

Sustainable Agriculture: Soil and Cover Crops

Neslihan Doruk Kahraman¹, Onur Okumus², Ali Kahraman^{1*}

¹Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Selcuk University, Konya, Türkiye

²Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Erciyes University, Kayseri, Türkiye

Abstract

The products produced in agricultural lands and the production methods used show diversity specific to each region. Many parameters such as social structure, climate, soil structure, water availability in rural areas cause the diversity of products and production methods. It is important to conduct studies on recognizing, protecting and improving soil, which is the most important ecosystem that provides the cycle of life. In order to continue our civilization, we need to switch to more sustainable production methods and give importance to the protection and improvement of species and habitats. In addition to the vegetation in the soil, many different vital activities ensure the continuity of the soil. Additionally, the soil provides sustainability to living life by transforming many substances that may be harmful to the lives of living things. Cover crops are plants grown to increase soil fertility, prevent soil erosion, enrich and protect soil, increase nutrient and water availability and soil quality. Cover crops contribute to sustainability by providing multifaceted benefits to soils used for agricultural production. Evaluation of the condition of the soils, identification of problems in agricultural soils, understanding the importance of protecting the soils, introduction of soil protection and improvement methods used in agriculture, theoretical and practical information on cover crops and soil improvement have been compiled in this study.

Key Words: *Agricultural sustainability, Soil fertility, Soil management, Soil protection*

Sürdürülebilir Tarım: Toprak ve Örtü Bitkileri

Özet

Tarım arazilerinde üretilen ürünler ve kullanılan üretim yöntemleri her bölgeye özgü çeşitlilik göstermektedir. Sosyal yapı, iklim, toprak yapısı, kırsal alanlardaki su bulunabilirliği gibi birçok parametre ürün ve üretim yöntemlerinin çeşitliliğine neden olmaktadır. Yaşam döngüsünü sağlayan en önemli ekosistem olan toprağın tanınması, korunması ve iyileştirilmesi konusunda çalışmalar yapılması önem taşımaktadır. Medeniyetimizi devam ettirebilmek için daha sürdürülebilir üretim yöntemlerine geçilmeli, türlerin ve yaşam alanlarının korunmasına ve iyileştirilmesine önem vermeliyiz. Topraktaki bitki örtüsünün yanı sıra birçok farklı yaşamsal aktivite toprağın devamlılığını sağlamaktadır. Ayrıca toprak, canlıların yaşamına zararlı olabilecek birçok maddeyi dönüştürerek canlı yaşamına sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Örtü bitkileri, toprak verimliliğini artırmak, toprak erozyonunu önlemek, toprağı zenginleştirmek ve korumak, besin ve su bulunabilirliğini ve toprak kalitesini artırmak için yetiştirilen bitkilerdir. Örtü bitkileri, tarımsal üretimde kullanılan topraklara çok yönlü faydalar sağlayarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunur. Bu çalışmada, toprakların durumunun değerlendirilmesi, tarım topraklarındaki sorunların belirlenmesi, toprakların korunmasının öneminin anlaşılması, tarımda kullanılan toprak koruma ve iyileştirme yöntemlerinin tanıtılması, örtü bitkileri ve toprak iyileştirme konusunda teorik ve pratik bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Tarımsal sürdürülebilirlik, Toprak verimliliği, Toprak yönetimi, Toprak koruma*

Giriş

Tarımsal faaliyetlerin şekillenmesinde birden fazla faktör rol oynar ve bu faktörler üretim yöntemlerinin verimliliği, sürdürülebilirliği ve çevresel etkilerini belirler. İklim koşulları ve coğrafi faktörler, tarımsal üretim yöntemlerinin çeşitliliğinde büyük bir rol oynar. İklimsel değişkenler (sıcaklık, yağış rejimi ve rüzgar) tarımsal ürün çeşitlerini ve tarımsal üretim yöntemlerinde etkilidir. Toprak özellikleri de tarımsal üretimi etkileyen faktörlerdendir. Toprak yapısı, organik madde gibi unsurlar, üretim sistemlerinin uygulanabilirliğini belirler (Gómez et al., 2018a). Tarım arazilerinin kullanım şekli topoğrafik yapı, eğim ve rakım gibi unsurlar etkilerken, tarımın yoğunluğu ve üretim teknikleri üzerinde su kaynaklarının varlığı ve sulama olanakları, belirleyici etkiye sahiptir (Schnitkey et al., 2023). Toprak tuzluluğu, asidik ya da bazik yapı gibi faktörler, farklı toprak işleme ve gübreleme yöntemlerinin kullanılmasını gerektirir. Tarımsal üretim yöntemlerini, sosyal ve ekonomik faktörler de biçimlendirir. Çiftçilerin eğitim seviyesi, tarımsal üretim yöntemlerini etkilerken, tarımsal girdi maliyetleri de tarım işletmelerinin üretim kararlarını etkiler. Yerel ve uluslararası pazar talepleri, üretim desenini ve tarımsal



ürün çeşitliliğini etkileyerek, üreticilerin tercih ettiği yöntemlerde farklılıklara yol açabilir (Topçu et al., 2022). Uzaktan algılama teknolojileri, sensörler ve veri analiz sistemleri, hassas tarım tekniklerini teşvik ederek üretim süreçlerini düzenler (Cárceles Rodríguez et al., 2022). Teknolojik yenilikler ve mekanizasyon, tarımsal üretim aşamalarında önemli bir yenilik oluşturmuştur. Modern tarım makineleri, iş gücünü hafifleterek üretim aşamalarını hızlandırır ve verimi yükseltir. Organik ve sürdürülebilir tarım yöntemlerinin ilerlemesi, kimyasal gübre ve pestisit kullanımına yenilikçi çözümler sunarak çevreye hassas üretim yöntemlerine teşvik etmektedir. Tarımsal üretim sistemleri ve teknikleri de büyük bir çeşitliliğe sahiptir (Aparecida et al., 2018). Geleneksel tarım yöntemleri, endüstriyel tarım uygulamaları, organik tarım, sera tarımı, dikey tarım ve hidroponik gibi alternatif üretim yöntemleri, farklı etkilere bağlı olarak kullanılmaktadır. Monokültür ve polikültür sistemleri, üretim sürdürülebilirliği bakımından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmekte ve üreticiler tarafından çeşitli şekillerde uygulanmaktadır (Akhzari and Pessarakli, 2016). Tarımsal üretimde sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler de önemli bir konudur. Kimyasal gübreler, pestisitlerin çevreye olumsuz etkileri dikkate alındığında, sürdürülebilir tarım sistemleri ile doğal kaynakların korunması ve üretimde verimliliğin artışı oldukça önem arz etmektedir. Tüm bu unsurlar, tarımsal üretimde izlenecek yolun belirlenmesinde ve uygulanmasında rol alır. Bölgesel koşullara uyumlu üretim stratejileri oluşturularak tarımsal verimliliği yükseltmek ve sürdürülebilirliği sağlamak olasıdır. Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakları muhafaza ederek, çevresel etkileri minimize ederek ve gelecek nesillerin taleplerini önemseyip üretim yapmayı hedefleyen bir sistemdir. Geleneksel ve endüstriyel tarım sistemlerinin toprak, su ve biyolojik çeşitlilik için olumsuzlukları bilinmektedir (Gómez et al., 2018a). Gereğinden fazla kimyasal gübre ve pestisit kullanımı, monokültür tarım yöntemleri, fazla toprak işleme ve bilinçsiz su kullanımı gibi faktörler, ekosistem dengesini tehdit ederek toprak erozyonu, tuzlanma, su kaynaklarının eksikliği ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi sorunlara neden olmaktadır (Muhammad et al., 2021). Bu sebeple, sürdürülebilir tarım uygulamalarına geçilmesi kaçınılmaz olmuştur. Toprak, canlı organizmaların yaşamı için zararlı olabilecek çoğu maddeyi dönüştürmek suretiyle canlıların yaşamı konusunda çok yönlü sürdürülebilirlik temelli katkılar sağlamaktadır. Bu makalede sürdürülebilir tarım ve örtü bitkilerinin önemi konusunda yapılmış bilimsel araştırmalar derlenmiştir.

Sürdürülebilir Tarım: Toprak ve Örtü Bitkileri

Sürdürülebilir tarımın öncelikli amaçlarından biri, toprak sağlığını muhafaza etmek ve iyileştirmektir. Toprak organik madde miktarının artırılması, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve erozyonun engellenmesi, verimli ve uzun soluklu bir üretim sisteminin temelini oluşturmaktadır (Scavo et al., 2022). Örtü bitkilerinin kullanımı, minimum toprak işleme, doğal gübreleme yöntemleri ve dönüşümlü ekim sistemleri gibi teknikler, toprağın verimliliğini desteklerken çevresel zararları en aza indirir.

Sürdürülebilir tarımın önemli bir bileşeni de su kaynaklarının verimli kullanımıdır (Meyer et al., 2019). Fazla sulama ve hatalı su yönetimi, su kıtlığına ve toprak tuzluluğuna sebebiyet verebilir. Damla sulama, yağmurlama sulama gibi gelişmiş sulama yöntemlerinin uygulanması, suyun etkili kullanılmasını mümkün kılarak hem verimi artırır hem de çevresel sürdürülebilirliğe destek olur.

Kimyasal bağımlılığı azaltarak biyolojik çeşitliliği teşvik etmek de sürdürülebilir tarımın bir diğer önemli yönüdür. Bununla birlikte, genetik çeşitliliğin muhafazası ve yerel çeşitlerin kullanımının desteklenmesi, tarım sisteminin farklı çevresel şartlara uyum sağlamasında etkili olur (Fayiah et al., 2019).

Sürdürülebilir tarım tekniklerinin uygulanması, sadece çevresel yararlar oluşturmakla kalmaz, bunun yanında çiftçilerin ekonomik durumunu da artırabilir. Uzun süreli toprak verimliliğinin muhafazası, girdi maliyetlerinin düşmesi ve doğal kaynakların daha verimli kullanımı, üreticilere ekonomik destek sağlar. Tüketiciler ise, sağlıklı ve besleyici değeri yüksek ürünlere erişerek sürdürülebilir gıda ürünlerinden faydalanır.

Böylece sürdürülebilir tarımsal teknikler, doğal kaynakların muhafazası, çevresel zararın azaltılması, ekonomik sürdürülebilirlik ve gıda güvenliğinin geliştirilmesi yönünden elzemdir. Bu sebeple, tarımsal üretimde çevre dostu uygulamaların artırılması ve sürdürülebilirlik temelli politikaların oluşturulması gerekmektedir.

Ekosistemin temel bileşenlerinden biri olan toprak, canlı yaşamı için hayati bir kaynaktır. Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için besin maddeleri sağlar, su döngüsünde yer alır ve mikroorganizmalar için yaşam ortamı oluşturur. Birçok ekolojik süreçte (tarımsal üretim, orman ekosistemleri, doğal döngülerin devamlılığı, iklim düzenlemesi) kritik bir öneme sahiptir. Toprak dinamik bir yapı olup, biyolojik çeşitliliğe destek amacıyla önemli işlevler üstlenir (Semenov and Đukić, 2020).

Toprak, dünyanın ekolojik dengesi üzerinde önemli bir yere sahiptir. Bitkilerin kökleri sayesinde su ve besin maddelerinin alımını gerçekleştirerek birincil üreticilerin gelişimini sağlar. Bu bitkiler, otçul hayvanlardan etçillere kadar tüm canlıların besin kaynağını oluşturur. Bununla birlikte toprak, karbon döngüsünün önemli bir parçasıdır. Bitkilerin ve organik materyallerin ayrışması ile karbonun tutulmasını, atmosferdeki karbondioksit miktarının düzenlenmesinde rol oynar (Fenton, 1947).

Ekosistemin sürdürülebilirliği açısından toprakta bulunan mikroorganizmalar, mantarlar ve solucanlar, önemli bir yere sahiptir. Bu organizmalar, organik maddeleri ayrıştırarak toprağın verimliliğini yükseltir ve bitkilerin ihtiyacı olan besin maddelerini kullanılabilir duruma getirir. Bazı mikroorganizmalar, bitkilerin kökleriyle simbiyotik ilişkiler oluşturarak besin ve su alımını artırırken, atmosferik azotu bağlayan bakteriler de topraktaki azot



döngüsüne destek olur. Bu biyolojik olaylar, toprağın sağlıklı ve verimli olması için sürdürülebilir tarım uygulamalarına yardımcı olur (Tan et al., 2022).

Toprak, çevresel kirliliğin en aza indirilmesinde doğal bir filtre görevi görerek ekosistem sağlığını destekler. Ağır metaller, pestisitler ve başka kirlleticiler, toprak içindeki biyolojik ve kimyasal süreçler yoluyla pasif duruma getirilebilir. Örnek olarak, bazı toprak bakterileri toksik bileşikler biyolojik olarak ayrıştırarak zararsız duruma getirirken, kil mineralleri ve organik madde, ağır metalleri bağlayarak yeraltı sularına bulaşmasını önleyebilir (Cárceles Rodríguez et al., 2022). Toprağın bu arıtma yeteneği, su kaynaklarının muhafazasına ve çevresel kirliliğin azaltılmasına katkıda sağlar.

Tarım alanları, doğal ve insan kaynaklı sebeplerle ciddi risklerle karşı karşıyadır. Toprak bozulması, tuzlanma, erozyon ve organik madde eksikliği gibi durumlar, tarımsal üretimi ve ekosistem sağlığını olumsuz etkileyerek sürdürülebilir gıda üretimini zorlaştırmaktadır. Yine, iklim değişikliği gibi küresel olaylar da toprak sağlığı üzerinde etkilidir (Kuo et al., 1997). Bu sebeple, tarımsal üretimde karşı karşıya kalınan toprak kaynaklı problemlerin nedenleri ve sonuçları analiz edilerek uygun çözümler geliştirilmelidir.

Toprak erozyonu, su ve rüzgarın da etkisiyle üst toprak tabakasının taşınması ile meydana gelen bir durumdur. Eğimli arazilerde ve bitki örtüsünün az olduğu yerlerde erozyon daha yaygındır. Topraktaki organik maddeyi ve besin elementlerini uzaklaştıran erozyon, tarımsal verimi azaltır ve ekosistem sağlığını olumsuz etkiler (Gómez et al., 2018b).

Toprak bozulması fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerde gözlemlenen olumsuzluklar sonucunda verimliliğinin etkilenmesidir. Toprak bozulmasının nedenleri; aşırı toprak işleme, yoğun kimyasal gübre, uygun olmayan sulama teknikleri ve pestisit kullanımı, monokültür tarımı şeklindedir (Tehen et al., 2020).

Tuzlanma, öncelikle uygun olmayan sulama teknikleri sebebiyle tarım topraklarında gözlemlenen ciddi bir problemdir. Yeterli olmayan drenaj, sulama ile taşınan tuzların toprağın üzerinde birikmesine ve bitkilerin su alımını zorlaştırarak büyüme ve gelişmesinin engellenmesine sebep olur. Tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak yerlerde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Hasan Khan Robin et al., 2016).

Yanlış tarım teknikleri ve aynı ürünün sürekli üst üste ekilmesi (monokültür) nedeniyle ortaya çıkan bir problem de besin kaybıdır. Toprakta devamlı olarak aynı besin maddelerinin harcanması, eksikliklere yol açar ve bitkilerin gelişimini engeller. Besin maddesi eksikliğinin önüne geçmek için toprak analizine göre besin takviyeleri, dengeli gübreleme, ve ekim nöbeti gibi uygulamalara yer verilmelidir (Fayiah et al., 2019).

İklim değişikliği, tarım topraklarında olumsuz etkileri sebep olmaktadır. Yükselen sıcaklıklar, düzenli olmayan yağış rejimleri ve farklı hava olayları, toprak nem dengesini değiştirerek verimliliği azaltabilir. Şiddetli kuraklık, toprakta organik madde azalmasına ve su tutma kapasitesinin azalmasına Zemin hazırlarken, şiddetli yağışlar ve seller de erozyonu tetikleyebilir. Bunun yanında, yükselen sıcaklıklar topraktaki mikroorganizmaların dengesini değiştirip, toprak sağlığını olumsuz etkileyebilir (Semenov and Đukić, 2020; Cárceles Rodríguez et al., 2022).

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini engellemek ve toprak sağlığının devamlılığı için sürdürülebilir tarım tekniklerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Bilinçli toprak işleme, organik madde kullanımının artırılması, su tasarrufunu sağlayan sulama teknikleri ve karbon tutulumunu sağlayan tarımsal teknikler, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmede önemli stratejilerdendir (Abbas et al., 2017; 2020).

Uzun vadeli tarımsal üretimin devamlılığı açısından verimli ve sağlıklı topraklar, önemli bir role sahiptir. Öte yandan, hatalı tarım teknikleri, iklim değişikliği ve doğal bozulma, tarımsal toprakların verimliliği ve ekolojik dengesinde bir tehdit oluşturmaktadır. Bu durumda, toprağın korunması ve iyileştirilmesi için başlıca stratejiler arasında sürdürülebilir toprak yönetimi teknikleri, geleneksel ve modern toprak koruma teknikleri ile organik ve rejeneratif tarım teknikleri, yer almaktadır (Dumanski and Peiretti, 2013; Cárceles Rodríguez et al., 2022).

Minimum toprak işleme, toprağın fiziksel yapısını koruyarak erozyon riskini azaltırken, örtü bitkileri ve ekim nöbeti uygulamaları, toprağın organik madde içeriğini artırarak biyolojik çeşitliliği destekler. Bununla birlikte, tarımsal su yönetiminin doğru yapılması ve dengeli gübre kullanımı, toprak sağlığını iyileştirmek için önemli bir faktörlerdir (Mishra et al., 2018; Tehen et al., 2020). Sürdürülebilir toprak yönetimi, doğal kaynakların ölçülü olarak kullanılması, toprak verimliliğinin muhafazası ve uzun süreli tarımsal üretimin desteklenmesi için geliştirilen bir dizi yöntem ve stratejiyi içermektedir. Bunlar arasında minimum toprak işleme, örtü bitkilerinin kullanımı, ekim nöbeti ve kompost uygulamaları bulunmaktadır.

Yıllardır çiftçiler tarafından uygulanan ve doğal süreçlerle uyumlu olan teknikler, geleneksel toprak koruma yöntemleridir. Teraslama, eğimli arazilerde toprak kaybını önlemek için kullanılan bir yöntemdir ve özellikle suyun düzenli bir şekilde toprağa nüfuz etmesini sağlayarak erozyonun önüne geçer. Yeşil gübreleme ise, toprağa azot ve diğer besin maddelerini kazandıran bitkilerin yetiştirilmesi ve toprağa karıştırılması esasına dayanır (Abbas et al., 2020).

Modern tarım biyolojik gübreler, kimyasal gübrelere alternatif olarak geliştirilmiş ve toprak mikrobiyotasını destekleyerek verimliliği artıran bir uygulamadır. Hassas tarım uygulamaları, sensörler ve veri analitiği kullanarak toprak nemi, besin seviyeleri ve bitki gelişimi hakkında bilgi sağlar ve böylece gübre ve su kullanımını optimize eder. Yine, koruyucu tarım uygulamaları kapsamında doğrudan ekim (no-till farming) yöntemi, toprağın yapısını bozmadan ekim yapılmasını sağlayarak toprak organik madde kapsamını ve su tutma kapasitesini artırmaktadır (Kraut-Cohen et al., 2020; Muhammad et al., 2021).



Kimyasal gübreler, pestisitler ve genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) kullanmadan yapılan bir tarım sistemi olan organik tarım, toprak sağlığını koruyarak biyolojik çeşitliliği artırırken, su kaynaklarının kirlenmesini önlemeye de katkı sağlamaktadır (Fayiah et al., 2019). Bu sistemde doğal gübreler, biyolojik mücadele yöntemleri ve ekim nöbeti gibi teknikler öne çıkmaktadır.

Toprak ekosistemlerini iyileştirmeye yönelik uygulamalar bütününü ifade eden rejeneratif tarım ise, sürdürülebilir tarımdan bir adım öteye geçer. Toprak organik madde içeriğinin artırılması, mikrobiyal yaşamın desteklenmesi, otlama yönetimi ve ağaçlandırma gibi yöntemler rejeneratif tarımın temel bileşenleridir. Bu yöntem, karbon tutumunu artırarak iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynar. Bu uygulamalar sayesinde, tarımsal üretimin ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri en aza inerken, toprağın kendini yenileyebilmesi mümkün olmaktadır (Voisin et al., 2024).

Toprağın korunması ve iyileştirilmesi tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için büyük bir ihtiyaçtır. Geleneksel ve modern toprak koruma tekniklerinin entegre edilmesi, organik ile rejeneratif tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve sürdürülebilir toprak yönetimi yaklaşımlarının benimsenmesi tarımsal verimliliği artırırken doğal kaynakların korunmasını sağlayacaktır. Bu stratejiler, hem mevcut tarım sistemlerinin iyileştirilmesine hem de gelecekte sağlıklı ve verimli toprakların devamlılığına katkıda bulunacaktır.

Tarım arazilerinde toprak kalitesini artırmak, erozyonu önlemek, su tutma kapasitesini iyileştirmek ve ana ürün ekimi dışında toprağın korunması, iyileştirilmesi amacıyla yetiştirilen bitkiler örtü bitkileri olarak bilinmektedir. Bu bitkiler, tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğini artırarak toprak sağlığını destekleyen önemli bir araç olarak kabul edilmektedir. Genellikle baklagiller (yonca, fiğ, mercimek) toprak azotunu artırırken, tahıllar (çavdar, yulaf, arpa) organik madde katkısı sağlar ve erozyonu önler. Yeşil gübre bitkileri (baklagiller), tahıllar, çim türleri ve çeşitli otlar gibi farklı türlerden oluşabilir. Çok yıllık çayır bitkileri ise uzun vadeli toprak iyileştirme sağlamak için tercih edilir (Fageria et al., 2005).

Toprağın besin dengesini iyileştirerek uzun vadeli verimliliği artıran örtü bitkileri, toprağın su tutma kapasitesini geliştirirken, yüzeydeki yeşil örtü erozyonu önleyerek toprak kaybını azaltır. Organik madde miktarını artırarak toprak yapısını iyileştirir ve karbon tutulmasına katkı sağlayarak iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynar. Bununla birlikte, örtü bitkileri tarımsal ekosistemlerde biyolojik çeşitliliği artırarak yararlı mikroorganizmalar, böcekler ve farklı toprak canlıları için yaşam ortamı sağlar (Bielenberg et al., 2023). Tarla rotasyon sistemlerinde örtü bitkileri, farklı türlerin dönüşümlü olarak ekilmesiyle toprak sağlığını koruma açısından büyük fayda sağlar. Örtü bitkilerinin kullanımı, bölgesel iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Genellikle doğrudan ekim yöntemi ile toprağa karıştırılmadan yetiştirilir ve ana ürün ekimi öncesinde toprağa dahil edilir. Bazı bölgelerde yapılan araştırmalar, örtü bitkilerinin uzun vadede toprak organik maddesini artırdığını, erozyonu önemli ölçüde azalttığını ve su tutma kapasitesini iyileştirdiğini göstermektedir. Örneğin, ABD’de yapılan çalışmalar, örtü bitkilerinin kullanıldığı tarlalarda organik madde miktarının %20’ye kadar arttığını ortaya koymuştur. Avrupa’da ise bazı çiftçiler, toprak yapısını iyileştirmek ve kimyasal gübre ihtiyacını azaltmak amacıyla baklagil ağırlıklı örtü bitkileri karışımlarını tercih etmektedir (Schnitkey et al., 2023).

Örtü bitkilerinin tarımsal üretim süreçlerine entegrasyonu, toprak kalitesinin korunmasına ve iyileştirilmesine katkıda bulunur (Scavo et al., 2022). Örtü bitkileri, tarımsal üretim sistemlerine entegrasyonunda farklı yöntemlerle kullanılabilir. Örtü bitkileri, ana ürün öncesi, sırasında veya sonrasında ekilerek toprağın besin maddesi dengesini düzenler, organik madde içeriğini artırır ve erozyonu önler. Örtü bitkileri bazı uygulamalarda, ana mahsul ekimi öncesinde yeşil gübre olarak toprağa karıştırılırken, bazı sistemlerde doğrudan malçlama amacıyla yüzeyde bırakılır (Kuo et al., 1997).

Baklagiller ve otlar kurak ve yarı kurak bölgelerde tercih edilirken, nemli bölgelerde su tutma kapasitesi yüksek bitkiler daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Aparecida et al., 2018). Kumlu topraklarda su tutma kapasitesini artırmak amacıyla lifli kök yapısına sahip bitkiler tercih edilirken, ağır killi topraklarda toprağın havalanmasını artıran türler öne çıkmaktadır. Örtü bitkilerinin kullanımı, bölgesel iklim koşulları ve toprak yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte, toprağın mevcut besin durumu da örtü bitkisi seçiminde belirleyici bir faktördür. Organik madde eksikliği bulunan alanlarda tahıllar ve geniş yapraklı otlar tercih edilirken, azot bakımından fakir topraklarda baklagil türleri daha etkili olabilir.

Örtü bitkilerinin uygulanmasında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlar arasında, çiftçilerin örtü bitkilerinin faydaları konusunda yeterince bilgi sahibi olmaması, ekim ve yönetim süreçlerinde karşılaşılan teknik zorluklar, ana ürünle rekabet edebilmeleri, bazı örtü bitkilerinin su tüketiminin yüksek olması yer almaktadır. Bununla birlikte, örtü bitkilerinin uygun şekilde yönetilmemesi durumunda, bazı hastalık ve zararlılara ev sahipliği yapabileceği veya yabancı otlarla rekabeti artırabileceği bilinmektedir.

Çiftçilere yönelik eğitim programları, örtü bitkilerinin daha etkin ve verimli şekilde uygulanmasını sağlarken, teknolojik gelişmelerin entegrasyonu ile hassas tarım teknikleri kullanılarak örtü bitkilerinin daha optimize bir şekilde yönetilmesi mümkün hale gelmektedir. Tarımda sürdürülebilirliği artırmak açısından bakıldığında, örtü bitkilerinin kullanımını teşvik eden politikalar ve teşviklerin gerekli olduğu düşünülmektedir. Uzun vadede, örtü bitkilerinin daha yaygın şekilde benimsenmesi, su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunacak, toprak sağlığını iyileştirerek verimliliği artıracak ve tarımın çevresel etkilerini en aza indirecektir.



Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, örtü bitkilerinin tarımsal üretimde toprak sağlığını koruma ve iyileştirme potansiyelini vurgulamaktadır. Örtü bitkileri, su tutma kapasitesini iyileştirerek kuraklık koşullarında dayanıklılığı artırmakta, toprak organik madde içeriğini artırarak verimliliği desteklemekte ve erozyonu önleyerek toprağın uzun vadeli korunmasına katkı sağlamaktadır. Yine, bu bitkiler tarımsal ekosistemlerde biyolojik çeşitliliği teşvik ederek sürdürülebilir üretim sistemlerinin temel unsurlarından biri olmaktadır.

Örtü bitkilerinin tarımsal sistemlere entegrasyonu, kimyasal gübre ihtiyacını azaltarak toprağın doğal yapısını korurken aynı zamanda çevre dostu bir üretim süreci oluşturmayı sağlamaktadır. Bu uygulamalar, ekosistem sağlığını destekleyerek tarımın uzun vadede daha sürdürülebilir hale gelmesine yardımcı olmaktadır.

Örtü bitkilerinin daha yaygın şekilde benimsenmesi ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesi tarımsal sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde, büyük bir gerekliliktir. Gelecekte, çiftçilerin bu konuda bilinçlendirilmesi, bilimsel araştırmaların artırılması ve örtü bitkilerinin kullanımını teşvik eden politikaların uygulanması, tarımsal üretimin çevreye duyarlı bir şekilde devam etmesini sağlayacaktır. Tarımsal verimliliğin anahtarı sağlıklı topraklar olup, örtü bitkileri gibi doğal çözümler, sürdürülebilir tarımın temel taşlarından biri olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle, örtü bitkilerinin tarım sistemlerine entegrasyonu ve kullanımının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Abbas, F., Hammad, H. M., Fahad, S., Cerdà, A., Rizwan, M., Farhad, W., Ehsan, S., & Bakhat, H. F. (2017). Agroforestry: a sustainable environmental practice for carbon sequestration under the climate change scenarios—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 11177–11191. <https://doi.org/10.1007/S11356-017-8687-0>
- Abbas, F., Hammad, H. M., Ishaq, W., Farooque, A. A., Bakhat, H. F., Zia, Z., Fahad, S., Farhad, W., & Cerdà, A., (2020). A review of soil carbon dynamics resulting from agricultural practices. *J Environ Manage*, 268, 110319. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.110319>
- Akhzari, D., Pessarakli, M., (2016). Effects of exclosure on soil nutrients, vegetation diversity and biomass production in hilly rangelands. *J Plant Nutr.*, 39, 1776–1782. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1187746>
- Aparecida, G., Da, V., Souza, S., Feitosa De Souza, A., Santos, D., Santos Rios, E., Juliana, G., & Souza, L., (2018). Agronomic Evaluation of Legume Cover Crops for Sustainable Agriculture I. *Russ Agric Sci*, 44, 31–38. <https://doi.org/10.3103/S1068367418010093>
- Bielenberg, H., Clark, J. D., Sanyal, D., Wolthuizen, J., Karki, D., Rahal, A., & Bly, A., (2023). Cover crop composition in long-term no-till soils in semi-arid environments do not influence soil health measurements after one year. *Soil Science Society of America Journal*, 87, 528–540. <https://doi.org/10.1002/saj2.20523>
- Cárceles Rodríguez, B., Durán-Zuazo, V. H., Soriano Rodríguez, M., García-Tejero, I. F., Gálvez Ruiz, B., & Cuadros Tavera, S., (2022). Conservation Agriculture as a Sustainable System for Soil Health: A Review. *Soil Syst.*, 6(4), 87. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087>
- Dumanski, J., & Peiretti, R., (2013). Modern concepts of soil conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 1, 19–23. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30046-0](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30046-0)
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Bailey, B. A., (2005). Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(19-20), 2733–2757. <https://doi.org/10.1080/00103620500303939>
- Fayiah, M., Dong, S., Li, Y., Xu, Y., Gao, X., Li, S., Shen, H., Xiao, J., Yang, Y., & Wessell, K., (2019). The relationships between plant diversity, plant cover, plant biomass and soil fertility vary with grassland type on Qinghai-Tibetan Plateau. *Agric Ecosyst Environ*, 286, 106659. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2019.106659>
- Fenton, G. R., (1947). The Soil Fauna: With Special Reference to the Ecosystem of Forest Soil, Source: *Journal of Animal Ecology*, 76-93.
- Gómez, J. A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwalleghe, T., Lora, Á., & Giráldez, J. V., (2018a). Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 977–989. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8339-9>
- Gómez, J. A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwalleghe, T., Lora, Á., & Giráldez, J. V. (2018b). Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 977–989. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8339-9>
- Hasan Khan Robin, A., Matthew, C., Jasim Uddin, M., & Nafiz Bayazid, K., (2016). Salinity-induced reduction in root surface area and changes in major root and shoot traits at the phytomer level in wheat. *J Exp Bot.*, 67, 3719–3729. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw064>
- Kraut-Cohen, J., Zolti, A., Shaltiel-Harpaz, L., Argaman, E., Rabinovich, R., Green, S. J., & Minz, D., (2020). Effects of tillage practices on soil microbiome and agricultural parameters. *Science of the Total Environment*, 705, 135791. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135791>
- Kuo, S., Sainju, U. M., & Jellum, E. J., (1997). Winter Cover Crop Effects on Soil Organic Carbon and Carbohydrate in Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 145–152. <https://doi.org/10.2136/SSAJ1997.03615995006100010022X>
- Meyer, N., Bergez, J. E., Constantin, J., & Justes, E., (2019). Cover crops reduce water drainage in temperate climates: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0546-y>
- Mishra, B., Gyawali, B. R., Paudel, K. P., Poudyal, N. C., Simon, M. F., Dasgupta, S., & Antonious, G., (2018). Adoption of Sustainable Agriculture Practices among Farmers in Kentucky, USA. *Environ Manage*, 62, 1060–1072. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1109-3>





- Muhammad, I., Wang, J., Sainju, U. M., Zhang, S., Zhao, F., & Khan, A., (2021). Cover cropping enhances soil microbial biomass and affects microbial community structure: A meta-analysis. *Geoderma*, 381, 114696. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2020.114696>
- Scavo, A., Fontanazza, S., Restuccia, A., Pesce, G. R., Abbate, C., & Mauromicale, G., (2022). The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(5), 93. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00825-0>
- Schnitkey, G. D., Sellars, S. C., & Gentry, L. F., (2024). Cover crops, farm economics, and policy. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 46(2), 595-608.
- Semenov, A. M., & Đukić, D. A., (2020). The Role of Microbial Communities in Soil Formation and Soil Ecosystem Health. *Paleontological Journal*, 54, 843–852. <https://doi.org/10.1134/S0031030120080146>
- Tan, S., Narayanan, M., Thu Huong, D. T., Ito, N., Unpaprom, Y., Pugazhendhi, A., Lan Chi, N. T., & Liu, J., (2022). A perspective on the interaction between biochar and soil microbes: A way to regain soil eminence. *Environ Res.*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113832>
- Techen, A. K., Helming, K., Brüggemann, N., Veldkamp, E., Reinhold-Hurek, B., Lorenz, M., Bartke, S., Heinrich, U., Amelung, W., Augustin, K., Boy, J., Corre, M., Duttman, R., Gebbers, R., Gentsch, N., Grosch, R., Guggenberger, G., Kern, J., Kiese, R., Kuhwald, M., Leinweber, P., Schlöter, M., Wiesmeier, M., Winkelmann, T., & Vogel, H. J., (2020). Soil research challenges in response to emerging agricultural soil management practices. *Advances in Agronomy*, 161, 179–240. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2020.01.002>
- Topçu, P., Yavuz, Ö., & Tolunay, A., (2022). The importance of soil organic carbon in sustainable soil management. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 604-614.
- Voisin, R., Horwitz, P., Godrich, S., Sambell, R., Cullerton, K., & Devine, A., (2024). What goes in and what comes out: a scoping review of regenerative agricultural practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(1), 124-158 <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2270441>

