

**Kireçli Topraklarda Farklı Kükürt Formları ile Biyokömür Uygulamalarının Turp Bitkisinin (*Raphanus sativus*) Gelişimine Etkisi**

The Effects of Different Sulfur Forms and Biochar Applications on The Development of Radish (*Raphanus sativus*) in Calcareous Soils

Ayşen AKAY\*

**Öz**

Turpun besin maddesi ihtiyacının karşılanması ve yüksek kalitede ürün alınmasında kükürt(S) önemli bir yer tutmaktadır. Biyokömür uygulamaları toprak kalitesini ve bitki gelişimini olumlu etkilemektedir. Çalışma; önemli bir tarım potansiyeline sahip olan ve İç Anadolu’da yer alan Konya kireçli topraklarında yetiştirilen turp bitkisinin kükürlü gübre isteğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada biyokömür uygulamasının bitkinin kükürten yararlanma durumuna ve bitki gelişimine etkisinin belirlenmesi ve turp için uygun kükürlü gübre dozunun tespiti de amaçlanmıştır. Çalışmada; elementel-S (0- 200-400 mg/kg), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S (0-25-50 mgkg<sup>-1</sup>) ve yetiştirme toprağına üç dozda biyokömür (0, %1 ve %2) uygulanmıştır. Bitki materyali 8TR-17 fındık turp (*Raphanussativus* var.) çeşididir. Elde edilen sonuçlara göre; artan S dozları ile yaprak klorofil SPAD değerleri, bitki boyu, yumru ağırlığı, deneme sonunda toprakta kalan kükürt konsantrasyonu değerleri kontrole kıyasla önemli farklılıklar göstermiştir. Biyokömür dozları ve S uygulama formları arasındaki etkileşimde; yaprak klorofil SPAD değerleri, bitki boyu, yumru ağırlığı ve toprakta kalan S (mgkg<sup>-1</sup>) değerleri kontrole kıyasla önemli oranda farklılıklar göstermiştir. Klorofil SPAD değeri 23.3-34.8; yaprak boyu 5.59-6.49 cm, yaprak sayısı 2.98-4.06 adetbitki<sup>-1</sup>, yaprak ağırlığı 6.01-10.45 gsaksı<sup>-1</sup>, gövde boyu 0.75-2.23 cmbitki<sup>-1</sup> ve gövde çapı da 1.5-15.24 cmbitki<sup>-1</sup> arasındadır. Yumru ağırlığı ortalamaları 0.136-4.566 grsaksı<sup>-1</sup> arasındadır ve biyokömür uygulamaları kontrole kıyasla artış sağlamıştır. Bu artışlar özellikle SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S uygulamasında önemlidir. Toprakta kalan S konsantrasyonu 13.40-94.43 mgkg<sup>-1</sup> arasındadır; S gübreleri, S dozları, biyokömür uygulamaları ile önemli farklılık göstermiştir (p<0.05). Deneme sonunda toprak pH değeri; kükürt dozlarına ait ortalama değerler dikkate alındığında kontrole kıyasla 0.07 birimlik bir düşüş göstermiştir ve bu değer istatistikî yönden de önemli olmuştur (p<0.01). Sonuç olarak fındık turpu yetiştiriciliğinde, eğer kum oranı düşük killi tınlı toprakta çalışılacaksa %2 dozunda biyokömür uygulaması ile iyi bir bitki gelişimi ve yumru teşekkülünün olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Elementel kükürt, Sülfat kükürt, Biyokömür, Turp, Kireçli toprak

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşen Akay, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [aakay@selcuk.edu.tr](mailto:aakay@selcuk.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-2541-0167

**Atıf/Citation:** Akay,A. Kireçli Topraklarda Farklı Kükürt Formları ile Biyokömür Uygulamalarının Turp Bitkisi (*Raphanus sativus*) Gelişimine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (3), 644-655.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

---

**Abstract**

Sulfur (S) has an important place in meeting the nutritional needs of radish and obtaining high quality products. Biochar applications affect soil quality and plant growth positively. The study was carried out to determine the sulfur fertilizer demand of the radish plant grown in the calcareous soils at Konya that located in Central Anatolia, which has an important agricultural potential. In the study, it was aimed to determine the effect of biochar application on the plant's use of sulfur and plant growth, and the appropriate sulfur(S) fertilizer dose for radish. In the study, elemental-S (0- 200-400 mgkg<sup>-1</sup>), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S (0-25-50 mgkg<sup>-1</sup>) and biochar (0- 1% - 2%) were applied to the cultivation soil. Plant material is 8TR-17 hazelnut radish (*Raphanus sativus* var.) variety. According to the results obtained, leaf chlorophyll SPAD values, plant height, tuber weight, the remaining S (mgkg<sup>-1</sup>) concentration in the soil at the end of the experiment were significantly different with increasing S doses compared to the control (p<0.01). Leaf chlorophyll SPAD values, plant height, tuber weight and the remaining S (mgkg<sup>-1</sup>) concentration in the soil (p<0.01) and stem diameter (p< 0.05) showed significant differences compared to the control at the interaction between biochar doses and S application forms. The chlorophyll SPAD value varied between 23.3 and 34.8, leaf length varied between 5.59 and 6.49 cm, the number of leaves varied between 2.98 to 4.06 pieces plant<sup>-1</sup> and leaf weight varied between 6.01 to 10.45 gpot<sup>-1</sup>. Stem length varied between 0.75 to 2.23 cm plant<sup>-1</sup> and stem diameter varied between 1.5 to 15.24 cm plant<sup>-1</sup>. Tuber weight averages ranged from 0.136 to 4.566 gpot<sup>-1</sup> and with the biochar applications increased compared to control. These increases are especially important in the SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S application. The remaining S (mgkg<sup>-1</sup>) concentrations in the soil are between 13.40 to 94.43 mgkg<sup>-1</sup>. These values showed significant differences with S fertilizers, S doses and biochar applications (p<0.05). At the soil pH value at the end of the experiment considering the mean values of sulfur doses, showed a decrease of 0.07 units compared to the control and this value was statistically significant (p<0.01). As a result, it is thought that good plant growth and tuber formation will be achieved with the application of 2% biochar in the cultivation of hazelnut radish, when the sand content is low and partially clayey loam soil will be used.

**Keywords:** Elemental sulfur, Sulfate sulfur, Biochar, Radish, Calcareous soil

## 1. Giriş

Turp (*Raphanussativus* L.), Brassicaceae (Cruciferae) familyasına ait olup; yaklaşık 3 bin yıl öncesine dayanan ekimine ait tarihi kayıtları ile bilinen en eski kök sebzelerden biridir. Büyük olasılıkla kökeni Avrupa'nın güneyi veya Asya'nın güneydoğusundadır. Bu sebze 16. yüzyılda İngiltere ve Fransa'da tanıtılmıştır, 19. yüzyıl döneminde ise bitkinin çeşitleri Amerika'da ve Brezilya'da bilinmekteydi (Camargo, 1981; Ramamurthy ve ark.,2015). Özellikle küçük çiftliklerde ve çok çeşitli kök mahsullerinin bulunduğu alanlarda yaygın olarak yetiştirilen bir bitkidir. Kısa döngüde üretim sistemlerinde rotasyon döngüsünün bir parçası olarak yetiştirilebildiğinden dolayı turp ilginç bir özelliğe sahiptir. En çok yenen kısmı kazık köklü olan bölümüdür, bu kısmı farklı şekil, renk ve iriliktir; görünümüne göre fındık, kestane, kırmızı, bayır turpu gibi isimleri bulunmaktadır (Vural ve ark., 2000); ancak bitkinin üst kısımları da yapraklı sebze olarak kullanılabilir. Geniş kullanım alanı olan turp; mükemmel bir karbonhidrat, protein, A-C vitaminleri, folik asit ve potasyum, B6, riboflavin, magnezyum ve kalsiyum kaynağı olduğu için, yüksek besin değerinden dolayı popülerlik kazanmıştır (Bakhsh ve ark., 2006). Kök, tohum, yaprak gibi farklı kısımları, tıbbi etkileri nedeniyle de insan sağlığı için kullanılan bir sebzedir (Akan ve ark.,2013).

Türkiye'de 2019 yılı sebze üretimi verilerine göre %0.7'lik bir paya sahiptir ve en fazla yetiştirilen çeşit kırmızı turptur (Anonim, 2019). Turp hemen her yerde yetiştirilmekle birlikte toprağın killi veya killi tınlı olması kök gelişimini olumsuz etkilemektedir. Gübre, vermikompost, kompost, biyogübreler ve düşük dozda kimyasal gübre ile birlikte organik gübre uygulaması; geleneksel kimyasal gübre kullanımına kıyasla turpun gelişim parametreleri ve kuru madde üretimini artırmıştır (Subramani ve ark.,2010; Imthiyas ve Seran,2015; Kiran ve ark.,2016; Barlas ve ark., 2018). Organik veya inorganik kimyasallarla kombinasyon halinde topraklara biyokömür uygulamasının bitki büyümesi ve veriminde belirgin bir etkisi olduğu bildirilmiştir (Chan ve ark., 2007). Biyokömürün toprak üzerinde olumlu etkilerine karşın; düşük besin bileşimi ve biyolojik bozunmaya karşı dirençli olması nedeniyle tek başına bir besin tedarikçisi olarak sınırlı olabilir (Partey ve ark., 2014).

Biyokömürün; hayvan gübresindeki  $NH_3$ ,  $NH_4^+$  ve  $NO_3^-$  'ı etkili bir şekilde tutabildiği (Steiner, 2010), gübrelerden N kaybını azalttığını (Pietikainen ve ark., 2000) ve aynı anda humifikasyonu arttırdığı (Ishizaki ve Okazaki, 2004), toprağın fiziko-kimyasal özelliklerini değiştirebildiği (DeLuca ve ark., 2006), gaz halinde N emisyonunu (Yanai ve ark., 2007) ve besin maddelerinin yıkanmasını azalttığı (Zheng ve ark., 2013), ve ürün verimini arttırdığı (Major ve ark., 2010) belirtilmiştir. Biyokömür uygulamasının turpların biyokütle, kök ve sürgün verimlerini önemli ölçüde arttırdığı çalışmada; toprağın organik maddesi, kütle yoğunluğu, toplam azot, mevcut fosfor ve mevcut potasyum içeriği de önemli ölçüde arttığı ve  $20\text{ t ha}^{-1}$  biyokömür uygulamasının tavsiye edildiği Timilsina (2017) tarafından bildirilmiştir. Yüksek kalitede biyokömürün topraktaki karbon tutumu yoluyla verimi artırabileceği ve beyaz turp için en yüksek ağırlıkların  $2\text{ kg da}^{-1}$  biyokömür uygulamasında ölçüldüğü (Sriburi, 2017); biyokömür ve kanatlı gübresinin farklı kombinasyonlarının denendiği çalışmada ise, tek başına biyokömür uygulaması turpun yaprak besin konsantrasyonları ile verimini arttırdığı (Adekiya ve ark., 2019) görülmüştür. Odundan elde edilen biyokömürün kiraz turpta çimlenme oranını arttırdığı, taze sürgün ve kök biyokütlesinin ise çok etkilemediği; organik atıklarla kompost haline getirilen biyokömür uygulamalarının ise daha etkili olacağı belirtilmiştir (Ke ve ark., 2018). Tabakhane atıklarının ve biyokömürün turp verimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada; turp kökü ve yer üstü biyokütlenin arttığı belirlenmiş, %5 tabakhane atığı ve  $2,5\text{ t ha}^{-1}$  biyokömür dozunda turp taze ve kuru madde ağırlığında önemli artış gözlenmiştir (Nabavinia ve ark., 2015). Başka bir çalışmada turpta en iyi çimlenmenin %50 biyokömür + %50 kompost uygulamasında olduğu (Gonzalez ve Kang, 2017); atık çamurdan elde edilen biyokömürün %1 ile %3 dozlarında bitki tepkisi en yüksek değerlere ulaşmıştır (Sousa ve Figueiredo, 2016). Chan ve ark.(2008), toprak düzenleyici olarak biyokömürün azotlu ve azotsuz uygulanması durumunda; turp verim artışının  $10\text{ t ha}^{-1}$  düzeyinde %42,  $50\text{ t ha}^{-1}$  düzeyinde ise %96 'ya ulaştığını belirtmişlerdir.

Bitki gelişimi ve büyümesi için önemli bir besin elementi olan kükürdün yetersizliğinde bitkide ürün miktarı ve kalitesi düşer (Scott ve ark., 1984). Kükürt uygulamasının turp bitkisinde glukosinolat, karotenoid, klorofil ve toplam fenolik madde içeriklerinde önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir (Zhou ve ark., 2013). Turp çeşitleri ile yapılan çalışmada; farklı dozlarda mikronizebentonitli kükürt uygulamalarının toplam verim, kök ağırlığı, kök uzunluğu, kök çapı ve bitki ağırlığında artışlar sağladığı görülmüştür. En yüksek değerler ise  $3.65\text{ kg m}^2$  ile 20 ve  $25\text{ kg da}^{-1}$  doz uygulamasından elde edilmiştir (Solmaz, 2017). Hindistan'da yapılan bir çalışmada; üç farklı

bölgesel turp çeşidi arasında Pusa Desi çeşidinde 45 kg S uygulaması ile en yüksek kök verimi elde edilmiş, büyüme ve kalite açısından da olumlu sonuçlar alınmıştır (Smriti ve ark., 2016). Başka bir çalışmada; kükürt oranı artışının, turp kök verimi ve kükürt alımını önemli ölçüde artırdığı; en yüksek değerlerin 25 ve 50 kg Sha<sup>-1</sup> uygulamalarında olduğu belirlenmiştir (Sriramachandrasekharan, 2012). Turpta 120 kg Sha<sup>-1</sup> gübrelemesinin köklerde polifenollerin birikimini ve ayrıca antiradikal aktiviteyi önemli ölçüde artırdığı görülmüştür (Stagnari ve ark., 2018). Yapılan arazi denemelerinde turp veriminde NPK (100-80-50kg/hauyulgama dozunun etkili olduğu belirtilmiştir (Nargave,2016).

Kireçli toprakta turp yetiştiriciliğinde, bitkinin kükürt ihtiyacının karşılanmasında uygun kükürtlü gübre dozunun belirlenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür. Çalışmada ayrıca toprak yapısı üzerine olumlu etkisi olduğu çeşitli çalışmalarda belirlenmiş olan biyokömürün; killi tın tekstürdeki kireçli topraklar için uygulama dozunun belirlenmesi de amaçlanmıştır. Çalışmada farklı oranlarda biyokömür uygulaması yapılarak, biyokömürün bitki gelişimi parametrelerine ve yumru oluşumuna kükürtün farklı formları ve dozları ile birlikte etkisi fındık turp bitkisinde araştırılmış, uygun ve ekonomik kükürt dozunun tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Deneme materyalleri

Araştırma sera şartlarında yürütülmüştür. Konya -Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sarıcalar çiftlik arazisinden 0-30 cm derinlikten alınan kireçli toprakta deneme yürütülmüştür. Toprak alındıktan sonra bez torbalara doldurularak seraya getirilmiş; daha sonra 4 mm'lik elekten geçirilmiştir. Topraktaki kil içeriği yüksek olduğundan dolayı; saksılara 2 birim toprak/1 birim dere kumu oranında olacak şekilde toprakla dere kumu karıştırılmış, daha sonra bu karışıma biyokömür (%0-%1-%2 dozlarında) ilave edilerek saksılara (3.5 kg/saksı) doldurulmuştur.

Bitki materyali olarak Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün 1983 yılında tescil ettirdiği, 8TR-17 fındık turp (*Raphanussativus* var.) çeşidi kullanılmıştır. Bu turpun meyve ağırlığı 45-50 gr, kabuk rengi açık kırmızı, et rengi beyaz ve olgunlaşma süresi 30-35 gündür. Türkiye'nin bütün bölgelerine tavsiye edilen bir çeşittir (Anonymous, 2021).

### 2.2. Denemenin kurulması

Deneme serada tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine dört göre tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede elementel toz kükürt (S1, S2, S3; 0- 200- 400 mgkg<sup>-1</sup>), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> formunda kükürt (SO1, SO2, SO3; 0- 25-50 mgkg<sup>-1</sup>) ve biyokömür (B0, B1, B2; 0- %1 - %2) uygulanmış olup; çalışma toplam 72 saksıda yürütmüştür. Gübrelerden elementel toz kükürt(% 100 S) saksılara ayrı ayrı tartılıp yetiştirme ortamı ile birlikte homojen olacak şekilde karıştırılıp saksılara doldurulmuştur. Sülfat formundaki kükürt ise amonyum sülfat, potasyum sülfat ve magnezyum sülfat gübreleri ile uygulama dozlarına göre hesaplanarak tartılmış ve saksılara uygulanmıştır. Ayrıca tüm saksılarda eşitlik olacak şekilde bitkilere N(21.7 mgkg<sup>-1</sup>), P(21.8 mgkg<sup>-1</sup>), K(7.6 mgkg<sup>-1</sup>), Mg(9.4 mgkg<sup>-1</sup>) ve mikroelement gübrelemesi yapılmıştır. Denemede biyokömür olarak ceviz kabuğunun 500 °C sıcaklıkta 12 saat bekletilmesi ile elde edilmiş olan materyal kullanılmış olup, 2 mm'lik elekten geçirilerek kullanılmıştır. Bu işlemlerden sonra bitki tohumları saksılara ekilmiş (Ekim 2020 tarihinde) ve bitkiler toprağın tarla kapasitesi dikkate alınarak düzenli şekilde sulanmıştır. Bitkilerde yeterli gelişim olduğunda her saksıda dört olgun yaprakta klorofil SPAD değeri ve yaprak boyu ölçümü alınmıştır. Bitki boyu, yaprak sayısı değerleri belirlenmiştir. Vejetasyon süresi sonunda her saksıdaki mevcut bitkilerde yaprak ve gövde ağırlıkları hassas terazide belirlenmiş; gövde boyu, gövde çapı değerleri ise dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Deneme toprağında yapılan fiziksel ve kimyasal analizlere ait sonuçlar *Tablo 1'* de sunulmuştur. Bu analiz sonuçlarına göre; deneme toprağı killi tın tekstürde, hafif alkalın pH'da ve tuzsuzdur. Organik madde içeriği az ve yüksek kireçli olan toprağın fosfor ve potasyum içeriği yeterli, bitkiye yararlı Fe, Zn, Cu, Mn içerikleri ise yetersiz veya azdır.

Turp gelişimi tamamlandıktan sonra bitkiler hasat edilmiş; daha sonra tüm saksılardan toprak örneği alınmış ve KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ile ekstrakte edilerek toprak örneklerinde kükürt spektrofotometrede okunarak SO<sub>4</sub> – S miktarı belirlenmiştir (Fox ve ark.,1964).Ayrıca tüm saksılardan alınan toprak örneklerinde pH (1:2.5 toprak:saf su) belirlenmesi yapılmıştır (Jackson, 1969).

Sera denemelerinden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı MİNİTAB paket programları kullanılarak varyans analizi ve Tukey testleri yardımıyla karşılaştırılmıştır (Düzgüneş, 1963; Yurtsever, 1984).

**Tablo 1. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri**

*Table 1 Physical and chemical properties of experimental soil*

Özellikler	Değer	AnalizMetodu
<b>Fizikselözellikler</b>		
Tekstürsınıfı	Killi tn	(Bouyoucos, 1951)
Tarlakapasitesi	26	(Cassel ve Nielsen,1986)
Solma noktası	14	(Cassel ve Nielsen, 1986)
<b>Kimyasalözellikler</b>		
pH	7.89	(Jackson, 1969)
(1:2.5 toprak:safsu) EC(dS/m)	0.92	(USSL Staff, 1954)
(1:2.5 toprak:safsu) Organikmadde (%)	1.98	Walkley veBlack'inmodifiyemetodu(Jackson , 1969)
CaCO <sub>3</sub> (%)	12.97	(Nelson, 1996)
Elverişli P(mg/kg)	23.63	(Olsenve Sommers, 1982)
Ekstrakte edilebilir K (mg kg <sup>-1</sup> )	831.88	1 N. Nötramonyumasetadileeks. metodu
ElverişliZn(mgkg <sup>-1</sup> )	0.12	DTPA (Diethylene triamine penta acetic acid) ekstraksiyonmetodu
ElverişliFe(mg kg <sup>-1</sup> )	0.45	(Lindsay ve Norvell,1978)
ElverişliCu(mg kg <sup>-1</sup> )	0.43	
ElverişliMn (mg kg <sup>-1</sup> )	0.91	

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Fındık turp bitkisi gelişim parametreleri

Deneme sonunda elde edilen verilere ait sonuçlar *Tablo 2,3 ve 4*'te sunulmuştur. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre; yaprak klorofil SPAD değerleri artan kükürt dozları ile kontrole kıyasla önemli oranda artmıştır ( $p<0.05$ ); biyokömür uygulama dozları \*kükürt uygulama formlarının birlikte etkisi de önemli farklılıklar oluşturmuştur ( $p<0.01$ ; *Tablo 2 ve 3*). Biyokömür uygulamaları dikkate alındığında ise en yüksek ortalama değerler B2SO ve B1S uygulamalarında sırasıyla 32.7 ve 32.4 olarak belirlenmiştir ( $p<0.01$ ; *Tablo 2*). Tüm veriler dikkate alındığında kükürt dozlarındaki artış ile klorofil SPAD değerlerinin kısmen arttığı ama bu artışın istatistikî yönden önemli olmadığı görülmüştür (*Tablo 3*).

**Tablo 2. Biyokömür ve kükürtlü gübre uygulamalarının turp bitkisinin klorofil, bitki boyu, yaprak boyu, yaprak sayısı ve yaprak ağırlığına etkisi**

*Table 2. The effects of biochar and sulfur fertilizer applications on chlorophyll, plant height, leaf height, number of leaves and leaf weight of radish plant*

Biyokömür	Kükürt	Klorofil	Bitki boyu(cm)	Yaprak boyu(cm)	Yaprak sayısı(adet)	Yaprak ağırlığı (g)
B0	S	31.9 ab	9.10 b	5.81	3.25	6.857
	SO	30.4ab	10.20 ab	6.49	3.42	6.957
B1	S	32.4a	11.28 a	6.34	3.21	7.446
	SO	27.3ab	8.98 b	5.62	3.28	8.134
B2	S	26.7b	10.96 a	5.59	3.27	6.944
	SO	32.7a	10.74 a	6.03	3.42	7.665
Tukey						
* $p<0.05$						
** $p<0.01$		**	**	-	-	-

Bitki boyu (cm) değerleri incelendiğinde; biyokömür, kükürt uygulama dozları, biyokömür\*kükürt formları, biyokömür\*kükürt dozları ve kükürt uygulaması\*kükürt dozları arasında önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0.01$  ve  $p<0.05$ ; *Tablo 2 ve 3*). Bitki boyu değerleri 8.13-13.41 cm arasında değişmiş, en yüksek bitki boyu değerleri B2S3 ve B2SO3 uygulamalarında görülmüştür (12.31–13.41 cm). Özellikle biyokömürün %2 uygulama dozunda, diğer %0 B ve %1 B uygulamalarına kıyasla bitki boyundaki artışın daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir (*Tablo 3*). Yaprak boyu değerleri; biyokömür ve kükürt uygulamaları ile değişiklik oluşturmamış; sadece kükürt uygulamaları ve artan kükürt dozlarının birlikte etkisi yaprak boyunda önemli farklılık göstermiştir ( $p<0.05$ ; *Tablo 2 ve 3*). Yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, gövde boyu değerleri; biyokömür, kükürt uygulamaları ve kükürt dozları ile farklılık göstermemiştir. Gövde çapı değerleri; biyokömür uygulamaları ve biyokömür\*kükürt uygulamaları ile önemli farklılıklar göstermiştir ( $p<0.05$ ; *Tablo 2, 3 ve 4*). Yaprak sayısı 2.98-4.06 adet/bitki<sup>-1</sup>; yaprak ağırlığı 6.010-10.446 g saksı<sup>-1</sup>, gövde boyu 0.75-2.23 cm bitki<sup>-1</sup> ve gövde çapı da 1.50-15.24 cm bitki<sup>-1</sup> arasındadır. Gövde çapı değerleri özellikle B2SO uygulamalarında diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek olmuştur (*Tablo 3*).

**Tablo 3. Biyokömür ve kükürtlü gübre uygulamalarının turp bitkisinin gelişim verilerine etkisi**

Table 3. The effects of biochar and sulfur fertilizer applications on the growth data of radish plants

B	S	S doz	Klorofil	Bitki boyu (cm)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak sayısı (adet)	Yaprak ağırlığı (g saksı <sup>-1</sup> )	Gövde boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Yumurta yaş ağırlığı (g saksı <sup>-1</sup> )
B0	S	1	30.0	8.13	4.59	3.39	6.786	1.41	11.10	1.906
		2	32.4	10.73	5.40	3.19	7.120	1.49	11.86	1.648
		3	33.1	8.44	7.45	3.17	6.663	1.14	10.03	1.404
	SO	1	26.0	9.97	7.24	3.31	7.541	0.75	7.60	1.854
		2	31.7	11.09	6.75	3.29	6.884	1.14	5.15	1.912
		3	33.4	9.53	5.48	3.67	6.447	0.90	5.16	2.502
B1	S	1	32.1	11.72	5.45	2.98	7.465	1.85	10.55	2.179
		2	32.7	11.02	5.98	3.00	6.861	0.75	1.50	2.254
		3	32.4	11.10	7.60	3.67	8.011	1.24	8.52	2.572
	SO	1	25.9	8.22	5.61	3.25	7.451	1.18	8.27	2.780
		2	23.3	8.58	5.56	3.16	6.504	1.81	8.93	2.863
		3	32.7	10.16	5.69	3.45	10.446	1.30	5.55	3.309
B2	S	1	26.4	11.05	6.25	3.17	7.505	0.95	6.98	2.007
		2	26.4	9.51	5.10	3.55	7.316	1.30	10.80	1.540
		3	27.5	12.31	5.41	3.11	6.010	0.93	9.78	1.521
	SO	1	29.9	10.04	6.15	3.13	8.355	1.91	12.09	3.617
		2	34.8	8.77	5.15	3.04	8.525	2.23	15.24	4.281
		3	34.3	13.41	6.75	4.06	6.775	1.94	15.03	3.439
Tukey										
* $p<0.05$			-	-	-	-	-	-	-	-
** $p<0.01$										



**Tablo 4. Biyokömür ve kükürtlü gübre uygulamalarının turp bitkisinin gövde boyu, gövde çapı, yumru ağırlığı ve toprakta kalan kükürt miktarına etkisi**

Table 4. The effects of biochar and sulfur fertilizer applications on stem length, stem diameter, tuber weight of radish plant and the S (mg kg<sup>-1</sup>) concentrations remaining in the soil

Biyokömür	Kükürt	Gövde boyu (cm bitki <sup>-1</sup> )	Gövde çapı (mm bitki <sup>-1</sup> )	Yumru ağırlığı (gsaksı <sup>-1</sup> )	Toprakta kükürt (mg kg <sup>-1</sup> )
B0	S	1.35	10.99 ab	1.653 c	55.23 a
	SO	0.93	5.97 b	2.089 c	15.68 d
B1	S	1.28	6.86 b	2.335 bc	42.84 b
	SO	1.43	7.58 ab	2.984 b	24.89 c
B2	S	1.06	9.19 ab	1.689 c	39.49 b
	SO	1.95	13.79 a	3.779 a	22.03 cd
Tukey					
*p<0.05					
**p<0.01		-	*	**	**

Turp kuru madde birikimine kompost kullanımının etkisi incelendiğinde; üst uygulama olarak kimyasal gübreler ile tavsiye edilen 20 t ha<sup>-1</sup> kompost uygulamasının, tek başına kimyasal gübrelere kıyasla daha fazla yaprak üretimi sağladığı ve yumru kök kuru madde birikimi üzerindeki etkisinden dolayı bir seçenek olabileceği belirtilmiştir (İmthiyas ve Seran, 2015). Bu çalışmada da %2 B uygulaması ile genel olarak bitki boyu, gövde boyu, gövde çapı ve yumru ağırlığı artmıştır; sonuçta biyokömür uygulaması bitki gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilemiştir.

Yumru yaş ağırlığı değerleri; biyokömür ve kükürt uygulamaları ile farklılık göstermiş, biyokömür\*kükürt uygulamaları arasındaki etkileşimden de önemli derecede etkilenmiştir (p<0.01; Tablo 4). Yumru ağırlığı değerleri 1.404-4.281 gsaksı<sup>-1</sup> arasında değişmiştir (Tablo 3). Biyokömür uygulamaları yumru ağırlığını kontrole kıyasla önemli oranda artırmış; özellikle SO<sub>4</sub>-S uygulamasında elementel-S'e kıyasla yumru ağırlığı önemli artış göstermiş ve en yüksek değer %2 B-SO<sub>4</sub> formunda kükürt uygulamasında görülmüştür (3.779 gsaksı<sup>-1</sup>; Tablo 4). Bu durumda biyokömürün toprak fiziksel özelliklerinde oluşturduğu iyileştirme ile %0 ve %1 biyokömür dozlarına kıyasla %2 B uygulamasında yumru ağırlığının arttığı; kükürtün sülfat formunda uygulamasının birlikte etkisinin de bitki gelişimini teşvik ettiği söylenebilir. Benzer durum bu çalışmada gövde çapı değerlerinde de gözlenmiştir.

Farklı organik ve inorganik gübre uygulamalarının turp gelişimine etkisinin araştırıldığı çalışmada; kök ağırlığında görülen farklılıkların gübre varyasyonlarının farklı olmasından ve gübrelerin besin içeriği bakımından farklılık göstermesinden kaynaklandığı ve kök ağırlığının artmasında etkili olduğu belirtilmiştir. Çeşitli hayvan gübrelerinin daha fazla besin içeriğine sahip olması durumunda daha yüksek kök ağırlığı oluşumunu teşvik ettiği belirlenmiştir (Kiran ve ark.,2016). Olasekan ve ark. (2019) kanatlı gübresinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirerek turpun verim bileşenlerini de iyileştirdiğini, Basnet ve ark.(2021) ise %50 N'lu kimyasal gübre + %50 N kümes hayvanı gübresi uygulaması ile turptan en yüksek verimi aldıkları belirtmişlerdir. Tennakoon ve Bandara (2003) hayvan gübrelerinin besin içeriklerinin farklılık gösterdiği, varyasyon farklı organik kaynakların besin maddelerinin mevcudiyetinin önemli oranda farklılık gösterdiğine dikkat çekilmiştir (Lester, 2006).

### 3.2. Deneme sonunda toprakta kalan kükürt (mg kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonu

Deneme sonunda toprakta kalan kükürt konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) dikkate alındığında kükürt ve biyokömür uygulamaları, kükürt dozları ile bu uygulamaların birlikte etkileşim değerleri arasında önemli farklılık olduğu gözlenmiştir (p<0.05 ve p<0.01; Tablo 4). Ortalama değerler dikkate alındığında; elementel kükürt uygulanan muamelelerde biyokömürün artan dozları toprakta kalan kükürt miktarını kontrole kıyasla kısmen azaltmıştır. Sülfat formunda kükürt uygulamalarında ise bu azalma daha fazla olmuştur. Burada bitkilerin ortamdaki kükürtü sülfat formunda daha kolay aldığı ve bu yüzden de toprakta kalan kükürt konsantrasyonunun elementel kükürte kıyasla daha az olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 1). Ayrıca biyokömürün B0, B1 ve B2 uygulamalarında artan dozlarda verilen

sülfat formundaki kükürt ile toprakta kalan kükürt konsantrasyonları değişmemiştir. Buna karşın elementel formda kükürt uygulamasında; kükürt dozlarındaki artış ile topraktaki kükürt konsantrasyonu önemli oranda artış göstermiştir ( $p < 0.01$ ). En yüksek artış %0 B - S0 uygulamasından ( $15.78 \text{ mg kg}^{-1}$ ), %0 B - S3 uygulamasına ( $94.43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) geçişte gözlenmiştir. Elementel kükürtün artan dozları topraktaki kükürt konsantrasyonunu sülfat formunda uygulanan kükürte kıyasla daha fazla artırmıştır; değerler  $13.40 - 94.43 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmiştir. Bu verileri yumru yaş ağırlığı ile birlikte değerlendirdiğimizde; sülfat formunda kükürt uygulamalarında yumru yaş ağırlığının elementel kükürt uygulamalarına kıyasla daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Bitkilerin ortamda hazır olarak buldukları sülfat kükürtünü daha kolaylıkla kullanmaları nedeniyle; toprakta kalan sülfat kükürt bu uygulamalarda daha azdır. Buna karşın elementel formdaki kükürtün sülfat formuna oksidasyon işleminin yavaş olması nedeniyle; bitki tarafından kullanımının daha az olmasından dolayı yumru yaş ağırlığının diğerine kıyasla düşük olduğu ve buna bağlı olarak da ; toprakta kalan kükürt miktarının daha fazla olduğu söylenebilir.

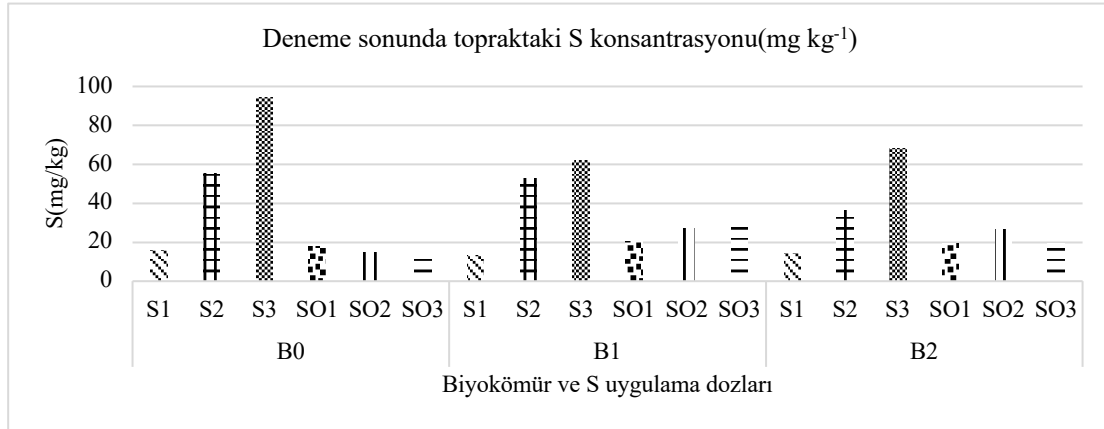


Figure 1. The effect of biochar and sulfur fertilizer applications on the S ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) concentrations remaining in the soil after the harvest of the radish plant

Şekil 1. Biyokömür ve kükürlü gübre uygulamalarının turp bitkisinin hasadı sonrasında toprakta kalan kükürt konsantrasyonuna etkisi

### 3.3. Deneme sonunda topraktaki pH değişimi

Deneme sonunda topraktaki pH değişim durumu belirlendiğinde biyokömür uygulamaları arasında ve biyokömür\*S uygulamaları arasında farklılık bulunmamıştır. Buna karşın S uygulamaları, S dozları, biyokömür\*S dozları ve S uygulamaları\*S dozları arasında pH bakımından önemli farklılık olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.01$ ). Kükürt dozlarına ait ortalama değerler dikkate alındığında pH kontrole kıyasla 0.07 birimlik bir düşüş göstermiştir ve bu değer istatistikî yönden de önemli olmuştur (değerler sırasıyla S1:8.27, S2:8.24, S3:8.20). Biyokömür\*S uygulama dozlarına bağlı olarak toprak pH değerinde görülen değişim incelendiğinde en yüksek pH değerinde azalmanın %1 B ve %2 B uygulamalarındaki kükürtün üçüncü dozunda olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 2). Kükürt uygulamalarına ait ortalama değerler dikkate alındığında ise elementel kükürt uygulamalarında pH ortalaması 8.22 iken sülfat-S uygulamalarında 8.25'dir ( $p < 0.01$ ). Bu durumda elementel kükürtün toprak pH'sı üzerindeki etkisinin sülfat formundaki kükürt uygulamasına kıyasla daha yüksek olduğu söylenebilir.

Elemental S, kükürlü gübreler arasında S kaynağı olarak artan oranda ilgi görüyor olmasına rağmen topraktaki oksidasyon süreci uzun sürmektedir. Elemental S'ün oksidasyonuna katkıda bulunan toprak fiziko-kimyasal özellikleri (McCaskill ve Blair, 1987; Zhao ve ark., 2015), kullanılan S kaynağının parçacık boyutu (Lefroy ve Sholeh, 1997) gibi faktörler; elemental S gübresinin etkin kullanımı için önemlidir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda da sülfat -S uygulamalarında yaprak ağırlığı, gövde ağırlığının elementel-S uygulamalarına göre kısmen daha yüksek olduğu görülmüştür. Turp bitkisinin farklı topraklarda yetiştirildiği çalışmada amonyum sülfat, superfosfat, gypsumand potasyum sülfat S kaynakları arasında; jidaha yüksek S kullanım verimliliğine sahip olduğu ve gypsum formunda uygulanan  $50 \text{ kg S ha}^{-1}$  ile gübre S alım veriminin en yüksek olduğu belirtilmiştir (Sriramachandrasekharan, 2012). Başka bir çalışmada ise artan oranlarda kükürt uygulamalarının bazı büyüme parametrelerini artırdığı belirtilmiştir (Adiloğlu ve ark., 2013). Farklı biyokömür materyallerinin (pamuk sapı, fıstık dış kabuğu, mısır koçanı ve zeytin artıkları) uygulama dozlarına bağlı olarak, toprak pH'sını artırdığı çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Brewer ve ark., 2011; Hmid ve ark., 2015; Saygan, 2017). Bu çalışmada da benzer



durum gözlenmekle birlikte; kükürdün artan dozları biyokömürün pH artırıcı etkisine karşı tepki göstererek pH'yı düşürmüştür (Şekil 2). Sonuç olarak toprak düzenleyici olarak biyokömür kullanıldığında beraberinde kükürt uygulamasının; biyokömürün pH'yı değiştirici etkisinin elimine edilebileceği söylenebilir.

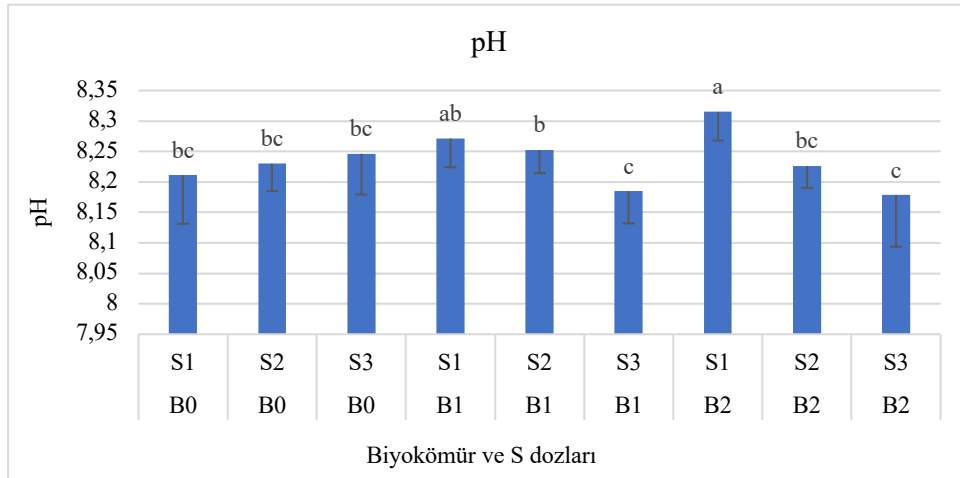


Figure 2. The effect of biochar and sulfur application doses on soil pH values at the end of the experiment  
Şekil 2. Biyokömür ve kükürt uygulama dozlarının deneme bitiminde toprak pH değerlerine etkisi

#### 4. Sonuç

Sonuç olarak turp bitkisinin hemen her yerde yetiştirilebileceği bilinmekle birlikte; yetiştirme ortamındaki toprağın tekstürü ve organik madde içeriği bitki kök gelişimini sınırlandırmaktadır. Killi veya killi tın tekstürlü topraklar kök gelişimini olumsuz etkilemekte bu da ürün kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Turp yetiştiriciliğinde tek yönlü olarak kimyasal gübre kullanımına göre; organik gübre, vermikompost, kompost, biyogübreler ve düşük dozda kimyasal gübre ile birlikte organik gübre uygulamasının ürün gelişim parametreleri ve kuru madde üretimini artırdığı yukarıda da ifade edildiği gibi çeşitli çalışmalarda belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre biyokömürün %2 B uygulama dozunun; bitki boyu, gövde boyu, gövde çapı, yumru ağırlığı değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca kükürlü gübre uygulamasında ise özellikle SO<sub>4</sub>-S uygulamasının elementel-S 'ye kıyasla yumru ağırlığında önemli artış gösterdiği ve en yüksek değer %2B - SO<sub>4</sub> formunda kükürt uygulamasında olduğu gözlenmiştir. Kireçli ve alkalın pH ya sahip topraklarda turp bitkisinin kükürt ihtiyacının karşılanmasında 50 mg kg<sup>-1</sup> SO<sub>4</sub>-S uygulaması tavsiye edilebilir. Ayrıca yetiştirme ortamına %2 dozunda biyokömür uygulaması ile de iyi bir bitki gelişimi ve yumru teşekkülünün olacağı düşünülmektedir. Arazide yapılacak üretim çalışmasında biyokömür temininde zorlanıldığında; belirtilen dozunda uygulanması bitki gelişim ortamı için daha yararlı olacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir (Proje Numarası: 19201023).

## Kaynakça

- Adekiya, A.O., Agbede, T.M., Aboyeji, C.M., Dunsin, O., Simeon, V.T. (2019). Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish. *Scientia Horticulturae*, Volume 243, 3 January 2019: 457-463.
- Adiloğlu, S., Eryılmaz Açıkgöz, F., Adiloğlu, A. (2013). The effect of increasing doses of sulfur application of some nutrient elements, vitamin C, protein contents and biological properties of canola plant (*Brassica Napus* L.). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 10(3):59-63.
- Akan, S., Veziroğlu, S., Özgün, Ö., Ellialtıoğlu, Ş. (2013). Turp (*Raphanus sativus* L.) sebzesinin fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmesi. *YYÜ TAR BİL DERG (YYU J AGR SCI)* 2013, 23(3): 289-295.
- Anonim (2019). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737>.
- Anonymous (2021). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gktaem/Belgeler/Tescilli%20C3%87e%C5%9Filtirimiz/Turp/8TR-17.pdf>
- Bakhsh, K., Ahmad, B., Gill, Z.A., Hassan, S. (2006). Estimating indicators of higher yield in radish cultivation. *International Journal Of Agriculture & Biology*. 1560-8530/2006/08-6-783-787.
- Barlas, N.T., Cönkeröğlu, B., Unal, G., Bellitürk, K. (2018). The effect of different vermicompost doses on wheat (*Triticum vulgare* L.) nutrition. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15(02):1-4.
- Basnet, B., Aryal, A., Neupane, A., Bishal, K.C., Rai, N.H., Adhikari, S., Khanal, P., Basnet, M. (2021). Effect of integrated nutrient management on growth and yield of radish. *Journal of Agriculture and Natural Resources* 4(2): 167-174 ISSN: 2661-6270 (Print), ISSN: 2661-6289 (Online) DOI: <https://doi.org/10.3126/janr.v4i2.33712> 167 .
- Bouyoucos, G.J. (1951). A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy Journal*, 43 (9), 434-438.
- Brewer, C. E., Unger, R., Schmidt-Rohr, K., & Brown, R. C. (2011). Criteria to select biochars for field studies based on biochar chemical properties. *Bioenergy Research*, 4(4), 312-323. DOI 10.1007/s12155-011-9133-7.
- Camargo, L.S. (1981). As hortaliças e seu cultivo. Fundação Cargill, Campinas, 321 p.
- Cassel, D.K., Nielsen, D.R. (1986). Field capacity and available water capacity. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods*, Agronomy Monograph No. 9, Soil Science Society of America, Madison, 901-926.
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. (2007). Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment *Australian Journal of Soil Research*, 45: 629-634.
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46: 437-444.
- DeLuca, T.H., MacKenzie, M.D., Gundale, M.J., Holben, W.E. (2006). Wildfire-produced charcoal directly influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests. *Soil Science Society of America Journal*, 70 (2): 448-453.
- Düzgüneş, O. (1963). İstatistik - Prensipleri ve Metodları. Ege Üniversitesi Matbaası.
- Fox, R.L., Olson, R.A., Rhoades, H.F. (1964). Evaluating the Sulfur Status of Soils by Plant and Soil Tests. <https://doi.org/10.2136/sssaj1964.03615995002800020034xCitations:133>.
- Gonzalez, V., Kang, J. (2017). Effects of biochar and compost aging on soil fertility and radish germination. *Journal of Environment and Bio Research*, 1 (1).
- Hmid, A., Al Chami, Z., Sillen, W., De Vocht, A., Vangronsveld, J. (2015). Olive mill waste biochar: a promising soil amendment for metal immobilization in contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(2), 1444-1456. DOI 10.1007/s11356-014-3467-6.
- Jackson, M.L. (1969). *Soil chemical analysis-advanced course: A Manual of Methods Useful for Instruction and Research in Soil Chemistry, Physical Chemistry of Soils. Soil Fertility and Soil Genesis*. ML Jackson.
- Imthiyas, M.S.M., Seran, T.H. (2015). Influence of compost with reduced level of chemical fertilizers on the accumulation of dry matter in leaves of radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Agricultural Science and Engineering*. Vol. 1(1):1-4.
- Ishizaki, S., Okazaki, Y. (2004). Usage of charcoal made from dairy farming waste as bedding material of cattle, and composting and recycle use as fertilizer. *Bulletin of Chiba Prefectural Livestock Research Center*, 4: 25-28.
- Ke, H., Zhang, Q., Liu, G. (2018). Effects of wood biochar addition on growth of cherry radish (*Raphanus sativus* L. var. *Radculus Pers*), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 128.
- Kiran, M., Jilani, M.S., Waseem, K. (2016). Effect of organic manures and inorganic fertilizers on growth and yield of radish (*Raphanus Sativus* L) *Pakistan J. Agric. Res.* Vol. 29 No.4.
- Jackson, M.L. (1969). *Soil chemical analysis-advanced course: A Manual of Methods Useful for Instruction and Research in Soil Chemistry, Physical Chemistry of Soils. Soil Fertility and Soil Genesis*. ML Jackson.
- Lefroy, R.D.B., Sholeh, B.G. (1997). Influence of sulfur and phosphorus placement, and sulfur particle size, on elemental sulfur oxidation and the growth response of maize (*Zea mays*). *Aust J Soil Res* 48:485-495. doi:10.1071/A95054

- Lester, G. (2006). Organic versus conventionally grown produce: Quality differences, and guidelines for comparison studies. Hort. Sci. 41: 296-300.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. Soil Science Society of America Journal, 42 (3), 421-428.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J., Lehmann, J. (2010). Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil, 333 (1-2), 117-128.
- McCaskill, M.R., Blair, G.J. (1987). Particle size and soil texture effects on elemental sulfur oxidation. Agron J 79:1079-1083. doi:10.2134/agronj1987.00021962007900060026x
- Nabavinia, F., Emami, H., Astaraee, A., Lakzian, A. (2015). Effect of tannery wastes and biochar on soil chemical and physicochemical properties and growth traits of radish. International Agrophysics, 29 (3), 333-339.
- Nargave, K. (2016). Effect of genotypes and nutrient levels on growth, yield and quality of radish (*Raphanus Sativus* L.). Department of Vegetable Science, Rajmata Vijayaraje Scindia Krishi Vishwa Vidyalaya, Gwalior College of Horticulture, Mandasaur (M.P.) – 458001.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of Soil Analysis, Part 3—Chemical Methods, 961-1010.
- Olasekan, A.A., Agbede, T.M., Aboyeji, C., Dunsin, O., Simeon, V.T. (2019). Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish. Scientia Horticulture, 243, 457-463. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.048.
- Olsen, L.E., Sommers, S.R. (1982). Phosphorus, methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph, Second Edition. No.9, 403-430.
- Partey, S.T., Preziosi, R.F., Robson, G.D. (2014). Short-term interactive effects of biochar, green manure, and inorganic fertilizer on soil properties and agronomic characteristics of maize. May 2014, Agricultural Research 3(2).
- Pietikainen, J., Kiikkila, O., Fritze, H. (2000). Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. Oikos, 89 (2), 231-242.
- Ramamurthy, M., Umavathi, S., Thangam, Y., Mathivanan, R. (2015). Effect vermicompost on tuber yield status of radish plant *Raphanus sativus* L. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 2, 50-55. <http://www.ijarbs.com/pdfcopy/aug2015/ijarbs7.pdf>.
- Sayğan, E. P. (2017). *Biyokömürün (biochar) toprak düzenleyicisi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi*. T.C.Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Scott, N. M., Dyson, P. W., Ross, J., Sharp, G. S. (1984). The effect of sulfur on the yield and chemical composition of winter barley. Journal of Agricultural Science, 103 (Dec), 699-702.
- Smriti, S., Sanjay, K., Verma, V. K., Kumar, P. V., Sutanu, M. (2016). Effect of different levels of sulphur on growth, yield and quality of some radish varieties. International Journal of Agriculture Sciences, 8 (51), 2189-2191.
- Solmaz, İ., Akbaş, F., Erköse, H., Sari, N., Dal, B. (2017). Farklı dozlarda kükürt uygulamasının turp (*Raphanus sativus* L.)'ta verim ve kalite üzerine etkileri. Akademik Ziraat Dergisi, 6, 257-262.
- Sousa, A.A.T.C., Figueiredo, C.C. (2016). Sewage sludge biochar: effects on soil fertility and growth of radish. Biological Agriculture & Horticulture, 32 (2), 127-138.
- Sriburi, T. (2017). Biochar production for white radish cultivation for higher productivity and CO<sub>2</sub> capture. Chulalongkorn University in Bangkok, Rewiev.
- Sriramachandrasekharan, V. (2012). Sulfur use efficiency of radish as affected by sulfur source and rate in typical ustifluent soil. Communications in Biometry and Crop Science, 7 (1), 35-40.
- Stagnari, F., Galieni, A., D'Egidio, S., Pagnani, G., Ficcadenti, N., Pisante, M. (2018). Defoliation and S nutrition on radish: growth, polyphenols and antiradical activity. Horticultura Brasileira, 36 (3), 313-319.
- Steiner, C. (2010). Biochar in agricultural and forestry applications in: biochar from agricultural and forestry residues – A Complimentary use of “Waste” Biomass. U.S.-Focused Biochar report: Assessment of Biochar's Benefits for the United States of America. 1-15.
- Subramani, A., Anburani, A., Gayathiri, M. (2010). Response of growth parameters of radish (*Raphanus sativus* L.) to various organic nutrients and biostimulants. The Asian Jour. of Horticulture, Vol.5(2), December: 464-466.
- Tennakoon, N.A., Bandara, S.D.H. (2003). Nutrient content of some locally available organic materials and their potential as alternative sources of nutrients for coconut. COCOS. 15: 23-30.
- Timilsina, S., Khanal, B.R., Shah, S.C., Shrivastav, C.P., Khanal, A. (2017). Effects of biochar application on soil properties and production of radish (*Raphanus Sativus* L.) on loamy sand soil. Journal of Agriculture and Forestry University, Volume 1 (2017) : 103-111.
- USSL Staff (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No 60, Agriculture Handbook, 60, 83-100. Washington DC, USA.

- 
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. (2000). Kültürsebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir, 440s.
- Yanai, Y., Toyota, K., Okazaki, M. (2007). Effects of charcoal addition on N<sub>2</sub>O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53 (2), 181-188.
- Yurtsever, N. (1984). Deneysel İstatistik Metodları. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:121, Teknik Yayın No:56, Ankara.
- Zheng, H., Wang, Z.Y., Deng, X., Herbert, S., Xing, B.S. (2013). Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. *Geoderma*, 206: 32-39.
- Zhou, C.G., Zhu, Y., Luo, Y.B. (2013). Effects of sulfur fertilization on the accumulation of health-promoting phytochemicals in radish sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (31): 7552-7559.
- Zhao, C., Degryse, F., Gupta, V.V.S.R., McLaughlin, M.J. (2015). Elemental sulfur oxidation in Australian cropping soils. *Soil Sci Soc Am J* 79:89–96. doi:10.2136/sssaj2014.08.0314