

**YANGIN SONRASI ORMAN TOPRAĞINDA
MEYDANA GELEN DEĞİŞİM VE
ETKİLEŞİMLER**

**CHANGES AND INTERACTIONS
IN FOREST SOILS AFTER FIRE**

Prof. Dr. Aydın Tüfekçioğlu
Doç. Dr. Mustafa Tüfekçioğlu

**Prof. Dr. Aydın Tüfekçioğlu / Artvin Çoruh Üniversitesi /
atufekci[at]artvin.edu.tr / ORCID: 0000-0003-0835-2839**

Aydın Tüfekçioğlu Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak görev yapmaktadır. Orman Mühendisliği lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde (KTÜ) 1991 yılında tamamlamıştır. Yüksek lisansını 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde tamamlamıştır. Doktorasını 2000 yılında, Iowa State Üniversitesinde (ABD), çayırılık, kavaklık, mısır ve soya tarlası alanlarında biyokütle, karbon ve azot döngüleri üzerine tamamlamıştır. Ulusal ve uluslararası dergilerde ve bilimsel etkinliklerde sunulmuş çok sayıda basılı eseri, editörlük ve editör kurulu üyelikleri ve hakemlikleri bulunmaktadır. Uzmanlık alanları, toprak-bitki-su ilişkileri, karbon ve azot döngüsü, biyokütle, biyoçeşitlilik, iklim değişikliği alanlarıdır. Rektör yardımcılığı, Erasmus koordinatörlüğü, dış ilişkiler koordinatörlüğü, BEK koordinatörlüğü, Orman Fakültesi Dekanlığı ve Dekan Yardımcılığı gibi idari görevlerde bulunmuştur.

**Prof. Dr. Aydın Tufekcioglu / Artvin Coruh University /
atufekci[at]artvin.edu.tr / ORCID: 0000-0003-0835-2839**

Aydın Tufekcioglu is a Professor at Artvin Coruh University, Department of Forest Engineering. He completed his undergraduate education in Forest Engineering Department of Karadeniz Technical University in 1991. He completed his master's degree in Graduate College of Natural Science in Blacksea Technical University. He completed his PhD in 2000 in Iowa State University (USA) on biomass, carbon and nitrogen dynamics in multi-species riparian buffers, in Iowa, USA. He has many published works presented in national and international journals and scientific events, editor of scientific journals, member of editorial board and refereeing. His research interests are soil-plant-water relations, carbon and nitrogen cycles, biomass, biodiversity, and climate change. He served as vice rector, vice dean, dean, Erasmus, foreign relations and Bologna coordinators.

**Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU / Artvin Çoruh Üniversitesi /
mtufekcioglu61[at]acu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-3350-2897**

Mustafa Tüfekçioğlu Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümünde Doçent olarak görev yapmaktadır. Orman Mühendisliği lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde (KTÜ) 2000 yılında tamamlamıştır. Yüksek lisansını 2006 yılında mera alanlarındaki otlatma yoğunluğuna bağlı su kalitesindeki değişim ve erozyon konusunda Iowa Eyalet Üniversitesinin (ABD) Doğal Kaynakların Yönetimi ve Ekolojisi bölümünde tamamlamıştır. Doktorasını 2010 yılında yine aynı üniversitede, farklı arazi kullanımlarının (orman, mera, tarım vb.) kanal ve oyuntu erozyonu üzerindeki etkisi konusunda tamamlamıştır. 2011 yılında Artvin Çoruh Üniversitesinde göreve başlayan Dr. Tüfekçioğlu'nun ulusal ve uluslararası dergilerde ve bilimsel etkinliklerde sunulmuş çok sayıda basılı eseri, editör kurulu üyelikleri ve hakemlikleri bulunmaktadır. Uzmanlık alanları; havza yönetimi kavramı ve ölçeği bağlamında toprak ve su kaynaklarının korunması ile ilgili su kirliliği, erozyon, akarsu hidrolojisi, yeşil kuşak ekosistemi ve restorasyonudur.

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa TUFEKCIOGLU / Artvin Coruh University /
mtufekcioglu61[at]acu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-3350-2897**

Mustafa Tufekcioglu is an Associate Professor of the Faculty of Forestry in Artvin Çoruh University. He completed his undergraduate education in Forest Engineering at Blacksea Technical University in 2000. He completed his MSc in 2006 on the quality of stream water and surface erosion in different grazed pastures at the department Natural Resource Ecology and Management in Iowa State University, USA. He completed his doctorate in 2010, again at the same university, on the impact of different land uses (forest, pasture, agriculture, grass filter, etc.) on stream bank and gully erosion. After starting his career at Artvin Coruh University in 2011, he has many published works presented in national and international journals and scientific events, member of editorial board and refereeing. His professional interest in research is watershed management with the expertise on soil and water conservation within the watershed management concept and scale including soil erosion in both upland and riparian ecosystem, stream hydrology and water pollution, stream ecology and restoration measures.

YANGIN SONRASI ORMAN TOPRAĞINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİM VE ETKİLEŞİMLER

Özet

Orman yangınları toprak üstü bitki örtüsünü yok ederken, toprak özellikleri üzerinde olumlu ve olumsuz yönde etkiler ortaya koymaktadırlar. Yanıcı madde miktarının çok olduğu ve dolayısı ile yangın şiddetinin yüksek olduğu durumlarda toprak organik maddesi, N içeriği, kation değişim kapasitesi, toprak solunumu ve dolayısı ile mikroorganizma faaliyeti yüzey toprak katmanlarında orman yangınlarından olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak bu olumsuzluklar 2-3 yıl gibi kısa bir sürede genelde ortadan kalkmaktadır. Diğer yönden toprak pH'sı, Ca, Mg, P ve K içeriği gibi toprak özellikleri yangınlardan olumlu yönde etkilenmektedir. Kontrollü yangınlar ölü örtü birikimin gençlik gelmesini engellediği (çimlenen tohumların mineral toprağa ulaşmasını engelleme durumunda) alanlarda gençleştirme için bir araç olarak kullanılabilirler.

Anahtar Kelimeler:

Orman yangını, Toprak solunumu, Erozyon, Toprak bitki besin elementleri, Organik madde

CHANGES AND INTERACTIONS IN THE FOREST SOIL AFTER FIRE

Abstract

Influences of forest fires on soils could be both positive and negative depending on the type of the properties of soil while they burn all plant cover in aboveground. Fires impose negative effects on soil organic matter, N content, cation exchange capacity, soil respiration and soil microbial activity when fuel load and fire severity are high. But these negative impacts repair in two-three years depending on fire severity. On the other hand, soil pH, Ca, Mg, P and K contents are positively affected properties of soil from fires. Surface fires can be successfully used as a tool in natural regeneration studies in Mediterranean forests where thick surface litter prevents regeneration.

Keywords:

Forest fire, Soil respiration, Erosion, Soil nutrients, Soil organic matter

GİRİŞ

Geçmişte yangınlara ekosistemi tahrip eden, yok eden bir yaklaşımla bakılırken, günümüzde yangın daha çok ekosistemin bir parçası olarak düşünülmekte ve ekosistem yönetiminde yangından bir araç olarak yararlanılma yaklaşımı benimsenmektedir. Örneğin, ABD'nin birçok eyaletinde prairie çayırlarının eskiden her 5-10 yılda bir yandığı ve bu sayede buraların tür kompozisyonunun değişmediği ve ağaçlar tarafından istila edilmediği ileri sürülmektedir. Bu nedenle de buralardaki otlatılmayan çayırılık alanlar 5-10 yılda bir yakılmaktadır. Ancak insanların bu alanlara müdahalesi ile bu yangınların azaldığı hatta durduğu ve bunun sonucunda da birçok yerde prairie çayırlarının tür kompozisyonlarının değiştiği hatta ağaçlar tarafından istila edildiği kabul edilmektedir. Bir kısım eyaletlerde de aşırı otlatma sonucu yanıcı madde ortadan kalkmış ve bunun sonucu da çayır-mera alanlarına ağaç türleri yerleşmeye başlamıştır (Aber & Melillo, 1991).

Ekosistemlere insanın müdahalesi ile geçmişte seyrek olarak çıkan yangınlar, çok sık çıkmaya başlamış bu da ormanlık alanların tahribini ve elden çıkmasını beraberinde getirmiştir. Çok sık çıkan yangınlar, sadece toprak üstü aksamı tahrip etmekle kalmamakta, toprağın bazı fiziksel ve biyolojik özelliklerinin de bitki yetişmesini olumsuz etkileyecek şekilde değişmesine neden olmaktadır (Şengönül, 1993; Kimmins, 1997). Oysa; toprak, bitki yetişme ve gelişmesini birinci dereceden etkileyen önemli etmenlerden bir tanesidir. Bitkiler toprak üstünde önemli düzeyde sadece ışık için rekabet ederken toprak altında su ve 20'ye yakın bitki besin elementi için rekabet halindedirler (Kantarıcı, 2000; Casper & Jackson, 1997). Dolayısı ile bitkinin büyümesi için gerçek rekabet toprak altında gerçekleşmekte, toprak koşulları bitkinin büyüme ve gelişimini önemli düzeyde etkilemektedir.

Yangın Ülkemiz ormancılığının önemli sorunlarından biri olup, iklim değişimi ile daha da büyük bir tehlike arz edecektir. Ülkemizin 22,6 milyon hektar olan orman varlığının yaklaşık %58'lik kısmı yangınlar açısından hassas alanlardan oluşmaktadır. Yangın özellikle Akdeniz ve Ege Bölgele-
rimizin kızılçam ve karaçam ormanlarında ciddi risk oluşturmaktadır.

Orman yangınları toprak üstü bitkisel kütleyi yanma sonucu ortadan kaldırırken, zayıf bir iletken olan toprağın da birçok özelliğini doğ-

rudan veya dolaylı yoldan etkilemektedirler. Yangınlar, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli değişiklikler meydana getirmektedirler. Etkilenen fiziksel özelliklerin başında toprakların erozyon eğilimleri, kırıntı dayanıklılığı (agregat stabilitesi), geçirgenlik hızı (infiltrasyon kapasitesi), kompaktlaşma (sıkışma, sertleşme), strüktür, nemlilik gibi özellikler; kimyasal özelliklerin başında ise, bitki besin maddelerinin miktarları (N, P, K, Ca, Mg), pH, organik madde içeriği, katyon değişim kapasitesi gibi özellikler; biyolojik özelliklerin başında ise toprak solunumu, biyolojik aktivite (mikroorganizma faaliyeti) gibi özellikler gelmektedir. Ancak, uygulayıcılar açısından yangının toprağın biyolojik aktivitesine ve toprak erozyonuna olan etkisi kimyasal özelliklere olan etkisinden daha önemlidir. Bu çalışma ile ülkemiz ormancılığının önemli sorunlarından biri olan orman yangınlarının toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin mevcut literatür ışığında bilimsel değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır.

YANGINLARIN TOPRAK EROZYONUNA ETKİLERİ

Yangınların topraklar üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerden kuşkusuz en önemlisi yangın sonrası erozyonun artmasıdır (Tufekcioglu, Sağlam & Tufekcioglu, 2017; Değerliyurt, 2014; Eron & Gürbüz, 1988). Tufekcioglu vd. (2017) Samsun'un Vezirköprü ilçesinde yaptıkları çalışmada örtü yangını şeklinde yanan ormanlık sahalarda toprak erozyonunu, yanmayan sahalara oranla üç kat daha fazla bulmuşlardır. Değerliyurt (2014) uzaktan algılama yöntemleri kullanarak yaptığı çalışmada, Hatay'da yanan alanlardaki erozyon miktarını, yanmayan alanlara kıyasla 4,44 kat daha fazla tahmin etmiştir. Elwell ve Fenton (1941), ABD'nin Oklahoma eyaletinde, ağaçlık alanlarda dokuz yıllık süre içinde yanmış alanlardaki su ve toprak kaybının yanmamış alanlara oranla 12-31 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Mevcut literatüre bakıldığında küçük ölçekli (small-plots scale) çalışmalarda yangın parsellerinden üretilen toprak miktarı/kaybı kontrol parsellerine oranla 2 ila 40 kat arasında değişmekte, büyük ölçekli (large scale to hillslope) çalışmalarda ise 100 kattan daha fazla olabileceğini bildirilmektedir (Williams vd., 2014).

Yangın sahalarındaki erozyon şiddeti üzerinde yangının türü (örtü veya tepe yangını), şiddeti, yanıcı madde miktarı, ıslanmaz toprak oluşumu ve arazi eğimi önemli düzeyde etkili olmaktadır (Tufekcioglu

vd., 2017). Samsun, Vezirköprü Karaçam meşçelerindeki örtü yangını yapılmış sahalarda yaptıkları çalışmada, Tufekcioglu vd. (2017) yangın parsellerinde meydana gelen erozyon miktarını 194 kg/ha, yakılmayan kontrol parsellerinde ise 78 kg/ha olarak bulmuşlardır. Soto ve Diaz-Ferros (1998) İspanya'daki 8 yaşındaki çalılık alanlarda yaptıkları çalışmada yüksek yangın şiddetinde yanan parsellerde erozyonun yanmayan kontrol alanlarına göre sekiz kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Scott (1993) yanan makilik alanlarda (Güney Afrika) dere akımında %16 oranında bir artış saptamıştır. Eron ve Gürbüz (1988), Kittredge (1938)'ye atfen her yıl yanan alanlarda infiltrasyon hızının yanmamış alanlara göre dört kat daha düşük olduğunu bildirmektedirler. Yine Eron ve Gürbüz (1988) Meginnis (1935)'e atfen ABD'nin Missisipi eyaletinde yanmış meşe ormanlarında su absorpsiyonunun düştüğünü belirtmektedirler. Ekinci (2006), Gelibolu yarımadasında çıkan büyük yangından sonra yaptığı araştırmada, orman yangınlarının, toprak hacim ağırlığını, toprak pH'sını, alınabilir fosfor ve potasyumu artırırken, topraktaki su tutma kapasitesini, toplam poroziteyi ve hidrolik iletkenliği azalttığını belirlemişlerdir. Toplam porozite ve geçirgenlikteki azalmalar, yanan sahalarda şüphesiz yüzeysel akış ve taşınan sediment miktarını artırıcı yönde etki edecektir. Bir "cm" kalınlığındaki toprağın yaklaşık 10.000 yılda oluştuğu göz önünde tutulursa, yangın sonrası bitki örtüsünün üzerinde tutunacağı toprağın alandan uzaklaşmasının nedenli büyük bir kayıp olduğu daha kolay anlaşılacaktır.

YANGINLARLA TOPRAKLARIN ISINMASI VE ISLANMAZ TOPRAK OLUŞUMU

Yangınlarla toprakların ısınması yangının şiddeti, yanıcı madde miktarı, toprak üzerindeki ölü örtü miktarı, toprak tekstürü, organik madde miktarı, toprak nemi, yangının örtü veya tepe yangını olması gibi faktörlere göre değişmektedir. Toprak çok kötü bir iletken olduğundan yüzeydeki yüksek sıcaklıklar çoğu zaman toprağın 7-10 cm derinliğinin altına ulaşmaz (Şengönül, 1985). Genelde kum toprakları düşük özgül ısıya sahip olduklarından, kil topraklarına göre daha fazla ısınma eğilimindedirler. Bu nedenle kumlu topraklarda ısınmaz (hidrofobik) toprakların oluşma olasılığı daha yüksektir. Yine nemli toprakların ısınması oldukça yavaş ve düşüktür. Toprak neminin %20 civarında olduğu ve yüzey sı-

caklığının 538 °C olduğu koşullarda 1 cm toprak derinliğinde sıcaklık 83 °C iken 3 cm toprak derinliğinde normal toprak ile bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (DeBano, Rice & Eugene, 1979).

YANGININ TOPRAĞIN BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Toprak Solunumuna Etkileri

Toprak solunumu toprak kalitesinin önemli göstergelerinden bir tanesidir. Yangın sonrası toprak mikro ve makro faunasının ne kadar zamanda kendini yenileyerek yeni şartlara uyum gösterdiği, bazı toprak koşullarında alana getirilecek orman örtüsünün tutma başarısında etkili olabilmektedir. Yangın toprağın biyolojik özelliklerinden özellikle toprak solunumu üzerinde, yangın sonrasında genellikle artırıcı yönde etki etmektedir (Raich & Tufekcioglu, 2000, Tufekcioglu vd., 2001; 2010). Yangının toprak pH'sını yükseltmesi, organik maddenin ayrışmasını hızlandırması, toprağa daha çok su girişi sağlaması (ıslanmaz toprak oluşmayan durumlarda) gibi etmenlerin etkisiyle, yangın sonrası toprakta bakteri popülasyonunun artmasına neden olmakta bu da nitrifikasyon sonucu toprakların azot beslenmesini artırmaktadır (Eron & Gürbüzler, 1988). Tufekcioglu vd. (2017) hafif ve orta şiddette örtü yangını denemelerinin yapıldığı karaçam ormanlarında, toprak solunumu miktarlarını genel ortalama olarak, kontrol sahalarında yangın sahaları ile hemen hemen aynı bulmuşlardır. Araştırmacılar, bu sonucun ortaya çıkmasında, yanıcı madde miktarının örtü yangınlarında çok az olmasının etkili olduğunu belirtmektedirler (Sağlam vd., 2017).

Mikrobiyal Biyokütleye Etkileri

Yangının toprak mikrobiyal biyokütlesine etkisi mikrobiyal aktiviteyi, karbon elverişliliğini ve besin elementi alımını ve toprak mikrobiotasının kompozisyonunu değiştirmek suretiyle olmaktadır (Hernandez, Garcia & Reinhardt, 1997). Yangınla yükselen sıcaklık mikrobiyal popülasyonda ani azalmalara neden olabilmekte (Ahlgren, 1974) fakat mikrobiyal popülasyondaki değişmelerin derecesi yangının şiddeti ve süresi-ne, toprak nemine, toprağın strüktürüne ve mikroorganizmanın toprak içerisinde bulunduğu derinliğe bağlı olarak değişmektedir (Günay, 1986;

Vazquez, Acea & Carballas, 1993) yangının mikrobiyal biyokütle üzerine etkisinin azaltmaktan ortadan kalkmasına kadar değiştiğini veya hiçbir etki yapmadığını bildirmektedirler (Sağlam vd., 2017).

Doğal yangın, toprakları, direkt ısıtmak ve mikrobiyal hücreleri parçalamak yoluyla mikrobiyal biyokütleyi azaltmakta (Choromanska & DeLuca, 2002; Hart vd., 2005) ve bu hücrelerden ve organik maddeden yanma boyunca salınan inorganik N havuzu boyutunu artırmak suretiyle etkilemektedir (Prieto-Fernandez vd. 1998; DeLuca, Nilsson & Zackrisson 2002). Genel itibariyle yangın, toprak mikrobiyal biyokütle karbonunu %40,5 kadar azaltmakta iken, toprak mikrobiyal biyokütle azotunu %15,5 kadar artırmaktadır (Sağlam vd., 2017).

Orman ekosistemlerinde yangının tipine göre mikrobiyal biyokütle içeriğinde değişim gözlemlenmektedir. Hem kontrollü hem de doğal yangınların mikrobiyal biyokütle karbonu üzerine olumsuz etkileri olmaktadır (Sağlam vd., 2017). Kontrollü yangın ve açma yangını toprak mikrobiyal biyokütle azotu üzerinde olumsuz etki yaparken doğal kontrolsüz yangın olumlu etki yapmaktadır (Wang, Zhong & Wang, 2012). Yangın sonrası (negatif) etki bakımından yangının toprak mikrobiyal C ve N üzerine en fazla etkisi 3-12 ay sonrası görülmektedir. 3 yıldan daha fazla süre sonrası ise en az etki yaptığı görülmektedir (Wang vd., 2012).

Normal ve iki kat fazla yakıt kullanılarak yapılan deneme yangını sonrası, yanan alanlarda 20 saat sonrası mikrobiyal biyoküttelede kısmi artış olmuş, 10 gün sonrasında (mart sonu) kontrol alanı ve diğer iki yanan alanlarda düşüş görülmüştür (Wütrich vd., 2002). Bunun akabinde, kontrol alanında belirgin bir artış görülürken diğer iki alanda hızlı bir düşüş görülmüştür. Bu durum ise mevsimsel etkilere dayanmaktadır. Çünkü, ilkbaharda mikrobiyal biyokütle en fazla miktarda meydana gelmektedir. Kara ve Bolat (2009) yangın sonrası mikrobiyal biyoküttelede anlamlı bir değişim olmadığını ortaya koymuşlardır. Bunun nedeni olarak da yanan alanda yeniden kolonileşmeye yardım eden; organik madde ilavesi, düşük yangın yoğunluğu ve nemli iklim koşullarını (düşük sıcaklık ve yüksek yağış) vurgulamaktadırlar (Sağlam vd., 2017).

Yapılan çalışmalar toprak mikrobiyal biyokütle karbonunun yangın sonrası düştüğünü göstermektedir, ancak artışın olduğunu gösteren bazı çalışmalar da mevcuttur (Wang vd., 2012). Peitikainen ve Fritze (1995) dü-

şüşün nedeni olarak yaprak dökümü ile organik madde desteğinin kesilmesi ve yangın sonrası köklerin ölümü ile mikorizanın kaybolmasını göstermektedirler. Toprak mikrobiyal biyokütle karbonundaki azalışa karşın yangın sonrası mikrobiyal azotta bir artış görülmektedir (Wang vd., 2012). Wan vd. (2001) ve Ilsted vd. (2003) bu artışı, hayatta kalan yetişkin mikroorganizmaların, kül kalıntısı gibi mikroorganizmalar için alınabilir besin elementi girdisinin artması neticesinde çoğalmalarına bağlamaktadırlar.

Azot Mineralizasyonuna Etkileri

Yangın orman topraklarındaki azot mineralizasyonunu genellikle olumlu yönde etkilemektedir (Sağlam vd., 2017). Grogan vd. (2000) Kaliforniyanın çam ormanlarında (*P. muricata*) yangından sonra toplam azot miktarında meydana gelen artışı, külle birlikte toprağa ilave olunan azota ve azot mineralizasyonundaki artışa bağlamışlardır. Hobbs ve Schimel (1984) Kolorado'nun Rocky Dağlarındaki yanan çalılıklarda azot mineralizasyonunu yanmayanlara oranla yüksek bulmuşlardır.

YANGININ TOPRAĞIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Orman yangınlarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine yaptığı etkiden, toprağın besin maddeleri ve reaksiyonu üzerine yaptığı etki anlaşılmaktadır. Birçok araştırma sonucu, yangından sonra bitkiler tarafından kullanılan besin maddelerinin arttığını göstermiştir (Sağlam vd., 2017). Değiştirilebilir kalsiyum, potasyum, fosfor ve diğer besin maddeleri, yangını izleyen belirli bir süre zarfında fazla olarak bulunur ve hemen yıkanıp gitmedikleri için bitki gelişimini artırır. Fakat kum topraklarında bu kayıp çabuk olabilir. İnce tekstürlü topraklarda olumlu etkiler birkaç yıl sürer (Çanakçıoğlu, 1993).

Yangınların toprağın kimyasal özelliklerine olan etkilerinin çeşitli yönlerden incelenmesi amacıyla, bitki besin elementlerindeki değişim aşağıda ayrıntılı olarak verilmeye çalışılmıştır.

Toprak Reaksiyonu (pH)

Yangının özellikle yüzey topraklarında neden olduğu önemli etkilerinden biri de toprak reaksiyonuna olan etkisidir (Bilgili vd., 2000). Or-

ganik maddelerin yanmasıyla, genellikle alkalen bir özelliğe sahip oksit ve karbonatlar biçiminde bitki besin maddeleri açığa çıkmaktadır (Viro, 1974). Bu bitki besin maddeleri yüksek derecede çözünürlük özelliğine sahiptirler ve katyonların yapılarına bağlı olarak, toprak pH'sını farklı derecelerde etkilemektedirler (DeBano, Dunn & Conard, 1977).

Araştırmacılar yakma ve yangından sonra toprak pH'sının yükseldiği, bir başka anlatımla, toprak asitliğinin azaldığı noktasında birleşmektedirler (Neyişçi, 1989; Tarrant, 1956; Scotter 1963; Viro, 1974; DeByle, 1976; Pritchett, 1979; DeBano vd., 1979). Fakat bu pH artışının istatistik olarak önemli bir anlam taşımadığını belirtmişlerdir. Mitros, Mcintyre ve Moscato-Goodpaster (2002) yapmış oldukları çalışmada sürekli yangın gören alanlardaki pH değerinin, yanmamış ve bir kez yanmış alanlardan daha fazla olduğunu ve istatistik olarak anlamlı olduğunu ifade etmişlerdir. Ubeda vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada yangından sonra toprak pH'sının yükseldiğini ve bir yıl sonra yangından önceki seviyeye geldiğini ifade etmişlerdir.

Yangından sonra topraktaki pH artışının nedenleri; yangın sonucunda organik maddelerdeki mineral besin maddelerinin özellikle Ca, Mg, K, Na vb. alkalilerin toprağa geçmesi, dehidratasyonla su kaybı ve değişebilir hidrojen katyonlarının azalması gibi olaylardır (Çepel, 1975; Sağlam vd., 2017). Bunun sonucu olarak yüksek pH derecesine sahip bir toprakta yangından sonra, özellikle üst toprakta, toprak reaksiyonu daha da alkale olacağından, kökleri üst toprakta gelişen fideliklerin beslenmesinde bazı güçlükler olabilir (Bilgili vd., 2000). Bu nedenle yüksek pH derecesine sahip topraklarda yangından yararlanma sırasında bu gibi sakıncalar ve doğabilecek sonuçlar üzerinde durulmalıdır. Ancak şunu da unutmamak gerekir ki, en şiddetli yangınlarda bile, toprak reaksiyonu en çok 15 cm derinliğe kadar toprak özelliklerine etki edebilmektedir (Çanakçıoğlu, 1993).

Organik Madde

Yangının toprak organik maddesi üzerindeki etkisi, değişik yangın şiddetlerine bağlı olarak, organik maddenin tahrip edilme derecesine bağlıdır (DeBano vd., 1977). Organik maddenin yangın yoluyla tahrip edilmesiyle, toprak strüktürü bozulur, bitkilerin kolaylıkla yararlanabilecekleri ya da kısa sürede erozyon yoluyla sistem dışına çıkarılabilecek bol miktarda besin maddesi açığa çıkar ve mikroorganizmaların ölebileceği

gibi üreme yetenekleri de değişime uğrayabilmektedir (DeBano, Savage & Hamilton, 1976). Tavşanoğlu ve Gürkan (2010) kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) baskın olduğu Marmaris ormanında farklı zamanlarda yanmış 6 alan ve uzun zamandır yanmamış iki alandaki toprakların bünyesinin değişmediğini; yanmamış alanlarda organik maddenin yüksekken yanmış alanlarda birbirine benzer olduğunu saptamışlardır.

Yangının temel etkisi organik maddenin (dolayısıyla bitki besin elementlerinin) toprak profili içerisinde yer değiştirmesini sağlamasıdır (Wells, 1971). Toprak üzerindeki organik maddenin azalması organik maddede bağlı bulunan P, K, Ca ve Mg'un bu katmanda azalması anlamına gelir. Ancak, bu besin elementlerinin mineral toprak içerisine taşınmaları ile yararlanılabilir P ve değiştirilebilir K, Ca ve Mg artar. Toprağın diğer kimyasal özelliklerinde olduğu gibi burada da bu değişimin miktarı ve süresi de toprağın organik madde miktarı, ortaya çıkan kül miktarı ve bunun kimyasal bileşimi ile mevcut alandaki yağış miktarına bağlı olarak değişir (Wells, 1971).

Yangın şiddetine bağlı olarak çeşitli araştırmacılar, özellikle yüzey toprak tabakalarında, yangından hemen sonra organik madde miktarının azaldığını saptamıştır (Viro, 1974; DeBano vd., 1977; Neyişçi 1989). Toprağın organik madde miktarı 100°C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde, humik asitlerin bozulması nedeniyle bir miktar ağırlık kaybetmekte, 100-200°C arasında bozucu olmayan ve 200-300°C arasında bozucu destilasyona uğramaktadır (Hosking, 1938). 200-300°C organik madde kaybı toplam miktarın yaklaşık %85'ine kadar çıkabilmektedir. Aynı araştırmacıya göre, 300°C de organik artıklar alev almaya başlamakta, 450°C dolağındaki sıcaklık derecelerinde ortamdan, hemen hemen tümüyle (%99) uzaklaşmaktadırlar.

Araştırmalar, yangından sonra bitkiler tarafından alınabilir besin maddelerinin bazılarının arttığını göstermiştir. Yangın sonrasında toprak üzerindeki organik maddenin azalması, organik maddede bağlı bulunan N'in bu katmanda azalması anlamına gelmektedir. Ancak, yangın sonrası külde kalan Ca, Mg, K, P gibi besin maddeleri, bu besin maddelerinin mineral toprak içerisine taşınmaları ile yararlanılabilir P ve değiştirilebilir K, Ca ve Mg artmaktadır. Toprağın diğer kimyasal özelliklerinde olduğu gibi burada da değişimin miktarı ve süresi toprağın organik madde miktarı, ortaya çıkan kül miktarı ve bunun kimyasal bileşimi ile mevcut

alandaki yağış miktarına bağlı olarak değişmektedir (Kantarcı, Parlakdağ & Pehlivan, 1986; Wells 1971).

Kasyon Değişim Kapasitesi

Toprak kolloidlerinin kasyon değişim kapasiteleri büyük farklılıklar göstermektedir. Genel bir kural olarak, eşit ağırlıklar dikkate alınarak karşılaştırıldıklarında organik kolloidlerin kasyon değişim kapasiteleri inorganik kolloidlerin değişim kapasitesinden daha yüksektir (Lutz & Chandler, 1961). Bu nedenle organik maddeyi kısmen veya tamamen uzaklaştıran denetim dışı yangınlar ya da denetimli yakmaların toprağın kasyon değişim kapasitesi üzerinde önemli bir etkisi olmaktadır. Christensen ve Muller (1975) kasyon değişim kapasitesinin yangın ile azalabileceğini ve en az bir yıl süreyle düşük düzeyde kalabildiğini belirtmektedirler. Bunun nedeni olarak organik maddenin tahrip olması ile iyon tutma ve değişim yüzeyinin azalması gösterilmektedir (Şengönül, 1985).

Toprağın kasyon değişim kapasitesi, yanmamış ve hafif derecede yanmış alanlarda genellikle düşük düzeyde kalmakta, orta ve ağır derecede yanmış alanlarda önemli ölçüde artış göstermektedir (Eron & Gürbüz 1988; Tarrant, 1956; Neyişçi, 1989).

Azot

Azot, kayaçların içeriğinde olmaması ve bitki büyümesini sınırlayan besin maddelerinin başında gelmesi nedenleriyle orman ekosistemlerini verimlerini sınırlayan elementlerin başında gelmektedir. Yangın ya da yakma sırasında azot yüksek sıcaklık derecesinin etkisiyle, bir yandan kolaylıkla buharlaşıp uzaklaşabilirken diğer yandan da uğradığı kimyasal değişimler sonucu bitki büyümesi ya da mineralizasyon için kolaylıkla kullanılabilir forma geçmektedir. Yangın ya da yakmadan sonra azot, özellikle azot bağlayabilen mikroorganizmalar yardımıyla tekrar kazanılabilen tek bitki besin maddesidir (Dunn & DeBano, 1977). Toplam azot değerleri, organik madde değerleri ile çok yakın bir korelasyon göstermektedir (Neyişçi, 1989).

Toplam azot içeriğinde yakmadan sonra, önce azalma sonra da yükselme biçiminde değişim pek çok araştırmacı tarafından gözlenmiştir (Heyward & Bernette, 1934; Viro, 1974). Bu durum, yakma sırasında açığa

çıkan ısı enerjisi nedeniyle toplam azotun buharlaşarak alandan uzaklaşması ve yakma işleminin yarattığı uygun ortam hem simbiyotik ve hem de simbiyotik olmayan yollardan azot bağlamasının hızlanmasıyla açıklanabilir. Nitekim, yakma sonrası yanan alan yüzeyinde ölü ve diri örtünün azalması ve mineral besin maddesince zengin bir kül tabakasının oluşması, toprak sıcaklığı, besin maddeleri konsantrasyonu ve pH derecesinin artmasına neden olmaktadır (Wells, 1971; Pritchett, 1979). Bu koşullar alanda hem simbiyotik hem de simbiyotik olmayan azot bağlanmasını teşvik ederek kaybedilen azot miktarının yeniden artmasına yardım etmektedir (DeBano vd., 1979). Kantarcı vd. (1986) sedir alanlarında, yanan alanlarda topraktaki toplam azot miktarını (0-20 cm derinlik), yanmamış alanlara kıyasla daha az bulmuşlardır. Ancak yanan alanlarda fidan gelişiminin, yanmayan alanlara göre daha iyi olduğunu belirtmektedirler.

Yangın alanlarında beliren ilk bitki örtüsü üzerinde fenolojik çalışmalar yapan Peşmen ve Oflas (1971), şartlara bağlı olmaksızın bütün yangın alanlarında, ilk yıl sonunda sık bir otsu örtü oluştuğunu saptamışlardır. Bu bitki örtüsü, bir yandan azot bağlayarak, diğer yandan da kolay ayrışan ölü örtülerin yardımıyla, yakmadan sonra alandaki azot miktarının artmasına yardımcı olmaktadır.

Organik maddelerin ısı yoluyla ayrışması sadece toplam azotu değiştirmekle kalmaz, diğer organik ve inorganik azot içeriklerini de etkiler. Yakılmamış alanlarda, organik azot biçiminde yüksek oranlarda toplam azot ve görel olarak daha düşük oranlarda da inorganik mineral azot (amonyum ve nitrat azotları) bulunmaktadır. Bir yangından sonra, alanda yangın öncesine oranla daha yüksek oranda amonyum ve nitrat azotu bulunmaktadır (DeBano vd., 1979; Viro 1974; Dunn & DeBano, 1977; Neal, Wright & Bollen, 1965). Ayrıca yapılan araştırmalar amonyum ve nitrat azotunun yangın etkisiyle farklı biçimlerde oluştuklarını ortaya koymaktadır. Yüksek miktarlardaki amonyum azotu, önce yangın sırasında oluşan toprak ısınmasıyla kimyasal olarak, daha sonra da mikroorganizmalar yardımıyla üretilmektedir. Nitrat azotu ise, doğrudan yangın sırasındaki ısınma ile değil, ancak daha sonra ortaya çıkan mineralizasyon ve nitrifikasyon yoluyla ortaya çıkmaktadır (DeBano vd., 1979).

Maki alanlarından aldıkları toprak örnekleri üzerinde inorganik amonyum ve nitrat azotu ile aminoasit analizleri yapan Dunn ve DeBano (1977), 200°C de toplam azotun azalmaya başladığını ve 500°C de or-

tamdan tümüyle uzaklaşınca kadar düzenli olarak azalma gösterdiğini saptamışlardır. Buna karşılık, amonyum azotu ısısız ayrışmanın ilk belirtisi olarak, 100°C de artmaya başlamış, 200°C'nin üzerinde ve 300°C ye kadar etkili bir biçimde artmaya devam etmiş ve daha sonra hızla yakma öncesi düzeyinin altına düşmüştür. Nitrat azotu ise amonyum azotu kadar artmamış ve 500°C de tümüyle ortamdan ayrılmıştır. Buna karşın, bazı çalışma sonuçlarında (Viro, 1974; Neyişçi, 1989) amonyum azotunun yangından sonraki birkaç yıl içinde kesin bir azalma gösterdiği, daha sonraki yıllarda ise artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Yararlanabilir Fosfor

Topraklarda bitkiler tarafından alınan fosforun önemli bir bölümü, organik maddeden oluşur ve bu neden ile ölü örtü ayrışması fosfor bitki besin maddesi bakımından da önemlidir (Lutz & Chandler, 1961). Ölü örtüde, diri örtüde bulunan fosfor miktarının iki katı daha fazla fosfor bulunmaktadır. Bu fosforun büyük bir bölümü, bir yangın ya da yakma sırasında tümüyle yanan, ince materyalde yoğunlaşmıştır (DeBano & Conrad, 1974). Organik madde ile yararlanabilir fosfor miktarı arasında yakın ve olumlu bir ilişki vardır. Yani organik madde miktarı arttıkça yararlanılabilir fosfor miktarı da artmaktadır (Thompson & Troeh, 1973).

Fosfor, genellikle buharlaşma yoluyla kaybolma eğiliminde değildir (Wells, 1971). Bu nedenle bitki ve ölü örtüde bağlı bulunan fosforun tümüne yakın bir bölümü, bu besin maddesinin yangın ya da yakma sırasında tümüyle yanan ince materyalde yoğunlaşmış olmasının da katkısıyla, yangından sonra kül tabakasında kalmaktadır (DeBano & Conrad, 1974). Pek çok çalışmada yangından sonra toprakların yararlanabilir fosfor içeriğinin arttığı ve bunun yangını izleyen ilk iki yılda devam ettiği tespit edilmiştir (Austin & Baisinger, 1955; Tarrant, 1956; DeByle, 1976; Bara & Vega, 1983; Eron & Gürbüz, 1985). Toprak fosfor kapsamındaki değişim genellikle yangın sırasındaki toprak sıcaklığına göre değişir ve yanan topraklarda artma eğilimindedir (Parlak, 2012; Marcos, Tarrega & Luis, 2007). Yanan topraktaki fosfor artışı iki etkenle ilişkilidir: 1) Külde fosfor kapsamının artması, 2) Isınma nedeniyle organik fosforun mineralizasyonu. Yakma organik fosforu bitkilere yararlı formda olan ortafosfata dönüştürür (Parlak, 2018).

Değiştirilebilir Kalsiyum

Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli etkiye sahip kalsiyum, orman topraklarının verimliliği bakımından da çok önemli bir bitki besin maddesidir (Lutz & Chandler 1961; Irmak, 1972). Kalsiyum hücre zarının yapısında bulunur ve eksikliğinde kök gelişimi yavaşlayarak, nitrat azotunun bitkilerce alınması güçleşir (Çepel, 1988).

Kalsiyum mineral toprak içinde, şiddetli asit topraklar dışında genellikle bol olarak bulunur. Ölü örtü ve yapraklardaki miktarları da oldukça yüksektir (DeBano & Conrad, 1978). Buharlaştırma ısısı oldukça yüksek olduğundan (1240 °C) yakma sırasında herhangi bir kalsiyum kaybı olmaz. Bu nedenle ölü örtü ve üretim artıklarının yakılmasıyla elde edilecek kül tabakasında yüksek oranda kalsiyum bulunması doğaldır. Pek çok araştırmacı, yangından hemen sonraki humus tabakası veya mineral toprak yüzeyindeki kül içinde yüksek oranda kalsiyum saptamışlardır (Viro, 1974; Pritchett, 1979; Bara & Vega, 1983; Marion, 1981; Wells, 1971). Buna karşılık değişebilir kalsiyumun mineral toprak içindeki miktarı konusunda birbiriyi çelişen sonuçlar elde edilmiştir (Çepel, 1975).

Değiştirilebilir kalsiyumun bazı çalışmalarda, yangın sonrası artış gösterirken (Austin & Baisinger, 1955; Wells, 1971; Scotter, 1963; Bara & Vega, 1983; Neyişçi, 1989) bazı çalışmalar sonucunda değiştirilebilir kalsiyum miktarında herhangi bir değişim saptanamamıştır (DeByle, 1976). Burada ilk yargıya varan araştırmacıların çalıştıkları alanların pH derecesi düşüktür. Bilindiği gibi, pH derecesi düştükçe, toprakların kalsiyum içerikleri de genellikle düşmektedir (Thompson & Troeh, 1973). Yakma sonrası, belirlenen bu yüksek artışlar, külde bol oranda bulunan bu besin maddesinin mineral toprağa geçmesiyle açıklanabilir. Kalsiyum içeriği bakımından, daha zengin olan yüksek pH dereceli topraklarda gözlenebilecek artış sınırlı olmaktadır (Eron & Gürbüzler, 1985; Neyişçi 1989).

Değiştirilebilir Magnezyum

Magnezyumun fizyolojik bakımdan önemi, karmaşık yapılu klorofil moleküllerinin yapı taşlarından birini oluşturması ve enzimlerin aktif rol oynaması için gerekli bir madde olmasından kaynaklanmaktadır (Çepel, 1988). Bu nedenle kimyasal bakımdan kalsiyuma benzeyen magnezyum bitkiler için hayati önemi olan bir besin maddesidir (Thompson & Troeh, 1973).

Yapılan çalışmalarda yangın sonrası değiştirilebilir magnezyum değerinin önemli ölçüde artmakta olduğu sonucuna varılmıştır (Austin & Baisinger, 1955; Wells, 1971; Grier, 1975; Bara & Vega, 1983; Neyişçi, 1989). Mineral toprak tabakasında ilk yıl gözlenen değiştirilebilir magnezyum artışı külden mineral toprağa yıkanma ve burada tutunmanın bir sonucudur.

Değiştirilebilir Potasyum

Bitki büyümesini sınırlaya önemli bitki besin maddelerinden bir olan potasyum, kumlu toprakların dışındaki tüm topraklarda bol olarak bulunur (Lutz & Chandler, 1961). Hücre turgoru ve dolayısı ile bitki su bilançosu üzerinde etkileri olan potasyum eksikliği halinde transpirasyon yolu ile su kaybı artmaktadır (Çepel, 1978).

Potasyum, özellikle maki ekosistemi içindeki dağılımı azot ve fosfordan farklıdır. Çünkü bu besin maddesinin %71'i bitki ve ölü örtüye bağlı bulunmaktadır. Bu dağılım özelliği, potasyumu yangın yardımıyla, sistem içindeki, dolanımını kolaylıkla gerçekleştirebilmesini sağlar (DeBano & Conrad, 1974). Bu nedenle yangın ve yakma sonucu toprak yüzeyi potasyum bakımından zengin bir duruma geçer (Viro, 1974; DeByle, 1976; DeBano vd., 1977; DeBano & Conrad, 1974; Pritchett, 1979; Neyişçi, 1989).

Azot kadar kolay olmasa bile, buharlaşma sıcaklığı 760°C (Grier, 1975) olan elementel potasyum, 550°C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerinde, buharlaşma yoluyla, önemli oranlarda kaybedilmektedir (Jackson, 1958). Özellikle kuru yangınların yanmasının söz konusu olduğu durumlarda, 950°C'yi geçen alev sıcaklıkları, buharlaşma için gerekli enerjiyi kolaylıkla sağlayabilmektedir (Brown & Davis, 1973).

Yapılan çalışmalarda; yangından sonraki ilk üç yıl içinde değiştirilebilir potasyum içeriğinde, humus tabakasındaki sürekli azalmaya karşılık 0-30 cm toprak derinliğinde sürekli bir artış gözlenmiştir (Viro, 1974; Neyişçi, 1989). Bu durum humus tabakasında, zayıf bir biçimde bağlanan değiştirilebilir potasyumun burada kolaylıkla yıkanarak yüzey mineral toprak tabakasında tutulması ile ilgili olabilir. DeByle (1976)'da yakmadan sonraki ilk yıl içinde 0-30 cm derinliğindeki mineral toprak tabakasında anlamlı değiştirilebilir potasyum artışları saptamıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yanıcı madde miktarının çok olduğu ve dolayısı ile yangın şiddetinin yüksek olduğu durumlarda toprak organik maddesi, katyon değişim kapasitesi, toprak solunumu ve dolayısı ile mikroorganizma faaliyeti yüzey toprak katmanlarında orman yangınlarından olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak bu olumsuzluklar 2-3 yıl gibi kısa bir sürede genelde ortadan kalkmaktadır. Buna karşılık toprak pH'sı, Ca, Mg, P, K, içeriği gibi toprak özellikleri yangınlardan olumlu yönde etkilenmektedir. Kontrollü yangınlar ölü örtü birikimin gençlik gelmesini engellediği (çimlenen tohumların mineral toprağa ulaşmasını engelleme durumunda) alanlarda gençleştirme için bir araç olarak kullanılabilirler.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Aber, J.D., & Melillo, J.M. (1991). *Terrestrial Ecosystems*. Saunders Publishing Company, Florida.
- Acea, M.J., & Carballas, T. (1996). Changes in physiological groups of microorganisms in soil following wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*, 20, 33-39. doi:10.1111/j.1574-6941.1996.tb00302.x
- Ahlgren, I.F. (1974). *The Effect of Fire on Soil Organisms: Fire and Ecosystems*. Academic Press, New York.
- Austin, R.C., & Baisinger, D.H. (1955). Some effects of burning on forest soils of western Oregon and Washington. *Journal of Forestry*, 53(4), 275-280. doi:10.1093/jof/53.4.275
- Bara, S., & Vega, J.A. (1983). Effects of wildfires on forest soil in the northwest of Spain. *Freiburger Waldschutz Abhandlungen*, 4, 181-195.
- Bilgili, E., Altun, L., Sağlam, B., Küçük, Ö., & Başkaya, Ş. (2000). Orman toprağında yangın sonrası organik madde dinamikleri. *Tübitak projesi*, Proje Kod No: 20 113 001 1.
- Brown, A.A., & Davis, K.P. (1973). *Forest fire- control and use*. McGraw-Hill Book Company.
- Çanakçıoğlu, H. (1993). *Orman Koruma*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3624 Fak.Yayın No: 41.1.
- Casper, B.B., & Jackson, R.B. (1997). Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 545-570. doi:10.1146/annurev.ecolsys.28.1.545
- Christensen, N.L., & Muller, C.H., (1975). Effects of fire on factors controlling plant growth in Adenostoma Chaparral. *Ecological Monographs*, 45(1), 29-55. doi:10.2307/1942330
- Choromanska, U., & DeLuca, T.H. (2002). Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 263-271. doi:10.1016/S0038-0717(01)00180-8

- Çepel, N. (1975). Orman yangınlarının mikroklima ve toprak özellikleri üzerine yaptığı etkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 71-93.
- Çepel, N. (1988). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 399, İstanbul.
- DeBano, L.F., & Conrad, C.E. (1974). Effect of wetting agent and nitrogen fertilizer on establishment of ryegrass and mustard on a burned watershed. *Journal of Range Management*, 27(1), 57-60.
- DeBano, L.F., Dunn, P.H. & Conard, C.E. (1977). Fire's effects on physical and chemical properties of charparral soils. *USDA Forest Service, General Technical Report*.
- DeBano, L.F., Savage, S.M. & Hamilton, D.H. (1976). The transfer of hydrophobic substances during burning. *Soil Science Society of America Journal*, 40(5),779-782.
- DeBano, L.F., Rice, R.M., & Eugene, C.C. (1979). Soil heating in chapparal fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion and runoff. *USDA Forest Service Research Paper*.
- DeByle, N.V. (1976). Soil fertility as affected by broadcast burning following clearcutting in northern rocky mountain larch/fir forests. *Proceedings Montana Tall Timbers Fire Ecology Conference, and Fire and Land Management Symposium*, ss. 441-464.
- Değerliyurt, M. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak orman yangınlarının erozyona etkisinin belirlenmesi: Amanos Dağları örneği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29, 195-219.
- DeLuca, T.H., Nilsson, M.C., & Zackrisson, O. (2002). Nitrogen mineralization and phenol accumulation along a fire chronosequence in northern Sweden. *Oecologia*, 133, 206-214. doi:10.1007/s00442-002-1025-2
- Dunn, P.H., & DeBano, L.F. (1977). Fire's effects on biological and chemical properties of charparral soils. *USDA Forest Service General Technical Report*, WO3.
- Ekinci, H. (2006). Effect of forest fire on some physical, chemical and biological properties of soil in Çanakkale, Turkey. *International Journal of Agriculture and Biology* 8(1): 102-106.
- Elwell, D.H.A., & Fenton F.A. (1941). The effects of burning pasture and woodland vegetation, *Bull. Ikaio Agric. Exp. Sta.*, 3, 247.
- Eron, Z., & Gürbüz, E. (1985). Marmaris 1979 yılı yangını ile toprak özelliklerinin değişimi ve kızılçam gençliğinin gelişimi arasındaki ilişkiler. *Doğa Bilim Dergisi*, Seri: Dz Cilt:9 Sayı:1.
- Eron, Z., & Gürbüz, E. (1988). Marmaris 1979 yılı orman yangını ile toprak özelliklerinin değişimi ve kızılçam gençliğinin gelişimi arasındaki ilişkiler, *OAE Teknik Bülten*, No: 195, Ankara, 50.
- Grier, C.C. (1975). Wildfire effects of nutrient distribution and leaching in a coniferous ecosystem. *Canadian Journal of Forestry*, 5(4), 599-607. doi:10.1139/x75-087
- Günay, T. (1986). Türkiye'de Bulunan En Yaygın Toprak Tipleri. *Ağaçlandırma*. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, ss. 275-289, Ankara.

- Hernandez, T., Garcia, C., & Reinhardt, I. (1997). Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. *Biology and Fertility of Soils*, 25, 109-116. doi:10.1007/s003740050289
- Heyward, F., & Barnette, R.M. (1934). Effects of frequent fires on chemical composition of forest soils in the Longleaf Pine Region. *Florida Agricultural Experiment Station Technical Bulletin*.
- Hosking, J.S. (1938). The ignition at low temperatures of the organic matter in soils. *Journal of Agricultural Science*. 38(4),393-400. doi:10.1017/S0021859600050851
- Irmak, A. (1972). *Toprak İlimi*. Taş Matbaası, İstanbul.
- Jackson, M.L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., London.
- Kantarci, M.D. (2000). *Toprak İlimi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Kantarci, M.D., Parlakdağ, S., & Pehlivan, N. (1986). Sedir ormanlarının gençleştirilmesinde yangın kültürü ve ekolojik yorumu. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 36(2), 20-43. doi:10.17099/jffiu.78674
- Kimmins, J.P. (1997). *Forest Ecology*. Macmillan Publishing Company, New Jersey, A.B.D.
- Lutz, H.J., & Chandler, R.F. (1961). *Forest Soils*. John Willey and Sons Inc. London.
- Marcos, E., Tarrega, R., & Luis, E. (2007). Changes in a Humic Cambisol heated (100-500 °C) under laboratory conditions: The significance of heating time. *Geoderma*, 138(3-4), 237-243. doi:10.1016/j.geoderma.2006.11.017
- Marion, G.M. (1981). Nutrient mineralization processes in Mediterranean-type ecosystems. *USDA Forest Service General Technical Report PSV-58*.
- Mitros, C., McIntyre, S., & Moscato-Goodpaster, B. (2002). Annual burning affects soil pH and total nitrogen content in the cera oak woodlands. *Tillers*, 3, 29-32.
- Neal, J., Wright, L., & Bollen, W.B. (1965). Burning Douglas - Fir slash; physical, chemical and microbial effects in the soil. *Forest Research Laboratory, Research Paper No. 1*, Oregon State University Corvallis-USA.
- Neyişçi, T. (1989). Kızılçam orman ekosistemlerinde denetimli yakmanın toprak kimyasal özellikleri ve fidan gelişimi üzerine etkileri. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten*, No:205, Ankara.
- Parlak, M. (2018). Çanakkale (Eceabat, Akbaş Şehitliği) orman yangınıyla bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin zamansal değişiminin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 29-38.
- Parlak M. (2012). Effect of heating on some physical, chemical and mineralogical aspects of forest soil. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 143-152.
- Peşmen, H., & Oflas, S. (1971). Ege bölgesi tabii orman yangın alanlarında beliren ilk vejetasyon üzerinde fenolojik araştırmalar. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İlimi Raporlar*, No. 112.
- Pritchett, W.L. (1979). *Properties and Management of Forest Soils*. John Willey and Sons.
- Raich, J. W., & Tufekcioglu, A. (2000). Vegetation and soil respiration: Correlation and Controls. *Biogeochemistry*, 48(1), 71-90. doi:10.1023/A:1006112000616

- Sağlam, B., Tüfekcioglu, A., Tüfekcioglu, M., Küçük, M., & Ateş, M. (2017). Yaşlı karaçam meşcerelerinde farklı şiddetlerdeki örtü yangınlarının erozyon toprak solunumu azot mineralizasyonu ve mikrobiyal biyokütle ile diğer bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *TÜBİTAK 1001 Araştırma Projesi Raporu*. Proje No: 213O193. Artvin.
- Scott, D.F. (1993). The hydrological effects of fire in South African mountain catchments. *Journal of Hydrology*, 150, 409-432.
- Scotter, G.W. (1963). Effects of forest fire on soil properties in northern Saskatchewan. *Forestry Chronicle*, 39(4), 412-421. doi:10.5558/tfc39412-4
- Şengönül, K. (1985). Orman yangınları ile toprak ısınması arasındaki ilişkiler ve yangınların toprak özellikleri üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 35(2), 99-107.
- Şengönül, K. (1993). Kızılçam sahalarında güç ısınan topraklar ve doğurduğu sorunlar. *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu*, ss. 85-89, 18-23 Ekim, Marmaris.
- Soto, B., & Diaz-Fierros, F. (1998). Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: Comparison of experimental results with those predicted by the WEPP model. *Catena*, 31, 257-270. doi:10.1016/S0341-8162(97)00047-7
- Tarrant, R.F. (1956). Effects of slash burning on some soils of the Douglas fir region. *Soil Science Society of America Proceeding*, 20, 408-411.
- Tavşanoğlu, Ç., & Gürkan, B. (2010). Physical and chemical properties of the soils at burned and unburned *Pinus brutia* Ten. forest sites in the Marmaris Region, Turkey. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 38(1), 71-76.
- Thompson, L.M., & Troeh, R.F. (1973). *Soils and Soil Fertility*. McGraw-Hill Book Comp. New York.
- Tüfekcioglu, M., Sağlam, B., & Tufekcioğlu, A. (2017). Effects of fire intensity and slope on surface soil erosion following a prescribed fire in old *Pinus nigra* stands. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 7227-7234.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Saglam, B., Bilgili, E. & Altun, L. (2010). Soil properties and root biomass responses to prescribed burning in young Corsican pine (*Pinus nigra* Arn.) stands, *Journal of Environmental Biology*, 31, 369-373
- Tufekcioglu, A., Raich J. W., Isenhardt T. M., & Schultz R. C. (2001). Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields. *Plant and Soil*, 229, 117-124.
- Ubeda, X., Lorca, M., Outeiro, L.R., Bernia, S., & Castellnou, M. (2005). Effects of prescribed fire on soil quality in Mediterranean grassland (Prades Mountains, North-east Spain). *International Journal of Wildland Fire*, 14, 379-384. doi:10.1071/WF05040
- Vazquez, F.J., Acea, M.C., & Carballas, T. (1993). Soil microbial populations after wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*, 13, 93-104.
- Viro, P.J. (1974). Effects of Forest Fire on Soil. *Fire and Ecosystem*. Academic Press. New York.

- Wang, Q.K., Zhong, M.C., & Wang, S.L. (2012). A meta-analysis on the response of microbial biomass, dissolved organic matter, respiration, and N mineralization in mineral soil to fire in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 271, 91-97. doi:10.1016/j.foreco.2012.02.006
- Wells, C.G. (1971). Effects of prescribed burning on soil chemical properties and nutrient availability. *Proceedings Prescribed Burning Symposium*, ss. 86-97, USDA-Forest Service. Southeastern Forest Experimental Station.
- Williams, C.J., Pierson, F.B., Robichaud, P.R., & Boll, J. (2014). Hydrologic and erosion responses to wildfire along the rangeland-xeric forest continuum in the western US: a review and model of hydrologic vulnerability, *International Journal of Wildland Fire*, 23(2), 155-172. doi:10.1071/WF12161