



Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences

Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

Vejetatif Filtre Şeritleri: Herbisitlerin YüzeY Sürüklenmesi Yoluyla Taşınması- nın Engellenmesinde Çevreci Bir Yaklaşım

Ünal ASAV¹, Ahmet Tansel SERİM^{1*}

¹Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi: 22.07.2017

Kabul tarihi: 03.11.2017

Anahtar Kelimeler:

Vejetatif filtre şeridi

Herbisit

Sürüklenme

Parçalanma

ÖZET

Vejetatif filtre şeritleri yüzeY akışı ile gelen tarımsal kimyasalların sulak alanlara ulaşmasının engellenmesi veya ulaşan yüzeY akışı içerisindeki tarımsal kimyasalların miktarının azaltılması amacıyla oluşturulan bitki bariyerleridir. Bu bitkisel bariyerler, tarımsal amaçla kullanılan organik ve suni gübreler ile pestisitlerin özellikle herbisitlerin su kaynakları kirlenmesine mani olmakta oldukça yararlı yapılardır. Canlı bitki şeritleri yüzeY akışı ile gelen suyun önemli bir kısmını toprak yüzeyinden aşağıya drene ederek su kaynağına ulaşan yüzeY suyu miktarını düşürür. Kullanılan bitki türlerine bağlı olarak filtre şeritleri herbisitlerin degradasyonun hızlanmasına da yardımcı olabilirler. Canlı bitki şeritlerindeki bitkiler tarımsal üretimde kullanılan herbisitlerden etkilenmeyen veya onları metabolize edebilen çok yıllık bitki türleri arasından seçilir. Sulak alanlara ulaşan herbisit miktarı tarım alanlarının eğiminin ve ani yağışların şiddetinin ve süresinin artmasına bağlı olarak artış gösterir. İklim koşullarında yaşanan değişim şiddetli ani yağışların oluş sıklığının ve bu yağışların şiddetinin artmasını da beraberinde getirmiştir. Vejetatif filtre şeritleri ülkemiz gibi farklı ekim sistemlerine, değişik toprak tiplerine ve iklim koşullarına sahip ülkelerde uzun yıllardır başarı ile kullanılmaktadır.

Vegetative Filter Strips: An Environmental Approach to Prevent Herbicide Run-off

ARTICLE INFO

Article history:

Received date: 22.07.2017

Accepted date: 03.11.2017

Keywords:

Vegetative filter strip

Herbicide

Run-off

Degradation

ABSTRACT

Vegetative filter strips are plant barriers established for preventing agricultural chemicals to access or reducing the amount of agricultural chemicals in run-off reached to the wet lands. These plant barriers are useful bodies to hinder agricultural chemicals such as organic-inorganic fertilizer and pesticides, especially herbicides, used agricultural purposes. Living plant strips decline the amount of run-off volume discharged to the water bodies via drainage considerable amount of run-off water under soil surface. Depending on the plant species sowed in barrier, VFS can contribute to enhance degradation of herbicides. The plants sowed in VFS have been chosen among the perennial plant species that they are uninjured or metabolised the herbicides used for agricultural purpose. Herbicide amount reached to the wet lands increase depending on rising of slope of agricultural lands and severity and duration of rainfall. Climate change has increased the frequency and severity of sudden heavy rainfall. Vegetative filter strips have been successfully used in countries had various cropping systems, soil type and climate for many years like Turkey.

* Sorumlu yazar email: a_serim@hotmail.com

1. Giriş

Yabancı ot mücadelesinde kullanılan herbisitler teknik olarak adlandırılmaları da insanoğlu tarafından binlerce yıldır kullanılmaktadır. Modern tarımsal üretim sistemlerinin vazgeçilmez araçlarından olan herbisitlerin kullanımı yeşil devrimi takiben büyük artış göstermiştir.

Herbisitlerin kullanımı tarımsal üretim sistemleri ile sınırlı değildir. Boş alanlarda, demiryollarında, karayolları kenarlarında, havaalanlarında ve tarihi alanlarda yabancı ot mücadelesi için herbisitlerden yararlanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde herbisit kullanımı sürekli artış göstermektedir. Zaman içerisinde herbisit tüketim miktarlarında görece bir düşüşten bahsedilmektedir. Ancak herbisit uygulanan alanların yüzölçümü değişmediği sürece rakamlardaki değişim sadece bir yanılsama olarak kalacaktır. Buğday alanında 2.4-D ester ile yapılan yabancı ot mücadelesinde 80 g aktif madde da⁻¹ herbisit kullanılırken aynı mücadele tribenuron methyl ile yapıldığında ise 0.75 g aktif madde da⁻¹ herbisit kullanılacaktır.

Herbisit kullanımının süreklilik arz etmesi ve neredeyse bütün münavebe sistemi bitkilerinde kullanılması bu tarımsal kimyasalların istenmeyen etkilerinin daha görünür hale gelmesine neden olmuştur. Bu etkileri; herbisitlere dayanıklı biyotiplerin ortaya çıkması, toprakta kalıcı herbisitlerin münavebe bitkilerinde zarar oluşturması, uygun olmayan şartlarda veya uygun olmayan ekipman ile yapılan ilaçlamalar sırasında oluşan drift, süzülme ile yer altı su kaynaklarının kontamine olması ve su kalitesinin düşmesi, yüzey su kaynaklarının kirlenmesi ve herbisit uygulayıcılarının uygulama sırasında kaldıkları maruziyetler sayılabilir.

Herbisitlerin neden olduğu bu olumsuz etkiler içerisinde yüzey sürüklenmesi ile herbisitlerin yüzey su kaynaklarına karışması, üzerinde çok fazla bilimsel çalışma yapılmayan bir konudur. Yapılan çalışmalarda herbisitlerin yüzey sürüklenmesi ile taşınma potansiyelleri, vejetatif filtre şeritlerinin etkinliği, herbisitlerin filtre şeritlerinde degradasyonları, iklim ve toprak koşullarının sürüklenmeye etkisi gibi konular öne çıkmaktadır.

Herbisitler uygulandıktan sonra, degradasyon sürecine henüz girmişken meydana gelecek yağışlar; bu herbisitlerin bazılarının suda çözünerek toprağın alt katmanlarına gitmesine (süzünme) neden olabileceği gibi toprak partiküllerine bağlanan herbisitler su ile beraber hareket ederek hem toprak yüzeyinde hem de toprak altında inerek uygulama alanının dışına taşınabilmektedir (Reichenberger vd., 2007; McDaniel vd., 2008; Arora vd., 2003). Noktasal olmayan sürüklenme olarak adlandırılan bu yol ile herbisitler, arazi eğimi doğrultusunda yer alan su kaynaklarına taşınabilirler (Neumann vd., 2002; Kalkhoff vd., 2003). Su kaynaklarına karışan herbisitler su kalitesinde değişikliğe neden oldukları gibi su ekosistemlerinde türleri de

olumsuz etkileyebilmektedir (Vianello vd., 2005). Ciddi bir yağış olmaksızın uygulanan herbisitlerin kullanılan miktarının yaklaşık %0,5'den azı hedef alan dışına çıkmaktadır (Wauchope, 1978). Teknik olarak oran düşük görünse de Ülkemizde 2011 yılında 23.362.138 kg herbisit satıldığı düşünülürse yaklaşık 116.810 kg herbisit hedef dışı alanlara gittiği varsayılabilir (Anonim, 2012). Söz konusu hedef dışı alanların başında ise yüzey sürüklenmesi ile herbisit bulaşan nehir, göl, gölet gibi yüzey suları; süzülme, tercihli akış ve infiltrasyon ile herbisit bulaşan yer altı su kaynakları gelmektedir. Yüzey su kaynakları tarımsal, endüstriyel ve evsel amaçlarla sürekli kullanıldığı için bu kaynaklardaki herbisit bulaşmalarının etkisi daha hızlı görülmektedir. Yüzey su kaynaklarının pestisit ile bulaşmasında, yüzey sürüklenmesi tüm dünyada çok önemli bir taşınma şekli olarak değerlendirilir (Kookana vd., 1998). Yüzey sürüklenmesinin oluşumunda en büyük etken şüphesiz ki ani yağışlardır.

Kısa süreli ani yağışlardan kaynaklanan yüzey sürüklenmesi genellikle iki şekilde oluşur. Birincisinde yağış oranı toprağın infiltrasyon oranında fazla olursa, yağışla gelen ve toprağın tutamayacağı miktarda su; toprak doyma noktasına ulaşmamış bile olsa yüzey sürüklenmesine neden olur (Horton, 1933). İkincisinde ise; yağmur damlaları toprak partiküllerinin düzenini bozduğu ve yağmur damlacıklarına bağlanan partiküllerin toprak içindeki porları tıkaması sonucunda veya toprak içindeki porların tamamıyla su ile dolması neticesinde yağış toprağa infiltre olamadığı için yüzey sürüklenmesi olabilir (Römkens 1985). Yağmur devam ettiğinde, toprağın alt katmanlarındaki porlar su ile dolduğu için toprak yüzeyinde bulunan çukurluklar su ile dolmaya başlar ve toprak yüzeyinde düz bir zemin oluşur. Bu bölgeler değişken katkı alanı (variable contributing area) olarak adlandırılır ve yüzey sürüklenmesi için uygun bir ortam oluşturur (Dunne ve Black, 1970). Devam eden yağışla birlikte biriken sular, toprak yüzeyinden toprak partikülleri ve onlara bağlı diğer kalıcı organik bileşikler de bünyesine katarak sürüklemeye başlar.

Herbisitlerin su ekosistemlerine girmesinin önlenmesi veya miktarının azaltılması için 2 yaklaşım benimsenmektedir (Mersie ve Seybold, 1997). Birincisi; İyi Yönetim Uygulamalarının tüm tarlada uygulanması olup, toprak korumaya yönelik toprak işleme, kullanılan herbisit dozunun azaltılması, herbisit uygulama tekniğinin geliştirilmesi ve uygun zamanda herbisit uygulanması gibi yaklaşımları içermektedir. İkinci yaklaşım ise; İyi Yönetim Uygulamalarının, su kanallarına ulaşmadan önce taşkın suyunun herbisit yükünü azaltmak için tarla kenarlarında icra edilmesidir. İkinci yaklaşım içerisinde yer alan ve üzerinde ilginin yoğunlaştığı İyi Yönetim Uygulamalarından birisi de Vejetatif Filtre Şeridi uygulamalarıdır. Vejetatif filtre şeritleri yüzey sürüklenmesi ile gelen su ve bu su içerisinde taşınan suni gübrelerin, erosif partiküllerin ve pestisitlerin su kaynaklarına karışmasını önlemek amacıyla dizayn edilip kullanılan canlı bitki bariyerleridir. Vege-

tatif filtre şeritleri; toprak yüzeyinin pürüzlülüğünü artırarak infiltrasyonu yükseltir, sürüklenme hızını ve hacmini azaltırlar, herbisitlerin bağlandıkları partiküllerden salınımını kolaylaştırırlar, çözünmemiş fazda bulunan herbisitleri otsu bitkilere, bu bitkilerin samanlarına ve toprağa bağlarlar (Misra vd., 1996; Borin vd., 2005; Schmitt vd., 1999; Krutz vd., 2004). Vegetatif filtre şeritlerinin asılı partikülleri (%70-80), Fosforu (%70-98) ve azotu (%70-95) tutma kapasitesi oldukça tatminkar olabilmektedir (Delgado vd., 1995; Heathwaite vd., 1998).

İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2023) Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5°-4°C artacağı, artışın Ege ve Doğu Anadolu Bölgelerinde 4°C'yi, iç bölgelerde ise 5°C'yi bulacağını öngörürken, Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymaktadır (Anonim, 2011). Eylem planında öngörülen sıcaklık artışları ve yağışlardaki düzensizlikler planın hazırlanmasından kısa bir süre sonra yaşanmaya başlamıştır. Hemen her gün ülkemizin bir bölgesinde ani erosif yağışların sebep olduğu olumsuzluklara şahit olmaktayız. Modellemelerle yapılan ve geçmiş yılların verilerinin kullanıldığı senaryo çalışmalarına göre CO₂ birikiminin seviyesine bağlı olarak akarsularımızın yıllık akımlarında %0-50 oranlarında azalma olabileceği öngörülmektedir (Türkeş, 2002). Yağışların düzensizleşmesi ve şiddetli ani yağışların yüzey sürüklenmeleri ile herbisitleri taşıması; yüzey su kaynaklarımızın bu tarımsal kimyasallarla kirlenmesine neden olurken iklim değişikliğinin diğer bir sonucu olan akarsularımızın akımlarının azalması ise bu su kaynaklarına karışan herbisitlerin oluşturduğu kirliliğin boyutunu artırmaktadır. Yüzey sürüklenmesi ile akarsuya karışan herbisitler akımı azalan akarsu içerisinde daha yüksek herbisit konsantrasyonlarına neden olacaktır. Bu durum ise tarım alanlarına komşu su ekosistemlerinde ciddi çevreyle ilgili sorunlara yol açacaktır.

Bu çalışmada, herbisitlerin yüzey su kaynaklarına karışmasını engellemek veya karışan miktarın azaltılması için kullanılacak vegetatif filtre şeritlerinin kurulumu, yapısı ve etkinliği literatür verileri ışığında ele alınmıştır.

2. VFŞ Nitelikleri

Vegetatif filtre şeridi, yoğun herbisit kullanılan ve ani erosif yağışların yaşandığı tarım alanlarında herbisitlerin su kaynaklarına ulaşmasını engelleyebilecek çevre koruma amaçlı bir uygulama olarak ele alınmakta olup herbisitlerin yüzey sürüklenmesi ile taşınmasını %80-91.2 gibi yüksek oranlarda azaltabilmektedir (Vianello vd., 2005; Otto vd., 2012). Herbisitlerin yüzey sürüklenmesi ile tarım alanlarından su kaynaklarına taşınmasının azaltılması veya engellenmesi konusunda değişik koşullarda yürütülmüş pek çok çalışma bulunmaktadır (Lacas vd., 2009). Arazi koşullarında vegetatif filtre şeridinin etkinliği bir çok faktöre bağlı

olan kompleks bir yapıdır ve bu yapı içerisinde toprağın yapısı, yağışın hızı ve süresi, yağış öncesinde toprağın nem oranı, toprağın infiltrasyon kapasitesi, yüzey alanlarının durumu (topografya), toprak yüzeyinin bitki vb ile kaplı olması ve herbisit fiziksel ve kimyasal özellikleri yüzey sürüklenmesi sürecini etkileyen faktörler olarak sayılabilir (Montenegro vd., 2013; Wei vd., 2014; Römkens vd., 2001; Shipitalo ve Owens, 2003).

Yüzey sürüklenmesini etkileyen bu faktörler içerisinde yağışlardan sonra en önemli faktörlerin başında şüphesiz ki eğim gelmektedir. Eğimli bölgeler üzerinde bulunan tarım arazileri ani şiddetli yağışlardan kaynaklanan yüzey sürüklenmesine oldukça hassastır. Ekoloji ve topografya bakımından ülkemize oldukça yakın olan Yunanistan'da yapılan bir çalışmada; alachlor, metolachlor ve EPTC'nin farklı eğime sahip alanlarda uygulandığında eğim arttıkça yüzey sürüklenmesinin arttığı ve toprak işlemenin yüzey sürüklenmesi ile herbisit taşınmasını artırdığı belirlenmiştir (Patakioutas ve Triantafyllos, 2004).

Ülkemizde tarım yapılan arazilerin çok büyük bir kısmının eğimli bölgelerde yer aldığı düşünüldüğünde, konvansiyonel tarım tekniklerinin sürdürüldüğü bu alanlarda şiddetli ani yağışların yaşanması durumunda herbisitlerin yüzey sürüklenmesi ile taşınması kaçınılmaz bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak yüzeyinden akan su; toprak partiküllerini taşıdığı gibi toprak partiküllerince absorbe edilen bazı pestisitler, özellikle de herbisitleri, çözerek (desorbsiyon) bünyesine alır. Bu yüzeysel su akışının varış noktası genellikle bir yüzey su kaynağıdır.

Sürüklenme suyu içerisindeki herbisit konsantrasyonu etkileyen faktörlerin başında yağışın yoğunluğu ve herbisit özellikleri öne çıkmaktadır. Ani yağışın miktarı ve süresi yüzey sürüklenmesini etkilemektedir. Kısa süreli ve şiddetli yağışlar vegetatif filtre şeridi uygulanmayan alanlarda daha fazla sürüklenmeye sebep olur (Otto vd., 2012). Herbisit yapısı da vegetatif filtre şeridinin etkinliğini belirleyen önemli bir faktördür. Suda orta seviyede çözünebilir herbisitlerden atrazine ve metolachlor'un süzünü içinden tutulması konusunda Avustralya'da yürütülen bir çalışmada; bu uygulamanın süzünüdeki atrazine'i %40-85 ve metolachlor'u ise %44-85 oranında azaltabildiği belirlenmiştir (Popov vd., 2006). Herbisitlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri yüzey sürüklenmesi ile taşınmalarında önemli faktörlerden biridir. Kanada'da 51 sulak alanda yapılan sürveyde bazı sulak alanlarda MCPA, 2,4-D ve triallate' in su kalitesi yönergesinin izin verdiği limitlerin üzerinde tespit edildiği bildirilmiştir (Donald vd., 1999). Degenhardt (2010) bu grup herbisitlerden olan Ethametsulfuron-methyl'in 17 sulak alandan alınan sedimentlerin hepsinde tespit edildiğini, thifensulfuron-methyl ve tribenuron-methyl'in ise bazı numunelerde çok düşük oranlarda tespit edildiğini bildirmiştir. Lerch ve Blanchard (2003) ABD'nin Kuzey Missouri ve Güney Iowa akarsularında metribuzine,

alachlor, metolachlor, acetochlor, cyanazine, atrazine gibi herbisitlerin tespit edildiğini ve bu herbisitlerin rastlanma sıklığının %87-100 arasında değiştiğini bildirmiştir. Otto vd. (2012) İtalya'nın Po Vadisinde metolachlor ve terbuthylazine'nın yüzey sürüklenmesi ile kolaylıkla yüzey su kaynaklarına taşınabilirken, mesotrione'nin toprakta çok çabuk kaybolduğu için yüzey sürüklenmesi ile taşınması riskinin düşük olduğunu belirlemiştir.

Herbisitlerin toprakta aktif kalma süreleri, uygulamaları alanda yabancı ot kontrolü sağladıktan sonra kalıntı bırakmadan kaybolmalarını sağlayacak kadar olmalıdır. Bu sürelerin belirlenmesinde en çok kullanılan zaman belirteci ise herbisitlerin yarılanma süreleridir. Herbisitlerin yarılanma süreleri ekilen kültür bitkisine, herbisitlerin yapısına, toprağın yapısına, toprakta ki mikroorganizma varlığına, toprak nemine ve meteorolojik koşullara bağlı olarak değişiklik gösterir (Oliveira vd., 2001; Milan vd., 2013a). Yunanistan'da yapılan bir çalışmada; mısır yetiştirilen bir tarlaya uygulananalachlor, metolachlor ve EPTC'nin topraktaki yarılanma süreleri mısır ekimi yapılmayan parsellere göre düşüş göstermiş, en fazla düşüş EPTC'de gözlenirken en az düşüşalachlor'da gözlenmiştir (Patakious ve Triantafyllos, 2004). Halosulfuron-methyl'in toprakta tutulması ve parçalanmasının belirlenmesi için yürütülen bir çalışmada; topraktaki organik madde miktarının ve kil içeriğinin artmasının absorpsiyonu artırdığı, pH'nın artmasının ise düşürdüğü ve organik madde miktarının artmasının herbisit topraktaki yarılanma süresini düşürdüğü belirlenmiştir (Rajasekharan ve Ramesh, 2014).

Vegetatif filtre şeridinde kullanılacak olan bitkilerin seçimi gerek bu bitkilerden beklenen etkinin sağlanması gerekse bu bitkilerin daha sonra ekonomik açıdan değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Bu konuda yapılan çalışmalar vegetatif filtre şeridi içerisinde çoğunlukla dar yapraklı bitki türlerinin kullanıldığını göstermektedir (Tingle vd., 1988; Seta ve Karathanasis, 1997; Dozier vd., 2002; Popov ve Cornish, 2006). Dar yapraklı bitki türlerinin bu amaç için seçiminde; sık kanopi oluşturması ve kardeşlenerek bitki sıklığının zaman içinde artabilmesi önemli rol oynar. Dar yapraklı türlerin herbisitlere toleransları, onların akan su içindeki sedimentleri ve bu sedimentlere bağlı herbisitleri tutmasında önemlidir (Popov ve Cornish, 2006). Dar yapraklı bitki türlerinin de herbisitleri tutma kapasiteleri farklıdır. *Adropogon gerardii* ile oluşturulan vegetatif filtre şeridi, denemede kullanılan fluometuron'unun % 4'ünün ve Norflurazon'unun ise % 1.8'inin geçmesine izin verdiği; *Tripsacum dactyloides* ile oluşturulan vegetatif filtre şeridi ise denemede kullanılan fluometuron'unun % 2'sinin ve Norflurazon'unun ise % 0.7'sinin filtre şeridini geçtiği belirlenmiştir (Rankins vd., 2001). Vegetatif filtre şeridinde kavak, akçaağaç, kuşüzümü, çam gibi çalı ve ağaç formunda bitkilerde kullanılabilir. Ancak bu çalımsı bitkiler ve ağaçlar, dar yapraklı bitkilerde olduğu gibi herbisit parçalanmasını hızlandıramazlar (Krutz vd., 2005). Çalımsı

bitkilerin ve ağaçların tercih edilmesinin başlıca sebebi çok uzun yıllar boyunca kullanılabilecekleri için vegetatif filtre şeridi oluşturma maliyetini düşürüyor olmalarıdır.

Çizelge 1

Herbisit degradasyonunu artırmayan VFŞ bitkileri (Krutz et al., 2005).

VFŞ bitkisi	Herbisit
Abutilon theophrasti	Atrazine, metolachlor
Amaranthus sp.	Atrazine, metolachlor
Carduus nutans L.	Metolachlor
Chenopodium album L.	Metolachlor
Conyza canadensis L.	Atrazine, metolachlor
Cronqu.	
Echinochloa crus-galli L.	Atrazine, metolachlor
Beauv.	
Glycine max L. Merr.	Atrazine, metolachlor, trifluralin
Hibiscus trionum L.	Atrazine, metolachlor
Hordeum jubatum L.	Metolachlor
Lepidium latifolium L.	Atrazine, metolachlor
Nepeta cataria L. C	Metolachlor
Panicum capillare L.	Metolachlor
Panicum virgatum L.	Atrazine
Polygonum pennsylvanicum	Atrazine, metolachlor
Setaria glauca L. Beauv.	Atrazine, metolachlor
Zea mays L.	Metolachlor

Çizelge 2

Herbisit degradasyonunu artıran VFŞ bitkileri (Krutz et al., 2005).

VFŞ bitkisi	Herbisit
Chenopodium album L.	Atrazine
Carduus nutans L.	Atrazine, metsulfuron
Hordeum jubatum L.	Atrazine
Kochia scoparia L.	Atrazine, trifluralin
Schrad.	
Lolium perenne L.	Isoproturon, fluometuron
Nepeta cataria L.	Atrazine
Oryza sativa L.	Fluometuron
Panicum capillare L.	Atrazine
Panicum virgatum L.	Metolachlor
Populus deltoides nigra	Atrazine
Vicia villosa Roth.	Fluometuron
Zea mays L.	Alachlor, metolachlor

Vegetatif filtre şeridinin genişliği de etkinliğinde büyük önem taşımaktadır. Atrazine ve metolachlor sürüklenmesi için planlanan bir çalışmada; uygulamadan 5 gün sonra herbisit konsantrasyonu 9 metrelik vegetatif filtre şeridinde en düşük bulunmuş, ilerleyen sürelerde ise herbisit konsantrasyonunun düşürülmesinde 3 ve 6 metrelik vegetatif filtre şeritlerinin de 9 metrelik şerit kadar etkili bulunmuştur (Lafrance vd., 2013). ABD tarım departmanı bitki koruma ürünlerini kuvvetli bir şekilde absorbe edilmesi, partiküllerin ve sedimentlerin tutulması için en az 6 metrelik bir vege-

tatif filtre şeridinin oluşturulmasını tavsiye etmektedir (Milan vd., 2013b). Eğimin % 5'den az olduğu alanlarda 10 m, eğimin %5' den yüksek olduğu alanlarda ise 20 m vegetatif filtre şeridi uygulaması yapılması Kanada'nın bazı eyaletlerinde zorunlu kılınmıştır (Dunn vd., 2011). Avrupa Birliği de bu konuda tavsiyede bulunmuş, Danimarka ve İsveç gibi bazı AB ülkeleri su yolları boyunca vegetatif filtre şeridinin oluşturulmasını zorunlu kılınmıştır (Tredanari, 2011). Vegetatif filtre şeridinden istenen faydanın sağlanabilmesi için oluşturulacak vegetatif filtre şeridinin alan oranlarının da belirlenmesi gerekmektedir. Vegetatif filtre şeridinin alan oranı; yüzey sürüklenmesine katkı sağlayan tarla alanının vegetatif filtre şeridinin alanına bölünmesi ile elde edilen değer olup etkinlik değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Krutz vd., 2005).

Vegetatif filtre şeridi uygulaması farklı ekim sistemlerinde de başarı ile uygulanabilmektedir. Webster ve Shaw (1996) vegetatif filtre şeridinin toprak işlemsiz ekim, konvansiyonel ekim ve toprak işlemsiz iki ürün sistemlerinin hepsinde etkili bir şekilde kullanılabildiğini belirlemişlerdir. Yüzey akışı ile flufenacet ve isoxaflutole taşınması ile yapılan çalışmalarda toprağın yapısının vegetatif filtre şeridinin etkinliğini değiştirebildiği belirlenmiştir (Milan vd., 2013a).

3. VFŞ Etkinliğinin Modellemesi

Pestisitlerin özellikle de herbisitlerin toprak matrisinde farklı ekolojik ve çevre koşullarındaki hareketlerinin bilinmesi, yüzey ve yer altı su kaynaklarının korunması için büyük önem arz etmektedir. Bu hareketlerin bağlı olduğu faktörlerin sayısının fazlalığı söz konusu faktörleri ele alacak şekilde kapsamlı çalışma yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu zorluğun aşılabilmesi için başvurulan yaygın yöntemlerden birisi de modellemelerdir. Tarım alanlarında kullanılan herbisitlerin taşınmasını ve parçalanmasını araştırmak için birçok modeller geliştirilmiştir (Celestino Ladu ve Zhang, 2011). Modellemeler yardımıyla önemli bazı parametrelerin kullanılması, araştırılacak verinin tahmin edilmesine olanak tanımakta ve bu yöntemle araştırmalar kısa sürede uygun maliyetle sonuçlandırılabilir (Spurlock vd., 1998). Yüzey sürüklenmesi ile taşınan herbisitlerin tutulması ve su kaynaklarına karışmasının engellenmesi için uygulanacak olan vegetatif filtre şeridinin etkinliğinin belirlenmesi için de matematiksel modellerden yararlanılmaktadır (Dosskey, vd., 2011). Bu modeller yardımıyla arazi koşullarına ve amaca uygun vegetatif filtre şeridinin özellikleri ve uygulanacağı alanların belirlenmesi mümkündür. Bu amaçla Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi kullanılarak web tabanlı programlar oluşturulmuş ve internet üzerinden kullanıma sunulmuştur (Park vd., 2013). Oluşturulan vegetatif filtre şeridinin etkinliğinin belirlenmesinde Vegetatif Filtre Şeridi Modelleme Sistemi (VFSSMOD-W) yaygın olarak kullanılan bir modeldir (Munoz-Carpena and Carpena, 2004).

4. Sonuç

Vejetatif filtre şeritleri eğime sahip bütün tarım alanlarının sulak alanlara bitişik sınırlarına kolaylıkla kurulabilen ve etkisini kısa sürede gösterebilen canlı bitki bariyerleridir. Sürdürülebilir pestisit kullanım prensiplerine göre sulak alanlara yakın alanlarda ilaçlama yapılmayan bir şerit bırakılması bu alanların hastalık zararlı ve yabancı otlara konukçuluk yapmasına neden olabilir. Canlı bitki bariyerleri tarladaki kültür bitkisinden farklı bitki türleri arasından seçildiği için bu riski azaltırken bitki bariyerindeki bitkilerin zaman zaman kesilerek farklı amaçlarla kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Vejetatif filtre şeritlerinin kullanımının desteklenmesi, sadece yüzey su kaynaklarının korunmasına değil aynı zamanda tarımsal ekosistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından da fayda sağlayacaktır.

5. Kaynaklar

- Anonim 2011. Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2013. <http://www.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf> Son erişim tarihi: 10.08.2014
- Anonim 2012. Bitki Koruma Ürünleri İstatistikleri 2002-2012. www.tarim.gov.tr/GKGM Son erişim tarihi: 26.08.2014
- Arora, K., Mickelson, S.K., Baker, J. L. 2003. "Effectiveness of vegetated buffer strips in reducing pesticide transport in simulated runoff", *Transactions of the ASAE*, 46, 635-644.
- Borin, M., Vianello, M., Morari, F., Zanin, G. 2005. "Effectiveness of buffer strips in removing pollutants in runoff from a cultivated field in North-East Italy", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105, 101-114.
- Cardinali, A., Otto, S., Zanin, G. 2013. "Herbicides runoff in vegetative filter strips: evaluation and validation of a recent rainfall return period model", *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 93(15), 1628-1637.
- Celestino Ladu, J. L, Zhang, D. 2011. "Modeling atrazine transport in soil columns with HYDRUS-1D", *Water Science and Engineering*, 4(3), 258-269.
- Degenhardt, D. 2010. *Herbicide dynamics in prairie wetlands*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada.
- Delgado, A. N., Periago, E.L., Diaz-Fierros Viqueira, F., 1995. "Vegetated filter strips for wastewater purification: a review", *Biores. Technol.*, 5, 113-122.
- Donald, D. B., Syrgiannis, J., Hunter, F., Weiss, G. 1999. "Agricultural pesticides threaten the ecological integrity of northern prairie wetlands", *The Science of the Total Environment*, 231(2-3), 173-181.

- Dosskey, M.G., Helmers, M.J., Eisenhauer, D.E. 2011. "A design aid for sizing filter strips using buffer area ratio", *Journal of Soil and Water Conservation*, 66 (1), 29-39.
- Dozier, M. C., Senseman, S. A., Hoffman, D. W., Baumann, P. A. 2002. "Comparison of atrazine and metolachlor affinity for bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) and two soils", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 43, 292-295.
- Dunn, A. M., Julien, G., Ernst, W. R., Cook, A., Doe, K. G., Jackman, P. M. 2011. "Evaluation of buffer zone effectiveness in mitigating the risks associated with agricultural runoff in Prince Edward Island", *Science of the Total Environment*, 409, 868-882.
- Dunne, T., Black, R. D. 1970. "Partial area contributions to storm runoff in a small New England watershed", *Water Resour. Res.* 6, 1296-1311.
- Heathwaite, A. L., Griffiths, P., Parkinson, R. J. 1998. "Nitrogen and phosphorus in runoff from grassland with buffer strips following application of fertilizers and manures", *Soil Use Manage*, 14, 142-148.
- Horton, H.E. 1933. "The role of infiltration in the hydrologic cycle", *Trans. Am. Geophys. Union* 14, 446-460.
- Kalkhoff, S. J., Lee, K. E. Porter, S. D., Terrio, P.J., Thurman, E. M. 2003. "Herbicides and Herbicide Degradation Products in Upper Midwest Agricultural Streams during August Base-Flow Conditions", *J. Environ. Qual.*, 32, 1025-1035.
- Kookana, R. S., Baskaran, S., Naidu, R., 1998. "Pesticide fate and behaviour in Australian soils in relation to contamination and management of soil and water: a review", *Aust. J. Soil Res.* 36, 715-764.
- Krutz, L. J., Senseman, S. A., Zablotowicz, R. M., Matocha, M. A. 2005. "Reducing Herbicide Runoff from Agricultural Fields with Vegetative Filter Strips: A Review", *Weed Science*, 53, 353-367.
- Krutz, L. J., Senseman, S. A., Dozier, M. C., Hoffman, D. W., Tierney, D. P. 2004. "Infiltration and adsorption of dissolved metolachlor, metolachlor oxanilic acid, and metolachlor ethanesulfonic acid by buffalograss (*Buchloe dactyloides*) filter strips", *Weed Science*, 52(1), 166-171.
- Lacas, J. G., Voltz, M., Gouy, V., Carluer, N., Gril, J.J. 2009. "Using grassed strips to limit pesticide transfer to surface water: A review", *Sustainable Agriculture*, 25, 471-491.
- Lafrance, P., Caron, E., Bernard, C. 2013. "Temporal evolution of atrazine, metolachlor, and deethylatrazine concentrations in runoff from grass filter strips in a four-season study", *Journal of Soil and Water Conservation*, 68, 419-427.
- Lerch, R. N., Blanchard P. E. 2003. "Herbicide Contamination and Transport in Northern Missouri and Southern Iowa Streams", *Environ Sci Technology*, 37 (24), 5518-5527.
- McDaniel, P. A., Regan, M. P., Brooks, E., Boll, J., Bamdt, S., Falen, A. 2008. "Linking fragipans, perched water tables, and catchment-scale hydrological processes", *Catena*, 73(2), 166-173.
- Mersie, W., Seybold, C. A. 1997. "Design, Construction, and Operation of Tilted Beds to Simulate Agricultural Runoff in Vegetative Filter Strips", *Weed Technology*, 11, 618-622.
- Milan, M., Ferrero, A., Letey, M., De Palo, F., Vidotto, F. 2013a. "Effect of buffer strips and soil texture on runoff losses of flufenacet and isoxaflutole from maize fields", *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 48, 1021-1033.
- Milan, M., Vidotto, F., Piano, S., Negre, M., Ferrero, A. 2013b. "Buffer strip effect on terbuthylazine, desethyl-terbuthylazine and S-metolachlor runoff from maize fields in Northern Italy", *Environmental Technology*, 34 (1), 71-80.
- Misra, A. K., Baker, J. L., Mickelson, S. K., Shang, H. 1996. "Contributing area and concentration effects on herbicide removal by vegetated buffer strips", *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 39, 2105-2111.
- Montenegro, A. A. A., Abrantes, J. R. C. B., de Lima, J. L. M. P., Singh, V. P., Santos, T. E. M. 2013. "Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall", *Catena*, 109, 139-149.
- Munoz-Carpena, R., Parsons, J.E. 2004. "A design procedure for vegetative filter strips using VFSSMOD-W", *Transactions of the ASAE*, 47, 1933-1941.
- Neumann, M., Schulz, R., Schäfer, K., Müller, W., Mannheller, W., Liess, M. 2002. "The significance of entry routes as point and non-point sources of pesticides in small streams", *Water Res.*, 36, 835-842.
- Noy, D.M., Hollaway, K.L. 2001. "Metsulfuronmethyl residues and potential recropping damage in Victorian cropping soils. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, <http://www.regional.org.au/au/asa/2001/6/c/noy.htm?print=1> Son erişim tarihi: 30.01.2015
- Oliveira, R. S., Koskinen, W. C., Ferreira, F. A. 2001. "Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils", *Weed Research*, 41, 97-110.
- Otto, S., Cardinali, A., Marotta, E., Paradisi, C., Zanin, G. 2012. "Effect of vegetative filter strips on herbicide runoff under various types of rainfall", *Chemosphere*, 88, 113-119.
- Park, Y. S., Engel, B.A., Shin, Y., Choi, J., Kim, N-W., Kim, S-K., Kong, D. S., Lim, K. J. 2013. "Development of Web GIS-Based VFSSMOD System with Three Modules for Effective

- Vegetative Filter Strip Design”, *Water*, 5, 1194-1210.
- Patakioutas, G. I., Triantafyllos, A. 2004. “Runoff of herbicides from cropped and uncropped plots with different slopes”, *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 84 (1-3), 103-121.
- Polati, S., Bottaro, M., Frascarolo, P., Gosetti, F., Gianotti, V., Gennaro, M. C. 2006. “HPLC-UV and HPLC-MSn multiresidue determination of amidosulfuron, azimsulfuron, nicosulfuron, rimsulfuron, thifensulfuron methyl, tribenuron methyl and azoxystrobin in surface waters”, *Analytica Chimica Acta*, 579, 146-151.
- Popov, V. H., Cornish, P. S., Sun, H. 2006. “Vegetated biofilters: The relative importance of infiltration and adsorption in reducing loads of water-soluble herbicides in agricultural runoff”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 351-359.
- Popov, V. H., Cornish, P. S. 2006. “Atrazine tolerance of grass species with potential for use in vegetated filters in Australia”, *Plant and Soil*, 280, 115-126.
- Rajasekharam, C., Ramesh, A. 2014. “Adsorption and Degradation of Herbicide Halosulfuron-methyl in Indian Soils. Research and Reviews”, *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 2(1), 40-46.
- Rankins, Jr. A., Shaw, D. R., Boyette M. 2001. “Perennial grass filter strips for reducing herbicide losses in runoff”, *Weed Science*, 49, 647-651.
- Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A., Frede, H. G., 2007. “Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground-and surface water and their effectiveness; A review”, *Science of the Total Environment*, 384(1-3), 1-35.
- Römkens, M., Baumhardt, R., Parlange, J., Whistler, F., Parlange, M., Prasad, S., 1985. Rain-induced surface seals: their effect on ponding and infiltration. *Annales Geophysicae* 4, 417-424.
- Römkens, M. J. M., Helming, K., Prasad, S. N. 2001. “Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes”, *Catena*, 46 (2-3), 103-123.
- Schmitt, T. J., Dosskey, M. G., Hoagland, K. D. 1999. “Filter strip performance and processes for different vegetation, widths, and contaminants”, *Journal of Environmental Quality*, 28(5), 1479-1489.
- Seta, A. K., Karathanasis, A. D. 1997. Atrazine adsorption by soil colloids and co-transport through subsurface environments”, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 612-617.
- Shipitalo, M. J., Owens, L. B. 2003. “Atrazine, deethylatrazine, and deisopropylatrazine in surface runoff from conservation tilled watersheds”, *Environmental Science & Technology*, 37(5), 944-950.
- Spurlock, F. 1998. “Evaluation of Current Simulation Models to Predict Pesticide Movement to Ground and Surface Water Under California Conditions”. <http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/protocol/p/rot177.pdf> Son erişim tarihi: 10.08.2014.
- Tingle, C.H., Shaw, D. R., Boyette, M., Murphy, G. P. 1998. “Metolachlor and metribuzin losses in runoff as affected by width of vegetative filter strips”, *Weed Sci* 46, 475-479.
- Tredanari, A. 2011. “The effect of buffer strip width on cost efficiency: a Swedish case study”, Unpublished MsC Thesis. University of Copenhagen.
- Türkeş, M. 2002. “İklim Değişikliği: Türkiye - iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ilişkileri ve iklim değişikliği politikaları”, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-7.pdf Son erişim tarihi: 10.08.2014.
- Vianello, A., Vischetti, C., Scarponi, L., Zanin, G. 2005. “Herbicide losses in runoff events from a field with a low slope: Role of a vegetative filter strip”, *Chemosphere*, 61, 717-725.
- Wauchope, R. D. 1978. “The pesticide content of surface water draining from agricultural fields-a review”, *J. Environ. Qual.*, 7, 459-472.
- Webster, E. P., Shaw, D. R. 1996. “Impact of Vegetative Filter Strips on Herbicide Loss in Runoff from Soybean (*Glycine max*)”, *Weed Science*, 44, 662-671.
- Wei, W., Jia, F., Yang, L., Chen, L., Zhang, H., Yu, H. 2014. “Effects of surficial condition and rainfall intensity on runoff in a loess hilly area, China”, *Journal of Hydrology*, 513, 115-126.