

Bitki koruma ilaçlarında parçacık büyüklüğünün ilacın biyolojik aktivitesi üzerine etkileri

Sevil AĞAR*

Seval TOROS**

Summary

The effects of particle size of pesticides on their biological activities

In this study, the importance of particle size of pesticides on their biological activities are evaluated. It has been found that factors such as formulation (active ingredient and inert material), application (drifting and sticking), penetration and the changes after penetration (volatilisation, photodecomposition and washing) could affect pesticides on their biological activities.

Giriş

Bir bitki koruma ilacının fiziksel ve kimyasal özellikleri; hedef alınan organizmaya olan etkinliğinde önem taşımaktadır. Özellikle, uygulamalarda ilaçların etkinliği, dağılımı ve birikim durumunu belirleyen bir faktör, parçacık büyüklüğüdür. Diğer bir deyişle; ilacın içerdiği etkili madde ve dolgu maddelerinin fiziki özellikleri yani öğütülen maddelerin parçacık büyüklüklerinin böceğin, bitki aksamının üzerinde ilaç ile olan kısa teması veya mide yolu ile yeteri kadar öldürücü dozun bünyeye alınmasında rolü büyüktür.

İlaçların parçacık büyüklüklerinin etkinlikteki önemi uzun süredir bilinmektedir. *Cydia pomonella* (L.) (Lep., Tortricidae)'ya Phenothiazine insektisidinin etkisinde parçacık büyüklüğünün önemi 1939 yıllarında tesbit edilmiştir. Bu çalışmada, çeşitli parçacık büyüklükleri (45 µm ve 4µm) denenmiş ve büyük parçacıkla iyi bir etkinlik sağlanamamıştır. Daha sonra, *Periplaneta americana* (L.) (Dicty., Blattidae) kutikulasına uygulanan farklı büyüklükte Phenothiazine içeren formülasyonlarla, etkinliğin parçacık çapına bağlı olduğu doğrulanmıştır.

* Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü, 06200 Ankara, Türkiye

** Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Ankara, Türkiye

Alınış (Received) : 9.1.1991

Burada, uygulanan ilaçta etkinliğin parçacık büyüklüğüne bağlı olarak nasıl değiştiği özet halinde verilmeye çalışılmıştır.

A. Formülasyon

Formülasyondaki etkili madde ile bunun dışında kalan yardımcı madde parçacıkları, optimum büyüklükte olmalıdırlar. Parçacıklar büyük ise (20 mm'den daha büyük çap) etkili madde, seyreltici parçacıklardan ayrılabilmekte; çok küçük iseler, parçacıklar birbirlerine yapışmakta ve hedefin yüzeyini kaplaması zayıf olduğundan, penetrasyon sağlanamamaktadır (Cremlin, 1978).

Parçacık büyüklüğü, toz halindeki insektisidlerin aktivitesini etkileyen önemli bir faktör olduğu halde, ticari preparatlar optimumdan ya daha büyük veya daha küçük parçacıklar içerirler. Çünkü, küçük parçacık içeren toz ilaçların maliyeti oldukça yüksektir. Yapılan bir çalışmada, optimum etkinlik için maksimum parçacık büyüklüğü 30 μ kabul edilmişken, parçacıkların 0/012,2-31,9'unun daha büyük olduğu tesbit edilmiştir. Bu yüzden de uygulanan miktarın 1/3 ile 1/8 kısmı ziyan edilmiş olmaktadır (Enriquez, 1973).

Formülasyonlarda etkili madde dışında yer alan dolgu maddelerinin parçacık büyüklükleri aktiviteyi önemli oranda etkilemektedir. Özellikle, dolgu maddeleri 200 mesh (44 μ)'den daha ince öğütüldüğünde, bu maddeler aktifleşmekte ve esas etkili maddeyi dekompoze edebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, dolgu maddesinin parçacık büyüklüğü arttıkça, Malathion absorpsiyon ve dekompozisyon miktarı, dolgu maddesine bağlı olarak bir noktaya kadar artmakta sonra yavaş yavaş azalmaktadır. Buna karşılık, parçacıklar büyüdükçe spesifik yüzey alanları düzenli olarak azalmaktadır, Cetvel 1'de görüldüğü gibi, Malathion'un absorpsiyon ve dekompozisyonu dolgu maddesi olan Argirec B 24'ün, parçacık büyüklüğüne bağlı olarak değişim göstermektedir (Valange and Van Damme, 1976).

Cetvel 1. Argirec B 24 dolgu maddesinin parçacık büyüklüğünün, Malathion'un absorpsiyon ve dekompozisyonuna etkisi

Parçacık büyüklüğü (μ m)	Spesifik yüzey alanı (m^2/g)	Absorpsiyon (mg Malathion/100 mg)	54°C'ta 14 gün içinde Malathion'daki kayıp (%)
< 2,6	26,1	1,20	5,7
2,6-4,3	25,6	1,29	6,4
4,3-6,6	24,9	1,14	6,2
6,6-9,6	21,8	0,92	4,9
> 9,6	13,2	-	4,0

Hem etkili madde, hem de dolgu maddelerinin parçacık büyüklükleri o ilacın etkinliğini değiştirebilmektedir. Yapılan bir çalışmada % 1'lik Rotenon içeren toz ilacın *Epilachna chrysomelina* F. (Col., Coccinellidae)'ya karşı etkinliğinde, etkili madde mik-

tarı % 8,6'dan % 25,6'ya yükseldikçe azalma ve yine etkili maddenin parçacık büyüklüğünün 6 µ'dan 9 µ'a yükselmesi sonucu etkinlikte azalma kaydedilmiştir. Rotenon'un dolgu maddesi olan Pyrophyllite'nin parçacık büyüklüğünün 3 µ'dan 9 µ'a yükselmesi ile etkinlikte azalma görülmüştür (Harries, 1956) (Cetvel 2).

Cetvel 2. *Epilachna chrysomelina* F.'ya karşı Rotenon miktarı ile Rotenon ve Pyrophyllite'in parçacık büyüklüğünün etkisi

Özellik	(%) Larva ölümlü	Yenen yaprak alanı (cm ²)
Rotenon miktarı (%) 8,6	74	36
11,1	79	29
15,4	79	30
25,6	68	46
Rotenon'un parçacık büyüklüğü (µ) 6	76	33
7	78	26
9	70	46
Pyrophyllite'nin parçacık büyüklüğü (µ) 3	82	29
6	75	35
9	72	37

Benzer sonuçlar, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hom., Aphididae)'a Rotenon uygulanmasıyla da elde edilmiştir (Harries, 1956). Yine *Epilachna chrysomelina* F.'ya karşı Paris yeşili ile yapılan testlerde 1,1 µ'dan küçükçaptaki parçacıkların 12-22 µ'-dakilere kıyasla daha etkin olduğu ve daha iyi kaplama özelliği gösterdiği belirlenmiştir (Harries, 1956).

B. Uygulama

Hedef bölgesinin dışında, birikim olarak bırakılan ilaç miktarı şeklinde tanımlanan sürüklenme olayı; parçacık büyüklüğüne bağlı olup, hem çevre sağlığı açısından hem de ekonomik kayıp olarak önem taşımaktadır.

Katı formülasyonlar genellikle uçucu değildirler. Fakat, taşıyıcı olarak kullanılan sıvıların buhar basınçları ise oldukça geniş sınırlar içinde değişebilmektedir. Bu yüzden, bazı sıvılar yüksek buharlaşma oranına sahip olup, ilaçlamadan sonra hacımları hızlı bir şekilde azalmaktadır. Meteorolojik şartlar, tozların etkinliği üzerinde oldukça etkilidirler. Örneğin yere paralel olan, dalgalanma şeklindeki hava hareketleri, küçük parçacıkları uzak mesafelere taşıyabilmektedir (Cetvel 3).

Burada da görüleceği gibi, rüzgarla taşınan küçük parçacıklar yatay olarak hareket etmekte ve yatay yüzeylerde az, dikey veya dikeye yakın yüzeylerde ise iyi bir birikim oluşturmaktadırlar. Daha büyük parçacıklar ise yatay yüzeylerde daha etkili olmaktadır (Pearson, 1968-71).

Cetvel 3. Yüzey rüzgarları etkisiyle parçacıkların sürüklenmesi

Parçacık çapı (μm)	Yerden 3 m yükseklikten bırakılan parçacıkların, rüzgar hızlarına bağlı olarak sürüklendikleri mesafe (m)	
	1,4 m/s	4,5 m/s
500	2	7,5
300	3	12
100	15	48
50	60	150
30	150	390
10	1500	3000

Serbest düşüş oranı 2 cm/s'den daha az olan durgun havada dağılım farklı olduğu halde, hava turbulansında parçacıklar istenmeyen şekilde yönlenebilmektedir (Green et al., 1979).

Uçakla ilaçlamalarda da parçacık büyüklüğü önem taşımaktadır. Bir ilacın atılış anında yatay olarak dağılabildiği uzaklık, parçacık hızlarına, büyüklüklerine ve sürüklenmelerine bağlı olarak değişmektedir. Çok ince parçacıklardan oluşmuş bir toz ilacın atılışında, parçacıklar hızlarını kaybederek, hava hareketlerinin etkisine maruz kalmaktadır. Bu yüzden, uçakla ilaçlamalarda daha büyük ve uniform dağılım gösteren parçacıklar, yüksek rüzgar hızlarında bile uygulamaya imkan vermekte ayrıca, daha uniform bir dağılım ve daha geniş bir iş genişliği sağlanabilmektedir (Weick and Roth, 1957).

Uygulamada aktiviteyi etkileyen bir diğer faktör de yapışmadır. Daha küçük parçacıklı bir toz ilacın yapışma kabiliyeti artmakta, ıslanabilir toz ilaçta ise mükemmel bir süspansiyon kabiliyeti (su içinde askıda kalma) sonucu bitki üzerinde homojen bir ilaç dağılımı söz konusu olabilmektedir.

Yapışmayla ilgili olarak özellikle topikal aplikasyon çalışmalarında uygulanan yüzey de farklılık doğurmaktadır. Örneğin, yüzeyin alçı veya kontraplak oluşu, ilacın aktivitesini değiştirmektedir. Uygulanan sıvı ilaç, gözenekli olan alçı içine emilir; geçirgen olmayan kontraplakta ise ilaç yüzeyde katı parçacıklar şeklinde kurur ve parçacıklar sürtilenerek, birbirlerine ve yüzeye olan yapışmalarını azaltırlar. Kontraplak üzerindeki bir ilacın, o yüzeye bırakılan böceğe kontak aktivitesi, maruz bırakılma süresince ilaç birikiminden böcek kutikulasına difüzyona bağlıdır. Difüzyon oranı ise insektisidin fiziksel özellikleri ve dokunum alanıyla etkilenmektedir. Diğer taraftan, alçı üzerindeki birikimler örneğin bir sivrisineğin rostrumu ve bacaklarıyla kısa süre bırakılmayla alınabilir. Böyle insektisid parçacıkları, böcek birikimi terk etse bile etkisini sürdürebilir.

DDT ile yapılan çalışma sonuçlarına göre, kontraplak üzerine 1 saat bırakılan *Anopheles stephensi* List (Dip., Culicidae)'de hiç ölüm görülmediği halde alçı üzerinde kısa süre bırakma ile ölümler elde edilmiştir.

Ayrıca en küçük DDT parçacıkları ile en yüksek etkinlik sağlanmıştır (Hadaway et al., 1970) (Cetvel 4). Cetvelde de anlaşıldığı gibi, küçük parçacıklar hem böceğe iyi ya-

pırsarak, hem de büyük bir yüzey alanı oluşturarak daha etkili olmaktadır. Fakat, parçacık büyüklüğü 5 µm'un altına düştüğünde, artan adhezyon kuvveti nedeniyle parçacıklar kendi aralarında birleşmeye doğru yönelmektedirler.

Cetvel 4. 1 g/m², deki DDT birikimlerinin *Anopheles stephensi*'ye aktivitesinde parçacık büyüklüğünün önemi

Parçacığın büyüklüğü (µm)	24 saat sonra ortalama ölüm (%)					
	Alçı üzerinde			Kontraplak üzerinde (dak.)		
	2	5	15 30	5	15 30 60 90 120	
0-5			59			0
5-10			54			0
10-15			24 69			0
15-20			0 37			0
20-25			0 31			0
25-30			0 7			0
30-35			0 5			0
35-40			0 0			0

Ayrıca, yağda çözünürlükleri yüksek olan kontak etkili ilaç parçacıklarının, uygulandığı yüzeyin yağlı veya kuru oluşuna göre alınımı da farklıdır. Parçacıklar yağlı yüzeyden, parçacıkların yağlı yüzeye yapışmaları nedeniyle, kuruya göre daha zor alınmaktadır (Busvine, 1971).

C. Alıkonma ve alıkonmadan sonraki değişimler

İlaçların vücut içinde alınmasında en önemli kısım böceğin kutikulasıdır. Kutikula tabakasının dışında Lipoit içeren cement ile kaplı bir mum tabakası vardır. Kutikulaya yapışan bir kontak insektisidin böceğe penetrasyonunda ilk adım, ilacın bu mum tabakası içinde çözünmesi, 2. adım mum tabakasından etki bölgesine difüzyonla veya kan sirkülasyonu ile taşınması ve 3. adım ise ilacın böceği ölüme götüren fizyolojik etkisidir. Parçacıklar kutikula yüzeyine uygulandıktan sonra sadece hassas noktalara penetre olabilirler. Bu hassas noktalar da mumla kaplıdır. İşte bir ilacın herhangi bir parçacık büyüklüğünden ölüm meydana getirmesi bu hassas noktalar üzerine isabet eden parçacık sayısına bağlı olmaktadır. Nitekim böcekler, farklı ilaçlar için farklı hassas noktalara sahiptirler (McIntosh, 1957).

Mum tabakasında çözünen bir ilaç, şartlar uygun ise, ilacın etki bölgesindeki doyum yüzdesi fazındaki doyum yüzdesine ulaşacak ve hatta eşit olacaktır. Mum tabakasında uzun süre yüksek bir konsantrasyon varsa, sonuçta böcek ölecektir. Verilen bir süre içinde ölüme sebep olması gereken konsantrasyon, böceğin hassasiyetine bağlı olarak değişecektir. Küçük ve büyük parçacığa sahip iki süspansiyonla yapılan testlerde, küçük parçacığın büyüğe göre daha toksik olduğu bulunmuştur. Bu parçacık büyüklüklerinin kontak etkinliği yanında, uygulamadan sonra düşük veya yüksek sıcaklıkta böceğin bırakılması, sonucu etkilemiştir. İlaç katı haldeyse, yüksek sıcaklıklarda daha fazla absorbe edilmektedir. Sıcaklık arttıkça, daha büyük parçacıkların çözünürlüğü, küçüklere nazaran

daha hızlı olmakta yani sıcaklık ilacın epikutikular mum tabakası içinde çözünme hızına etki etmektedir (Busvine, 1971).

Eğer bir ilaç, böceğin vücut boşluğuna enjekte edilirse, derhal kanla temasa geçecek ve kanla etki bölgesine taşınacaktır. Enjekte edildiğinde, ilacın çözünürlüğüne ve dağılım katsayısına bağlı olarak kanın yağ fazında eriyecektir. Büyük parçacıklı Rotenon, enjekte edildiğinde, ilacın çoğu yağ fazında çözünüp difüzyon ve sirkülasyonla etki alanına alınacaktır. Yani, kanda önce erime vücut boşlukları içinde yerleşme ve kanla taşınma gerçekleşecektir. Halbuki küçük parçacıklı bir ilaç, etki bölgesine direkt olarak, yani yağ içinde çözünmeden, difuse olabilecektir. Etki bölgesine taşınmadaki hız, ilacın çözünürlüğüne, çözünme oranına, difüzyon oranına ve kalp atışına bağlıdır. Bunların tümü de, sıcaklıkla etkilenir. Yağ içinde çözünürlük oranı büyükse, kanı doymuş hale getirmesi kolaydır ve küçük parçacıklar daha büyük yüzey alanı oluşturarak, daha etkin olurlar.

Penetrasyon, kutikulanın bütün kısımlarınca eşit hızda olabildiği gibi, bazı hassas noktalarda daha hızlı olabilmektedir. Örneğin, Rotenon ilacının girişi, küçük parçacıklı olduğunda trake kutikulasıyla, büyük olduğunda genel kutikula yüzeyindedir. Küçük parçacıklar, böcek vücudundaki açıklıklardan çok daha kolay alınırlar. *Rhodnius prolixus* Stal (Het., Reduviidae)'da Pyretrum'un, yağ içine girişi, böceğin beslenmesine ve dönemine göre değişmektedir. Nimflerde penetrasyon, beslenmeden sonra kutikulanın gerildiği anlarda çok kolaydır, bu sırada endokutikula incedir ve giriş, kısa ve geniş pore kanalları yardımıyla olur. Daha yaşlı nimflerde giriş kılların yakınında, erginlerde ise deriye ait bezler yardımıyla olur (McIntosh, 1951).

Tozlar ve kontak insektisitler, stigmaları tıkayarak ve böceklerin nefes almalarını engelleyerek veya açıklıklara, trake ve trakeollerin ince duvarlarına penetre olarak etkinlik gösterirler (Shepard, 1951). Tozların, stigmalar içine girişi de parçacık büyüklüğüne bağlıdır. Hamilton (1937)'e göre, 53 μ 'a kadar olan parçacıklar çekirgenin bütün stigmalarına girebildiği halde, 104 μ 'a kadar olanlar ilk 4 büyük stigmaya girebilmişlerdir. Weeb (1954)'de, *Melophagus ovinus* L. (Dip., Hippoboscidae)'a karşı kullanılan Derris tozları için en önemli giriş yolunun stigmalar olduğunu belirtmiştir, yine, *Chrysomya megacephala* (F.) (Dip., Calliphoridae) Pyretrum tozundan hızlı şekilde etkilendiği halde, stigmalar tıkandığında etkilenmemiştir. Ayrıca, *Sitophilus granarius* (L.) (Col., Curculionidae)'un stigmaları kapatıldığında ve ince öğütülmüş mineralle muamele edilmiş buğday verildiğinde, hiç bir parçacığın giremediği gözlenmiştir (Busvine, 1971).

Penetrasyon vücudun dış yüzeyindeki kutikula ile, solunum sistemiyle olabildiği gibi, ağız parçaları ve sindirim sistemi yoluyla da gerçekleşebilir. Mide zehirleri, böcekler tarafından yutulmak suretiyle alındıklarından, parçacıkların böceğin ağızından küçük olması gerekmektedir. Shipitzina (1935)'in araştırmalarına göre, *Anopheles maculipennis* Meig. (Dip., Culicidae)'in 1. dönem larvaları 37 μ 'a kadar olan parçaları yutabilmişler, 4. döneme kadar olan büyük larvalar ise ortalama 133 μ olan daha büyük parçaları yutmuşlardır. Genellikle, mide yoluyla etkili olan insektisitler, zararlıların kolayca yutabilmesi için küçük parçacıklar halinde öğütülürler. Küçük parçacıklı ilaçlar, böcek midelerinde daha çabuk ve çok miktarda emilirler. İnce öğütülmüş kurşun arsenat, toprakta *Popillia japonica* Newman (Col., Rutelidae)'ya karşı etkinliğini artırmıştır. Çok ince öğütülmüş kontak ilaçların, yüksek etkinliğini gösteren deliller çoktur. Örneğin, Pyretrum tozlarının aphidlere, Thiodiphenylamin'in hamam böceklerinde etkisi gibi. Bu yüksek etkinliğin nedenleri, daha fazla bulaşma, artan absorpsiyon veya her ikisi olabilir. Bir ilacın ağızdan alınımından sonra, gastrointestinal sisteminden emilmesi, kan yardımıyla

etki bölgesine taşınmada önemli bir rol oynar. Parçacık halindeki maddenin emilmesi için, kimyasal maddenin erimiş halde bulunması gerekir. Pekçok ilaç, yavaş bir şekilde absorbe edilir ve emilme oranı, gastrointestinal sistemdeki konsantrasyona bağlıdır. Katı parçacıklardan, kimyasal maddenin erime oranı düşükse, o maddenin sindirim sisteminden emilme oranı da zayıf olacaktır.

Organizmalar tarafından sindirilen insektisitler konusunda Diflubenzuron (Dimilin ilacının etkili maddesi) ile yapılan çalışmalarda parçacık büyüklüğünün etkisi araştırılmıştır. Diflubenzuron suda çok düşük çözünürlüğe sahip olan (20°C'de 0,2 mg/l) bir mide zehiridir. Farklı parçacık büyüklüklerine sahip ilacın lahana yapraklarına uygulanması ve bu yapraklara *Pieris brassicae* (L.) (Lep., Pieridae) larvalarının bırakılması sonucu, küçük parçacıklarla (4 µm) daha iyi biyolojik aktivite (% 100 ölüm) sağlanmıştır (Maas, 1978) (Cetvel 5).

Cetvel 5. Diflubenzuron uygulamasından sonra *Pieris brassicae* larvasındaki ölüm

Parçacık büyüklüğü (µm)	İlaçta etkili madde (ppm)					
	3	1	0,3	0,1	0,03	0,01
10-20	50	10	6	0	-	-
4-10	100	50	43	17	-	-
4	-	-	100	100	88	3

Yine, Güney Afrika'da yapılan çalışmalarda, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.) (Acarina, Tetranychidae)'a karşı Cyhexatin'in etkinliği küçük parçacıkla (ort. 8,20-13,20 µm) büyüğe göre (ort. 21,29-26,36) çok daha fazla olmuştur.

Alikonmada önemli rol oynayan parçacık büyüklüğü, alikonmadan sonra ortaya çıkan değişimlerde de ilacın aktivitesini etkileyebilmektedir. Küçük parçacıklı ilacın sağladığı etkinlik, etkili madde kaybına neden olan bazı faktörlerin etkisiyle azalış gösterebilmektedir. Etkili madde kaybı, parçacık büyüklüğüne bağlı olarak üç şekilde gerçekleşmektedir.

1. **Buharlaştırma** : Güneş ışığı, etkili maddede sıcaklık etkisiyle buharlaşmaya neden olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmada, % 25 WP Chlorpyrifos ile beş hafta önce ilaçlanan elmalar güneş ışığına bırakılmış daha sonra *Cydia pomonella* yumurtaları bu elmalar üzerine yerleştirilmiştir. Sonuçta, daha küçük parçacıkla ilaçlanan elmalardaki etkinlikte azalış tesbit edilmiştir (Cetvel 6).

Cetvel 6. *Cydia pomonella*'ya karşı Chlorpyrifos birikimlerinin etkinliği

Ortalama parçacık büyüklüğü (µm)	Zarar görmemiş elma kısımları
4	1/8
5	3/8
9	6/8
10	6/8

Chlorpyrifos'un, yaprak içine penetre olmadığı bilinmektedir. Nemli şartlar altında maddelerin ultraviyole ışınlarıyla parçalanmasına rağmen, birikimlerdeki etkili madde kaybının ana nedeni buharlaşma olarak tanımlanır. Buharlaşma, direkt olarak mevcut yüzey alanıyla ilgilidir ve daha küçük parçacıkla daha yüksek oranda buharlaşma gerçekleşir (Mac Quillan and Shipp, 1977).

Feichtmeier (1949) tarafından yapılan fasulye yaprakları üzerine akarisit olarak kürt uygulamasında, başlangıçtaki etki küçük parçacıklarla daha iyi olduğu halde belirli süre sonunda küçük parçacıkların yüksek oranda buharlaşmasıyla etkinlik azalmıştır (Maas, 1978).

2. Işıkla parçalanma (=Photodecomposition): Güneş ışığı, etkili maddenin fotokimyasal dekompozisyonuna yol açmaktadır.

Foto dekompozisyon denilen bu olayda, ilaç molekülleri ışık adsorbe ederek enerji almakta, kazanılan bu enerji bir takım kimyasal bağları koparmakta diğer bir deyişle ilacı parçalayarak etkinliğini azaltmaktadır. Bu sırada, havadaki O₂ ve CO₂ de, dekompozisyona yardımcı olmaktadır. Bu iki gazın kimyevi etkisi, etkili maddenin oksidasyonu veya karbonatasyonu şeklindedir.

Küçük parçacıklar, daha büyük toplam yüzey alanı oluştururlar. Böyle yüzey içindeki parçacıklar, güneş ışığı altında kaldıklarında, büyük parçacıklara göre çok daha çabuk dekompoze olmaktadır.

Bu konuda, Pyrazoline grubundan birkaç insektisit ile parçacık büyüklüğünün etkisi Cetvel 7'de görülmektedir.

Cetvel 7. *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) (Col.,Chrysomelidae)'ya karşı Pyrazoline grubu insektisitlerin etkisi.

Madde	Formülasyon	Konsantrasyon (ppm etkili madde)	Ölüm oranı (%)	
			Başlangıç	1 hafta sonra
PH-60-41	Sıvı < 2 µm	30	110	85
		10	90	76
		3	90	0
	WP ort. 4 µm	30	100	99
		10	100	94
		3	78	53
DU 112,546	Sıvı < 0,5 µm	30	100	31
		10	91	-
		3	67	-
	WP ort. 3 µm	30	89	76
		10	39	-
		3	4	-

PH-60-41 ve DU 112,546 ile yapılan çalışmada, daha küçük parçacıkla başlangıçta iyi bir etki görülmüş, uygulamadan 1 hafta sonra etkide azalma olmuş, 1 hafta sonraki etkinin ise büyük parçacıklarla daha iyi olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, ultraviyole ışığı etkisiyle bu maddelerin küçük parçacıklarının kolayca bozunabilmesidir.

3. Yağmurla yıkanma : Yağmurun etkisi iki şekildedir;

a. Suda eriyen etkili maddenin yağmur suyu ile eriyerek veya suda erimeyen etkili maddenin yağmur suyunda süspansiyon veya emülsiyon haline gelerek akıp gitmesi,

b. Fırtınalı veya iri damlalı yağmurun ilaç parçacıklarını mekanik olarak yapışma noktalarından ayırmasıdır.

Bilindiği gibi, bir ilaç, birikiminin etkinliğini sürdürebilmesi, o ilacın yağmurla yıkanmaya olan direncine bağlıdır. Daha küçük ilaç parçacıklarının hedef organizmalarında erime oranı yüksek olduğuna göre, aynı büyüklükte yıkanmadaki erime oranında yüksek olması beklenir. Gerçekte ise daha küçük parçacıkların yağmura karşı dirençleri çok daha fazladır.

Yakın zamanlarda Tedion-V 18 ve Animet-V 101 akarisitlerinin etkisi konusunda, parçacık büyüklüğünün önemi araştırılmıştır. Aynı deneme serilerinde, elma yaprakları üzerinde yapışkanlıkta çalışılmıştır. Genellikle, parçacıkları 20 µm'den küçük olacak şekilde öğütülmüş bir ıslanabilir toz, parçacıklarının çoğu 5 µm'den küçük öğütülmüş toza göre, fazlaca yıkanmıştır. En iyi yapışkanlık ise parçacıklar 2 µm'den küçük olan bir akıcı konsantre formülasyonda sağlanmıştır (Cetvel 8) (Maas, 1978).

Cetvel 8. Tetrasul ve Teradifon formülasyonlarının yapışkanlığı

Etkili madde	Suni yağmur (mm)	Parçacık büyüklüğüne göre alınma (%) 'si		
		< 20 µm	≤ 5 µm	≤ 2 µm
Tetradifon	0	100	100	100
	13	24	60	92
	39	13	49	84
Tetrasul	0	100	100	-
	12	18	57	-
	36	13	45	-

Buraya kadar verilmiş olan açıklamalardan anlaşılacağı gibi, parçacık büyüklüğünün ilacın biyolojik aktivitesindeki önemi oldukça büyüktür. Bu yüzden, ülkemizde de uygulanan Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün standartlarına göre; toz formülasyonundaki tarım ilaçlarının % 98'i 149 µ'dan daha ince ve ıslanabilir tozlarda ise 44 µ'dan ince olması gerekmektedir. Mide ve kontak etkili insektisitlerin aktivitesi üzerine parçacık büyüklüğünün etkisi kısaca özetlenecek olursa;

a. Küçük parçacıklara dokunma olasılığı ve dolayısıyla böcek tarafından ağız yolu ile alınması büyük parçacıklara kıyasla daha fazladır. Parçacık küçüldükçe, mide zehiri olarak biyolojik etkinlik artmaktadır.

b. Parçacıklar küçüldükçe film tabakası oluşturma özellikleri artmakta yüzeye daha iyi yapışmakta ve dolayısıyla böcek ve bitki üzerinde uzun süre kalabilmektedir.

c. Küçük parçacıkların yüzey sahaları büyüklere kıyasla (birim ağırlıktaki) fazla olduğundan, böcek vücudunun daha fazla ilaçla temas şansı artmakta ve dolayısıyla böcek daha çabuk paralize olarak ölmektedir.

Şu halde, yüksek etkinlik sağlayan, ilacın bozunmasına ve taşıma sırasında değişmesine yol açmayan, uygulamada zorluk çıkarmayan en uygun parçacık büyüklüğüne sa-

hip ilacın kullanımı ile hem yeterli etki sağlanmalı hem de gereğinden fazla ilacın kullanımı önlenmelidir.

Özet

Bu çalışmada, parçacık büyüklüğünün bitki koruma ilaçlarının biyolojik aktivitesini etkileyen faktörlerden; formülasyon (gerek etkili madde, gerekse yardımcı maddeler), uygulama (sürüklenme ve yapışma), penetrasyon ve penetrasyondan sonra ortaya çıkan değişikliklerden (buharlaştırma, ışıkla parçalanma ve yıkanma) kısaca bahsedilmiştir.

Literatür

- Busvine, R.J., 1971. A Critical Review of the Techniques for Testing Insecticides Common Wealth Agricultural Bureaux, London, 345 s.
- Cremlyn, R., 1978. Pesticides Preparation and Mode of Action. The Gresham Press, New York, 240 s.
- Enriquez, L., 1973. Particle size in insecticides applied as dusts and its influence on the treatments. *Rev.Appl.Ent.*, 61(8) : 807.
- Feictmeier, E.F., 1949. The effect of particle size and solubility of sulphure in carbon the sulphure upon its toxicity to fungi. *Phytopathol.*, 39 : 605.
- Green, M.B., G.S. Hartley and T.F.West, 1979. Chemicals for Crop Protection and Pest Control. Pergamon Press, 293 s.
- Hadaway, A.B., F. Barlow and C.R. Turner, 1970. The effect of particle size on the contact toxicity of insecticides to adult mosquitoes, *Anopheles stephensi* List. *Bull.Entomol.Res.*, 60(1) : 17-21.
- Hamilton, A.G., 1937. Dusts : entering spiracles of locusts. *Bull.Entomol.Res.*, 28 : 53.
- Harries, F.H., 1956. Effects of physical properties of Derris Dusts on their toxicity to the Mexican Bean Beetle. *J.econ.Ent.*, 52(5) : 1017.
- Mass, W., 1978. Influence of Particle Size of Pesticidal Activity, IUPAC, Advances in Pesticide Science, Zurich, Part 3, 835 s.
- MacQuillan, J.M. and E. Shipp, 1977. Effects of particle size and active ingredient content on residual activity of Chlorpyrifos Wettable Powder formulations against Codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Pestic.Sci.*, 8, 214-216.
- McIntosh, A.H., 1951. Particle size of insecticidal suspensions and their contact toxicity, IV. Mechanisms of action of different sized particles. *Ann.Appl.Biol.*, 38(3) : 567-576.
- McIntosh, A.H., 1957. Particle size of insecticidal suspensions and their contact toxicity, VI. Effect of temperature on relative toxicity. *Ann.Appl.Biol.*, 45(1) : 189-205.
- Pearson, A.J.A., 1968-71. Pesticides : Application for greater effect and economy, *Span*, 12(2) : 96.
- Shepard, H.H., 1951. The Chemistry and Action of Insecticides, The Maple Press Company, New York, 504 s.
- Shipitzina, N.K., 1935. Particle sizes swallowed by mosquito larvae, *Med. Parasit.*, 4 : 381.
- Valange, B. and J.C. Van Damme, 1976. Influence de la granulometrie des matieres de charge sur la decomposition du malathion. *Parasitica*, 32(2) : 84-87.
- Webb, J. E., 1954. Toxicity of derris: Melophagus. *Bull.Entomol.Res.*, 36 : 15.
- Weick, F.E. and G.A. Roth, 1957. Aerial application of insecticides. *Ann.Rev.Ent.*, 2 : 297.