşunun aktivitesinin değiştiğini belirlemişlerdir. Tarla koşullarında, tohuma dışarıdan bakteri uygulanmayıp, kök sisteminin kendiliğinden enfekte olduğu durumda, herbisit etkisi altında, nodüllerin miktarı 1.5 ila 5 kat azalmış, N-sabitlenme etkinliği yarıya düşmüş ve bitki verimi azalmıştır.

Eberbach ve Douglas (1991), 2,4-D, amitrole, atrazine, diclofop-methyl, diquat, paraquat ve trifluralin herbisitlerini 0, 2, 5 ve 10  $\mu\text{g ai g}^{-1}$  oranında kumlu tınlı bir toprağa uygulayarak, 120 gün boyunca bozunmaya bırakmışlardır. Daha sonra yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum*) fidelerini bu tarlalara ekmiş ve herbisit kalıntılarının bitki büyümesi, oluşan nodül sayısı ve azotaz aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Atrazin, Clorsulfuron ve 2 mg ai  $\text{g}^{-1}$  üzerindeki bütün Amitrol dozlarında, herbisitlerin öldürücü dozlarda kültür bitkisi fidelerine etki gösterdiği ve bu herbisitlerin uzun süre toprakta kalıntıya sebep olduğunu saptamışlardır. Amitrol herbisitinin toprağa 2 mg ai  $\text{g}^{-1}$  oranında uygulanmasıyla, bitki gelişimi, bitki nodülasyonu ve azotaz aktivitesinin azaldığını belirlemişlerdir. Diquat kalıntılarının, çalışılan tüm bitki parametrelerini düşürdüğünü ortaya çıkarmışlardır. 2,4-D kalıntıları bitki büyümesini ve nodül oluşumunu azalttığı, ancak bitki azotaz aktivitesini etkilemediğini belirlemişlerdir. Trifluralin kalıntılarının ise bitki büyüme parametreleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, sadece bitki başına oluşan nodül sayılarının azaldığını kaydetmişlerdir. Paraquat ve Diclofop-methyl kalıntılarının çalışılan bitki parametrelerinin hiçbirini etkilemediğini gözlemişlerdir.

Kriete ve Broer (1996), *Rhizobium meliloti*'nin herbisitlerden fosfotrisintri-peptid (PTT) ve aktif bileşen fosfotrisine (PT) duyarlı olduğunu kanıtlamıştır. Bakteri gelişiminin, steril yapay ortamda kuvvetli şekilde azaldığını, steril toprakta bu düşüşün daha az olduğunu

kaydetmişlerdir. Bakteri gelişimine baktıklarında analiz ettikleri sekiz türün beşinde hassasiyet olduğunu gözlemişlerdir. Oluşan az sayıdaki nodül nedeniyle, genel fiksasyon hızının da büyük ölçüde azaldığını saptamışlardır. Steril olmayan toprakta, PTT ve PT'nin topraktaki kalıcılığının hızlı bir şekilde bozulmasıyla, bitki nodülasyonunun ve azot fiksasyonunun oranlarının değişmediğini gözlemişlerdir.

Martani ve ark., (2001) Paraquat'ın *Rhizobium* sp. üzerindeki etkisini 35 farklı *Rhizobium* suşu kullanarak incelemiştir. İnhibasyon etkisi, çeşitli Paraquat konsantrasyonlarında kâğıt disk agar difüzyon tekniğiyle test etmişlerdir. *Rhizobium* sp. suşularının altı tanesi (% 17.14), 400 ppm (w / w) düzeyine kadar olan Paraquata dayanıklı bulunmuştur. *Rhizobium* sp. suşularının çoğunun (%82.86) Paraquat tarafından inhibe edildiğini, daha yüksek Paraquat konsantrasyonlarında daha yüksek inhibasyon derecesine sebep olduğunu saptamıştır.

Santos ve ark., (2006), Brezilya'da baklagillerde aşılama olarak yaygın şekilde kullanılan *Rhizobium tropici* BR322 ve BR 520 suşularının, farklı herbisitlere (Bentazon, Metolachlor, Imazamox, Pluazifop-p-butyl, Fomesafen ve Paraquat) karşı tepkisini maya ekstraktı manitol (YM) ortamında değerlendirmişlerdir. Saf Fluazifop-p-butyl ve Fomesafen aktif maddelerinin ve ticari karışımlarına ait konsantrasyonlarının 0.0 ila 49.23 mg L<sup>-1</sup> arasında değişen miktarlarda kullanarak etkilerini incelemişlerdir. Hücre büyümesini, 560 nm'de bir spektrofotometrede optik yoğunluk okumaları ile değerlendirmiş ve daha sonra mL başına

oluşturtulan koloni birimine dönüştürmüşlerdir. Paraquat hücre büyümesinin inhibasyonunda daha etkili olduğunu, bunu ardından ticari karışım halindeki Fomesafen ve Fluazifop-p-butyl konsantrasyonlarının takip ettiğini belirlemişlerdir. Diğer kullandıkları herbisitlerin büyümede azalma yapmadığını belirlemişlerdir. Genel olarak, BR 520 suşusunun, Paraquat hariç, test ettikleri herbisitlere karşı daha toleranslı olduğunu bulmuşlardır.  $I_{50}$  herbisit konsantrasyonuna (*Rhizobium* büyümesini %50 azaltan doz), tekli veya Fluazifop-p-butyl ile karıştırılan Fomesafen konsantrasyonlarında ise saptayamamışlardır. En yüksek azalma değerini ise %31.1 oranında BR322 suşusunda, herbisit karışımlarında test ettikleri maksimum konsantrasyonda gözlemişlerdir.

Peixoto ve ark., (2010), Alachlor herbisitinin yerfıstığı nodülasyonundaki etkisini ve iki farklı yerfıstığı genotipinin verimini kıyaslamışlardır. Bakteri ve mantar popülasyonlarındaki değişimler ile tarla koşullarındaki toprağın mikrobiyotik aktivitesinin değişimini izlemeyi amaçlamışlardır. Herbisit varlığının, bakteri popülasyonunu ve topraktaki mikrobiyal aktiviteyi arttırdığını belirlemişlerdir. “Vagem Lisa” genotipine kıyasla “Tatuí” genotipinin, herbisit uygulanmasının ardından daha üstün verime sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ahemad ve Khan, (2010), herbisitlere (Quizalafop-p-ethyl ve Clodinafop) tolerans gösterebilen ve herbisit stresi varlığında bile bitki büyüme düzenleyicilerini sentezleyen mercimeğe özgü rizobial suşuları elde etmek için bir deneme yürütmüşlerdir. Rhizobial

suşuların etkisini, herbisitle muamele edilmiş toprakta yetiştirilen mercimek bitkileri üzerinde değerlendirmişlerdir. Mercimek nodüllerinde Quizalafop-p-ethyl ve Codinafop toleranslı MRL3 *Rhizobium* suşuları elde etmişlerdir. Hem önerilen uygulama dozunda hem de yüksek dozda herbisitlerin, biyokütleyi, simbiyotik özellikleri, besin alımını ve mercimek tohum verimini düşürdüğünü, herbisite toleranslı *Rhizobium* izolatı MRL3’ü içeren uygulamada, ise ölçtükleri parametreleri yüksek olarak bulmuşlardır. Elde ettikleri bulgular doğrultusunda, herbisit stresine sahip topraklarda mercimek verimini artırmak için Rizobial izolat MRL3’ün kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Sharma ve Khanna (2011), ekim öncesi herbisit olan Fluchloralin ( $20.25 \times 10^4$  ppm) ve çıkış öncesi herbisit olan Pendimetalin’in, iki farklı dozunu ( $9 \times 10^4$  ve  $15 \times 10^4$  ppm), laboratuvar ve tarla koşullarında, maş fasulyesi (*Vigna radiata*) üzerinde gözlemişlerdir. Bu sayede maş fasulyesinde *Rhizobium* bakterilerinin, büyüme ve sağkalım üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Fluchloralinin  $20.25 \times 10^4$  ppm ve Pendimetalin’in  $9 \times 10^4$  ppm dozunun *Rhizobium* büyümesi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Yüksek dozda Pendimetalin’in ( $15 \times 10^4$  ppm) *Rhizobium*’un büyümesini geciktirici bir etkiye sahip olduğunu gözlemişlerdir.

Shrila ve ark., (2013), bazı herbisitlerin (haloxyfop ethyl, fenoxypop ethyl ve quizalofop ethyl) farklı konsantrasyonlarının (%0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 ve 0,5) *Bradyrhizobium japonicum* ve PSB (*Pseudomonas striata*) türlerinin gelişimi

üzerine olan etkisini belirlemek için laboratuvar koşullarında bir deneme gerçekleştirmişlerdir. %0.5 konsantrasyonundaki haloxyfop ethyl herbisitinin, fenoxypop ethyle kıyasla biraz daha toksik olduğunu, bunu quizalofop etil takip ettiğini belirlemişlerdir. Her bir herbisitinin konsantrasyonundaki artışın, bu bakterilerin koloni oluşumunda farklı seviyelerde hassasiyet gösterdiğini saptamışlardır. En yüksek *Bradyrhizobium japonicum* ve *Pseudomonas striata* sayım değerini kontrolde, en düşük sayım değerini ise %0.5 konsantrasyonda kaydetmişlerdir.

Zaid ve ark., (2014), çıkış öncesi herbisitleri uygulayarak, bezelye (*Pisum sativum*) tarlasında toprak mikroflorası ve azot sabitleyici bakterileri üzerinde meydana gelen etkileri incelemişlerdir. Bezelye bitkileri beş herbisit (terbutryn, propyzamide, carbetamid, metribuzin ve “Terbutryn + Propyzamide”) ile muamele edilmiştir. Toprak örneklerini herbisitlerin uygulanmasından 1 hafta sonra toplanmışlardır. Bitki başına ortalama nodül sayımlarını yetiştirme sezonunun sonunda gerçekleştirmişlerdir. Terbutryn, propyzamide ve propyzamide + terbutryn uygulamalarının toprak bakterileri üzerinde önemli bir etki yaratmadığını gözlemişlerdir. Ancak carbetamid aktif maddesinin, toprak bakteri sayısını azalttığını, metribuzin’in toprak bakteri popülasyonunu arttırdığını belirlemişlerdir. Seçtikleri herbisitlerden, carbamid dışında tüm herbisit uygulamalarında bitki başına düşen toplam nodül sayısını arttırdığını, azot sabitleyici bakteriler üzerinde önemli bir etki

göstermediğini ortaya koymuşlardır.

Bazı herbisitlerin soya kültür bitkisinde büyümeye, nodülasyona ve Rhizobium popülasyonuna olan etkileri belirlemek için bir tarla denemesi yürütülmüştür. En yüksek nodül sayısı (74.2 adet bitki<sup>-1</sup>) ve nodül kuru ağırlığı (74.2 mg bitki<sup>-1</sup>), tek başına 1.0 l ha<sup>-1</sup> dozunda Quizalofop ethyl aktif maddesinin uygulanmasıyla elde edilmiştir. Soyada en yüksek tohum verimi (2323 kg ha<sup>-1</sup>) ve kuru biyomas verimi (2943 kg ha<sup>-1</sup>) Imazathapyr 10 SL@1.0 l ha<sup>-1</sup> uygulamasıyla elde edilmiştir (Kurrey ve ark., 2016).

Maheswari ve ark., (2016), Rhizobium türlerinin herbisit toleransını belirlemek için üç farklı baklagil türünü (*Arachis hypogaea*, *Vigna mungo* ve *Vigna radiate*) içeren bir çalışma yürütmüştür. Atrazine, paraquat dichloride ve pendimethalin herbisitlerini %0.1, 0.2 ve 0.3 konsantrasyonlarında kullanarak, bu türlere olan etkileri belirlemeye çalışmışlardır. Yer fıstığı izolatları, atrazine, paraquat dichloride uygulamalarına kıyasla pendimethalin altında daha iyi performans göstermiştir. Maksimum inhibisyon zonu Paraquat Diklorür’de (0.3 ml / 100 ml) gözlenmiştir ki, R1 için 35 mm, R2 için 33 mm ve R3 için 34 mm olmuştur. Atrazin’de (0.3 ml / 100 ml) orta derecede inhibisyon zonu gözlenmiştir ki R1 için 20 mm, R2 için 21 mm ve R3 için 20 mm olmuştur. Minimum inhibisyon zonu ise Pendimetalin’de (0.3 ml / 100 ml) gözlenmiştir ki R1’de 13 mm, R2’de 12 mm ve R3’de 11 mm’de olmuştur.

Topraktaki Metribuzin kalıntısının nohut (*Cicer arietinum* L.) genotiplerinin büyüme ve nodülasyonu üzerindeki etkisini incelemek için Izadi ve Soleimani, (2016) tarafından bir sera denemesi yapılmıştır. Topraktaki herbisit kalıntı konsantrasyonları, 0, 6.72, 13.4, 26.9, 40.3, 53.8, 80.7 mg ai kg<sup>-1</sup> tespit edilmiştir ki bu değerler sırasıyla, önerilen metribuzin miktarının %0, 2.5, 5, 10, 15, 20 ve 30'u seviyesinde değerler almıştır. Generatif evrenin başında, topraküstü biyokütle, kök biyokütlesi, nodül biyokütlesi ve nodül sayısı ölçülmüştür. Nohut genotiplerinin ölçülen tüm özellikleri, topraktaki metribuzin herbisit kalıntısının artmasıyla önemli ölçüde azalmıştır.

Raghavendra ve ark., (2017), çıkış öncesi ve çıkış bazı herbisitlerin [Pendimethalin (PRE), Chlormuron Ethyl (PRE), Propaquizafop Ethyl (POE), Oxyfluorfen (PRE), Imazethapyr (POE)] faydalı toprak mikroflorasının [Azotobacter, Rhizobium ve PSB (fosfor çözücü bakteri)] ve nohutun (*Cicer arietinum* L.) farklı büyüme evrelerindeki nodülasyon ve verim parametreleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Toprak örneklerini herbisitler ile tavsiye edilen oranlarda muamele etmişlerdir. Herbisit uygulanan parsellerde, elle yabancı ot temizliği yapılan ve yabancı ot temizliği yapılmayan otlu parsellere kıyasla Azotobacter, Rhizobium ve PSB popülasyonları azalmıştır. Yabancı otlardan arındırılmış parsellerde (elle ayıklama), mikrofloral popülasyon en yüksek olmuş ve bunu yabancı otlular takip etmiştir. En yüksek nodül sayısı, büyüme ve verim parametreleri de benzer durum sergilemiştir.

Aliverdi ve Ahmadvand (2018), toprak pH'sının, herbisit uygulaması altında soya-rhizobium simbiyozuna toksisitesini etkileyip etkilemediğini incelemiştir. Bentazon, Metribuzin ve Trifluralinin soya-rhizobium simbiyozuna toksisitesi pH 6.4, 7.2 ve 8 olan topraklarda incelenmiştir. pH derecesi 6.4 olan toprağa metribuzin uygulaması hariç tüm toprak pH rejimlerinde ve herbisit uygulamalarında azot fiksasyon etkinliği düşmüştür. Trifluralin'den farklı olarak, bentazon ve metribuzinin soya-rhizobium simbiyozuna toksisitesi, toprak pH'sından etkilenmiştir. Bentazon ve metribuzinin soya-rhizobium simbiyozuna toksisitesinin toprak asitlenmesi ile azaldığı ve alkalizasyonun ile arttığı sonucuna varılmıştır.

## SONUÇ

Araştırmalarda, kullanılmış olan herbisitlerin büyük çoğunluğunun azot fiksasyonuna olumsuz etki ettiği görülse de bazı herbisitlerin bazı baklagillerde nodülasyona veya azot fiksasyonuna olumsuz etki göstermediği, bazılarının ise olumlu yönde etki ettiği görülmektedir. Herbisit uygulamalarının, bitki nodül sayısı ve bitki kuru ağırlığı üzerinde artırıcı etkiler gösterdiği, azot fiksasyonun bir göstergesi olan nitrogenaz aktivitesinin düştüğü bildirilmiştir. Herbisitlerin dozlarındaki artışın azot fiksasyonunda düşüşlere neden olduğu belirlenmiştir. Bazı herbisitlerin düşük pH düzeylerinde, yüksek pH'ya kıyasla, azot fiksasyonuna olan toksisitesinin azaldığı bildirilmiştir. Bazı durumlarda nodülasyonda düşüş görülse de bitki büyüme parametrelerinde bozulma görülmemesi, faal nodüllerdeki



performans artışının bu açığı kapattığını göstermektedir. Ayrıca herbisit uygulamalarının doğrudan nodülasyonu etkilemesiyle birlikte bitkide yeşil aksam kaybı oluşturarak, nodüllere şeker sevkinin aksatma yoluyla azot fiksasyonunu azaltabildiği görülmektedir. Kültür bitkilerine uygulanan herbisitlerin topraktaki kalıcılığının, ardından ekilen baklagillere ait kültür bitkilerinde de azot fiksasyonunun etkilendiği farkedilmektedir. Bazı herbisit uygulamalarının toprak bakteriyel ve diğer mikrobiyal aktiviteleri artırması, bazı herbisitlerin Rhizobiumları öldürme şeklinde değil de, baklagillerle simbiyoz tercihini bozma yönünde değişiklikler yaptığı kanaatine varılmıştır. Bu durum, Rhizobium-baklagil arasındaki kompleks, ardışık ve karşılıklı etkileşimlerin sonucu nodülasyonların oluşması konusunda yapılacak fizyolojik çalışmalara da farklı konsantrasyonlarda herbisit uygulamalarının faydalı olabileceğini göstermiştir. Herbisit uygulamalarının, çoğu durumda azot fiksasyonuna düşürücü yönde etki etse de, fiksasyonu tam kesmemeleri ve yabancı ot mücadelesinin getirdiği olumlu etki nedeniyle, bu uygulamaların verim artışlarıyla da sonuçlandığı görülmektedir. Herbisite dayanıklı suşların doğada mevcut olduğunun tespit edilmiş olması önemlidir ki bu suşların birçok baklagil türünü ve bu türlerde kullanılan ticari herbisitleri kapsayacak araştırmalar yoluyla seçilmesi ve ticarileştirilmesi verim artışlarının daha ileri taşınması için önem arz etmektedir.

## KAYNAKÇA

- Ahemad, M., & Khan, M. S. (2010). Growth promotion and protection of lentil (*Lens esculenta*) against herbicide stress by *Rhizobium* species. *Annals of microbiology*, 60(4), 735-745.
- Aliverdi, A., & Ahmadvand, G. (2018). Herbicide Toxicity to Soybean–*Rhizobium* Symbiosis as Affected by Soil pH. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 101(4), 434-438.
- Clark, S. A. (1987). Herbicide Effects On White Clover Growth and Nodulation. Masters of Science Thesis in Microbiology, University of Canterbury.
- Divito, G. A., & Sadras, V. O. (2014). How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. *Field Crops Research*, 156, 161-171.
- Drevon, J. J., Alkama, N., Araujo, A., Beebe, S., Blair, M. W., Hamza, H., & Tajini, F. (2011). Nodular diagnosis for ecological engineering of the symbiotic nitrogen fixation with legumes. *Procedia Environmental Sciences*, 9, 40-46.
- Dwivedi, S. L., Sahrawat, K. L., Upadhyaya, H. D., Mengoni, A., Galardini, M., Bazzicalupo, M., & Ortiz, R. (2015). Advances in host plant and rhizobium genomics to enhance symbiotic nitrogen fixation in grain legumes. In *Advances in Agronomy* (Vol. 129, pp. 1-116). Academic Press.
- Eberbach, P. L., & Douglas, L. A. (1989). Herbicide effects on the growth and

- nodulation potential of *Rhizobium trifolii* with *Trifolium subterraneum* L. *Plant and Soil*, 119(1), 15-23.
- Eberbach, P. L., & Douglas, L. A. (1991). Effect of herbicide residues in a sandy loam on the growth, nodulation and nitrogenase activity (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) of *Trifolium subterraneum*. *Plant and soil*, 131(1), 67-76.
- Izadi, D. E., & Soleimani, P. Z. (2016). Study the effect of different concentrations of metribuzin herbicide in soil on chickpea (*Cicer arietinum* L.), growth and nodulation.
- Jeong-Hae, O. (1989). Effects of herbicide application on growth and the nodulation in soybean. *Korean Journal of Crop Science*, 34(3), 303-309.
- Koval'zhiu, A. I., Apostolov, S. D., & Sabel'nikova, V. I. (1990). Effectiveness of the symbiosis of lucerne and nodule bacteria with applications of herbicides. *Izvestiya Akademii Nauk Moldavskoï SSR. Biologicheskie i Khimicheskie Nauki*, 248(5), 13-18.
- Kriete, G., & Broer, I. (1996). Influence of the herbicide phosphinothricin on growth and nodulation capacity of *Rhizobium meliloti*. *Applied microbiology and biotechnology*, 46(5-6), 580-586.
- Kurrey, D., Lakpale, R., & Rajput, R. S. (2016). Growth behavior, nodulation and *Rhizobium* population, as affected by combined application of herbicide and insecticide in soybean (*Glycine max* L.). *J Pure Appl Microbio*, 10(4), 2931-2936.
- Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J. A., & Watson, C. A. (2011). Models of biological nitrogen fixation of legumes. In *Sustainable Agriculture Volume 2* (pp. 883-905). Springer, Dordrecht.
- Maheswari, N. U., Barjana, B. F., & Senthilkumar, R. (2016). Development of Herbicide Tolerant *Rhizobium* Species From Different Leguminous Plants. *Int. J. Pure App. Biosci*, 4(2), 245-249.
- Martani, E., Wibowo, K., Radjagukguk, B., & Margino, S. (2001). *Rhizobium* sp. (Influence of Paraquat Herbicide on Soil Bacteria *Rhizobium* Sp.). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 8(2), 82-90.
- Peixoto, M. S. F. P., Peixoto, C. C., Sampaio, L. S. V., Sampaio, H. S. V., Souza, R. A. S., & Almeida, J. R. C. (2010). Action of the herbicide alachlor on soil, nodulation and yield of peanuts. *Scientia Agraria Paranaensis*, 9(2), 60-70.
- Prodanov, I. (1980). The influence of herbicides and herbicide programmes on the root system and nodulation of lucerne. *Rasteniev" dni Nauki*, 17(8), 84-91.
- Raghavendra, K. S., Gundappagol, R. C., & Santhosh, G. P. (2017). Impact of herbicide application on Beneficial soil microbial community, Nodulation and Yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, Vol 6 Special issue [1] 2017: 154-159.
- Santos, J. B., Silva, A. A., Costa, M. D., Jakelaitis, A., Vivian, R., & Santos, E. A. (2006). Herbicide action on the growth of *Rhizobium tropici* strains. *Planta Daninha*, 24(3), 457-465.

- Schellenberger, S., Drake, H. L., & Kolb, S. (2012). Impairment of cellulose-and cellobiose-degrading soil Bacteria by two acidic herbicides. *FEMS microbiology letters*, 327(1), 60-65.
- Sharma, P., & Khanna, V. (2011). In vitro sensitivity of rhizobium and phosphate solubilising bacteria to herbicides. *Indian journal of microbiology*, 51(2), 230-233.
- Shin, Y. S., & Oh, J. H. (1989). Effect of herbicides on the survival of soybean nodule bacteria (*Rhizobium japonicum*) in vitro. *Korean Journal of Crop Science (Korea R.)*, 34(1), 86-91.
- Shrila, D., Narendra, K., & Saxena, S. C. (2013). In-vitro effect of herbicides on the growth of *Bradyrhizobium japonicum* and phosphate solubilizing bacteria. *Pantnagar Journal of Research*, 11(1), 87-91.
- Sulieman, S., & Tran, L. S. P. (2013). Asparagine: an amide of particular distinction in the regulation of symbiotic nitrogen fixation of legumes. *Critical Reviews in Biotechnology*, 33(3), 309-327.
- Zaid, A. M., Mayouf, M., & Said, Y. F. (2014). The effect of pre-emergent herbicides on soil microflora and N-fixing bacteria in pea field. *Int J Sci: Basic and Appl Res*, 15, 131-138.