

Arazi Koşullarında Bazı Kimyasal ve Biyolojik Ajanların *Heterobasidion annosum* s.l.' un Mücadelesinde Kullanım Olanakları

*H. Tuğba DOĞMUŞ-LEHTİJÄRVİ¹, A. Gülden ADAY²,
Funda OSKAY¹, Asko LEHTİJÄRVİ¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği Anabilim Dalı,
32260 Doğu Kampusü, Isparta

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenişarbademli MYO, Orman ve Orman Ürünleri Bölümü, Yenişarbademli, Isparta
*Sorumlu yazar: tugbadogmus@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 25.04.2012

Özet

Bu çalışmada, %30'luk üre solüsyonu, boraks tozu ve bir *Trichoderma harzianum* izolatu, *Abies nordmanniana* ssp. *bornmülleriana* dip kütükleri üzerine uygulanarak, *Heterobasidion annosum* s.l enfeksiyonunu engelleme yetenekleri açısından arazi koşullarında test edilmiştir. Her bir uygulama 20 tekerrürle temsil edilmiş olup, kontrol de dahil toplam 80 ağaç üzerinde çalışılmıştır. Kontrol olarak ayrılan dip kütüklerine herhangi bir işlem yapılmamıştır. Arazi denemesi Ekim 2008'de kurulmuş ve uygulamaların etkililiği, denemenin kurulduğu tarihten 6 ay sonra, uygulamaların gerçekleştirildiği dip kütüklerinden kesilen diskler üzerinde *H. annosum* s.l.' nun varlığına bakılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, üre, boraks ve *T.harzianum* uygulamalarının sırasıyla % 96.30, 75.75 ve 44.90 oranlarında koruyuculuk sağladığı görülmüştür. Bu çalışmada biyolojik mücadelede kullanılan antagonist, *H. annosum* s.l.'dan kaynaklanan enfeksiyonu engellemede test edilen kimyasallar kadar etkili bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler. Üre, annosum kök çürüklüğü, biyolojik mücadele, etkililik, boraks

Possible Usage of Some Biological and Chemical Agents to Control *Heterobasidion annosum* s.l Under Field Condition

Abstract

In this study, the efficacy of 30% aqueous urea solution, borax powder and spore suspensions of *Trichoderma harzianum* against natural infection of *Heterobasidion annosum* s.l on *Abies bornmülleriana* was tested in the field condition. For this purpose, 20 fresh stumps per treatments were treated with chemicals and antagonistic organism and 20 stumps were left as untreated controls. Totally 80 trees were cut for the field experiment. The treatments were applied in October, 2008 and stumps were sampled 6 months after treatments and discs cut were investigated for the presence of *H. annosum* s.l. The mean efficacies of the urea, borax and antagonist treatments were 96.30, 75.75 and 44.90% when compared with controls, respectively. Efficacy of biological control agent in the field was not found as much high as the tested chemicals.

Key words. Urea, annosum root rot, biological control, efficacy, borax

Giriş

Heterobasidion kompleksi içinde, konukçu isteklerine ve coğrafik yayılışlarına göre farklılık gösteren, özellikle koniferlerde kök ve alt gövde çürüklüğüne neden olan önemli türler bulunmaktadır (Korhonen ve Stenlid, 1998; Korhonen ve Stenlid, 2003). Bu türler, ormancılık faaliyetleri sırasında bir konukçudan diğerine kök kaynaşması yolu ile kolaylıkla geçebilmektedirler (Redfern ve Stenlid, 1998; Stenlid ve Redfern, 1998). Shea (1971), bu nedenle *Heterobasidion annosum* s.l (Fr.) Bref.'u, orman

içinde "insanoğlunun ayak izlerini takip eden fungus" olarak tanımlamaktadır.

Silvikültürel müdahaleler, yaralanmalar, rüzgar-kar kırıkları, ağaçların kesimden sonra alanda kalan dip kütükleri veya diğer kısımları, odun çürüklüğüne neden olan fungusların ağaca girişte kullandıkları en uygun giriş yollarıdır. Ağaçlarda meydana gelen yaralar insan veya hayvan kaynaklı olabileceği gibi, rüzgâr, kar, don gibi abiyotik faktörlerin etkisiyle de oluşabilir (Korhonen ve Stenlid, 1998; Redfern ve Stenlid, 1998; Stenlid ve Redfern, 1998). *Heterobasidion* kompleksi içinde yer alan türlerin uzun yıllar müdahale görmemiş

doğal orman ekosistemlerindeki zararı, işletme ormanlarına kıyasla daha düşük düzeydedir (Shaw ve ark., 1994; Doğmuş-Lehtijärvi, ve ark., 2006; Doğmuş- Lehtijärvi ve ark., 2007; Doğmuş- Lehtijärvi ve ark., 2008; Lehtijärvi ve ark., 2009). Dolayısıyla, ormanlarda doğal olarak bulunan ve yayılış gösteren *Heterobasidion* türlerinin zarar durumu, orman işletme faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir.

Hastalığın mücadelesinde günümüze kadar denenmiş çok sayıda yöntem ve bu yöntemlere konu olan biyolojik etmenler ve kimyasallar bulunmaktadır (Nicolotti ve ark., 1999; Varese ve ark., 2003). Hastalığa dayanıklı türlerin tercihi, kontrollü yakma, toprak fumigasyonu, dip kütüklerinin alandan uzaklaştırılması, aralama gibi silvikültürel müdahaleler hastalığı önleme adına uygulana gelen yöntemler arasındadır. Dünya geneline bakıldığında, en etkin mücadelenin, bazı kimyasal maddelerin ya da biyolojik etmenlerin ağaç kesiminin hemen ardından alanda kalan dip kütüklerine uygulanması şeklindeki profilaktik, yani koruyucu uygulamalarla sağlanabildiği görülmektedir (Pratt ve ark., 1998, Thor ve Stenlid, 2005; Tubby ve ark., 2008). Üstelik, kimyasal ve biyolojik kökenli uygulamaların diğer mücadele yöntemlerinden daha ekonomik olduğu da bildirilmektedir (Holdenrieder ve Greig, 1998).

Üre ve boraks gibi kimyasallar *H. annosum* s.l'ya karşı Avrupa ve Kuzey Amerika'da son 55 yıldır kullanılan en etkili kimyasallardır. Yapılan çalışmalar, çam dip kütükleri üzerinde %20'lik üre sulu çözeltisinin Finlandiya'dan İngiltere'ye, birçok ülkede *H. annosum* s.l' dan kaynaklanan enfeksiyonları önlemede başarılı bulunduğunu bildirmektedir (Johansson ve ark., 2002; Pratt ve Redfern, 2001, Vasiliauskas ve ark., 2004). Boraks daha az miktarda çözülebilen formu olan Boraks, Amerika Birleşik Devletleri'nde çam kütüklerinde etkili bulunmuştur. Ağaçların dip kütüklerine uygulanan toz formundaki boraks, reçineden dolayı daha iyi tutunduğu için reçine oranı fazla olan ağaç türlerinde daha yüksek başarı sağlamıştır (Pratt ve ark., 1998). Lloyd (1997), boraksın odun koruyucu olarak etki mekanizmasının Basidiomycetes üyesi fungusların metabolik

faaliyetlerini engelleme şeklinde çalıştığını ve bunun da borat anyonunun polihidrik alkol içeren fungal bileşiklerle etkileşime girerek, NAD⁺ gibi koenzimleri okside etmesi şeklinde olduğunu bildirmektedir. Uygulandıktan sonra kütük yüzeyinde hidrolize olan üre ise, pH' da artışa yol açarak, *Heterobasidion* türlerinin bu alanda yerleşmesini ve yaşamasını güçleştirmektedir (Pratt ve ark., 1998). Her iki kimyasal da günümüzde Amerika ve birçok Avrupa ülkesinde özellikle çam türleri üzerinde *Heterobasidion* kompleksine karşı etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Nicolotti ve ark., 1999; Varese ve ark., 2003; Thor, 2003).

Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği bölgenin ekolojik koşullarına bağlı olarak hastalıkla mücadelede sağlanan başarı farklılık göstermekle beraber, yapılan tüm masrafların elde edilen faydayı karşıladığı ve orman ekosistemi üzerinde en az zararlı olan mücadele yönteminin en uygun yöntem olduğu unutulmamalıdır. Bu bağlamda, kullanılmakta olan yöntemlerin kendi içlerinde avantaj ya da dezavantajları olsa da, bunlar arasında biyolojik yöntemlerin, çevre, insan ve diğer canlıların sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin yok denecek kadar az olması, biyolojik kontrolde kullanılan organizma ve metabolitlerinin ekolojik döngü içerisinde kendiliğinden parçalanıyor olması, bu yöntemi diğerlerine nazaran daha avantajlı kılmaktadır (Holdenreider ve Greig, 1998).

Birçok farklı mikroorganizma *H. annosum*'a antagonistik etkileri açısından denenmiştir. Ancak çoğu çalışmalar sadece laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiş, arazi koşullarındaki başarıları yeterince araştırılmamıştır (Holdenreider ve Greig, 1998). Bunlar arasında *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich hem laboratuvar hem arazi çalışmalarında test edilmiş ve hastalığı engellemede başarılı bulunmuş önemli bir antagonist türdür (Kallio ve Hallaksela, 1979; Capretti ve Mugnai, 1989; Korhonen ve ark., 1994; Holdenrieder ve Greig, 1998; Sicoli ve ark., 2001; Vasiliauskas ve ark., 2004; Korhonen, 2003; Berglund ve ark., 2005; Nicolotti ve Gonthier, 2005; Annesi ve ark., 2005; Tubby ve ark., 2008). Bunun yanında, *Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst, *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst.,

Resinicium bicolor (Alb. & Schwein.) Parmasto, *Hypholoma* spp., *Melanotus proteus* (Kalchbr.) Singer, *Armillaria* spp. (Berk.), *Trichoderma* spp. Pers. Ve *Scytalidium* spp. Pesante antagonistik aktivitesi bakımından denenen funguslar arasında yer almaktadır. Bunun yanında bazı bakteri ve virüslerin de *H. annosum*'u engelleyici etkileri üzerine çalışılmıştır (Holdenreider ve Greig, 1998. Lehtijärvi ve ark., 2012).

Gökmar türlerinde *Heterobasidion*'a karşı kimsiyal ya da biyolojik mücadele elemanlarının uygulanmasına yönelik çalışmalar çam ve ladin türleri üzerinde yapılan çalışmalara kıyasla çok daha azdır. Örneğin, dünyada, üre uygulamalarının *H. abietinum*'a karşı gökmar kütükleri üzerindeki etkinliğinin test edildiği ilk çalışma Lehtijärvi ve ark. (2011) tarafından *Abies cilicica* (Ant. & Kotsch.) Carr., üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde varlığı ve zararı daha önce yapılan çalışmalarda belirlenen *H. annosum* s.l (Doğmuş-Lehtijärvi ve ark., 2006; Doğmuş- Lehtijärvi ve ark., 2007; Doğmuş- Lehtijärvi ve ark., 2008; Lehtijärvi ve ark., 2009) 'un neden olduğu zararın önüne geçebilmek için en uygun mücadele yöntemlerinin araştırıldığı farklı ekolojik koşullarda gerçekleştirilen benzer bir çalışma Lehtijärvi ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu makaleye konu olan çalışmada ise, %30'luk üre solüsyonu, boraks tozu ve *Trichoderma harzianum* Rifai 'a ait bir izolat, Bolu Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında, *Abies nordmanniana* ssp. *bornmülleriana* (Steven) Spach. kütükleri üzerine havadan bulaşan *H. annosum* s.l enfeksiyonunu engelleme yetenekleri açısından arazi koşullarında test edilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Arazi çalışması, 2008 yılı Ekim ayında, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü, Ardıç İşletme Şefliği Sınırları içerisinde yer alan gökmar seçme işletme sınıfındaki 80 numaralı bölmede (31°27'26'' - 31°38'13'' Doğu ile 40°31'57'' - 40°37'11''kuzey, 1460 m rakımında) gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı

2005- 2014 amenajman planına göre, orta kapalılıkta ve hakim ağaç türü *Abies bornmülleriana* Matff. olan, kesim çağına gelmiş *Pinus sylvestris* L. bireylerinin de bulunduğu karışık bir meşceredir (GÇsd₂). Kesilen ağaçların göğüs yüksekliğindeki ve dip kütüğü seviyesindeki ortalama çapları sırasıyla 53 ve 51.2 cm'dir.

Bölgenin ortalama minimum ve maksimum sıcaklıkları sırasıyla 6.2°C ve 18.6°C, yıllık ortalama yağış miktarı da 450 mm'dir. Ekim 2007- Nisan 2008 arası ortalama yağmurlu günlerin sayısı 9 gün/ay olarak hesaplanmıştır. Denemenin kurulduğu Ekim ayında minimum ve maksimum sıcaklıklar sırasıyla 5.9°C ve 19.1°C olarak kayıt edilmiştir.

SDÜ Orman Fakültesi laboratuvarında bulunan ve daha önceki çalışmalarda (Doğmuş-Lehtijärvi ve ark., 2006; Doğmuş- Lehtijärvi ve ark., 2007; Doğmuş- Lehtijärvi, ve ark., 2008; Lehtijärvi ve ark., 2009) *Heterobasidion abietinum* (Niemelä & Korhonen) izolatlarına karşı etkili olduğu bilinen bir adet *T.harzianum* (Tr. Kar.07.05, *A. nordmanniana* orjinli) izolatı, *H. annosum* s.l'nun doğal enfeksiyonları karşısında gösterdiği antagonistik etkisi bakımından test edilirken, %30 üre (TEKKİM, Türkiye) sulu solüsyonu ve boraks tozu da (Sodyum tetraborat dekahidrat - Na₂B₄O₇, TEKKİM, Türkiye) fungusa karşı denenen kimyasal maddeler olarak arazi denemelerinde kullanılmıştır. Uygulamalar 0.5 l'lik el spreyi ile gerçekleştirilmiştir.

Toplamda 80 ağacın kesilerek biyolojik ve kimyasal uygulamaların gerçekleştirildiği denemelerde her bir uygulama 20 tekrür ile temsil edilmiştir. Bu arazi denemelerinde, kütüklere *Heterobasidion* yapay olarak inokule edilmemiş, kütükler doğal spor inokulasyonuna maruz bırakılmıştır.

Metot

Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Etmenlerin Dip Kütüklerine Uygulanışı

Kimyasal ve biyolojik mücadele etmenlerinin uygulanması, kesim işlemlerinin yürütüldüğü dönemde eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Rastgele kesilen ağaçların tamamıyla sağlıklı olanları biyolojik ve kimyasal uygulamalar için seçilmiştir. Uygulamalar, ağaçlar kesildikten

en fazla 1 saat içinde yapılmıştır. Kesilen ağaçların üzerlerindeki talaş fırça yardımıyla temizlenerek, her bir dip kütüğü numaralandırılmıştır. Dip kütüklerine uygulanacak kimyasallar (%30'luk üre solüsyonu ve Boraks tozu) ve biyolojik mücadele etmeninin (*T. harzianum*'un 10^6 konidi ml^{-1} 'lik spor süspansiyonu) miktarı kütüklerin yüzey alanları dikkate alınarak hesaplanmıştır (Berglund ve Rönnerberg, 2004).

T. harzianum' un 1 haftalık, 23 °C' da PDA (Patates Dekstroz Agar, Merck) besi ortamında geliştirilen saf kültürü, antagonist fungusun spor süspansiyonu (10^6 konidi ml^{-1}) eldesinde kullanılmıştır (Berglund ve ark., 2005). Spor süspansiyonu, arazi uygulanmasının hemen öncesinde hazırlanmıştır.

Sulu çözelti formunda uygulanan üre (% 30) arazide büyük fiçılar içerisinde hazırlanmıştır. Her bir kütük yüzeyinin alanı hesaplanarak, 0.1 ml cm^{-2} olacak şekilde kütüklerin üzerine el spreyi ile püskürtülmüştür (Nicolotti ve Gonthier 2005).

Toz halindeki boraks $0.01g\ cm^{-2}$ olacak şekilde tüm kütük yüzeyine serpilmiş ve ardından (Nicolotti ve Gonthier, 2005) el spreyi ile dip kütükleri üzerine çeşme suyu püskürtülerek kimyasalın kütük yüzeyine yapışması sağlanmıştır.

Biyolojik ve kimyasal uygulamaların ardından kütük yüzeyleri 3 gün süreyle su geçirmez naylon torbalarla sıkıca sarılmıştır (Pratt ve Redfern, 2001; Tubby vd., 2008). Bu şekilde kimyasal ve biyolojik mücadele etmenlerinin yağmur nedeniyle kütük yüzeyinden akması engellenmiştir.

Altı ay sonra, kontrol uygulamalar da dahil, tüm kimyasal ve biyolojik mücadelenin gerçekleştirildiği dip kütüklerinin üzerinden 2-3 cm kalınlığında bir parça kesilerek uzaklaştırılmış, kalanından alınan $2cm^2$ 'lik diskler arazide naylon torbalara koyularak laboratuara getirilmiştir. Bu diskler kabukları ile birlikte, fungal etmenin konidi oluşumunu teşvik etmek amacıyla, bir hafta boyunca $24^{\circ}C$ 'de inkubasyona tabi tutulmuştur. Bu sürenin sonunda, üzerinde $1cm^2$ 'lik karelerin bulunduğu şeffaf kâğıtlar disklerin üzerine sabitlenerek, stereo-mikroskop altında

konidioforların görüldüğü alanlar asetat kalemi ile şeffaf kâğıt üzerinde işaretlenmiştir (Korhonen, 2003). Bu alanların yüzölçümü diskin toplam yüz ölçümüne oranlanarak, % enfeksiyon ve uygulamaların pozitif (+) kontrol uygulamasına göre etkililikleri saptanmıştır.

Elde edilen veriler, SPSS istatistik programında, %5 güven sınırında analiz edilerek değerlendirilmiştir

Bulgular

Kimyasal ve biyolojik mücadele yöntemlerinin pozitif (+) kontrol uygulamasına göre etkililikleri ve *H. annosum*'un kontrol dahil tüm uygulamalarda disk üzerindeki kolonizasyonundan hesaplanan % enfeksiyonu Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. *Abies bornmüleriana* kütüklerinde kimyasal ve biyolojik mücadele yöntemlerinin kontrol uygulamalara göre etkililikleri

| Uygulamalar | Toplam birey sayısı | Enfekteli birey sayısı | <i>H. annosum</i> ile bulaşık disk alanı (cm^2) | Toplam disk alanı (cm^2) | Enfeksiyon (%) | Etkililik (%) |
|------------------------------|---------------------|------------------------|---|------------------------------|----------------|---------------|
| Boraks | 20 | 10 | 37.1 | 1561.1 | 50.00 be | 75.75 ab |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | 20 | 14 | 84.3 | 1415.8 | 70.00 b | 44.90 b |
| Üre | 20 | 5 | 5.65 | 1450.7 | 25.00 c | 96.30 a |
| Kontrol | 20 | 17 | 153 | 1162.5 | 85.00 a | - |
| Toplam | 80 | 46 | | | | |

Duncan testi sonucuna göre, biyolojik ve kimyasal mücadele etmenlerinin *H. annosum* s.l' tarafından oluşturulan enfeksiyonu engellemede istatistiki ($p < 0.05$) olarak birbirinden farklı bulunmuştur (Tablo 1).

Kontrol uygulamalarda % 85 düzeyinde görülen enfeksiyon, sırasıyla en fazla üre, boraks ve *T. harzianum* uygulamaları ile azaltılmıştır. En yüksek koruyuculuk % 96.30 ile üre uygulamasıyla sağlanmıştır (Tablo 1).

Tartışma ve Sonuç

H. annosum s.l'nun doğal enfeksiyonuna karşı biyolojik (*T. harzianum*) ve kimyasal (üre ve boraks) uygulamaların koruyuculuklarının belirlenmeye çalışıldığı

bu araştırmada, 20 adet kontrol dip kütüğünün 17 sinde fungal etmene rastlanmıştır. Bu yüksek enfeksiyon oranı biyolojik ve kimyasal uygulamaların etkinliğini belirlemede daha gerçekçi tahminler yapılabilmesine olanak sağlamaktadır (Pratt, 1988). Kimyasal ve biyolojik mücadele yöntemlerinin in vitro ve in vivo koşullarda patojenin yapay veya doğal inokulasyonları üzerine etkisinin denendiği birçok araştırma mevcuttur (Greig 1998; Thor ve Stenlid, 2005; Nicolotti ve Gonthier, 2005). Dip kütüklerinin yapay olarak hastalık etmeninin spor süspansiyonu ile bulaştırılması yoluyla gerçekleştirilen mücadele çalışmalarında, primer inokulum miktarının bilindiği ve bu inokulum tüm kütük yüzeyine homojen olarak uygulandığı için bu tür çalışmalar, doğal olarak patojenin inokulasyonuna bırakılanlara göre daha kontrollü kabul edilmektedir. Bunun yanında, doğal inokulasyonlar, patojenin ağaç üzerinde tür içi ve/veya türler arası çekişmenin gerçekleşmesini mümkün kılarken, yapay inokulasyonlarda koşullar buna daha kısıtlı ölçüde müdahale etmektedir. Dolayısıyla, doğal inokulasyon sonucunda elde edilen kimyasal ya da biyolojik temelli başarı, türler arası ilişkiyi olduğu gibi yansıttığından diğerinden daha değerli ve gerçekçi görülmektedir. Bu çalışmada da elde edilen başarı, tamamıyla kütük üzerinde gerçekleşen doğal çekişmenin bir sonucudur.

Lehtijärvi ve ark., (2011) tarafından *Abies cilicica* (Carr.) dip kütükleri üzerinde yapılmış bir diğer çalışmadan elde edilen sonuçlar da, bu çalışmaya benzer şekilde, denenen biyolojik ve kimyasal uygulamaların kontrol uygulamalardan istatistikî olarak farklı olduğunu göstermektedir. Lehtijärvi ve ark. tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada ilk kez *H. abietinum* yapay olarak *A. cilicica* kütükleri üzerine verilerek, boraks, üre, *T. harzianum* ve *P. gigantea*'nin hastalık etmeni üzerinde engelleyici etkisi belirlenmiştir (Lehtijärvi ve ark., 2011). Yapılan bu arazi denemesinde üre ve boraks uygulamaları aynı Lehtijärvi ve ark., (2011)'de olduğu gibi *T. harzianum* uygulamasından daha yüksek koruyuculuk sağlamıştır. Göknar türleri dışında *Picea abies* L. kütükleri üzerinde Nicolotti ve Gonthier (2005) tarafından yapılan bir diğer arazi çalışmasında, boraksın

%87 oranında başarı sağladığına dikkat çekilmektedir. Söz konusu bu çalışmada ise boraks kontrol uygulamalar karşısında %75.75 koruyuculuk sağlamıştır (Tablo 1). Nicolotti ve Gonthier (2005) çalışmalarında, %30'lık üre uygulamasını, bu araştırmadaki kadar etkili bulmuşlardır. Ancak İsveç'te benzeri bir araştırmada kullanılan %35'lik üre solüsyonunun, patojen üzerindeki etkisi daha az olmuştur (Thor ve Stenlid, 2005).

Genel olarak bakıldığında, ürenin konifer ağaç türleri üzerinde *Heterobasidion* kompleksine karşı sağladığı başarı düzeyleri birbirine yakın görülmektedir (Pratt, 1998). Yapılan çalışmalar ürenin %17-35 konsantrasyonlarda kullanıldığında etkili olduğunu göstermektedir. Bununla beraber, çam kütüklerinde daha düşük, diğer konifer türlerde daha yüksek konsantrasyonlara ihtiyaç duyulduğu da belirtilmektedir (Pratt, 1998). Bu farklılıkların muhtemelen, taze kütük yüzeyinde üreyi hidrolize eden enzimlerin ağaç türlerinde farklı seviyelerde oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ürenin hidrolizi, kütük yüzeyi üzerinde pH'nın artışına yol açarak, *Heterobasidion* türlerinin bu alanda yerleşmesini ve yaşamasını güçleştirmektedir. Hidroliz olayı en etkin olarak diri odunda gerçekleştiği için, üre uygulamasının etkililiğinin de en fazla genç meşcerelerde, enfeksiyonun çoğunlukla diri odun aracılığıyla gerçekleştiği durumda sağlandığı görülmektedir (Pratt, 1998; Johansson ve ark., 2002).

Trichoderma türlerinin laboratuvar koşullarında *Heterobasidion* üzerinde antagonistik etkisi bilinmekle beraber, bu türlerle yapılan arazi denemeleri fazla değildir ve elde edilen sonuçlar birbirini tutmamaktadır (Holdenrieder ve Greig, 1998). Örneğin, Kallio ve Hallaksea (1979) *Trichoderma viride* Pers. ex Gray uygulamasıyla *H. annosum*'un *P. abies* kütüklerindeki kolonizasyonunu kontrole göre %80 azaltmıştır. Bunun aksi sonuçlar Berglund ve ark., (2005) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada elde edilmiş olup, *Trichoderma polysporum* (Link ex Pers.) Rifai ve *T. harzianum*'dan oluşan spor konsantrasyonu, ayrı ayrı ve bir arada kullanıldığında sadece %15–19 arasında bir koruyuculuk sağlamıştır. Bir başka

çalışmada, *Trichoderma polysporum* (Link) Rifai (Holdenrieder, 1984) ve *T. harzianum* (Holdenrieder 1984, Nicolotti ve ark., 1999), *H. annosum*'un gelişimi üzerine düşük oranda baskılayıcı bulunmuşlardır. Capretti ve Mugnai (1989) yukarıda adı geçen üç antagonist *Trichoderma* türünü *Abies alba* Mill. kütüklerinde patojene karşı test etmişler ve elde edilen başarının yaklaşık %70-85 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer taraftan, Sicoli ve ark. (2001), aynı konukçuda *Trichoderma viride* Schumach. spor süspansiyonunu uygulaması ile *H. abietinum*'a karşı kayda değer bir başarı elde edememişlerdir. Yapılan bu çalışmada, *H. annosum* s.l' nun kolonizasyonu Nicolotti ve arkadaşları (1999) ile Berglund ve arkadaşları (2005) ile kıyaslandığında, *T. harzianum* tarafından 2 kat daha fazla engellediği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, kimyasal uygulamalar, *H. annosum*'un üzerinde oldukça etkili bulunmuştur ve fungal etmenin kütük yüzeyine yerleşimi ve gelişimi farklı oranlarda engellenmiştir. Dolayısıyla alınan sonuçlar bu kimyasalların arazi koşullarında *A. bornmülleriana* üzerinde hastalığı önlemede kullanılabilmesine işaret etmektedir. Biyolojik mücadelede kullanılan *T. harzianum* çalışmamızda her ne kadar başarılı bulduysa da, kimyasal uygulamalar karşısında koruyuculuğu daha düşük seviyede kalmıştır (Tablo 1). Bu antagonistin daha etkili kullanılması, daha fazla sayıda antagonistik izolatların denenmesi ile mümkün olabilir. Bunun yanında biyolojik kontrol etmenlerini kullanırken, hedeflenmeyen diğer organizmaların da etkilenebileceği ve bunun biyoçeşitlilik açısından uzun vadede bir tehdit yaratabileceği de göz önünde tutulmalıdır (Holdenrieder ve Greig, 1998). Örneğin üre uygulamasının, Ascomycetes ve Deuteromycetes sınıfı üyelerin kolonizasyonunu arttırdığı, bunun yanında Zygomycet ve Basidiomycet üyeleri üzerinde baskılayıcı etkide bulunduğu yapılan araştırmalarda ortaya koyulmuştur (Vasiliaskas ve ark., 2004). Benzer şekilde, *T. harzianum*' un Kuzey İtalya'da *P. abies* üzerindeki fungal florayı önemli ölçüde azalttığı ve bu etkinin de kalıcı olduğu bildirilmektedir (Varese ve ark., 2003). Bir

çok ülkede gerçekleştirilen araştırmalar, *Heterobasidion* türleri üzerinde denenen tüm antagonistler arasında doğal flora üzerinde en az tahribatı olan antagonistin *P. gigantea* olduğunu göstermektedir (Vasiliaskas ve ark., 2004). Dolayısıyla özellikle orman ekosistemi gibi doğal ekosistemlerde, herhangi bir hastalık etmeninin mücadelesinde, kuracağımız ya da bozacağımız ilişkiler zincirini en makul şekilde değerlendirmek, uygulamaya aktarma noktasında çevre ve insan sağlığı üzerine en risksiz olanını seçmek en önemli hedefimiz olmalıdır.

Teşekkür

Çalışmamızı destekleyen TÜBİTAK-TOVAG (104-O-560 Kariyer Projesi)'a ve arazi çalışmalarında bize her türlü yardımı sağlayan Bolu Orman Bölge Müdürlüğüne ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Annesi, T., Curcio, G., D-Amico, L., Motta, E., 2005. Biological control of *Heterobasidion annosum* on *Pinus pinea* by *Phlebiopsis gigantea*. For. Pathol. 35, 127–134.

Berglund, M., Rönnberg, J., 2004. Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. For. Pathol. 34, 233–243.

Berglund, M., Rönnberg, J., Holmer, L., Stenlid, J., 2005. Comparison of five strains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spore infections on Norway spruce stumps. Scand. J. For. Res. 20, 12–17.

Capretti, P., Mugnai, L., 1989. Biological control of *Heterobasidion annosum* in silver fir (*Abies alba* Mill.) stands. In: Proc. 7th Int. Conf. Root and Butt Rots, Vernon and Victoria, British Columbia, Canada, August 9–16, 1988. Ed. by Morrison, D.J. Victoria, British Columbia, Canada. Forestry Canada, Pacific Forestry Center, pp. 277–287.

Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2006. *Heterobasidion abietinum* on *Abies* species in western Turkey. For. Pathol. 36, 280–286.

Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2007. *Heterobasidion* on *Abies nordmanniana* in north-eastern Turkey. For. Pathol. 37, 387–390.

Doğmuş, -Lehtijärvi, H. T. Lehtijärvi, A., Oskay, F., Aday, A. G., Karadeniz, M., 2008.

Annosum kök ve alt gövde çürüklüğünün *Abies bornmülleriana* ve *Abies cilicica* meşcerelerinde yoğunluğunun belirlenmesi. Artvin Çoruh University, Faculty of Forestry Journal 9, 111–120. (in Turkish, English abstract).

Greig, B. J. W., 1998. Field Recognition and Diagnosis of *Heterobasidion annosum*. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (Eds), *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*, CAB International, Wallingford, UK, pp. 35-41.

Holdenrieder, O., Greig, B. J.W., 1998. Biological methods of control. In. *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. Ed. By Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. Wallingford, New York. CAB International, pp. 235–258.

Johansson, S. M., Pratt, J. E., Asiegbu, F. O., 2002. Treatment of Norway spruce and Scots pine stumps with urea against the root and butt rot fungus *Heterobasidion annosum*– possible modes of action. For. Ecol. Manage. 157, 87–100.

Kallio, T., Hallaksela, A.M., 1979. Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.). Bref. (*Fomes annosus*) in Finland. Eur. J. For. Pathol. 9, 298–308.

Korhonen, K., 2003. Simulated stump treatment experiments for monitoring the efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* infection. In. Root and butt rots of forest trees. Proc. 10th Int. Conf. Root and Butt Rots. Quebec-city, Canada, 16–22 September 2001. Ed. by

Korhonen, K., Stenlid, J., 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. In. *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. Ed. By Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. Wallingford, New York. CAB International, pp. 43–70.

Korhonen, K., Lipponen, K., Bendz, M., Johansson, M., Ryen, I., Venn, K., Seiskari, P., Niemi, M., 1994. Control of *Heterobasidion annosum* by stump treatment with _Rotstop_, a new commercial formulation of *Phlebiopsis gigantea*. In. Proc. 8th Int. Conf. Root and Butt Rots, Wik, Sweden and Haikko, Finland, August 9–16, 1993. Ed. by Johansson, M., Stenlid, J. Uppsala. Swed. Univ. Agric. Sci, pp. 675–683.

Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Aday, A.G., 2009. Turkish *Heterobasidion abietinum* pathogenic to inoculated *Abies nordmanniana* ssp. *Nordmanniana* and ssp. *bornmülleriana*. For. Pathol. 39, 200–209.

Lehtijärvi A., Doğmuş- Lehtijärvi, T., Aday, A.G., Oskay, F., 2011. The efficacy of selected biological and chemical control agents against *Heterobasidion abietinum* on *Abies cilicica*. Forest Pathology, 41. 470-476. Published on line

13rd of December. DOI. 10.1111/j.1439-0329.2010.00705.x.

Lloyd, J.D. 1997. Borates and their biological applications. In: Proceedings of the second international conference on wood protection with diffusible preservative and pesticides, Mobile, Alabama, November 6-8, 1996. Forest products society, Maddison, pp. 45-54.

Nicolotti, G., Gonthier, P., 2005. Stump treatment against *Heterobasidion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemicals in *Picea abies* stands in the western Alps. For. Pathol. 35, 365–374.

Nicolotti, G., Gonthier, P., Varese, G. C., 1999. Effectiveness of some biocontrol and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on Norway spruce stumps. Eur. J. For. Pathol. 29, 339–346.

Pratt, J. E., Redfern, D. B., 2001. Infection of Sitka spruce stumps by spores of *Heterobasidion annosum*. control by means of urea. Forestry 74, 73–78.

Pratt, J. E., Johansson, M., Hüttermann, A., 1998. Chemical control of *Heterobasidion annosum*. In. *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. Ed. by Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. Wallingford, New York. CAB International, pp. 259–282 R Development Core Team 2008. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://R-project.org>.

Redfern, D. B., Stenlid, J., 1998. Spore dispersal and infection. In. *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. Ed. By Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. Wallingford, New York. CAB International, pp. 105–124.

Shaw, D., Edmonds, R., Littke, W., Browning, J., Russell, K. and Driver, C., 1994. Influence of forest management on annosus root disease in coastal western hemlock, Washington State, USA. In: Johansson, M. & Stenlid, J. (eds.), Proceedings of the 8th Int. Conf. On Root and Butt Rots, Sweden and Finland, Aug. 9-16, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. pp. 646-655. ISBN 91-576-4803-4.

Shea, K.R., 1971. Disease and insect activity in relation to intensive culture of forests. p. 109-118. In Proc. of the 15th International Union of Forest Research Organizations, Sec. t. 32.

Sicoli, G., Trigona, L., Luisi, N., Mannerucci, F., 2001. Preliminary results using biological control against *Heterobasidion annosum* on silver fir in southern Italy. In. Root and Butt Rots of Forest Trees. Proc. 10th Int. Conf. Root and Butt

Rots. Quebec-city, Canada, 16–22 September 2001. Ed. by Laflamme, G., Be´rube´, J. A., Bussie`res, G. Sainte-Foy, Quebec, Canada. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, pp. 211–215.

Stenlid, J., Redfern, D. B., 1998. Spread within the tree and stand. In. *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. Ed. By Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. Wallingford, New York. CAB International, pp. 125–141.

Thor, M., 2003: Operational stump treatment against *Heterobasidion annosum* in European forestry - current situation. In: Root and Butt Rots of Forest Trees (Proc. 10th Int. Conf. on Root and Butt Rots, Que´bec City, September 16–22, 2001). Ed. By Laflamme, G.; Berube, J. A.; Bussieres, G. Sainte-Foy, Que´bec: Laurentian Forestry Centre, Information Report LAU-X-126, pp. 170–175.

Thor, M., Stenlid, J., 2005. *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment. Scand. J. For. Res. 20, 154–164.

Tubby, K. V., Scott, D., Webber, J. F., 2008. Relationship between stump treatment coverage using the biological control product PG Suspension, and control of *Heterobasidion annosum* on Corsican pine, *Pinus nigrassp. laricio*. For. Pathol. 38, 37–46.

Varese, G. C., Gonthier, P., Nicolotti, G., 2003. Long-term effects on other fungi are studied in biological and chemical stump treatments in the fight against *Heterobasidion annosum* coll. Mycologia 95, 379–387.

Vasiliauskas, R., Lygis, V., Thor, M., Stenlid, J., 2004. Impact of biological (Rotstop) and chemical (urea) treatments on fungal community structure in freshly cut *Picea abies* stumps. Biol. Control 31, 405–413.