

Orijinal araştırma (Original article)

Domateste zararlı *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae)'a karşı hümik maddelerle karıştırılarak uygulanan bazı insektisitlerin biyolojik etkinliği ve parçalanma sürecindeki değişimler¹

Changes on biological effect and degradation duration of some insecticides mixed with humic matter used against *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae)] on tomato

Canan YILMAZ²

Enver DURMUŞOĞLU^{2*}

Summary

In greenhouse tomato grow; growers mostly prefer to use chemical application against Greenhouse whitefly [*Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae)] and to increase yield, Humic matter (HM) application is preferred together with pesticide applications. However, some indications have been found on effect of HM while applied as mix with pesticides into pesticide performance and pesticide degradation duration. For that reason research has been done between 2009-2011 to determinate changes on efficiency against Greenhouse whitefly, effect period and leaf residue degradation process of selected insecticides, applied as foliar and soil together with HM. Alone application of HM, both as foliar and soil application, was not effective against Greenhouse whitefly, but performance of imidacloprid and pymetrozine has increased in mix application of fulvic acid (FA). When changes on degradation process of HM and insecticide mixture in application tank were investigated, important difference was not determinate. Foliar and sole applied of imidacloprid residue level was higher than imidacloprid application, which was applied as foliar and mixed with both HM and it was seen that HM accelerated degradation process of active matter. When imidacloprid was applied into the soil together with FA, uptake of it by the plant was increased and extended of degradation by slowing down process. In contrast to FA, the mixture of imidacloprid and HA application into the soil, active matter transport was delay consequently acceleration on degradation process in leaves. As a conclusion, it was determinates that mixture of pesticides with HM, may cause effects on both organism and residue degradation process on plants, and that may vary depends on HM content and pesticide chemical characteristic.

Key words: Humic materials, Greenhouse white fly, biological effect, residue, degradation

Özet

Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde önemli ekonomik kayıplara neden olan Sera beyazsineği [*Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae)] ile mücadelede uygulama kolaylığı ve etkinliği nedeniyle üreticiler genelde kimyasal savaş, verimi arttırmak amacıyla ise sıkça uyguladıkları hümik maddeler (HM)'ile pestisitleri beraber kullanmayı tercih etmektedirler. Ancak, HM'in pestisit performansına ve pestisitlerin parçalanma sürecine etki edebileceğine dair bazı çalışmalara rastlanmıştır. Bu nedenle, 2009-2011 yılları arasında yürütülen bu çalışma kapsamında, Sera beyazsineği'ne karşı tavsiye edilen ve yoğun kullanılan insektisitlerden bazılarının HM ile karışım halinde, hem yapraktan hem de topraktan uygulanması durumunda, insektisitlerin zararlı üzerindeki etkisi ile etki süresi ve yapraklardaki kalıntılarının parçalanma sürecindeki değişimleri araştırılmıştır. Hem yapraktan hem de topraktan uygulanan HM'in tek başlarına Sera beyazsineği'ne etkili olmadıkları, ancak fülvik asit (FA) ile karışım halinde uygulanan imidacloprid ve pymetrozinenin performansının arttığı görülmüştür. HM ve ilaç karışımlarının ilaçlama aletinin tankındaki parçalanma süreci incelendiğinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Yapraktan tek başına uygulanan imidaclopridin kalıntıları, her iki HM ile karışım halinde uygulanmasına göre daha yüksek olmuş ve HM'in söz konusu aktif maddenin parçalanma sürecini hızlandırdığı görülmüştür. Imidaclopridin fülvik asit (FA) ile karışım halinde topraktan uygulanması durumunda ise, aktif maddenin bitki tarafından alınımı hızlanmış ve parçalanma süreci yavaşlayarak uzamıştır. Imidaclopridin hümik asit (HA) ile karışım halinde topraktan uygulanması durumunda, aktif maddenin yapraklara taşınmasında gecikme ve dolayısıyla parçalanma sürecinde de hızlanma görülmüştür. Sonuç olarak, HM ile karışım halinde uygulanan pestisitlerin hem hedef organizmaya etkisinde, hem de bitkilerdeki kalıntılarının parçalanma sürecinde değişime neden olabileceği, bunun HM içeriğine ve pestisit kimyasal özelliğine göre farklılık gösterebileceği tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Hümik maddeler, Sera beyazsineği, biyolojik etkinlik, kalıntı, parçalanma süreci

¹ Bu çalışma, TÜBİTAK (109O477 nolu proje) ve EBİLTEM (2009-BİL-031 nolu proje) tarafından desteklenen, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalında kabul edilen doktora tezinin bir bölümüdür

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 35100 Bornova, İzmir

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: envdrm@gmail.com

Alınış (Received): 09.03.2012

Kabul ediliş (Accepted): 02.04.2012

Giriş

Domates, dünyada en çok tüketilen tarım ürünlerinin başında gelmektedir. Türkiye'de yaklaşık 300 bin ha alanda yaklaşık 11 milyon ton domates üretilmektedir (FAO, 2008). Örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde üretim miktarı açısından domates %51 ile ilk sırayı almaktadır (Sevgican, 2002).

Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde en sık rastlanan ve önemli ekonomik kayıplara neden olan başlıca zararlılar arasında; beyazsinekler [*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)] gelmektedir. Zararlıyla mücadelede birçok yöntem başarıyla uygulansa da, uygulama kolaylığı ve yüksek etkinliği nedeniyle üreticiler en çok kimyasal savaşı tercih etmektedirler. Kimyasal savaşta kullanılan preparatlar genelde gübrelerle birlikte kullanılmakta olup bu gübrelerden biri de hümik maddeler (HM)'dir.

Pek çok meyve ve sebze üretiminde olduğu gibi örtüaltı domates yetiştiriciliğinde de verimi arttırmak amacıyla HM'in kullanımı oldukça yaygındır. Klasik tanıma göre HM, toprakta doğal olarak oluşan, dayanıklı, büyük moleküler yapıda olan, sarıdan-siyaha kadar renkte organik maddelerdir. HM kompleks organik bileşiklerin karışımından oluşmakta ve genel olarak suda çözünürlüklerine göre hümik asit (HA), fülvik asit (FA) ve hümin olmak üzere üç temel yapı içermektedir (Aiken et al., 1985). HM doğada hayvan gübresi, arıtma çamuru, linyit kömürü ve leonardit gibi birçok farklı kaynaktan elde edilebilse de HA oranı en yüksek olan kaynak, leonardittir. Tarımda kullanılan HA, leonarditin potasyumhikroksit gibi bir katyonla ekstrakte edilmesi sonucunda oluşmaktadır. Dolayısıyla bu ürünlere, potasyum humat adı da verilmektedir. Ticari olarak HA organik gübre kategorisinde, granül, toz ve sıvı formda piyasada satılmaktadır (TUGEM, 2004). Pek çok bitkide olduğu gibi domates bitkisi üzerinde de HA preparatlarının tohum çimlenmesine (Türkmen et al., 2004), köklenmeye (Hartwigson & Evans, 2000; Thi Lua & Böhme, 2001), bitki gelişimine (Adani et al., 1998), ürün kalite ve verimine (Padem & Öcal, 1999; Dhanasekaran & Bhuvaneswari, 2005; Loffredo et al., 2005) olumlu etkileri yanında bazı besin elementlerinin alınımında da (Günaydın, 1999; Abdel-Mawgoud et al., 2007) artışlara neden oldukları yönünde çok sayıda çalışmaya rastlanılmaktadır.

Üreticiler pratikte, zaman ve işçilikten tasarruf amacıyla HM ile pestisitleri birlikte uygulamayı tercih etmektedirler. Ancak bazı araştırma sonuçları, karıştırılarak uygulanan HM ve pestisitler arasında bir etkileşim olduğunu göstermektedir. Nitekim Benson & Long (1991), ekosistemde bulunan HA'lerin organik fosforlu ve karbamatlı insektisitlerin akut toksisitelerinde değişime neden olabileceğini, araştırmalarında azinophos-methyl, chlorpyrifos ve carbofuran toksisitesinde azalış, methyl parathion ve carbaryl toksisitesinde ise artış saptandığını bildirmektedirler. Benzer şekilde Ortego & Benson (1992), HM'in sentetik pyretroid gurubundan fenvelerate ve permethrin etkili maddeli insektisitlerin akut toksisitelerinde azalmaya neden olduğunu bildirmektedirler. Prosen et al. (2002) ise yaptıkları bir araştırmada su süspansiyonunda organik klorlu insektisitlerden lindan, heptaklor ve dieldrinin HA ile bağlandıkları ve bazı degradasyon ürünleri oluştuğunu tespit etmişlerdir. Diğer yandan, HM'in sadece pestisitler üzerinde değil, aynı zamanda mikroorganizmalar üzerinde de etkili olabileceğine dair bazı çalışmalara rastlanılmaktadır. Örneğin Steinberg et al. (2002), hormon benzeri aktivitelerinden yola çıkarak, HM'in *Caenorhabditis elegans* Maupas (Rhabditida: Rhabditidae) isimli nematodun üremesi üzerinde bir etkisinin olduğunu göstermişlerdir. Nematodlar üzerinde yapılan bir diğer araştırmada ise kök diplerine %0.4 dozunda yapılan HA uygulamasının *Meloidogyne incognita* Kofoid & White (Tylenchida: Heteroderidae) ile bulaşık domateslerde, gal oluşumunda ve topraktaki nematod populasyonunda azalmaya neden olurken, domates gelişimine olumlu etkide olduğunu bildirilmektedir (Saravanapriya & Subramanian, 2005). Öte yandan, Campagna & Brignoli (2005), *Cercospora beticola* Sacc. (Capnodiales: Mycosphaerellaceae)'ya karşı HM'le karıştırılarak uygulanan bazı fungusitlerin bitki içine girişine, bitki içinde taşınmasına, fungusit

damlalarının yayılması ve yapışmasına olumlu etki sağladığını ve etmenin daha iyi bir şekilde kontrol edildiğini bildirmektedirler.

Yukarıda ifade edilen bulgular, beyazsinekle kimyasal savaşta kullanılan insektisitlerin sıkça HM'le birlikte uygulandıklarını, ancak bu karışımların, insektisitlerin biyolojik etkinlik ve kimyasal yapıları üzerinde bir değişikliğe neden olup olmadığı konusunda net bilgilerin bulunmadığını göstermektedir. Diğer yandan, Beyazsinekler için önerilen ilaçların hem oldukça çeşitli gruplardan olması, hem de uygulamalarının doğrudan yeşil aksama püskürtme veya damla sulama ile yapılabildiği dikkate alındığında, HM ile karışım halinde uygulanan insektisitlerin parçalanma sürecinde bir değişim olup olmadığının bilinmesini son derece anlamlı kılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı çalışmada, örtüaltı domates yetiştiriciliğinde Sera beyazsineği'ne karşı tavsiye edilen insektisitlerden bazılarının HM ile karışım halinde uygulandıktan sonra, insektisitlerin zararlı üzerindeki etkisi ve etki süresi ile parçalanma süresindeki olası değişimlerin saptanması hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyalini domates (*Lycopersicon esculentum* Miller), Sera beyazsineği [*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae)], bazı insektisitler [Acetamiprid (Mospilan[®], Sumitomo), Imidacloprid (Confidor[®], Bayer) ve Pymetrozine (Plenum[®], Syngenta)] ve bazı HM [HA oranı yüksek Powhumus[®] ve FA oranı yüksek Fulvital[®] (Humintech)] oluşturmaktadır.

Domates bitkileri ve Sera beyazsineği'nin üretimi

Biyolojik etkinlik denemeleri için laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere, domates bitkileri (Orient çeşidi, Nunhems Tohumculuk Limited Şirketi, Antalya) ve Sera beyazsineği 2009-2011 yılları arasında, 25 ± 1 °C sıcaklık, 65 ± 5 orantılı nem ve 16:8 saat (aydınlık: karanlık) ışıklandırma koşullarının olduğu iklim odalarında yetiştirilmiştir. İklim odalarında 25-30 cm boya ulaşmaya kadar tutulan domates bitkileri üzerine, İzmir'deki domates seralarından toplanarak laboratuvara getirilen Sera beyazsineği ile bulaşık yapraklar, temiz bitkilerin üzerine bırakılmış ve üretilmişlerdir. HM ile karışım halinde uygulanan insektisitlerin parçalanma sürecindeki olası değişimin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar, 2009 yılında Kemalpaşa (İzmir)'daki bir serada İkrım çeşidi (Nunhems Tohumculuk Limited Şirketi, Antalya) domates bitkileri üzerinde, üretici koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Yapraktan uygulanan ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişiminin belirlenmesi

Yapraktan yapılacak uygulama ile ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişiminin belirlenmesi için; laboratuvarında yetiştirilmiş domates bitkilerinin Sera beyazsineği ile bulaşık yaprakları kesilmiş, sayım sırasında kolaylık olması için, mikroskop yardımı ile yaprak üzerinde uygun dönemdeki nimflerin etrafı uygun bir kalem ile çember içine alınarak 10 adet 2. dönem nimf işaretlenmiş ve diğer bireyler uygulamanın yapılacağı bu yapraklardan uzaklaştırılmıştır. Üzerinde 10'ar nimf bırakılan yapraklara iki insektisit ve iki HM preparatı hem tek başlarına hem de karışım olarak hazırlanan solüsyonlara 3 saniye daldırılarak uygulanmıştır. Bu amaçla, kontrol için sadece saf su, HM preparatları etiket bilgileri dikkate alınarak 25 g/100 L su, imidacloprid içeren insektisit 30 ml/100 L su, pymetrozine içeren insektisit 60 g/100 L su dozunda kullanılmıştır. Sonra bu yapraklar kurutma kağıdı üzerine alınmış ve kurumaları için 30 dakika bekletilmiştir. Yapraklar daha sonra içerisinde nemli pamuk bulunan petrilere yaprak sapı nemli pamuk arasına girecek şekilde yerleştirilmiştir. Böylece uygulama yapılmış yaprak ve üzerindeki nimflerin olabildiğince uzun süre canlı kalmaları sağlanmıştır. Denemeler

laboratuvar koşullarında 9 karakterli ve 5 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Solüsyonların uygulanmasından 3, 7 ve 14 gün sonra stereo binoküler mikroskop yardımı ile canlı nimfler sayılarak kaydedilmiştir. Denemelerden elde edilen veriler SPSS programında tek yönlü varyans analizi yapılarak değerlendirilmiş ($P>0.05$), uygulamalar arasındaki farklar da Tukey HSD testiyle belirlenmiştir. Uygulama solüsyonlarının zararlıya etkisi ise Abbott formülü ile hesaplanmıştır.

Topraktan uygulanan ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişiminin belirlenmesi

Topraktan yapılacak uygulama ile ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişimin belirlenmesi için; laboratuvarda yetiştirilen domates bitkilerinden zararlıyla yeterince bulaşık olanları seçilmiş, bu bitkilerin bazı yaprakları koparılmadan, önceki bölümde açıklandığı gibi, üzerinde 10'ar nimf bırakılarak işaretlenmiştir. Bu bitkilerin bulunduğu saksılara, sistemik etkiye sahip olan imidacloprid aktif maddeli preparat ve iki HM preparatı hem tek başlarına hem de karışım olarak uygulanmıştır. Bu amaçla, imidacloprid damla sulama sisteminde 100 ml/da dozunda tavsiye edildiğinden ve dekarda yaklaşık olarak 2500 bitki olduğu varsayılarak (Tüzel et al., 2010) uygulama dozu imidacloprid için 0,04 ml/bitki olacak şekilde hesaplanmıştır. Aynı şekilde, HA içeriği yüksek olan preparat için 0,08 g/bitki (200 g/da) ve FA içeriği yüksek olan preparat için 0,10 g/bitki dozu (250 g/da) hesaplanmıştır. Laboratuvar koşullarında saksıda yetiştirilen yaklaşık 30 cm boyunda olan bir domates bitkisi için, hem kök bölgesinin iyice ıslanması hem de iki günlük su ihtiyacını karşılayabilmesi için, 100 ml suyun yeterli olacağı tespit edilmiştir. Bu verilerden hareketle hazırlanmış solüsyonlardan her bir saksıya 100 ml olacak şekilde (bitki başına doz/100 ml su) uygulanmıştır. Kontrol için sadece saf su kullanılmıştır. Bu denemeler laboratuvar koşullarında 6 karakter ve 5 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme deseninde kurulmuştur. Hazırlanan solüsyonların topraktan uygulanmalarından sonra imidacloprid aktif maddesinin bitkilere tam olarak ulaşabilmesi için 7 gün beklenmiş ve daha sonra, önceden işaretlenmiş yapraklar kesilip alınarak, cam petripler içerisine önceki bölümde açıklandığı gibi yerleştirilmiş, yapraklar üzerindeki canlı nimfler uygulamadan 7, 14 ve 21 gün sonra sayılarak kaydedilmiştir. Denemelerden elde edilen veriler SPSS programında tek yönlü varyans analizi yapılarak değerlendirilmiş ($P>0.05$), uygulamalar arasındaki farklar da Tukey HSD testiyle belirlenmiştir. Uygulama solüsyonlarının zararlıya etkisi ise Abbott formülü ile hesaplanmıştır.

İlaç ve hümik madde karışımlarının parçalanma süresindeki değişimin belirlenmesi

Tüm kromatografik analizlerde olduğu gibi, ilaçların parçalanma süresindeki değişimin belirlenmesinden önce de, kalıntı analizlerinin yapılacağı cihazda kalibrasyonun ve ekstraksiyon yönteminin geri kazanım performansı belirlenmiştir.

Kalibrasyon çalışmaları

Denemelere ait örneklerin analiz edileceği cihazda yürütülmesi gereken kalibrasyon çalışmaları, her bir aktif madde için ölçüm aralığı da dikkate alınarak Çizelge 1'deki gibi 5 farklı noktada yürütülmüştür. Kromatografik analizler Agilent 6460 Triple Quad LC-MS/MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz ve çalışma koşullarına ait bilgiler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Geri kazanım çalışmaları

2009 yılı Mayıs-Eylül ayları arasında serada yetiştirilen domateslerin ilaçlanmamış parsellerinden alınan yaprak örnekleri ile 2010 yılı Ocak-Mart ayları arasında gerçekleştirilen geri kazanım çalışmaları, acetamiprid için 10, 50 ve 100 ppb, imidacloprid için 10, 50 ve 200 ppb, pymetrozine için 25, 100 ve 500 ppb dozlarında 3 noktalı olarak yapılmıştır. Geri kazanım çalışmalarında ekstraksiyon yöntemi olarak

Lehotay ve arkadaşları tarafından geliştirilen tampon çözeltili QuEChERS (Quick: hızlı, Easy: kolay, Cheap: ucuz, Effective: etkili, Rugged: sağlam, and Safe: ve güvenli) metodu kullanılmıştır (Lehotay et al., 2005). Analizler hemen yapılamayacağı için geri kazanım çalışmalarından elde edilen ekstraktların üst kısmından 5 ml alınıp 10 ml'lik etiketli plastik şişelere aktarılmış, ağzı kapatılmış ve +4 °C de saklanmak üzere buzdolabına kaldırılmıştır. Geri kazanım çalışmalarındaki örneklere ait pik alanları ile kalibrasyon çalışmaları sırasında standartlardan elde edilen pik alanlarının kıyaslanmasıyla, metot performansı belirlenmiştir.

Çizelge 1. Kalibrasyon noktaları (ppb)

Aktif maddeler	Kalibrasyon noktaları				
Acetamiprid	10	25	50	75	100
Imidacloprid	10	25	50	100	200
Pymetrozine	25	50	100	250	500

Çizelge 2. Agilent 6460 Triple Quad LC-MS/MS cihazına ait çalışma koşulları

Cihaz Marka Model:	Agilent 6460 LC-MS/MS
Dedektör:	Triple Quad MS
Kolon:	Zivak Cap
Mobil faz A:	Amonyum formatlı ultra saf su
Mobil faz B:	%10 Asetonitril
Toplam Çalışma Süresi:	11 dk
Enjeksiyon Miktarı:	10 µl

İlaç ve hümkik madde karışımlarının tank içinde parçalanma süresindeki değişimin belirlenmesi

Bitkilere püskürtülerek veya toprağa verilerek uygulanan ilaç ve HM karışımlarının daha alet deposundayken parçalanmalarındaki olası değişimleri belirlemek amacıyla tavsiye edilen ve önceki bölümde belirtilen etiket dozları dikkate alınarak tüm insektisitler ve HM hem tek başlarına, hem de karışım halinde saf su ile laboratuvar şartlarında hazırlanmıştır. Solüsyonlardan hazırlandıktan 10, 60 ve 120 dakika sonra olmak üzere üç farklı zamanda örnek alınmıştır. Tesadüf parselleri deneme deseninde üç tekerrürlü olarak alınan örnekler her hangi bir ekstraksiyon yapılmadan sadece cihaz hassasiyetine bağlı olarak seyreltilerek doğrudan kromatografik analiz sistemine verilmiştir. Kalibrasyon çalışmaları sırasında elde edilen standarda ait pik alanları ile örneklerden elde edilen pik alanları karşılaştırılarak örneklerdeki aktif madde miktarı ppb olarak belirlenmiştir. Tank karışımlarında ilaçların parçalanma süresindeki değişim ise aktiflerin tek başlarına veya HM ile karışım halinde bulunduğu örneklerde tespit edilen miktarların kıyaslanması suretiyle belirlenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler SPSS programında tek yönlü varyans analizi yapılarak değerlendirilmiş ($P>0.05$), uygulamalar arasındaki farklar da Duncan testiyle belirlenmiştir.

İlaç ve hümkik madde karışımlarının yaprakta parçalanma süresindeki değişimin belirlenmesi

Yapraktan uygulama sonucunda, ilaç ve HM karışımlarının parçalanma süresindeki değişimin belirlenmesi amacıyla 2009 yılı Mayıs-Eylül ayları arasında serada yetiştirilen domateslere imidacloprid ve pymetrozine hem tek başlarına, hem de HM'le beraber karışım halinde önerildikleri dozlarda sırt pülverizatörü ile uygulanmıştır. Denemeler 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Kalıntı analizleri için, uygulamalar yapılmadan hemen önce, uygulamadan 1, 3, 5, 7 ve 14

gün sonra olmak üzere altı farklı zamanda yaprak örnekleri alınmıştır.

Topraktan uygulama sonucunda, ilaç ve HM karışımlarının parçalanma süresindeki değişimin belirlenmesi amacıyla 2009 yılı Mayıs-Eylül ayları arasında serada yetiştirilen domateslere sadece imidacloprid hem tek başına, hem de HM'le beraber karışım halinde önerildiği dozda bitki başına 1 L sulama suyuyla birlikte verilmiştir. Denemeler 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Kalıntı analizleri için, topraktan uygulamalar yapılmadan hemen önce, uygulamadan 3, 5, 7 ve 14 gün sonra olmak üzere beş farklı zamanda yaprak örnekleri alınmıştır.

Gerek yapraktan gerekse topraktan yapılan uygulamalardan sonra, yapraklardaki insektisit kalıntılarının analizi için bitkilerin alt, orta ve üst kısımlarından yapraklar koparılıp en az 50 g örnek toplanmıştır. Her bir karakter ve örnekleme zamanı için üçer örnek alınmış, uygun şekilde etiketlenerek soğuk zinciri ile laboratuvara getirilmiş ve ekstrakte edilinceye kadar derin dondurucuda (-20 °C) bekletilmiştir. Domates yaprak örneklerinin ekstraksiyonu 2010 yılı Ocak-Mart ayları arasında gerçekleştirilmiş, bu amaçla önce her bir örneğin tamamı blender içinde parçalanmış, homojenize edilmiş örneklerden 15 g tartılarak işlemlere önceki bölümde açıklandığı gibi QuEChERS metoduna göre devam edilmiştir. Kalibrasyon çalışmaları sırasında elde edilen standarda ait pik alanları ile örneklerden elde edilen pik alanları karşılaştırılarak örneklerdeki aktif madde miktarı belirlenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler SPSS programında tek yönlü varyans analizi yapılarak değerlendirilmiş (P>0.05), uygulamalar arasındaki farklar da Duncan testiyle belirlenmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İlaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişim

İlaç ve HM karışımlarının zararlıya etkisindeki değişimin belirlenmesi amacı ile yürütülen çalışmalar kapsamında hazırlanan solüsyonlar, hem yapraktan hem de topraktan uygulanmış ve sonuçları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Yapraktan uygulanan ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişim

Yapraktan uygulanan ilaç ve HM karışımlarının uygulamadan 3 gün sonra zararlıya etkinliği %4-10 arasında değişmiş, ancak aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yapraktan uygulanan ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişim

		Uygulamalardan sonra canlı birey sayıları					
		3. Gün		7. Gün		14. Gün	
Uygulamalar		Ortalama±SE*	%Etki	Ortalama±SE*	%Etki	Ortalama±SE*	%Etki
Kontrol	Saf su	10.0 ± 0.0 a	-	10.0 ± 0.0 c	-	9.2 ± 0.4 c	-
Hümik asit	Tek başına	10.0 ± 0.0 a	0	9.8 ± 0.2 c	2	8.6 ± 0.4 c	7
Fülvik asit	Tek başına	10.0 ± 0.0 a	0	10.0 ± 0.0 c	0	8.6 ± 0.4 c	7
	Tek başına	9.0 ± 0.3 a	10	5.0 ± 0.5 ab	50	0.4 ± 0.4 ab	96
Imidacloprid	Hümik asitle	9.4 ± 0.2 a	6	4.6 ± 0.5 ab	54	1.0 ± 0.3 ab	89
	Fülvik asitle	9.2 ± 0.6 a	8	3.0 ± 0.9 a	70	0.0 ± 0.0 a	100
	Tek başına	9.0 ± 0.3 a	10	5.6 ± 0.5 ab	44	1.0 ± 0.5 ab	89
Pymetrozine	Hümik asitle	9.4 ± 0.4 a	6	7.4 ± 0.7 bc	26	1.8 ± 0.4 b	80
	Fülvik asitle	9.6 ± 0.2 a	4	3.2 ± 1.2 a	68	0.8 ± 0.4 ab	91

* Verilere tek yönlü varyans analizi ve Tukey HSD testi uygulanmış olup, aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (SE: Standart Hata; df: 8,44; P>0.05; n=5).

Imidaclopridin tek başına zararlıya etkisi, uygulamadan 7 gün sonra %50, 14 gün sonra ise %96 olarak tespit edilmiş, aynı aktifin HA ile karışım halinde uygulandığında ise bu etki sırasıyla %54 ve %89 olarak kaydedilmiştir. Her iki sayım tarihinde de imidaclopridin tek başına veya HA ile birlikte uygulanması durumunda zararlıya etki farkı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak, imidaclopridin FA ile karışım halinde uygulanması sonucunda, uygulamadan 7 gün sonra zararlıya %70, 14 gün sonra ise %100 etkili bulunarak, her iki sayım tarihinde de yukarıda ifade edilen uygulamalardan istatistiksel olarak daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Pymetrozinenin zararlıya etkisi, tek başına veya HM ile karışım halinde uygulanmasına göre uygulamadan 7 ve 14 gün sonra önemli farklılıklar göstermiştir. Nitekim pymetrozinenin uygulamadan 7 gün sonra zararlıya etkisi tek başına %44, HA ile %26, FA ile %68 olarak bulunmuştur. Benzer durum uygulamadan 14 gün sonra da görülmüş bu değerler sırasıyla %89, %80, %91 olarak tespit edilmiştir. Her iki sayım tarihinde de pymetrozine için yukarıda ifade edilen değerler istatistiksel olarak da ayrı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 3'den de görüleceği gibi, gerek HA gerekse FA içeriği yüksek HM'in tek başlarına Sera beyazsineği'ne etki etmediği görülmektedir. Ancak bu sonuçların aksine, Dimitrov (2005), örtüaltı domates yetiştiriciliğinde HM'in, hem Sera beyazsineği hem de parazitoit ve predatör popülasyon gelişimini olumsuz etkilediğini bildirmektedir. Bu çalışmayla çelişen verilerin, Dimitrov'un çalışmasında kullanılan HM'in daha yüksek dozda uygulanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Dimitrov, HM'i yapraktan 50 g/100 L su dozunda üç kez kullanmış, bu çalışmada ise HM 25 g/100 L su dozunda bir kez uygulanmıştır. Görüldüğü gibi, Dimitrov çalışmasında hem iki kat yüksek doz kullanılmış, hem de bu uygulama üç kez tekrar edilmiştir.

Diğer yandan bu çalışmada, hem imidacloprid hem de pymetrozine zararlı üzerinde tek başlarına uygulandıklarında, FA ile karışımlarından genelde daha az, ancak HA ile karışımlarından daha fazla etkili bulunmuşlardır. HM'in pestisitlerle beraber kullanımlarının, pestisit performansını arttırdığı yönünde başka bulgular da dikkat çekmektedir. Nitekim Campagna & Brignoli (2005), *Cercospora beticola*'ya karşı HM'le karıştırılarak uygulanan bazı fungusitlerin bitki içine girişine, bitki içinde taşınmasına, fungusit damlalarının yayılması ve yapışmasına olumlu etki sağladığını ve etmenin daha iyi bir şekilde kontrol edildiğini bildirmektedirler.

Sonuç olarak, yapraktan uygulanan ilaç ve HM karışımlarının Sera beyazsineği üzerindeki etkilerine yönelik elde edilen bulgular, gerek HA gerekse FA içeriği yüksek HM'in tek başlarına Sera beyazsineği'ne etkili olmadıklarını göstermektedir. Diğer yandan, hem imidacloprid hem de pymetrozine zararlı üzerinde tek başlarına uygulandıklarında, FA ile karışımlarından genelde daha az, ancak HA ile karışımlarından daha fazla etkili bulunmuşlardır. Yani FA ile insektisitlerin birlikte kullanımı, söz konusu insektisitlerin performanslarını arttırmıştır.

Topraktan uygulanan ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişim

Topraktan uygulanan imidacloprid ve HM karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisi ile ilgili sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Topraktan uygulanan ilaç ve hümik madde karışımlarının Sera beyazsineği'ne etkisindeki değişim

Sayım	Uygulamalar	Uygulamalardan sonra canlı birey sayıları					
		7. Gün		14. Gün		21. Gün	
		Ortalama±SE*	%Etki	Ortalama±SE*	%Etki	Ortalama±SE*	%Etki
Kontrol	Saf su	10.0 ± 0.0 b	-	10.0 ± 0.0 b	-	8.0 ± 0.3 b	-
Hümik asit	Tek başına	10.0 ± 0.0 b	0	10.0 ± 0.0 b	0	8.4 ± 0.3 b	-5
Fülvik asit	Tek başına	10.0 ± 0.0 b	0	10.0 ± 0.0 b	0	8.4 ± 0.3 b	-5
	Tek başına	6.2 ± 0.6 a	38	3.2 ± 0.6 a	68	0.6 ± 0.2 a	94
Imidacloprid	Hümik asitle	5.4 ± 0.7 a	46	3.0 ± 1.0 a	70	0.6 ± 0.2 a	94
	Fülvik asitle	4.8 ± 0.6 a	52	2.4 ± 0.4 a	76	0.4 ± 0.2 a	96

* Verilere tek yönlü varyans analizi ve Tukey HSD testi uygulanmış olup, aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (SE: Standart Hata; df: 5,29; P>0.05; n=5).

Çizelge 4'den de görüleceği gibi, gerek HA gerekse FA içeriği yüksek HM'in toprağa sulama suyuyla tek başlarına uygulandıklarında, Sera beyazsineği'ne hiç etki etmedikleri görülmektedir. Topraktan uygulanan imidacloprid ve HM karışımlarının ise uygulamadan 7 gün sonra Sera beyazsineği'ne etkisi %38-52 arasında değişmiş, ancak uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Uygulamadan 14 gün sonraki etkiler %68-76 aralığına yükselmiş, ancak aralarındaki fark istatistiksel açıdan yine önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde uygulamadan 21 gün sonra da, uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmasa da, imidacloprid ve HM karışımlarının zararlıya etkisi %90'ların üzerine çıkmıştır.

Sera beyazsineği'ne karşı topraktan FA ile karışım halinde uygulanan imidacloprid, istatistiksel olarak önemsiz olsa da, diğer uygulamalara kıyasla daha etkili bulunmuştur. Toprağa uygulanan HM'in bazı mikroorganizmalar üzerinde olumlu ya da olumsuz etkili olabileceklerine dair başka çalışmalara da rastlanılmaktadır. Örneğin Steinberg et al. (2002), on HM'den dokuzunun *Caenorhabditis elegans* isimli nematodun üremesini arttırdığını, Saravanapriya & Subramanian (2005) ise HA uygulamasının *Meloidogyne incognita* ile bulaşık domateslerde, gal oluşumunda ve topraktaki nematod populasyonunda azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, topraktan uygulanan HM'in tek başlarına Sera beyazsineği'ne yine hiç etki etmedikleri tespit edilmiştir. Topraktan FA ile karışım halinde uygulanan imidacloprid, istatistiksel olarak önemsiz olsa da, diğer uygulamalara kıyasla daha etkili bulunmuştur. Yani, topraktan yapılan uygulamalarda da FA ile imidaclopridin zararlı üzerindeki performansı yükselmiştir.

İlaç ve hümik madde karışımlarının parçalanma süresindeki değişim

Kalibrasyon bulguları

Örneklerdeki kalıntıların hangi aralıkta doğru olarak ölçülebileceğini ortaya koymaya yarayan kalibrasyon çalışmaları, beş noktalı olarak yürütülmüştür. Kalibrasyon doğrularından hesaplanan korelasyon katsayıları (r^2), acetamiprid için 0.992, imidacloprid için 0.999, pymetrozine için 0.990 olarak tespit edilmiştir. Miller & Ambrus (2005) kalibrasyonun doğrusalılığı ve kabulü için korelasyon katsayısının ≥ 0.99 olması gerektiğini bildirmektedir. Çalışmada tüm aktif maddeler için elde edilen korelasyon katsayıları ideal olan söz konusu değere çok yakındır. Bu değerler, analiz cihazının söz konusu aktif maddeler için belirtilen aralıklarda doğru sonuçlar vereceğini göstermektedir.

Geri kazanım bulguları

Buzdolabında etiketli plastik şişelerde saklanan ekstraktların zarar görmesi sonucu geri kazanım çalışmalarına yönelik bulgu sunulmamaktadır. Daha önce, QuEChERS metodunun domates yaprakları ile yürütülmüş geri kazanım çalışma sonuçlarına rastlanılmasa da, ıspanak gibi yeşil yapraklı sebzeler ile yürütülmüş geri kazanım sonuçları imidacloprid için metodun %98.2-%100.4 oranında başarılı olduğuna dair bulgulara rastlanılmıştır (Zhao & Stevens, 2009).

İlaç ve hümik madde karışımlarının tank içinde parçalanma süresindeki değişim

İlaçlama suyunun pH'sı ve sertliği (mineral madde içeriği) gibi faktörlere bağlı olarak, bazı pestisitlerin çok kısa zamanda parçalanabildiği ve beklenen performanslarını gösteremedikleri bilinmektedir. İşte bu noktadan hareketle, ilaçların tek başlarına veya HM ile karışım halinde hazırlanan solüsyonlarda, aktif maddelerin daha ilaçlama aleti tankındayken, parçalanma sürecinde bir değişim olup olmadığının ortaya konması amacıyla yürütülen bu çalışmaya yönelik sonuçlar Çizelge 5'de sunulmuştur.

Pratikteki uygulama dozu esas alınarak hazırlanan tank solüsyonlarından alınan örneklerin, cihaz hassasiyeti dikkate alınarak 1000 kat seyreltilmesinden sonra yapılan analizleri sonucunda teorik olarak, acetamiprid için 60 ppb, imidacloprid için 105 ppb ve pymetrozine için de 300 ppb düzeyinde aktif maddenin tespit edilmesi beklenmektedir. Çizelge 5'den de görüleceği gibi, hem preparatların tek başlarına hem de HM ile karışım halinde hazırlanmaları durumunda, iki saatlik süre boyunca, teorik olarak beklenen değerlere oldukça yakın değerler ölçülmüştür. Bu da HM'in söz konusu ilaçların alet tanklarında, iki saat boyunca, parçalanma süreçlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmadığını göstermektedir.

Çizelge 5. İlaç ve hümik madde karışımlarının tank içinde parçalanma süresindeki değişim

Aktif Madde	Örnek alma zamanı (dk sonra)	Örnek analiz sonuçları (ppb)				
		Tek başına		Hümik asitle		Fülvik asitle
		Ortalama \pm SE*	Ortalama \pm SE*	%Değişim	Ortalama \pm SE*	%Değişim
Acetamiprid	10	58.9 \pm 1.4 a	65.3 \pm 2.2 a	11	54.8 \pm 3.3 a	-7
	60	59.1 \pm 0.3 a	62.1 \pm 1.0 a	5	56.2 \pm 3.3 a	-5
	120	61.4 \pm 0.7 a	62.1 \pm 1.0 a	1	57.1 \pm 3.3 a	-7
Imidacloprid	10	104.4 \pm 2.9 a	111.1 \pm 3.2 a	6	108.7 \pm 4.6 a	4
	60	124.4 \pm 2.6 a	116.4 \pm 6.6 a	-6	112.2 \pm 5.3 a	-10
	120	128.9 \pm 4.6 a	118.3 \pm 6.7 a	-8	114.8 \pm 4.3 a	-11
Pymetrozine	10	301.2 \pm 0.7 a	295.8 \pm 8.3 a	-2	282.9 \pm 9.7 a	-6
	60	316.3 \pm 5.5 a	294.5 \pm 6.8 a	-7	287.3 \pm 12.0 a	-9
	120	317.9 \pm 5.8 a	299.9 \pm 9.9 a	-6	285.7 \pm 12.2 a	-10

* Verilere tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış olup, her bir aktif madde için aynı satırda aynı harflerle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (SE: Standart Hata; df: 2,8; P>0.05; n=3).

Pestisitlerin kimyasal özelliklerine bağlı olmakla birlikte, tank içinde ilaçlama suyunun pH'sı, sertliği ve mineral madde içeriği gibi faktörlere bağlı olarak, pestisitlerin parçalanma sürecinin değiştiği yönünde çok sayıda çalışma (Okdemir et al., 1965; Açar et al., 1991; Fishel, 2002; Whitford et al., 2009; Lo & Lee, 2010; Park & Chong, 2010) dikkati çekmektedir. Ancak bu çalışma bulgularıyla kıyaslayabilecek, pestisitlerle karıştırılarak uygulanan gübrelerin, pestisit performansına etkilerini gösteren herhangi bir araştırma sonucuna rastlanmamıştır.

İlaç ve hümik madde karışımlarının yaprakta parçalanma süresindeki değişim

İlaçların tek başlarına veya HM ile karışım halinde, hem yapraktan hem de topraktan uygulanmaları durumunda, yapraktaki kalıntılarının parçalanma süresindeki değişim belirlenmiş ve sonuçları aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

Yapraktan uygulanan imidacloprid ve hümik madde karışımlarının yaprakta parçalanma süresindeki değişim

Yapraktan uygulanan ilaç ve HM karışımlarının, yapraklardaki kalıntılarının parçalanma süresindeki değişimine yönelik çalışmalar, hem imidacloprid hem de pymetrozine için paralel yürütülmüş, imidacloprid için elde edilen analiz sonuçları Çizelge 6'da sunulmuştur. Ancak, geri kazanım çalışmalarıyla ilgili bölümde açıklandığı gibi, pymetrozine içeren örneklerin plastik şişelerde olması ve zarar görmesi nedeniyle bu aktif maddeye yönelik bulgu sunulamamaktadır.

Çizelge 6. Yapraktan uygulanan imidacloprid ve hümik madde karışımlarının yaprakta parçalanma süresindeki değişim

Uygulamalar Örnek alma zamanı (uygulamadan gün sonra)	Yaprak örneklerindeki imidacloprid kalıntı miktarları (ppb)				
	Tek başına Ortalama \pm SE*	Hümik asitle Ortalama \pm SE*	%Değişim	Fülvik asitle Ortalama \pm SE*	%Değişim
1	146.2 \pm 9.7 b	148.1 \pm 2.3 b	1	104.7 \pm 5.3 a	-28
3	119.6 \pm 8.5 b	85.1 \pm 10.0 a	-29	88.0 \pm 1.6 a	-26
5	99.0 \pm 2.1 b	85.6 \pm 9.5 ab	-14	73.4 \pm 5.7 a	-26
7	107.2 \pm 3.6 c	84.5 \pm 1.0 b	-21	63.5 \pm 4.3 a	-41
14	82.6 \pm 10.2 b	47.9 \pm 3.2 a	-42	45.1 \pm 0.6 a	-45

* Verilere tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış olup, bir satırda aynı harflerle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (SE: Standart Hata; df: 2,8; P>0.05; n=3).

Yapraktan tek başına uygulanan imidaclopridin yaprak üzerindeki kalıntıları genelde, her iki HM ile karışım halinde uygulandığı duruma göre, istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olmuştur. Örneğin, uygulamadan 3 gün sonra tek başına imidacloprid uygulanmış parsellerden alınan yaprak örneklerinde ortalama olarak 119.6 ppb kalıntı bulunmuşken, HA ile birlikte uygulandığı parselde bu değer 85.1 ppb, FA ile birlikte uygulandığında ise 88.0 ppb (yani neredeyse üçte bir oranda daha az kalıntı) bulunmuştur. Benzer şekilde, tek başına imidacloprid uygulanmış parsellerden uygulamadan 1 gün sonra alınan yaprak örneklerinde ortalama olarak 146.2 ppb, uygulamadan 14 gün sonra 82.6 ppb kalıntı bulunmuş, aynı örnek alma tarihlerinde, HA ile birlikte uygulandığı parselde bu değer sırasıyla 148.1 ve 47.9 ppb, FA ile birlikte uygulandığında ise 104.7 ve 45.1 ppb olmuştur. Buradan da görüleceği gibi, uygulamadan 14 gün sonra, tek başına imidacloprid uygulanan parsellerdeki kalıntı miktarı ile, HM'le karışım halinde uygulandığı parsellerdeki kalıntı miktarı arasında neredeyse yarı yarıya azalma tespit edilmiştir. Bu değerler, HM'in söz konusu aktif maddenin parçalanma sürecini hızlandırdığını göstermektedir.

Bunun yanında, HA veya FA ile karışım halinde yapılan imidacloprid uygulamaları arasında da bazı farklılıklar dikkat çekmektedir. Nitekim HA ile karışım halinde uygulama yapılmış yapraklardaki kalıntı miktarı 1. gün 148.1 ppb, 5. gün 85.6 ppb ve 7. gün 84.5 ppb olarak tespit edilmişken, bu değerler FA ile karışım halinde uygulanan yapraklarda sırasıyla 104.7, 73.4 ve 63.5 ppb olarak, yani istatistiksel olarak önemli oranda daha az bulunmuştur. Uygulamadan sonra 3. ve 14. günlere ait değerler ise birbirine yakın miktarlarda tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, HM ile karışım halinde uygulanan pestisitlerin bekleme sürelerinde bir değişime neden olabileceği, dolayısıyla bu konunun bitkilerin tüketilen kısımlarında maksimum residü limit (MRL) değerleri dikkate alınarak detaylıca araştırılması oldukça anlamlı olacaktır.

Topraktan uygulanan imidacloprid ve hümkik madde karışımlarının yaprakta parçalanma süresindeki değişim

Topraktan uygulanan imidacloprid ve HM karışımlarının, yapraklardaki kalıntılarının parçalanma süresindeki değişimine yönelik analiz sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7'den de görüleceği gibi, topraktan tek başına uygulanan imidaclopridin yaprak üzerindeki kalıntıları genelde, HA ile karışım halinde uygulandığı duruma göre daha fazla, FA ile karışım halinde uygulandığı duruma göre ise genelde istatistiksel olarak önemli oranda daha az tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Topraktan uygulanan imidacloprid ve hümkik madde karışımlarının yaprakta parçalanma süresindeki değişim

Uygulamalar	Yaprak örneklerindeki imidacloprid kalıntı miktarları (ppb)				
	Tek başına	Hümkik asitle		Fülvik asitle	
Örnek alma zamanı (uygulamadan gün sonra)	Ortalama \pm SE*	Ortalama \pm SE*	%Değişim	Ortalama \pm SE*	%Değişim
3	17.9 \pm 1.3 a	20.8 \pm 1.0 a	16	50.2 \pm 2.2 b	180
5	89.8 \pm 0.7 b	22.2 \pm 4.6 a	-75	87.2 \pm 9.4 b	-3
7	125.9 \pm 6.2 ab	111.8 \pm 17.2 a	-11	157.7 \pm 5.7 b	25
14	111.6 \pm 6.2 a	95.0 \pm 11.2 a	-15	135.1 \pm 17.1 a	21

* Verilere tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış olup, bir satırda aynı harflerle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (SE: Standart Hata; df: 2,6; P>0.05; n=3).

Topraktan tek başına imidacloprid uygulaması yapılan parsellerden 3 gün sonra alınan yaprak örneklerinde, 17.9 ppb kalıntı tespit edilmişken, bu değer imidaclopridin HA ile karışım halinde uygulandığı parsellerde 20.8 ppb, FA ile karışım halinde uygulandığı parsellerde ise 50.2 ppb olarak (yani neredeyse ikibuçuk katı daha fazla kalıntı) bulunmuştur. Bu veriler FA'in söz konusu aktif maddenin bitki tarafından alınımını hızla arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, imidaclopridin FA ile karışım halinde uygulandığı parsellerden 7 ve 14 gün sonra alınan yaprak örneklerinde, tek başına uygulandığı parsellere kıyasla, sırasıyla %25 ve %21 oranında daha fazla miktarda kalıntı tespit edilmiştir. Bu veriler de, FA'in söz konusu aktif maddenin parçalanma sürecini yavaşlatarak uzattığını göstermektedir.

Yukarıda FA için söylenenlerin aksine, imidaclopridin HA ile karışım halinde topraktan uygulanması durumunda, aktif maddenin yapraklara taşınmasında gecikme (uygulamadan 5 gün sonra %75 daha az) ve dolayısıyla parçalanma sürecinde de hızlanma görülmüştür. Nitekim, imidaclopridin tek başına topraktan uygulandığı parseldeki kalıntı düzeyi, uygulamadan 7 gün sonra en yüksek değere (125.9 ppb) ulaşmış, 14 gün sonra da 111.6 ppb değerine düşmüştür. Imidaclopridin HA ile karışım halinde uygulandığı parseldeki kalıntı miktarı da, uygulamadan 7 gün sonra en yüksek değere (111.8 ppb) ulaşmasına karşın, bu değer imidaclopridin tek başına uygulandığı parseldeki 14. gün değerine eşittir. Bu sonuçlara paralel olarak, Prosen et al. (2002) lindan, heptaklor ve dieldrinin toprakta HA ile bağlandıklarını ve bazı parçalanma ürünleri oluşturduğunu bildirmektedir. Benzer şekilde Kullikova et al. (2005) de, HM'in çevreyi kirleten ekotoksikantları bağlama özelliğinde olduklarını ve bağladıkları bu maddelerin bitkiler tarafından daha az alınabilir komplekslere dönüştüğünü, bunun sonucu olarak da bu maddelerin bitkiye girişinin azaldığını belirtmiştir.

HA'e oranla daha küçük moleküler yapıya sahip olan FA'in, bitki tarafından daha kolay alınması, birlikte uygulandığı imidaclopridin de bitkiye alınımını kolaylaştırıp hızlandırmakta, dolayısıyla yapraklardaki kalıntı miktarını da arttırdığını düşündürmektedir. Nitekim Chen & Avinmelech (1986), küçük moleküler yapıdaki HM'in bitkideki metabolik olaylara etki ettiğini, Kulikova et al. (2008) ise HM'lerin bitki kökleri tarafından kolayca alınıp, üst kısımlara taşındığını, Günaydın (1999) da, HM'in gübre ve diğer maddelerin alınımını kolaylaştırdığını bildirmektedir. Adani et al. (1998) bu durumu, HM'in bitki kök gelişimini teşvik edici etkisiyle açıklamaktadır.

Diğer yandan, HM'in toprakta pestisitler ile çeşitli etkileşimlere girdiğine dair sonuçlar da bulunmaktadır. Nitekim Benson & Long (1991), ekosistemde bulunan HA'lerin methyl parathion ve carbaryl toksisitesinde artışa, azinophos-methyl, chlorpyrifos ve cabofuranın toksisitesinde ise azalışa, benzer şekilde Ortego & Benson (1992) da, HM'in fenvelerate ve permethrinin akut toksisitesinde azalmaya neden olduğunu bildirmektedir.

Sonuç olarak, HM'in toprağa uygulanan pestisitler ile pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak, farklı etkileşimlerde bulunduğu ve bu sebeple bazen bitki tarafından alınımının hızlanabileceği, bazen de tam tersine toprakta bağlanabileceği dikkate alınmalıdır.

Yukarıda ifade edilen bulguların tümü bir arada değerlendirildiğinde, HM ile karışım halinde uygulanan pestisitlerin hem hedef organizmaya etkisinde, hem de bitkilerdeki kalıntılarının parçalanma sürecinde değişime neden olabileceği, bunun HM içeriğine ve pestisitlerin kimyasal özelliğine göre farklılık gösterebileceği söylenebilir.

Teşekkür

Çalışmaya maddi destek veren TÜBİTAK (109O477 nolu proje), EBİLTEM (2009-BİL-031 nolu proje), İzotar A. Ş. (İzmir), Humintech GmbH (Almanya) ve Stoller Inc. (ABD)'e, analizlerin gerçekleştirilmesine olanak veren Bornova Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

Yararlanılan Kaynaklar

- Abdel-Mawgoud, A. M. R., N. H. M. El-Greadly, Y. I. Helmy, & S. M. Singer, 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(2): 169-174.
- Adani, F., P. Genevi, P. Zaccheo & G. Zocchi, 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 21 (3): 561-575.
- Aiken, G. R., D. M. McKnight & P. MacCarthy, 1985. *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water*. Wiley, New York.
- Ağar, S., M. Durgun, B. Evyapan & S. Öztürk, 1991. Türkiye'de tarımsal savaşın yoğun olduğu bölgelerde ilaçların seyreltilmesinde kullanılan suların özellikleri üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 31 (1-4): 99-108.
- Benson W. H. & S. F. Long, 1991. Evaluation of humic-pesticide interactions on the acute toxicity of selected organophosphate and carbamate insecticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21 (3): 301-307.
- Campagna, G. & P. Brignoli, 2005. The use of coadjuvants in tank mix with fungicides in order to improve their effectiveness even at low dosages. *Journal of Central European Agriculture*, 6 (4): 603-609.
- Chen, Y. & Y. Avnimelech, 1986. *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 80p.
- Dhanasekaran, K. & R. Bhuvanewari, 2005. Effect of nutrient-enriched humic acid on the growth and yield of tomato. *International Journal of Agricultural Sciences*, 1 (1): 80-83.
- Dimitrov, A. G., 2005. Integrierte Produktion Von Tomaten (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Im Gewächshaus Unter Besonderer Berücksichtigung Der Integrierten Bekämpfung Der Weissen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Humboldt-Universität, Berlin, Doktora tezi, Tenea Basımevi, 158 p.

- FAO, 2008. Food and agriculture organization, Top Production Tomatoes 2008. (Web page: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>) (Date accessed: June 2011).
- Fishel, F., 2002. Effects of Water pH on the Stability of Pesticides, (Web page: <http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx>) (Date accessed: December 2010)
- Günaydın, M., 1999. Yapraktan ve Toprakdan Uygulanan Hüyük Asitin Domates ve Mısırın Gelişimi ile Bazı Besin Maddelerine Alımının Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 109 s.
- Hartwigson, J. A. & M. R. Evans, 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *HortScience*, 35 (7): 1231-1233.
- Kulikova, N. A., G. Badun, E. Kunenkov, V. Korobkov, Tyasto, Z. Chernysheva, M. E. Tsvetkova, & I. Perminova, 2008. "Uptake of humic substances by plants: A study using Tritium autoradiography and FTICR MS analysis, from molecular understanding to innovative applications of humic substances". The 14th International Meeting of the International Humic Substances Society, September 14, 2008 Sep 19, 2008 Four-deck ship "Leonid Krasin", Russia.
- Kulikova, N. A., E. V. Stephanova & O. V. Koroleva, 2005. Use of Humic Substance To Remediate Polluted Environments: From Theory To Practice, Springer, The Netherlands.
- Lehotay, S. J., K. Mastovska & A. R. Lightfield, 2005. Use of buffering and other means to improve results of problematic pesticides in a fast and easy method for residue analysis of fruits and vegetables. *Journal of AOAC International*, 88 (2): 615.
- Lo, C. & T. Lee, 2010. Effects of Adjuvants on Pesticide Combinations: Water Quality on Physical Compatibility Adjuvants and Agrochemicals, Chapter 32. Volume 11. 111-119.
- Loffredo, E., L. Monaci & N. Senesi, 2005. Humic substances can modulate the allelopathic potential of caffeic, ferulic, and salicylic acids for seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53: 9424-9430.
- Miller, J. N. & A. Ambrus, 2005. Statistics In Calibration Analyses. Manual On Basic Statistics Chapter: 9. In: Lectures Database FAO/IAEA Workshop on Introduction to QC/QA Measures in Pesticide Residue Analytical Laboratories, Seibersdorf, Vienna, Austria, September 12–October 7
- Ortego, L. S. & W. H. Benson, 1992. Effects of dissolved humic material on the toxicity of selected pyrethroid insecticides. *Environmental Toxicology and Chemistry ETOCDK*, 11 (2): 261-265.
- Okdemir, Ş., S. Öztürk & N. Şimşir, 1965. İlaçların emülsiyon stabilitesine Türkiye sularının sertlik derecelerinin etkisi üzerine araştırmalar, *Bitki Koruma Bülteni*, 5 (4): 180-190.
- Padem, H. & A. Ocal, 1999. Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. *Acta Horticulturae* 487:159-163.
- Park, D. & J. H. C. Chong, 2010. Carrier Water Quality Influences Pesticide Stability University Index. Produced by PSA CAFLS web Team Clemson university, Clemson, S.C.29634 (864) 656-3311
- Prosen H., A. Troha & L. Zupancic-Kralj, 2002. Studies Interaction between some organochlorine insecticides and humic acid using solid-phase microextraction and gas chromatography. *Acta Chimica Slovenica*, 49: 561–573.
- Saravanapriya, B. & S. Subramanian, 2005. Effect of humic acid against *Meloidogyne Incognita* on tomato. *Annals of Plant Protection Sciences*, 13 (2): 441-444.
- Sevgican, A., 2002. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraklı Tarım), Cilt 1. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Steinberg, C. E. W., S. Höss, & R. Brüggemann, 2002. Further evidence that humic substances have the potential to modulate the reproduction of the nematode *Caenorhabditis elegans*. *International Review of Hydrobiology*, 87 (1): 121–133.
- Thi Lua, H. & M. Böhme, 2001. Influence of humic acid on the growth of tomato in hydroponic systems. *Acta Horticulturae (ISHM)*, 548: 451-458.
- TUGEM, 2004. Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal Ve Enzim İçerikli Organik Gübreler İle Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı Ve Denetimine Dair Yönetmelik. (Web sayfası: <http://www.tugem.gov.tr>) (Erişim tarihi: Şubat 2011).
- Türkmen, Ö., A. Dursun, M. Turan, & C. Erdinc, 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 54: 168-174.

- Tüzel, Y., G. B. Öztekin & İ. Karaman, 2010. Serik ilçesindeki modern ve geleneksel sera işletmelerinin üretici özellikleri, sera yapısı ve sebze üretim teknikleri bakımından karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 47 (3): 223-230.
- Whitford, F., 2009. The Impact of Water Quality on Pesticide Performance Purdue Agriculture. (Web page: <http://www.extension.purdue.edu/store>) (Date accessed: January 2011).
- Zhao, L. & J. Stevens, 2009. Analysis of Pesticide Residues in Spinach Using Agilent SampliQ Quechers AOAC Kit By LC/MS/MS Detection. Agilent Technologies, Inc. 2850 Centerville Road Wilmington, DE 19809-1610, USA.