



Available at:
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjws>

Turkish Journal of Weed Science

©Turkish Weed Science Society



Derleme Makale / Review Article

Biyolojik Mücadelenin Yeni Yüzü: Biyoherbisitler

İstem BUDAK^{1*}, Doğan IŞIK²

¹Zirai Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Orcid No: 0000-0002-9153-0386)

²Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri (Orcid No: 0000-0002-0554-2912)

***Sorumlu yazar:** istem_budak@hotmail.com

ÖZET

Sürdürülebilir yabancı ot yönetimi, hem organik hem de konvansiyonel tarım alanlarının en büyük zorluklarından biridir. Günümüzde yabancı ot mücadelesi için en çok tercih edilen yöntem kimyasal mücadele olup, sürekli herbisit kullanımı sonucunda; dayanıklılık, çevresel kirlilik, kalıntı gibi birçok sorunu da ortaya çıkartmaktadır. Bu nedenle de biyolojik preparatların ağırlıklı olarak kullanıldığı organik tarıma ve iyi tarım uygulamalarına olan ilgi sürekli artmaktadır. Sertifikalı organik tarım ve geleneksel tarımın sürdürülebilirliğini sağlamak için herbisitler dışında başka ürünlere de ihtiyaç vardır. Biyoherbisitler, sentetik herbisitlere olan bağımlılığı azaltmada ve tarımsal çevreyi korumada uygun alternatifler arasındadır. Bu ürünler, entegre yabancı ot mücadelesi içerisinde biyolojik mücadelenin bir parçasıdır.

Sentetik herbisit kullanımına alternatif olarak üretilmeye çalışılan biyoherbisitler ne yazık ki istenilen düzeyde ticarileştirilmemiştir. Yabancı otların biyolojik mücadele etmenleri ile kontrolü üzerine uzun süren araştırmalar yapılsa da piyasaya ancak birkaç biyoherbisit sürülebilmiştir. Biyoherbisitlerin ticarileştirilmesinin ve kullanımının önündeki engeller; elde edilen ürünün etki spektrumunun sadece birkaç yabancı ot ile sınırlı olması, inkubasyon için nemin yeterli sürede birçok alanda sağlanamaması, yüksek uygulama normlarına ihtiyaç duyulması, raf ömrünün çok uzun olmaması, fungusit uygulamalarının biyolojik preparatların aktivitesini düşürmesi olarak sıralanabilir. Bu çalışmada biyoherbisitlerin üretim süreçleri, etkinliği ve potansiyeli değerlendirilmektedir. Ülkemiz bitki, böcek ve mikroorganizma biyoçeşitliliği bakımından büyük bir potansiyeli barındırdığı için biyoherbisitlerin keşfedilmesi ve ticarileştirilmesi konusunda büyük imkana da sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Biyoherbisit, Biyolojik Mücadele, Yabancı Ot

The New Face of Biological Control: Bioherbicide

ABSTRACT

Sustainable weed management is one of the most troublesome issues in organic and conventional crop production. Herbicide use is the most common weed control practice nowadays. Using them without a rotation results in some problems such as herbicide resistance, environmental pollution, and residue. Therefore, the interest in organic farming and good farming is getting more and more because biological products have been heavily used in these fields. To provide sustainability for these farming systems, there is need for more products except herbicides. Bioherbicides are among the appropriate alternatives to reduce dependency to the synthetic herbicides and protect agro-environment. These products are part of biological control in the Integrated Weed Management concept.

The bioherbicides that have been produced as an alternative to synthetic herbicides were not commercialized as much as desired. Although the research about the biological control of the weeds has been conducted for many years, there were only a few bioherbicides in the market. The restrictions that caused commercialization and use of these products were their efficacy spectrum only limited to a few weeds, the moisture required for incubation couldn't be provided in many fields, they need high application volume, they have not so long shelf life, the fungicide applications may reduce the activity of biological products. In the study, the production process, efficacy, and potency of bioherbicides were discussed. Turkey has a big opportunity to discover and commercialize these products because it has tremendous potential in terms of plant, insect and microorganism biodiversity.

Key Words: Bioherbicide, Biological Control, Weed

GİRİŞ

Günümüzde uygulanan bitkisel üretim sistemlerinin vazgeçilmez bileşenlerinden olan pestisitlerin kullanımının artması bu ürünlerden kaynaklanan çevresel kaygıları ve sağlık endişelerini de artırmaktadır (Bailey, 2014). Pestisitlerin kullanımı bitkisel üretimde kalite ve verim artışı sağladığı gibi üretim maliyetlerini de aşağıya çekebilmektedir (Poop ve ark., 2013). Bitkisel üretimde sorun olan yabancı otları kontrol etmek için kullanılan herbisitler kısa sürede sonuç vermeleri nedeniyle üreticilerin öncelikli tercihi olmasına rağmen, kalıntı sorunları, toprak ve su kaynaklarını kirlilemeleri nedeniyle giderek cazibesini kaybetmektedir (Asav ve Serim, 2018). Ayrıca mevcut herbisit moleküllerinin kontrol ettiği yabancı otlar içerisinde dayanıklı biyotiplerin görülme sıklığı arttıkça, piyasada kalma süreleri ve tercih edilme istekleri düşmektedir.

Bitkisel üretimde herbisit kullanımının tercih edilmesi nedeniyle oluşan bu sorunlara çözüm arayışları uzun yıllardır üzerinde çalışılan araştırma konuları arasındadır. Sıra üzerine ekilen kültür bitkilerinde sorun olan yabancı otların kontrolünde mekanik mücadele çoğu zaman etkili olurken, sık sıra arasına ekilen buğday gibi kültür bitkilerinde ve işgücü maliyeti ile temininin yüksek olduğu durumlarda bu mekanik mücadeleye ve herbisitlere alternatif çözümlerin üretilmesi kaçınılmaz hal almaktadır (Serim ve ark., 2015). Bu çözüm arayışları içerisinde, biyolojik mücadele ümitvar bir seçenektir. Klasik biyolojik mücadelenin modern tarım sistemleri içerisinde kullanımı yüksek maliyet ve kullanımının bir-iki yabancı ot türü ile sınırlı olması nedeniyle yaygınlaşmamaktadır. Biyolojik mücadele konsepti içerisinde etmenlerin veya bu etmenlerden elde edilen ürünlerin herbisit gibi kullanımı daha etkili bir çözüm olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Biyoherbisitler biyolojik mücadele etmenleri veya bu etmenlerden elde edilen ürünler kullanılarak oluşturulan ticari preparat haline getirilmiş olan bitki koruma ürünleridir (Bailey, 2014). Bu ürünler konvansiyonel herbisitler gibi ticari formülasyona ve kullanım şekline sahip hale getirilmektedir. Herbisit kullanımının mümkün olmadığı organik tarım sistemlerinde veya herbisitlerden kaynaklanan toprak kirliliğinin yüksek boyutta olduğu alanlarda bu ürünler büyük öneme sahiptir. Biyoherbisitler tek başlarına kullanılabildiği gibi ticari herbisitlerle tank karışımı halinde de kullanılarak geniş bir etki spektrumunda yabancı ot kontrolü sağlayabilir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde ruhsatlı olarak henüz

kullanıma sunulmamış olan ancak birçok ülkede ruhsatlı olarak yabancı ot kontrolü için tavsiye edilen biyoherbisitlerin üretimi, kullanımı ile sağladığı faydalar ve kısıtlarını değerlendirmektir.

YABANCI OTLARLA MÜCADELEDE BİYOHERBİSİT YAKLAŞIMI

Yabancı ot kontrolü için biyoherbisit yaklaşımı, belirli yabancı otları hastalandırmak için seçilmiş mikroorganizmaların bütüncül kullanımını ve uygulama yapılan sezon içerisinde bu yabancı otların enfeksiyonlarla kontrolünü kapsamaktadır (Bailey, 2013). Biyoherbisitler gerek tek yıllık gerekse çok yıllık kültür bitkilerinde başarılı şekilde kullanılabilir de tek yıllık üretim sistemlerinde bu ürünlerin herbisit gibi kullanılabilme potansiyeli daha yüksektir. Çünkü klasik biyolojik mücadele yaklaşımında doğal düşmanlar etkili olup, yabancı ot popülasyonlarını bastırabilmeleri için bir yıldan daha fazla süreye ihtiyaç vardır. Sadece birkaç tane biyoherbisit, yabancı otları tarla ölçeğinde başarılı bir şekilde kontrol edebilirken, diğer biyoherbisit adayların etkinliği konukçu dizisi, uygun formülasyon gereksinimleri ve arazide kalıcılığın olmaması gibi kısıtlayıcı nedenlerden dolayı sınırlıdır (Kremer, 2005). Spesifik durumlarda biyoherbisitler yabancı ot mücadelesi içerisinde çok etkili olabilirler. Bu spesifik durumlar; herbisite dayanıklı yabancı otlar, parazitik yabancı otlar, istilacı bitkilerin olması durumlarıdır. Biyoherbisitlerin konukçu aralığının genişletilmesi için stratejilere, pratik kullanımı için formülasyonların geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca konvansiyonel sürdürülebilir tarımsal sistemler içerisinde yabancı ot baskılama kapasitesinin artırılması için de tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede biyoherbisitler kimyasal olmayan yabancı ot yönetimine önemli katkı yapabilirler (Kremer, 2005; Hasan ve ark., 2021a; Peng ve Wolf, 2008; Harding ve Raizada, 2015).

Biyoherbisit yaklaşımı yabancı otlardan izole edilen doğal bitki patojenlerinin kullanılması ve bu patojenlerin enfeksiyon oluşturan spor gibi çoğalma organlarının kültür ortamlarında bol miktarda çoğaltılmasına dayanır (Charudattan, 2010). İzole edilen patojenlerden elde edilen çoğalma yapıları bitkilere çok yüksek dozlarda uygulandığında, yabancı otların ekonomik zarar eşiğine ulaşmadan önce o yabancı otun baskılanmasını sağlayacak derecede yüksek enfeksiyona neden olurlar. Bir yıllık uygulamalar yabancı ot enfeksiyonları için epidemileri

başlatmak amacıyla belirli bir inokulum düzeyinde uygulanırlar. Çünkü bitki patojenleri, yetiştirme sezonları esnasında yeni ve şiddetli enfeksiyon oluşturmaya yetecek yoğunlukta olamazlar (Peng ve Wolf, 2008).

Biyoherbisit kaynağı olarak iki yüz kadar fungus, bakteri ve rizobakteriler değerlendirildiklerinde bunların çok azı ticari hale gelerek kullanıma sunulmuştur. Çünkü yüksek üretim maliyetleri, ticari kısıtlamalar, yeni herbisitlerin piyasaya çıkması veya sınırlı pazar koşulları gibi nedenler biyoherbisitlere olan talebi düşürmektedir (Kremer, 2005).

Biyoherbisidal bitki patojenleri genellikle bitkiye olan etkileri üzerinden değerlendirilirler. Bu değerlendirmede hedef yabancı ot üzerindeki virülenslikleri önemlidir. Biyoherbisitlerin başarılı olabilmesi için diğer bir ön koşul ise onların ticarileştirilmesidir. Ticarileştirilmedeki hedef, arazi koşullarında yüksek performans sağlaması, konukçu aralığı ve konukçuya özelleşmesidir (Pacanoski, 2015). Aynı zamanda biyoherbisitlerin diğer pestisitlerle uyum içerisinde olmalıdır. Fungus sporu içeren biyoherbisit in fungusit uygulamasından etkilenmemesi gerekir.

Hedef bir yabancı ot üzerinde bir patojenin zarar yapma kabiliyeti birçok faktörlere ve bu faktörlerin etkileşimine bağlıdır. Bu faktörler kısaca inokulum konsantrasyonu, uygulama oranı, çevre koşulları (sıcaklık ve nem), formülasyon, uygulama parametreleri (damla büyüklüğü, damlacıkların tutunumu ve dağılımı), hedef yabancı otun yaşı veya büyüme dönemi, hedef olmayan bitki türleri, filozfer veya rizosferdeki mikro ve makro organizmalar ile aynı alanda uygulanan pestisitlerdir (Hasan ve ark., 2021a).

Biyoherbisit potansiyeli olan organizmaların belirlenmesi

Biyoherbisit elde edilmesinin ilk aşaması, kullanılacak organizmaların veya bu organizmalardan elde edilecek ürünlerin izolasyonu, teşhisi ve/veya karakterizasyonudur. Bitki patojeni mikroorganizmalardan yabancı otlar üzerinde hastalık oluşturan etmenlerin belirlenmesi yapılacak ilk çalışmadır. Bu amaçla yabancı otlarda hastalık belirtisi oluşturan bitki patojeni etmenler özellikle funguslar, sürveyler sırasında tespit edilerek laboratuvara getirilir. Hastalıklı bitki örneklerinden izole edilen patojenler genel üreme ortamı olarak ya da çoğaltma ortamı olarak PDA (Patates Dekstroz Agar)'ya alınır, daha

sonra seçici ortamlar kullanılarak saflaştırmaya doğru ilk adım atılır. Seçici ortamlarda yapılacak tek spor izolasyonu ile saf kültür elde edilir (Ray ve Vijayachandran, 2013).

Bu amaçla saflaştırılmış olan kültürlerden alınan funguslar çoğaltma materyali olarak kullanılır. Mikroherbisitlerle ilgili denemeler yapılmadan önce büyük miktarda konidi, misel veya spor üretilmesi gereklidir. PDA üzerine yerleştirilen funguslardan oluşan konidi ve miseller hücre kazıyıcı kullanılarak toplanır, saf su içerisinde Twin 20 veya Twin 80 içeren test tüplerinde stoklanır. Elde edilen süspansiyon içerisindeki konidi sayısı istenilen yoğunluğa ulaşana kadar steril tülbent bezinden süzme işlemi gerçekleştirilir. Bu tip çalışmalarda konidial süspansiyonların genellikle 10^6 veya 10^7 konidi/ml konsantrasyona ayarlanması gerekir. Fungal süspansiyonlar kullanma aşamasına kadar soğutucularda muhafaza edilmelidir. Söz konusu süspansiyonlar bitki üzerinde kullanılacağı zaman tekrar PDA'ya ekilmesi, fungusun canlılığının teyidi yapıldıktan sonra uygulanması gerekmektedir (Boyette ve ark., 1996).

Mikroherbisit uygulamaları

Hazırlanan biyoherbisit adayı olan organizmaların süspansiyonları, mekanik basınçlı püskürtücüler ya da ilaçlama kabinleri gibi uygulama aletleri ile bitki üzerine pülverize edilir. Uygulama yapıldıktan sonra bitkilerde inokulum oluşması için bitkilerin üzeri polietilen örtü ile birkaç gün kapatılır. Bu sayede ortam sıcaklığı yükseltilmiş olup, nispi nem fungusun türüne bağlı olarak artırılmış olur. Çiğ periyodundan sonra hastalık semptomlarının görülmesini sağlamak için bitkiler iklim odası veya büyüme çemberine konurlar. Bazı durumlarda hastalık oluşumunu sağlamak için hastalık spor süspansiyonlarının birkaç kez tekrar uygulanması gerekebilir (Ray ve Vijayachandran., 2013).

Bir biyoherbisit in belirli çevresel koşullar altında nasıl performans göstereceği, insanlara ve çevreye oluşturduğu risklerin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Yapılan bir çalışmada, *Phoma macrostoma* toprağa granüler bir formülasyonda uygulandığında *Taraxacum officinale*'nin yapraklarının ve kök büyümesinin engellediği gözlenmiştir (Bailey ve ark., 2010). Şiddetli yağış gibi aşırı çevresel koşullar, fungusların biyokütlesini ve suda çözünür metabolitlerin hareketini kolaylaştırabilir. Simüle edilmiş yağış koşulları altında biyoherbisit *P. macrostoma*'nın biyoherbisidal

etkinliği değerlendirilmiş, HPLC çalışmaları sonucunda *P. macrostoma*'dan elde edilen biyoherbisidal metaboliti (Makrosidin A)'nin suda en fazla çözünen bileşen olduğu görülmüştür. Makrosidin A, belli miktardaki su ile birlikte killi toprak ve sera toprağı karışımına uygulandığında, kumlu yapıdaki topraktakine göre daha yüksek biyoherbisidal etkiyi göstermiştir. Doymuş topraklarda makrosidinler, akış yoluyla saha dışına taşınarak suda salınabilirler. Bu nedenle, bu biyoherbisitin toprak doygunken uygulanmaması tavsiye edilir. Makrosidinlerin biyoaktivitesi 75 mm yağışın üzerinde seyrelmeye başlamaktadır (Bailey ve ark., 2010).

Değerlendirme

$$(0 \times N0) + (1 \times N1) + (2 \times N2) + (3 \times N3) + (4 \times N4) + (5 \times N5) = \text{Toplam değerlendirmeler}$$

$$\text{Toplam değerlendirmeler} \times 100 = \text{Hastalık indeksi}$$

$$\text{Değerlendirilen yaprak sayısı} \times \text{Maksimum hastalık indeksi (Ray ve Vijayachandran., 2013)}.$$

Konukçu belirleme çalışmaları

Konukçu belirleme çalışmalarında hastalık etmeninin izole edildiği yabancı ot ve bu yabancı ota yakın olan yabancı ot türleri ile söz konusu yabancı otun sorun olduğu kültür bitkileri, konukçu belirleme çalışmalarında kullanılır. Bu amaçla bir konukçu dizisi belirlenerek biyokontrol potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan yöntemde olduğu gibi bitkilerde inokulasyon yapılarak enfeksiyon oluşumu ve bitkilerdeki hastalık şiddetinin değerlendirilmesi yapılır.

Değerlendirmeler sonunda, hangi kültür bitkilerinde hastalığın konukçu olarak bulunduğu ve hangi yabancı otları ne ölçüde kontrol edebildiği belirlenmiş olur.

Uygun Fungal Kültürel Preperasyonların Belirlenmesi

Bazı funguslar konukçusu olduğu yabancı ot bitkisinde konidileri ile hastalık oluştururken, bazıları ise sporları veya fitotoksinleri ile hastalık oluştururlar. Bu amaçla fungal süspansiyonlardan fungal çoğalma organlarının ayrılması gerekmektedir. Bunun için 0.45 µm kalınlıktaki milipore filtreler kullanılır. Filtrasyonda ise negatif basınçlı vakum pompaları süreci hızlandırmak için tercih edilir. Elde edilen filtrat da canlı hücre olup olmadığını belirlemek için PDA'ya kontrol ekimi yapılabilir. Değerlendirmeler uygulamadan 14 ve 28 gün sonra yapılır. Değerlendirmelerde, herbisitlerde olduğu gibi doz-

Genelde bitki hastalıklarının değerlendirilmesinde farklı değerlendirme sistemleri kullanılsa da 0-4 veya 0-5 skalaları sıklıkla kullanılmaktadır. Bu değerlendirme ile hastalık indeksi değerleri hesaplanır. Örneğin yaprakta hastalık oluşturan bir etmenin hastalık indeksi hesaplanmasında: Skalada 0: Kontrol bitkilerini, 1: Yaprak alanının %1-10, 2: %11-25, 3: %26-50, 4: % 51-75, 5: % 75'in üzerini gösterir. Bu değerlendirme sistemi, hastalık indeksinin hesaplanmasında kullanılarak fungal patojenin fungal inokulumun uygulamasından 10 gün sonra aralıklarla yapılan gözlemler sonucuna göre alınır (Ray ve Vijayachandran., 2013).

etki değerlendirme sistemi kullanılır (Ray ve Vijayachandran., 2013).

Biyoherbisitlerin Etkinliğinin Araştırılması

Biyolojik kontrol için bitki patojenlerinin geliştirilmesi çalışmalarında konukçu aralığının belirlenmesi sürecin başlangıcını oluştururken, bitki patojen ajanların etkinliğinin artırılması için gereken sistemlerin araştırılarak patojenisitenin gösterilmesi bitiş aşamasını oluşturmaktadır.

Formülasyon Çalışmaları

Bitki patojeni etmenlerin özellikle de yapraklardan uygulanan fungal patojenlerin geliştirilmesinde en önemli sorun bu patojenlerin gelişmesi için uzunca bir süre neme ihtiyaç duymalarıdır. Eğer enfeksiyonun başında yeterli uzunlukta ve yoğunlukta nem sağlanamazsa hastalık ilerleyemez ve hastalık şiddeti önemli derecede azalabilir. Bu nedenle söz konusu kısıtın önüne geçmek için farklı formülasyonların kullanılması gerekir (Boyette ve ark., 1993).

Örneğin *Sesbania exaltata*'nın kontrolü için kullanılan *Colletotrichum truncatum*'un konidial süspansiyonuna inert (iyonik ya da iyonik olmayan) yağ emilsiyonların eklenmesi önerilir. Bu sayede sera koşullarında nem olmasa dahi *S. exaltata* bu biyokontrol ajanıyla %100 kontrol edilebilir. Aynı formülasyon arazi

koşullarında söz konusu yabancı otta kullanıldığında %95'in üzerinde etki sağlayabilmektedir (Boyette ve ark., 1993). Benzer bir durum domuz pıtrağının biyokontrol ajanı olarak kullanılabilen *Alternaria helianthii* içinde yağ emilisinin kullanılarak biyoherbisidal etkinliğinin artırılması sayesinde çok kısa nem periyoduna ihtiyaç duyulmasına ya da nem periyoduna ihtiyaç duyulmamasına imkan verdiği belirtilmiştir. Farklı etki mekanizmaları nedeniyle inert emilisinin fitotoksitesiyi etkin hale getirdiği pek çok çalışmada gösterilmiştir (Boyette ve ark., 1993).

Biyoherbisitlerin Etki Spektrumlarının Genişletilmesi

Biyoherbisitlerin konukçuya özelleşmiş olması genel olarak istenen bir özellik olsa da tarla ve bahçede değişik yabancı otlar bulunduğu için etki spektrumunun yabancı ot ve kültür bitkisine bağlı olarak geniş olması istenir. Günümüzdeki üretim sistemleri içerisinde biyoherbisit yaklaşımını sınırlayan ana faktör budur. Bu kısıtı aşmak için iki tane yaklaşım vardır. Birincisi, formülasyon yoluyla biyolojik etkinliğin artırılmasıdır. İkincisi ise bitki patojenlerinin kombine hale getirilerek etki spektrumlarının genişletilmesidir (Charudattan, 2001). Meyve pektini ile formüle edilen bitkiden filtre edilen *Alternaria crassa*, Köpek üzümünün kontrolünü sağlayan bir biyoherbisittir. Bu formülasyon ile *Sespania exaltata*, *Crotalaria spectabilis*, *Solanum ptychanthum* isimli yabancı otlar kontrol edilebilirken bitki ekstraktı ve meyve pektini içermeyen formülasyon uygulandığında ise bu yabancı otlar *A. crassa*'dan etkilenmemektedir. *A. crassa* ve *A. cassiae*'nin seçiciliği inert emilisinin formülasyonu ile baskılanabilir ve bu sayede yabancı otu konukçu dizisi artırılabilir. Bunlara ek olarak *Senna occidentalis*'ten izole edilen *C. gloeosporioides* inert emilisinin formülasyonu veya mısır yağı silwet 1-77 emilisinin karışımı ile formüle edildiğinde *S. optisifolia*'yı kontrol edebilir (Boyette ve Abbas, 1994).

Diğer bir yaklaşım ise söz konusu fungusun mevcut bitki patojeni biyoherbisitlerin konukçu dizisini tekrar gözden geçirmektir. Bu yaklaşıma örnek olarak *Myrothecium verrucaria* verilebilir. Bu patojen ilk olarak *Senna optisifolia* ve *Pueraria montana*'yı kontrol etmek için ruhsatlandırılmıştır. Ayrıca söz konusu fungusun başka yabancı ot bitkilerini de kontrol edebileceği görülmüş ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Bu fungustan yapılan kültür filtratı kullanılarak etki spektrumunu genişletilmiştir. Fakat söz konusu fungusun

kullanımı trichothecenes isimli toksini üretmesi nedeniyle sınırlı kalmıştır. Bunun için söz konusu toksinin patojenik etkisinin belirlenmesi ve memelilere toksisitesinin potansiyelinin belirlenmesi için ilave çalışmalar yapılması gerekmektedir (Walker ve ark., 1997).

Uygulama Sistemi veya Uygulama Tekniğinin Etkinliğini Kullanarak Biyoherbisidal Etkinliğinin Artırılması

Biyoherbisitlerin spor süspansiyonları gibi sıvı formülasyonlarının yüksek uygulama normunda uygulanması, enfekte olacak alanı tamamen kapladığından emin olmak ve maksimum enfeksiyon için spor çimlenmesine ihtiyaç duyulan nemi sağlamak amacıyla kullanılır. Biyoherbisitler için yüksek uygulama normu gereksinimi vardır. Yüksek normlar daha fazla taşıma hacmi gerektirerek uygulama alanında kullanım zorluğuna neden olur ve uygulama zamanının uzamasına yol açar (Charudattan ve ark., 2004).

Yapılan çalışmalarda fungus tarafından üretilen lezyon sayısının veya inokulum yoğunluğunun sadece uygulama normuna bağlı olmadığı aynı zamanda damlacık büyüklüğüne, damlacık dağılımına ve kalıcılığına, inokulum konsantrasyonuna ve uygulama normuna bağlı olduğu görülmüştür. Uygulama sırasında kullanılan ilaçlama aleti de etkinliği üzerinde önemli faktörlerden birisidir. Uygulamada daha çok fungal patojenler kullanılsa da viral etmenlerin de uygulandığı durumlar vardır. Burada uygulama tekniğinin önemi göze çarpmaktadır. *Solanum viarum*'un kontrolü için kullanılan TMGMV (Tütün yeşil solgunluk mozaik virüsü) bu özelliğe örnek olabilir. Yenilikçi uygulama yöntemleri üreticiler tarafından kolaylıkla kabul edilebilir. Bu uygulamalardan birisi ise bitkide mekanik aşındırmaya sağlayacak bir örtü kullanılması ve bu örtünün üzerine düşük basınçla virüs süspansiyonunun uygulanması veya yüksek basınçta süspansiyonun doğrudan bitkiye uygulanması şeklindedir (Charudattan ve ark., 2004).

Biyoherbisitlerin bir diğer uygulama şekli ise katı bazlı formülasyon uygulamalarıdır. Bu uygulamalar çıkış öncesi kullanılan biyoherbisitler olarak toprak yüzeyinin altına veya yabancı otun üzerine tatbik edilebilir. *Cucurbita texana*'yı kontrol etmek için Mısır unu+kum + *F. solani* f. sp. *cucurbitae*'nin kullanımı etkili sonuç vermiştir. Ayrıca bu formülasyonların kullanılması raf ömrünün uzun olması ve arazi koşullarının olumsuz

olduğu durumlarda da fayda sağlamaktadır (Boyette ve ark., 2011).

Yapılan bir araştırmada, *Trichoderma virens*'in tavuk gübresi kompostuna karıştırılarak uygulandığında viridiol isimli maddeyi salgılayarak yabancı ot tohumlarının çimlenme ve çıkışını engelleyebildiğini bildirmiştir. Bu şekildeki bir uygulamada kompost hale getirilen gübre, azotlu besin maddesi olarak da işe yarayacaktır. Yapılan çalışmada bu şekildeki uygulamanın sera koşullarında Kırmızı köklü tilki kuyruğu, Darıcan ve Semizotu gibi yabancı otlarda çıkışı %77 azalttığı, kuru maddeyi ise %68 oranında düşürdüğü görülmüştür (Héraux ve ark., 2005).

Aminoasit Salgılayan Strainlerin Kullanımı ve Seçimi ile Biyokontrolün Arttırılması

Bazı yabancı ot biyokontrol ajanlarının virulenslikleri uygun streinlerin seçilmesi ve bu streinlerden yabancı otların gelişme ve büyümesini baskılayacak aminoasitleri yüksek oranda sentezleme kabiliyetinde olanların kullanılması yeni bir yaklaşımdır. *Fusarium oxysporium* f.sp. *cannabis*, *Cannabis sativa*'ya karşı kullanılabilir. Söz konusu biyokontrol ajanının Valin aminoasiti yüksek oranda sentezleyen mutasyona uğramış *Fusarium* bireylerinden 3-3.5 kat daha etkili olduğu ortaya konulmuştur. Söz konusu mutantlar yabani biyotiplerle karşılaştırıldığında yabancı otlarda uygulamadan 2-3 hafta gibi daha kısa bir süre sonunda solgunluğa neden olurlar. Yabani biyotiplerde bu süre 6 ila 8 haftadır. Valin aminoasiti salgılayan mutantlar bitkiye verildiğinde yapraklarda kıvrılma, gövdenin apikal dormansisinde kaybolma ve gelişme geriliği görülür. Bu mutantlar diğer bitki türlerini enfekte edemez ve konukçu aralığını değiştiremez. Bu nedenle yabancı ot patojen birlikteliklerinin araştırılması gerekmektedir (Vurro ve ark., 2006).

Patojenlerle Yabancı Ot Kontrolünde Etkinliğinin Arttırılması İçin Yapılan Uygulama Teknikleri

1- Yabancı ot kontrolünün patojen uygulaması ve bitki rekabetiyle yapılması:

Bitki hastalıklarının bitki gelişimine ve büyümesine olumsuz etkileri hedef olmayan bitkilerle rekabet ederken hedef yabancı otu gelişme kabiliyetinin baskılanması üzerine kurulur. Bu konuda yapılan ilk örneklerin başında *Puccinia chondrillina* gelmektedir. Bu etmen Akhindibada pas oluşturan bir biyolojik mücadele ajanıdır. Söz konusu

biyolojik mücadele ajanının etkisi, Akhindiba ile Üçgül rekabet halindeyse daha yüksektir. Benzer şekilde *Puccinia lagenophorae*'nin marulda sorun olan *Senecio vulgaris*'i daha iyi kontrol edebildiği ve marulda verim artışı sağladığı görülmüştür (Groves ve William, 1975).

Bipolaris sacchari'nin *Imperata cylindrica* (Kındıra) ve *Paspalum notatum* (Parlak yalancı darı)'un beraber olduğu büyüme ortamında uygulandığında, *Imperata cylindrica*'nın gelişimini baskılamakta, *Paspalum notatum*'un gelişimini arttırmıştır (Yandoc, 2009).

Bu strateji dar yapraklı yabancı ot türlerini spesifik olarak baskılamakta, yararlı dar yapraklıların gelişmesine imkan sağlamakta, bu sayede yabancı ot tarafından boşaltılan alanların faydalılarla doldurulması mümkün olmakta ve yabancı otların tekrar alanı doldurmasını engellemektedir. Bu tip çalışmalar mera ıslahı ve amenajmanı konusunda oldukça ümitvardır. Benzer çalışmalar kültür bitkisi içinde yapıldığında aynı etkileyici sonuçlar elde edilememektedir. Örneğin Soya'da *Senna obtusifolia*'yı kontrol etmek için kullanılan *Alternaria cassiae*'nin ve/veya *Pseudocercospora nigricans*'ın uygulaması üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür (Pitelli ve ark., 1998).

Nijerya Savanasında yapılan bir çalışmada, *Fusarium oxysporum*'un PSM 197 ırkı, dayanıklı ve tolerant Sorghum türleri ekilmeden önce saksılardaki toprağa uygulanmıştır. Daha sonra yapılan gözlemlerde *Fusarium oxysporum* uygulanan saksılarda Striga enfeksiyonunun kontrol ile karşılaştırıldığında daha düşük seviyede kalırken Sorghum türlerinin daha kuvvetli olduğu ve daha yüksek verim verdiği görülmüştür. Uygulamaya aktarılan bu sonuçlarla Nijerya Savanasında çiftçilerin karlılıkları arttırılmıştır (Marley ve ark., 2004).

2-Zararlı Rhizobacter türleri ve örtücü bitkilerin yabancı ot mücadelesinde kullanımı

Zararlı Rhizobacter türleri, yabancı ot çıkışını azaltıcı ve yabancı otların büyüme ve gelişmesini engelleyici potansiyele sahip kontrol ajanları olarak kültür bitkisine rekabet avantajı sağlarlar. Bununla birlikte bu biyolojik kontrol ajanlarının topraktaki canlılığı kısa sürdüğü için performansları istenilen seviyeye çıkamamaktadır. Yapılan bir çalışmada, *Pseudomonas fluorescens*'in D7 ırkı uygulamasının kışlık buğdayda *Bromus tectorum* popülasyonunu azaltarak verimi %18-35 arasında arttırdığı bildirilmiştir (Kremer, 2005). Bu ajanların yabancı ot

kontrolü için örtücü bitkilerle kombine edilerek kullanılması da araştırılmıştır. Bu yaklaşımda örtücü bitkiler biyolojik mücadele ajanının aktivitesini ve çoğalmasını destekleyerek yabancı ot tohum çimlenmesinden önce popülasyon artışı sağlayıp etkili bir yabancı ot kontrolü elde edilmiştir. Bu şekildeki bir kombinasyon oldukça ümitvar sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Çalışma mısır, soya, buğday rotasyonunda yapılmıştır. Marul ekiliş alanında sıra arasında örtücü bitki olarak kullanılan mısır, soya ve buğday ile zararlı *Rhizobacter* üzerinde etkili olmuştur (Zidack ve ark., 2001).

3-Bitki patojeni ve böceklerin kombinasyonu

Bu konuda yapılan çalışmalar genellikle mera alanlarında yapılmaktadır. Örneğin *Euphorbia esula-virgata*'nın doğal alanlarındaki mücadelesinde ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Çünkü kullanılan herbisitler etkisiz kalmakta veya çoğu bulaşık alanlar için uygun olmamaktadır. Bu amaçla söz konusu zararlıların kontrolü için farklı alternatiflere ihtiyaç vardır. Bu zararlı mekanik yabancı ot kontrol yöntemlerinin ve biyolojik mücadele ajanı böceklerin oluşturduğu zararı çok hızlı bir şekilde tolere edebilmektedir. Bu zararlı türü kontrol etmek için *Apthona* spp. isimli toprak altı zararlısı kullanılabilir de bu zararlının etkisi oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu zararlının etkisini arttırmak için *Rhizoctonia*, *Fusarium* spp. ve DRB (Zararlı *Rhizobacter* türü)'nin kombinasyonu başarılı şekilde kullanılmıştır (Markle ve Lym, 2001). Yapılan başka bir çalışmada ise *Rhizoctonia+Fusarium* spp. kombinasyonu ve pire böcekleri kullanılarak *Cardaria draba* başarılı bir şekilde kontrol etmiştir. Bu durum patojenlerin böceklerle enfekte olmuş yabancı otlar üzerinde daha virulent olduklarını göstermektedir. *Rhizobacter*, fungal bitki patojenleri ve böceklerin birlikte kullanımı karmaşık olmasına rağmen etkili çözüm üreten yollardan biridir (Yandoc-Ables ve ark., 2006).

Yabancı otların kontrolünde böcek ve bitki patojenlerinin beraber kullanım stratejisi doğal düşmanlara zarar vermeden faydalı sonuçlar vererek popülasyonları dengeleyebilir. Bu konuda yapılan bir incelemede Florida'ya kazara giren *Puccinia psidi* adlı fungal patojenin durumu dikkat çekicidir. Kontrol için yapılan biyolojik ajan taramasında *Melaleuca quinquenervia* adlı biyolojik ajanın yabancı ot üzerinde pas, psillid, fungal hastalıklar, yaprak bitleri olduğunda daha etkili olduğunu ortaya koymuşlardır (Rayamajhi ve ark., 2006).

4-Bitki enzimleri veya herbisitler

Biyoherbisitlerin etkinliğini etkileyen faktörlerden birisi de biyolojik kontrol ajanı bulaştırılan hedef yabancı otun enfeksiyona ve patojenin kolonizasyonuna direnme yeteneğidir (Hoagland, 1990). Biyokontrol ajanı *Alternaria cassiae*'nin hedef yabancı otuna (*Cassiae obtusifolia*) uygulanmasının, fenolik bileşiklerin sentezinden sorumlu olan bir enzim olan Pal (Phenylalanine ammonia-lyase) isimli enzimin aktivitesine neden olduğunu gözlemlenmiştir. Bu nedenle de patojen saldırılarına karşı bitkinin korumasız kaldığı ortaya konulmuştur. Bu çalışması ile (Hoagland, 1996), yabancı otlardaki savunma mekanizmasının baskı altına alınmasıyla biyokontrol etkinliğinin artırılabilirliğini ortaya koymuştur. Bu amaçla önemli bitki enzimlerini bloke edecek bileşikler veya herbisitlerin kullanımı, sekonder bitki metabolitlerinin bloke edilmesi veya patojen saldırılarına karşı bitkide fiziksel bariyer sağlayacak yapıların olumsuz etkilenmesi etkili yöntemler arasındadır.

Dendrophthoe pentandra (L.) Miq., Güneydoğu Asya'da görülen yaygın bir parazitik bir bitkidir. *Eleusine indica* (L.) Gaertn. ise soya fasulyesi, çeltik ve mısır gibi önemli ürünlerde zararlı bir yabancı ottur. Yapılan bir çalışmada, *Dendrophthoe pentandra*'nın sapı ve yaprak özlerinin *Eleusine indica* (L.) Gaertn.'nin tohum çimlenmesini ve fide büyümesini engellediği görülmüştür. *Dendrophthoe pentandra*'nın potansiyel bir biyoherbisit adayı olarak *Eleusine indica*'nın üzerinde allelopatik bir etkiye sahip olduğu doğrulanmıştır (Alharits ve ark., 2020). Glyphosate'ın azaltılmış dozlarının ile biyokontrol ajanı *A. cassiae*'nin birlikte kullanımı sonucu *Senna obtusifolia*'da fitoaleksinin birikimini inhibe ederek yabancı ot fidesini patojen enfeksiyonuna hassas hale getirdiği ve hastalık için gereken inokulum konsantrasyonunu düşürdüğü belirlenmiştir (Sharon ve ark., 1992).

Sethoxydim'in tavsiye dozunun onda biri ile *Pyricularia setariae* birlikte kullanıldığında, *Setaria viridis*'e gerek herbisit gerekse biyokontrol ajanının tek başına sağladığından daha yüksek biyolojik etki sağlamıştır (Peng ve Byer., 2005).

5- Biyoherbisitler+Sentetik herbisit sinerjizmi

Bazı biyoherbisitler ve sentetik herbisitler sinerjistik etkiye sahip olup, bu etki herbisitinin yabancı otun savunma sistemini zayıflatmasından kaynaklanmaktadır.

Acifluorfen ve Bentazone adlı aktif maddelerin Collego adlı biyoherbisit ile yapılan bir tank karışımında hem fiğ tarlalarında hem de çeltik ve soya fasulyesi tarlalarında ürüne zarar vermeden *Sesbania exaltata* adlı yabancı otu kontrol altına alabilmiştir (Peng, 2011).

Yapılan başka bir çalışmada ise sera ve tarla koşullarında Glyphosate izopropil-amin ve Glufosinate-amonyum aktif maddeli herbisitler ile biyoherbisit WeedLock'un yabancı ot kontrol etkinliği ve ürün-yabancı ot seçiciliği değerlendirilmiştir. Sera içinde 3 farklı dozda Glyphosate izopropil-amin ve Glufosinate-amonyum ile biyoherbisit WeedLock'un 3 farklı dozu ve *A. conyzoides*, *Euphorbia hirta*, *Eleusine indica*, *Axonopus compressus*, *C. iria* ve *Fimbristylis miliacea* yabancı otlarına ve test bitkisi olarak seçilen *Oryza sativa*, *Zea mays*, *Abelmoschus esculentus* ve *Amaranthus gangeticus*'a karşı kullanılmıştır. WeedLock'un 13.45 l/ha dozu, serada *Ageratum conyzoides* L. için, Glyphosate izopropil-amin ve Glufosinate-amonyumun 2 l/ha'da dozu ile benzer etkinlik göstermiştir. Uygulanan herbisitler ve 13.45.50 l/ha dozda kullanılan WeedLock, mısır hariç tüm test bitkilerini öldürmüştür. WeedLock, uygulamadan 35 gün sonra %50'den fazla etkinlik göstermiştir. WeedLock'un hem sera hem de tarla koşullarında yabancı otları kontrol etmek için mükemmel bir potansiyele sahip olduğu ve total bir herbisit karakteri gösterdiği ortaya konulmuştur (Hasan ve ark., 2021b).

Geleceğe Bakış

Biyoherbisitler içerisinde ilk ticari preparat turuncgil bahçelerinde bulunan *Morrenia odorata* isimli yabancı otu kontrol etmek için geliştirilen *Phytophthora palmivora* aktif maddeli DeVine'dir. Bu preparat 1970'lerin sonunda Abbott firması tarafından piyasaya sürülmüştür. Bu ürün, sıvı fermantasyon ürünü olup, su ile karıştırılarak toprak yüzeyine yabancı otlar çimlendikten sonra veya aktif gelişme dönemlerinde uygulanmıştır (Cai ve Gu, 2016). İkinci ticari ürün olan Collego ise *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* isimli fungustan elde edilmiş, 1970'lerin sonunda piyasaya sürülmüştür. Bu ürün çeltik ve soyada *Aeschynomene virginica*'nın kontrolünde kullanılmıştır. 2000-2005 yılları arasında 4 patojen daha yabancı otlara karşı ruhsatlandırılmıştır. Parazit yabancı otlar, istilacı yabancı otlar ve alerjik yabancı otlar için biyoherbisitlerin geliştirilme olanakları daha çoktur. Örneğin küsküt türleri için *Alternaria destruens* ruhsatlandırılmıştır (Cordeau ve ark., 2016).

Günümüzde ise yeni bir şirket Collego patojeninden üretilen ürünü, Arkansas, Louisiana ve Mississippi'de çeltik alanlarında kullanmak için LockDown ticari adı ile tekrar piyasaya sürmüştür. Hem DeVine hem de Collego oldukça etkili materyaller olmalarına rağmen pazarları çok sınırlıdır. Bu kısıtları aşmak için daha çok yatırıma ihtiyaç vardır. 2018 yılı itibarıyla 18 mikroherbisit, 1 viral herbisit ve 1 bakteriyel toplam 20 herbisit ruhsatlandırılmıştır (Mathur ve Gehlot, 2018). Ticari olarak erişilebilir yabancı ot kontrol ajanlarının bitki patojenlerinden geliştirilmesine yönelik çabalar ne yazık ki o araştırmaların başarıyla sonuçlandığını gösterebilecek çok sayıda ürünün elde edilmesine imkan vermemektedir. Bununla beraber bu alanda yapılan çalışmalar, biyolojik kontrolün bilimsel ve teknolojik açıdan gelişmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Gelişen dünyada biyoherbisit çalışmalarının çoğunun amacı satılabilir ürün elde etmektir. Bu nedenle biyoherbisitlerin uzun dönemdeki başarısı kimyasal olmayan yaklaşımlara olan isteğin büyük çaptaki değişimine bağlıdır. Ülkeler arasında ruhsatlandırma aşamalarındaki farklılıklardan dolayı üretim yapan şirketlere kolaylık sağlayacak bazı sistemlere izin verilmelidir.

Yabancı ot patojen sistemleri araştırmaları; bitki hastalıkları epidemiyolojisinde, bitki patojen interaksiyonuna ve biyoçeşitlilik konularındaki çalışmalara katkı sağlarken, çoklu canlı etkileşimleri anlamak ve araştırmak için de temel sağlamaktadır. Bazı biyolojik kontrol ajanı o kadar yüksek derecede konukçuya özelleşmişlerdir ki, tarımsal üretim alanlarındaki bireysel noktalara etki etmektedirler. Bazı üretim sistemleri yapısı gereğince tek bir tane baskın yabancı ot türünü içerdiği için konukçuya özelleşmiştir. Mono kültür alanında bir biyolojik kontrol ajanının kullanımı daha uygun olup, sistemin esası bunlar üzerine kurgulanmalıdır. Organik ve konvansiyonel sebze ve baharat üretim sistemleri bu yaklaşıma kısmen en uygun alanlardır ve yabancı ot kontrol seçenekleri içerisinde bu tip yaklaşımlar için son derece elverişlidir. Entegre yabancı ot mücadele sistemlerinin geliştirilmesi, devam ettirilmesi ve başarılı bir biyolojik yabancı ot programlarının sayısının önemli derecede artırılması, bitki patojenlerinin kullanılmasıyla mümkün olacaktır. Bu nedenle de Entegre yabancı ot kontrol sistemlerinde, kimyasal ve kimyasal olmayan yöntemlerin tamamlayıcısı olarak bitki patojenlerinin birlikte kullanılmaları desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

- Alharits L, Hemelda NM, Yasman, Handayani W. (2020). Allelopathic activity of *Dendrophthoe pentandra* as a potential bioherbicide to inhibit seed germination and seedling growth of *Eleusine indica*. *Nusantara Bioscience* 12: 33-39.
- Asav, Ü., Serim. A.T. (2018). Vejetatif filtre şeritleri: Herbisitlerin yüzey sürüklenmesi yoluyla taşınması-nın engellenmesinde çevreci bir yaklaşım. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32 (3): 587-593.
- Bailey K.L., Pitt W. M., Derby J.A., (2010). Efficacy of *Phoma macrostoma*, a Bioherbicide, for Control of Dandelion (*Taraxacum officinale*) Following Simulated Rainfall Conditions. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 4 (Special Issue 2), 35-42
- Bailey, K.L., (2013). The Bioherbicide Approach to Weed Control Using Plant Pathogens. *Integrated Pest Management*, Academic press, ISBN: 978-0-12-398529-3, 245-266.
- Boyette, C. D., and Abbas, H. K. (1994). Host range alteration of the bioherbicidal fungus *Alternaria crassa* with fruit pectin and plant filtrates. *Weed Sci.* 42:487-491.
- Boyette, C. D., Bryson, C. T., Hoagland, R. E. (2011). Biological control of *Cucurbita pepo* var. *texana* (Texas Gourd) in Cotton (*Gossypium hirsutum*) with the Fungus *Fusarium solani* f.sp. *cucurbitae*. *Pest Technology*, 5, 97-101.
- Boyette, C. D., Quimby, P. C., Jr., Bryson, C. T., Egley, G. H., and Fulgham, F. E. (1993). Biological control of hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) under field conditions with *Colletotrichum truncatum* formulated in an invert emulsion. *Weed Sci.* 41:497-500.
- Boyette, C. D., Quimby, P. C., Jr., Caesar, A. J., Birdsall, J. L., Connick, W. J., Jr., Daigle, D. J., Jackson, M. A., Egley, G. H., and Abbas, H. K. (1996). Adjuvants, formulations, and spraying systems for improvement of mycoherbicides. *Weed Technol.* 10:637-644.
- Cai, X., Gu, M. (2016). Bioherbicides in Organic Horticulture. 2(2), 3; <https://doi.org/10.3390/horticulturae2020003>
- Charudattan, R. (2001). Biological control of weeds by means of plant pathogens: Significance for integrated weed management in modern agro-ecology. *BioControl* 46: 229–260.
- Charudattan R., (2010). A Reflection on My Research in Weed Biological Control: Using What We Have Learned for Future Applications. *Weed Technology*. Vol. 24, No. 2, pp.208-217.
- Charudattan, R., Pettersen, M. S., and Hiebert, E. (2004). Use of Tobacco mild green mosaic virus (TMGMV)-mediated lethal hypersensitive response (HR) as a novel method of weed control. U.S. Patent No. 6,689,718 B2. February 10, 2004.
- Cordeau, S., Triolet, M., Wayman, S., Steinberg, C., Guillemain, J. P. (2016). Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop Protection* Volume 87, Pages 44-49.
- Groves, R. H., and Williams, J. D. (1975). Growth of skeleton weed (*Chondrilla juncea* L.) as affected by the growth of subterranean clover (*Trifolium subterranean* L.) and infection by *Puccinia chondrillina* Bubak and Syd. *Aust. J. Agric. Res.* 26:975-983.
- Harding, D.P., Raizada, M.N. (2015). Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review. *Frontiers in Plant Science* 6: 659. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00659>
- Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M.S., Rosli, A.M., Hamdan, H. (2021a). Bioherbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. *Plants (Basel)* 10(6):1212. doi: 10.3390/plants10061212
- Hasan M., Mokhtar A.S., Rosli A. M., Hamdan H., Motmainna M., Ahmad-Hamdani M.S. (2021b). Weed Control Efficacy and Crop-Weed Selectivity of a New Bioherbicide WeedLock. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081488>
- Hoagland, R. E. (1990). *Alternaria cassiae* alters phenylpropanoid metabolism in sicklepod (*Cassia obtusifolia*). *Phytopathology* 130:177-187.
- Hoagland, R. E. (1996). Chemical interactions with bioherbicides to improve efficacy. *Weed Technol.* 10:651-673.
- Kremer R. J., (2005). The Role of Bioherbicides in Weed Management. *Biopesticides International* 1(3, 4):127-141
- Marley, P. S., ABA, D. A., Shebayan, J. A. Y., Musa, R., and Sanni, A. (2004). Integrated management of *Striga hermonthica* in sorghum using a mycoherbicide and host plant resistance in the nigerian sudano-sahelian savanna. *Weed Res.* 44:157-162.
- Markle, D. M., and Lym, R. G. (2001). Leafy spurge (*Euphorbia esula*) control and herbage production with imazapic. *Weed Technol.* 15:474-480.
- Mathur, M., Gehlot, P., (2018). Recruit the Plant Pathogen for Weed Management: Bioherbicide – A Sustainable Strategy. In book: *Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives* Pages 159-181).
- Pacanowski, Z. (2015). Bioherbicides. In *Herbicides, Physiology of Action, and Safety*. IntechOpen. DOI: 10.5772/61528.

- Peng, G., and Byer, K. N. (2005). Interactions of *Pyricularia setariae* with herbicides for control of green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed technol.* 19:589-598.
- Peng, G., Wolf, T.M. (2008). Spray retention and its potential impact on bioherbicide efficacy. *Pest technol.* 2(2): 70-80.
- Peng, G., and Wolf T.M. (2011). Herbicide-microbial synergy for improved weed control. *Pest Technol.* 5(Special Edit.):18-27.
- Pitelli, R. A., Charudattan, R., and DeValerio, J. T.,(1998). Effect of *Alternaria cassiae*, *Pseudocercospora nigricans*, and soybean (*Glycine max*) planting density on the biological control of sicklepod (*Senna obtusifolia*). *Weed Technol.* 12:37-40.
- Ray, P., and Vijayachandran L. S. (2013). Evaluation of Indigenous Fungal Pathogens from Horse Purslane (*Trianthema portulacastrum*) for Their Relative Virulence and Host Range Assessments to Select a Potential Mycoherbicidal Agent *Weed Science.* 61:580–585
- Rayamajhi, M. B., Van, T. K., Pratt, P. D., and Center, T. D. (2006). Interactive association between *Puccinia psidii* and *Oxyops vitiosa*, two introduced natural enemies of *Melaleuca quinquenervia* in Florida. *Biol. Control* 37:56-67.
- Serim, A.T., Güzel, N.P., Türktekel, İ., (2015). Allelopatik bitki ekstraktları ile herbisitlerin beraber kullanımı. *Derim*, 32 (2): 225-236.
- Sharon, A., Amsellem, Z., and Gressel, J., (1992). Glyphosate suppression of an elicited defense response: Increased susceptibility of *Cassia obtusifolia* to a mycoherbicide. *Plant Physiology* 98:654-659.
- Walter, S., Taylor W., Falk S.P., J., Pető, K., Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 33: 243–255.
- Walker, H. L., and Tilley, A. M. (1997). Evaluation of an isolate of *Myrothecium verrucaria* from sicklepod (*Senna obtusifolia*) as a potential mycoherbicide. *Biol. Control* 10:104-111.
- Vurro, M., Boari, A., Pilgeram, A. L., and Sands, D. C. (2006). Exogenous amino acids inhibit seed germination and tubercle formation by *Orobancha ramosa* (Broomrape): Potential application for management of parasitic weeds. *Biol. Control* 36:258-265.
- Yandoc-Ables, C. B., Roskopf E. N., Charudattan, R., (2006). Plant Pathogens at Work: Progress and Possibilities for Weed Biocontrol Part 2: Improving Weed Control Efficacy. <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/WeedBiocontrolPart1.aspx>
- Yandoc C. B., Charudattan R., Shilling D., (2009). Suppression of cogongrass (*Imperata cylindrica*) by a bioherbicidal fungus and plant competition. *Weed Science* 52(Jul 2004):649-653
- Zidack, N. K., Tiourabaev, K., Pilgeram, A. L., Jacobsen, B. J., and Sands, D. C. (2001). Valine excreting isolate of *Pseudomonas syringae* pv. *tagetis* exhibits enhanced virulence against houndstongue (*Cynoglossum officinale*). *Phytopathology* 91:S100.

©Türkiye Herboloji Derneği, 2022

Geliş Tarihi/ Received: Temmuz/July, 2022
Kabul Tarihi/ Accepted: Aralık/December, 2022

To Cite : Budak I. and Işık D. (2022). The New Face of Biological Control : Bioherbicide. *Turk J Weed Sci*, 25(2):151-160.

Alıntı İçin: Budak İ. ve Işık D. (2022). Biyolojik Mücadelenin Yeni Yüzü : Biyoherbisitler. *Turk J Weed Sci*, 25(2):151-160.