

## Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Buğdayda Bazı Agronomik Özellikler Üzerine Etkisi

Sait AYKANAT<sup>1</sup>, Hasan Ali KARAAĞAÇ<sup>1</sup>, Hatun BARUT<sup>1</sup>, Uğur SEVİLMİŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana

Sorumlu yazar: saitaykanat@hotmail.com

Geliş Tarihi: 30.08.2019 / Kabul Tarihi: 18.12.2019

### Özet

Toprak işleme yönetimi bitkisel kalıntıların bozulmasını, kök büyümesini, topraktaki besin dinamiklerini, mikrobiyal topluluklarının çeşitliliğini ve toprak nem düzeyini etkileyerek bitkisel ürün verimlerini değiştirmektedir. İşlemesiz veya azaltılmış işlemeli tarım, üretim maliyetini düşürüp çevresel faydalar yaratma potansiyeli nedeniyle dünyada sürekli artış trendindedir. Akdeniz Bölgesi'ndeki yağışa dayalı alanlarda azaltılmış toprak işleme yöntemlerini de içeren farklı işleme uygulamalarının buğday verimine etkisinin tespiti önem arz etmektedir. Bu araştırma, Çukurova Bölgesi koşullarında farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin buğday tarımına etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, sırta ekim, doğrudan ekim ve azaltılmış toprak işlemeli ekim olmak üzere üç farklı ekim yöntemi incelenmiştir. Çalışmada buğday için en uygun toprak işleme ve ekim yöntemi olarak "azaltılmış toprak işlemeli ekim yöntemi" belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday tarımı, toprak işleme, korumalı işleme

### The Effect of Different Soil Tillage and Cultivation Methods on Some Agronomic Properties of Wheat

#### Abstract

Tillage management changes crop yields by affecting degradation of plant residues, root growth, nutrient dynamics in the soil, diversity of microbial communities and soil moisture levels. No-till or reduced tillage is in a continuous upward trend in the world due to its potential to reduce production costs and generate environmental benefits. It is important to determine the effect of different cultivation practices, including reduced soil tillage methods, on wheat yield in rainfed areas in the Mediterranean Region. This study was conducted to determine the effect of different tillage and sowing methods on wheat cultivation in Çukurova region. In this study, three different sowing methods – ridge sowing, direct sowing and

reduced tillage- were investigated. In this study, “reduced tillage method” was determined as the most suitable tillage and sowing method for wheat.

**Keywords:** Wheat farming, soil tillage, conservation tillage

## 1. Giriş

Toprak işleminin bitkisel kalıntıların bozulmasını ve toprak besin dinamiklerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir (Shiwakoti ve ark., 2019). Toprak işleme uygulamaları, buğdayda yağışa dayalı koşullarda toprak profilinde kök büyümesini ve dağılımını düzenlemektedir (Guan ve ark., 2015). Toprak işleme yönetimi atmosferik CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> konsantrasyonlarını artırabilmekte, küresel ısınmaya ve ozon tabakasına etki edebilmektedir (Kessavalou ve ark., 1998). Uygun olmayan toprak yönetim uygulamaları, sera gazı emisyonlarını artırabilmekte, toprak organik karbon tutulumunu azaltabilmekte, ekosistem hizmetlerini tehlikeye atabilmekte ve iklim değişikliğini etkileyebilmektedir (Zhang ve ark., 2016).

Korumalı toprak işlemeli buğday üretim sistemini, iklimsel aşırı uçlarla başa çıkmada geleneksel toprak işlemeli buğday üretim sisteminden daha başarılı olmaktadır (Aryal ve ark., 2016). Korumalı toprak işleme, toprak mikrobiyal topluluklarının çeşitliliğini de destekleyerek tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilirliğini etkileyebilmektedir (Lupwayi ve ark., 1998). Sharpley ve Smith, (1994) tarafından yapılmış bir çalışmada, geleneksel toprak işlemeye kıyasla sıfır toprak işleme yöntemiyle topraktan sediment, azot ve fosfor kaybı sırasıyla %95, %75 ve %70 daha düşük bulunmuştur. Bu bağlamda, toprak korumalı tarım, ürün verimini, toprak verimliliğini ve çevresel sürdürülebilirliği korumak için potansiyel bir çözüm olarak görünmektedir (de Cárcer ve ark., 2019). Hem ekonomik hem de çevresel faydalar yaratma potansiyeli nedeniyle toprak işlemez tarım yöntemi büyük ölçüde desteklenmiştir. Korumalı toprak işleme yöntemlerinden özellikle sıfır toprak işleme yöntemi artan ilgi görmektedir ki dünyada 1999'da 45 milyon ha olan işlemez alan miktarı 2014'te 155 milyon hektara ulaşmıştır.

Geçmişte yürütülmüş çalışmalarda, azaltılmış işlemin özellikle yağışa dayalı kurak alanlarda, toprak nemini daha fazla koruduğundan, daha iyi performans gösterdiği görülmüştür (Baiamonte ve ark., 2019). Sıfır toprak işleminin buğday yetiştiriciliğinde geleneksel toprak işlemeye kıyasla üstün etkisi, yağışa dayalı Akdeniz koşullarında toprakta su buharlaşmasının azalması sonucu toprakta daha fazla elverişli su bulunmasından

kaynaklanmaktadır (De Vita ve ark., 2007). Sıfır toprak işleme veya azaltılmış toprak işleme, Akdeniz yarı kurak agrosistemlerinde toprak organik maddesini arttırmada da etkili bir uygulamadır (Tellez-Rio ve ark., 2015). Sıfır toprak işleme çiftçiler için giderek daha cazip hale gelmektedir, çünkü geleneksel toprak işleme ile ilgili üretim maliyetlerini de net bir şekilde azaltmaktadır (De Vita ve ark., 2007). Sıfır toprak işlemede yakıt tüketimi, traktörle işleme süresi ve diğer bazı buğday ekim maliyetlerinden tasarruf yüksektir (Erenstein ve ark., 2008). Toprak işleme sistemlerinin yabancı ot istilası ve ürün veriminde de önemli etkileri vardır (Shahzad ve ark., 2016). Sonuçta, toprak işleme uygulamaları, kışlık buğdayda kuru madde birikimini ve tane verimini etkilemektedir (Shi ve ark., 2016). Ancak, azaltılmış işleme çoğu zaman ürün veriminde ve kalitesinde düşümlere yol açmaktadır (Ruisi ve ark., 2016). Bu araştırmada, farklı toprak işleme yöntemlerinin, yağışa dayalı buğday verimi üzerindeki etkilerinin Çukurova koşullarında anlaşılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Kasım (2007) ve Haziran (2008) tarihleri arasında Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü-Hacıali lokasyonunda yürütülen bu çalışma; tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme alanına ait toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde toprağın pH değeri hafif alkali (pH: 7.9), kireç içeriği fazla (% 12.3), organik madde içeriği az (% 1.5), tuz düzeyi bakımından tuzsuz (% 0.047) sınıfa girmektedir. Toprak bünyesi ise killi tınlı olarak belirlenmiştir. Alınabilir fosfor içeriği az (4.1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /da) ve alınabilir potasyum içeriği de fazla (47.8 kg K<sub>2</sub>O/da) olarak belirlenmiştir.

Tohumluk materyali olarak Ceyhan-99 ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada; 3 farklı ekim yöntemi incelenmiştir. Denemede kullanılan yöntemler:

1. Yöntem (ATİ): Anızı Yakılmış+Diskli Tırmık (Goble)+Ekim Makinası
2. Yöntem (DE): Anızı Yakılmamış+Total Herbisit Uygulaması+Parsel Ekim Makinası
3. Yöntem (SE): Anızı Yakılmamış+Goble (2 kez)+Lister+Sırt Tapanı+Sırta Ekim Makinesi

Azaltılmış toprak işlemeli ekim yönteminde (ATİ) anız yakılmış, diğer yöntemlerde ise anız yakılmamıştır. Azaltılmış toprak işleme ve ekim (ATİ) yönteminde parsellerdeki önceki ürün anızı yakılarak bir kez goble uygulanmış ve sonrası 12 sıralı ekim makinası ile ekim yapılmıştır. Doğrudan ekim (DE) yönteminde ise saplar temizlendikten sonra parsellere

herbisit uygulanmıştır. Herbisit uygulamadan yedi gün sonra anızlı parsellerin üzerine modifiye edilmiş parsel ekim makinası ile ekim yapılmıştır. Sırta ekim (SE) yönteminde de anızlı parseller iki kez diskli tırmık ile işlendikten sonra birer kez sırt listeri ve sırt tapanı uygulanmıştır. Hazırlanan sırtlara ise dört sıralı (70 cm aralıklı) sırta ekim makinası ile ekim yapılmıştır. Sırta ekim konusu sırt üzerine iki ve üç sıralı ekim olarak değerlendirilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin buğdayın bazı agronomik özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular istatistiki değerlendirmeye alınmış ve LSD testine tabi tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Farklı Toprak İşleme Yöntemlerin Buğdayın Bazı Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisi

Toprak işleme ve Ekim Sistemleri	Bitki Boyu (cm)	1000 dane ağırlığı (g)	Başak sayısı (adet/m <sup>2</sup> )	Biyolojik Verim (kg/da)	Sap Verim (kg/da)	Hektolitire (kg)	Hasat İndeksi (%)	Verim (kg/da)
SE II	97.75	36.9	390.50 c	949.75 d	299.01 b	74.1 b	30.35	641.98 d
SE III	97.80	35.8	415.00 c	1084.25 c	331.29 b	74.55 a	31.18	719.70 c
ATİ	98.50	33.9	559.25 a	1371.50 a	424.00 a	73.75 bc	29.95	858.74 a
DE	101.7	35.7	517.00 b	1222.50 b	388.35 a	73.52 c	30.32	810.39 b
CV (%)	2.62	5.15	4.60	2.72	7.08	0.35	12.88	3.51
LSD	4.14	3.05	34.64**	50.40**	40.88**	0.41**	6.28	42.62**

\*: P<0.05, \*\*: P<0.01, SE II-III: Sırta ekim (İki-Üç Sıra), DE: Doğrudan Ekim, ATİ: Azaltılmış Toprak İşlemeli Ekim

Yapılan istatistiki analizler (Varyans Analizi) ve testler (LSD Testi) sonucu farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin bitki boyu üzerinde istatistiksel anlamda bir fark oluşturmadığı ortaya çıkmıştır. Yöntemlerin bitki boyu ortalama değerleri 97 cm’nin üzerinde gerçekleşmiştir. En yüksek bitki boyu 101.7 cm ile doğrudan ekim (DE) yönteminde, en düşük bitki boyu ise 97.75 cm ile sırta II sıra ekim (SE II) yönteminden elde edilmiştir. Barut ve ark. (2006), pamuk sonrası buğdayda azaltılmış toprak işleme konularını araştırdıkları bir çalışmalarında, buğdayda III. kademe verim unsuru olan bitki boyunu da incelemiştir. 2002-2003 ve 2004-2005 buğday sezonunda bitki boyunu normal (105.3-112.3 cm arasında) ve 2003-2004 sezonunda ise yaşanan kuraklıktan dolayı bitki boyunu daha kısa (94.7-98 cm arasında) ve istatistiki olarak ta bitki boylarını LSD (% 5): 8.75 değeriyle yıllar açısından farklı bulmuşlardır.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin kullanılan Ceyhan-99 tohumluk materyalinin 1000-dane ağırlığı üzerine etkisi de istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yöntemlerin ortalama 1000-dane ağırlık değerleri 33.9-36.9 g arasında değişmiştir. Yöntemlerin 1000-dane ağırlıklarına ilişkin değerleri incelendiğinde, en düşük değer 33.9 g ile azaltılmış toprak işlemeli ekim (ATİ) yönteminde bulunurken, bu yöntemi sırasıyla 35.7 ile doğrudan ekim (DE), 35.8 ile sırta üç sıra ekim (SE III) ve 36.9 ile de sırta iki sıra ekim (SE II) yöntemleri izlemiştir. Shearman ve ark. (2005), İngiltere’de 1997-99 yılları arasında 8 ekmeklik buğday ile yapmış oldukları bir çalışmalarında verim artışında rol oynayan verim unsurlarını; hasat indeksi (HI), biyolojik verim (BV) ve ekim normu (adet/m<sup>2</sup>) olarak belirtmişlerdir. Çeşitler arasında bin dane ağırlığı (BA) açısından istatistiki olarak hiçbir fark görememişlerdir.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin metre karede başak sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 önem seviyesinde farklı bulunmuştur. Diğer bir deyişle farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinde metre karede başak sayısı yöntemlere göre değişiklik göstermiştir. Farklı yöntemlerin metre karede başak sayısına ilişkin değerleri incelendiğinde en düşük değer 390.5 adet ile sırta iki sıra ekim (SE II) yönteminde bulunurken, bu yöntemi sırasıyla 415 adet ile sırta üç sıra ekim (SE III), 517 adet ile doğrudan ekim (DE) ve 559.25 adet ile de azaltılmış toprak işlemeli ekim (ATİ) yöntemleri izlemiştir. Bu durum verim değerleriyle doğrusal bir ilişki göstermiştir. Avçin ve ark. (2005), 2001-2004 yılları arasında Doğan kent’te yürütmüş olduğu buğdayda bir genetik gelişme projesinde metre karede başak sayısı açısından eski ve yeni çeşitler arasında istatistiki olarak % 1 önem seviyesinde farklar bulmuştur. Kış aylarındaki hava sıcaklığının mevsim normallerinden yüksek olması durumunda buğdayda kardeşlenmeyi dolayısıyla da birim alanda başak sayısını arttıracaklarını belirterek, birim alanda en yüksek başak sayısı değerini 586 adet/m<sup>2</sup> olarak Ceyhan-99 ekmeklik buğday çeşidinde saptamıştır.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin biyolojik verim üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 önem seviyesinde farklı bulunmuştur. Diğer bir deyişle farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinde biyolojik verim yöntemlere göre değişiklik göstermiştir. Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre biyolojik verim değerleri 949-1372 kg/da arasında değişmiştir. En düşük biyolojik verim değeri 949.75 kg/da ile sırta iki sıra ekim (SE II) yönteminde bulunurken, bu yöntemi sırasıyla 1084 kg/da ile sırta üç sıra ekim (SE III), 1222 kg/da ile doğrudan ekim (DE) ve 1371 kg/da ile de azaltılmış toprak işlemeli

ekim (ATİ) yöntemleri izlemiştir. Bu durum metre karede başak sayısı gibi verim değerleriyle doğrusal bir ilişki göstermiştir. Benzer sonuçlar Avçin ve ark. (2005)'nin araştırmalarında bulunmuş olup; biyolojik verimin iklime dayalı olarak değiştiğini, eski ve yeni çeşitler arasında 913 kg/da ile 2103 kg/da arasında değiştiğini belirtmiştir. En yüksek biyolojik verimi 17 ekmeklik buğday arasında; ortalama 1711 kg/da değeriyle Ceyhan-99 ekmeklik buğday çeşidinde bulmuştur.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin sap verimi üzerine etkisi incelenmiş ve % 1 önem seviyesinde farklılık saptanmıştır. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre sap verim değerleri 299 kg/da ile 424 kg/da arasında değişmiştir. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerin sap verime ilişkin değerleri incelendiğinde, en düşük değer 299.01 kg/da ile sırta iki sıra ekim (SE II) yönteminde bulunurken, bu yöntemi sırasıyla 331.29 kg/da ile sırta üç sıra ekim (SE III), 388.35 kg/da ile doğrudan ekim (DE) ve 424 kg/da ile de azaltılmış toprak işlemeli ekim (ATİ) yöntemleri izlemiştir. Bu durum biyolojik verim gibi verim değerleriyle de bir paralellik göstermiştir. Ayrıca, bu durum sap veriminin birim alana atılan tohum miktarıyla da azda olsa bir pozitif bir ilişkide olduğunu göstermektedir.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin kullanılan Ceyhan-99 ekmeklik buğdayının hektolitre ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak % 1 önem seviyesinde farklı bulunmuştur. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre ortalama hektolitre ağırlığı değerleri 73.52 kg ile 74.55 kg arasında değişmiştir. Avçin ve ark. (2005)'nin yürütmüş oldukları buğdayın genetik gelişmesiyle alakalı bir çalışmalarında; 17 ekmeklik buğday içinde en yüksek hektolitre ağırlığını Ceyhan-99 ekmeklik buğday çeşidinde ortalama 78.3 kg olarak bulmuşlardır.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin buğdayın hasat indeksi üzerine etkisi de istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre ortalama hasat indeksi değerleri %29.95 ile %31.18 arasında değişmiştir. Barut ve ark. (2006)'nin 2002-2005 yılları arasında yürütmüş oldukları pamuk sonrası buğday tarımında bir toprak işleme çalışmasında hasat indeksi değerlerini; toprak işleme ile yıl interaksiyonunda ve toprak işleme yöntemleri açısından önemsiz; yıllar açısından ise % 5 önem seviyesinde önemli bulunmuştur. Hasat indeksi değerleri yöntemlere göre değişmekle beraber, %28.7 ile % 30.5 arasında gerçekleşmiştir.

Uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin buğdayın dane verimi üzerine

etkisi % 1 önem seviyesinde önemli bulunmuştur. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre ortalama dane verimi değerleri 641.98 kg/da ile 858.74 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek buğday verimi 858.74 kg/da ile azaltılmış toprak işlemeli ekim yönteminde bulunmuştur. Barut ve ark. (2006)'nın 2002-2005 yılları arasında yürütmüş oldukları pamuk sonrası buğday tarımında bir toprak işleme çalışmasında dane verimini, toprak işleme ile yıl interaksiyonunda ve toprak işleme yöntemleri açısından önemsiz; yıllar açısından ise LSD (%5):156.7 kg fark ile önemli bulmuşlardır. Dane verimleri yöntemlere göre değişmekle beraber 659 kg/da ile 718.1 kg/da arasında gerçekleşmiştir.

#### **4. Sonuçlar**

Bölgemizde çiftçilerimiz girdi maliyetlerinin artması nedeniyle, ekonomik yönden son yıllarda darboğaza girmiştir. Küçük çiftçiler ekonomik olarak bitmiş ve orta ölçekli işletmeler ise tarımsal faaliyetlerini azaltmanın eşiğine gelmiştir. Bölgemizde sürdürülebilir tarım negatif olarak yaşanmaktadır; yani çiftçilerimiz yaptıkları işin çevresel ve sosyal yönünü hiç düşünmeden sadece ekonomik yönden faaliyet göstermektedirler.

Tarımsal faaliyetlerde en büyük girdilerden biride toprak işlemede harcanan zaman ve yakıt tüketimidir. Bunu azaltmanın yolu geleneksel toprak işlemeden kaçıp, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim çalışmalarına yönelmekten geçmektedir. Çalışmada buğday için en uygun toprak işleme ve ekim yöntemi olarak “*azaltılmış toprak işlemeli ekim yöntemi*” belirlenmiştir.

Anız yakma ve yoğun toprak işleme çevreye ve ekonomiye zarar vermektedir. Yaptığımız çalışma neticesinde buğdayla beraber bir ikili münavebe düşünüldüğünde sırta üç sıra ekim yönteminin buğdaydan sonra ekilecek II. ürüne uygun tohum yatağı bıraktığı görülmüştür. Buğdayda sırta ekim yönteminin; II. ürün tarımında toprak işleme esnasında harcanan yakıt ve zaman tüketiminden tasarruf sağladığı için ileriki yıllarda bölgemizde uygulama imkanı bulacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak; buğday tarımında geleneksel toprak işleme yöntemlerinden uzaklaşarak, azaltılmış toprak işlemeli ekim yöntemlerinin yaygın olarak kullanılması gerektiğine ve mümkün olduğu taktirde (uygun toprak yapısı ve iklimde) doğrudan ekim yöntemlerinin de kullanılması gereğine inanmaktayız.

## **Kaynaklar**

- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Stirling, C. M., Jat, M. L., Jat, H. S., Rai, M. & Sutaliya, J. M. (2016). Conservation agriculture-based wheat production better copes with extreme climate events than conventional tillage-based systems: a case of untimely excess rainfall in Haryana, India. *Agriculture, ecosystems & environment*, 233, 325-335.
- Avçin, A., Keklikçi, Z. & Dinçer, N. 2005. Genetic Improvement of Spring Bread Wheat Cultivars Under Çukurova Conditions in Turkey., *Tagem Projesi Sonuç Raporu*, Adana.
- Baiamonte, G., Novara, A., Gristina, L. & D'Asaro, F. (2019). Durum wheat yield uncertainty under different tillage management practices and climatic conditions. *Soil and Tillage Research*, 194, 104346.
- Barut, H., Semercioğlu T., Keklikçi, Z. & Avçin, A. (2006). Çukurova Bölgesinde Pamuk Sonrası Azaltılmış Toprak İşleme Yöntemleri ile Buğday Yetiştirme Olanaklarının Araştırılması, TAGEM/TA/02/03/01/13 Projesi Sonuç Raporu, Adana.
- de Cárcer, P. S., Sinaj, S., Santonja, M., Fossati, D. & Jeangros, B. (2019). Long-term effects of crop succession, soil tillage and climate on wheat yield and soil properties. *Soil and Tillage Research*, 190, 209-219.
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N. & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), 69-78.
- Erenstein, O., Farooq, U., Malik, R. K. & Sharif, M. (2008). On-farm impacts of zero tillage wheat in South Asia's rice–wheat systems. *Field Crops Research*, 105(3), 240-252.
- Guan, D., Zhang, Y., Al-Kaisi, M. M., Wang, Q., Zhang, M. & Li, Z. (2015). Tillage practices effect on root distribution and water use efficiency of winter wheat under rain-fed condition in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 146, 286-295.
- Kessavalou, A., Mosier, A. R., Doran, J. W., Drijber, R. A., Lyon, D. J. & Heinemeyer, O. (1998). Fluxes of carbon dioxide, nitrous oxide, and methane in grass sod and winter wheat-fallow tillage management. *Journal of Environmental Quality*, 27(5), 1094-1104.
- Lupwayi, N. Z., Rice, W. A. & Clayton, G. W. (1998). Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(13), 1733-1741.
- Ruisi, P., Saia, S., Badagliacca, G., Amato, G., Frenda, A. S., Giambalvo, D. & Di Miceli, G. (2016). Long-term effects of no tillage treatment on soil N availability, N uptake, and



15N-fertilizer recovery of durum wheat differ in relation to crop sequence. *Field crops research*, 189, 51-58.

Shahzad, M., Farooq, M., Jabran, K. & Hussain, M. (2016). Impact of different crop rotations and tillage systems on weed infestation and productivity of bread wheat. *Crop protection*, 89, 161-169.

Sharpley, A. N. & Smith, S. J. (1994). Wheat tillage and water quality in the Southern Plains. *Soil and Tillage Research*, 30(1), 33-48.

Shearman, V.J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K. & Foulkes, M.J. (2005). Physiological Processes Associated with wheat Yield Progress in the UK. *Crop Sci.* 45:175-185.

Shi, Y., Yu, Z., Man, J., Ma, S., Gao, Z. & Zhang, Y. (2016). Tillage practices affect dry matter accumulation and grain yield in winter wheat in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 160, 73-81.

Shiwakoti, S., Zheljzkov, V. D., Gollany, H. T., Kleber, M. & Xing, B. (2019). Effect of tillage on macronutrients in soil and wheat of a long-term dryland wheat-pea rotation. *Soil and Tillage Research*, 190, 194-201.

Tellez-Rio, A., García-Marco, S., Navas, M., López-Solanilla, E., Tenorio, J. L. & Vallejo, A. (2015). N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions from a fallow–wheat rotation with low N input in conservation and conventional tillage under a Mediterranean agroecosystem. *Science of the Total Environment*, 508, 85-94.

Zhang, X. Q., Pu, C., Zhao, X., Xue, J. F., Zhang, R., Nie, Z. J. & Zhang, H. L. (2016). Tillage effects on carbon footprint and ecosystem services of climate regulation in a winter wheat–summer maize cropping system of the North China Plain. *Ecological indicators*, 67, 821-829.