

## Nohut Tarımında Ekim Sonrası Uygulanan Farklı Silindir Baskı Seviyelerinin Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Bitki Çıkış Oranına Etkisi

Songül GÜRSOY<sup>1</sup>, Zübeyir TÜRK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dicle University, Agriculture Faculty, Agricultural Mach. and Tech. Eng. Depart., Diyarbakır, <sup>2</sup>Dicle University, Diyarbakır Agriculture Vocational School, Diyarbakır

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6145-0684>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1420-7999>

✉: [songul.gursoy@dicle.edu.tr](mailto:songul.gursoy@dicle.edu.tr)

### ÖZET

Nohut tarımında ekim sonrası silindir ile toprağın sıkıştırılması, Türkiye'nin birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, nohut tarımında ekim sonrası uygulanan silindirin baskı seviyelerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri (toprağın nem içeriği, sıcaklığı, penetrasyon direnci) ve bitki çıkış oranına etkisini belirlemektir. Bu amaçla kullanılan düz yüzeyli silindire su konularak, 6 farklı baskı seviyesi (0, 20, 26, 31, 37, 43 kPa) elde edilmiştir. Üç tekrarlamalı tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülen çalışmada elde edilen verilerin analizi sonucunda, baskı seviyesinin artmasıyla toprağın 0-15 cm derinliğindeki nem miktarının önemli düzeyde arttığı, fakat toprak sıcaklığında düşüşlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Toprak derinliğindeki artış ile penetrasyon direnci değerlerinin de arttığı ve 15 cm derinlikten sonra uygulamalar arasındaki farklılığın istatiki açıdan önemli olmadığı görülmüştür. En yüksek çıkış oranı, 20 ve 26 kPa'lık baskı seviyelerinde belirlenmiştir. Sonuç olarak, bitki çıkış oranına etkisi yönünden 20-26 kPa'lık baskı seviyelerinin, deneme alanının iklim ve toprak koşulları için uygun olabileceğini söyleyebiliriz.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 27.12.2018

Kabul Tarihi : 16.05.2019

#### Anahtar Kelimeler

Tarla silindiri

Baskı seviyesi

Penetrasyon direnci

Nohut

Çıkış oranı

## The Effect of Different Packing Levels Applied After Seeding in Chickpea Agriculture on Soil Physical Properties and Seed Emergence Ratio

### ABSTRACT

In the chickpea cultivation, the soil packing after sowing is widely used in many regions of Turkey. Therefore, the aim of this study was to determine the proper packing level for land roller applied after sowing in chickpea cultivation. In this purpose, six different packing levels (0, 20, 26, 31, 37, 43 kPa) was applied by filling the water in a flat roller. The result of the analysis of the data obtained in the study conducted as three repeating randomized block design indicated that the amount of moisture in the soil increased by 0-15 cm depth with the increase in the pressure level, but the decrease in the soil temperature was determined. The penetration resistance values increased with the increase in soil depth and there was significant differences among treatments after 15 cm soil depth. The highest emergence rate was determined at 20-26 kPa packing levels. We can conclude that the 20-26 kPa packing levels may be appropriate for the climate and soil conditions of the test area when emergence seed rate is considered.

### Research Article

#### Article History

Received : 27.12.2018

Accepted : 16.05.2019

#### Keywords

Land roller

Packing level

Penetration resistance

Chickpea

Emergence rate

**To Cite :** Gürsoy S, Türk Z 2019. Nohut Tarımında Ekim Sonrası Uygulanan Farklı Silindir Baskı Seviyelerinin Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Bitki Çıkış Oranına Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(6): 859-864. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.503920.

### GİRİŞ

Baklagillerin ekiminden sonra toprak yüzeyinin bastırılmasında ve düzeltilmesinde genellikle düz

merdaneler kullanılmaktadır. Düz silindir şeklinde olan bu tip merdaneler, toprak yüzeyini düzleştirilmesine katkı sağladığı için hasat

makinalarının çalışma performansını artırarak, tane kayıplarının meydana gelmesini önlemektedir. Toprağın üst katmanının ekim derinliğinde sıkıştırılması, topraktaki nem kaybını önlemekle birlikte bitkinin kullanmadığı alt katmandaki nemin kapilarite ile yükselmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, tohumun toprakla daha iyi temasına katkı sağlayarak, çimlenme ve çıkış oranında artış meydana getirmektedir (Klassen ve Watts, 1998; Berti ve ark., 2008; Tong ve ark., 2015). Fakat, uygun olmayan koşullarda toprağın aşırı şekilde sıkıştırılması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek, bitki çıkış oranı, kök gelişimi, bitkinin besin maddelerinden yararlanma oranını ve sonuç olarak verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Hanks ve Thorp, 1956; Gemtos ve Lellis 1997; Chen ve ark., 2014).

Bir silindirin toprağı sıkıştırma derecesi, toprak özellikleri (topraktaki nem miktarı, toprağın bünyesi, organik madde içeriği), toprağa uygulanan baskı miktarı (birim silindir ağırlığı ve silindir çapı) ve silindirin çekilme hızına bağlıdır olarak değişmektedir (Mamman ve Ohu 1998; Tong ve ark., 2015).

Toprağa baskı uygulayarak sıkıştırılması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirdiği için bitkinin çıkışı, gelişimi ve verimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Toprağın sıkıştırılması esnasında, toprağın hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci artarken, porozitesinde düşüşler meydana gelmektedir. Bu da toprağın su tutma kapasitesini, topraktaki oksijen miktarını ve sıcaklığını önemli derecede etkilemektedir. Bildirilen bir çalışmada toprak sıcaklığının ve oksijen içeriğinin toprağın üzerinde sıkışmaya neden olan tarla trafiğinin önemli bir etkisi olduğu belirtilmiştir (Özpınar ve ark., 2018). Gemtos ve Lellis (1997)'in yürüttükleri bir çalışmada pamuk bitkisinde 150 ile 250 kPa, şekerpancarında ise 50 ile 200 kPa baskı düzeyinin bitki gelişimi ve verimi için en uygun sıkıştırma düzeyi olduğunu belirlemişlerdir. Hakansson ve Lipiec (2000) penetrasyon direncinin 3000 kPa'ın üzerinde olmasının, bitki gelişimini tamamen engellediğini ifade etmişlerdir. Özgöz ve ark. (2001) farklı sıkıştırma düzeylerinin buğdayın çıkış oranına etkisine yönelik yürüttükleri bir çalışmada, 33.3 ve 41.2 kPa'lık sıkıştırmanın uygulandığında çıkış oranının en iyi olduğunu belirlemişlerdir. Altıkat ve ark. (2006) yazlık buğdayda sıra üzerine uygulanan sıkıştırmanın düzeyi arttıkça, toprak nem içeriği ve çimlenmenin de arttığını rapor etmişlerdir. Bu literatür verileri, toprağa uygulanan baskı miktarının bitki gelişimi üzerine olan etkisinin, bitki türü, iklim koşulları ve toprak özelliklerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, Diyarbakır ili koşullarında nohut tarımında ekim sonrası uygulanan silindirin farklı sıkıştırma

düzeylerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri ile bitki çıkış oranına etkilerini belirlemektir.

## MATERYAL ve METOD

Çalışma, Diyarbakır ilinde (Enlem: 37° 55' 36" N, Boylam: 40° 13' 49" E, Yükseklik: 630 m) çiftçi koşullarında 2018 yılında yazlık nohut yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü bölge, yarı kurak iklim koşullarına sahip olup, uzun yıllar ortalamasına göre 483 mm olan yıllık ortalama yağış miktarının %80'i Kasım ve Mayıs aylarında düşmektedir. Denemenin yürütüldüğü yıldaki ekim sonrası yağış miktarı, Şubat ayında uzun yılların üzerinde iken (84.6 mm), Mart ayında ise (11.6 mm) uzun yıllar ortalamasının oldukça altında olmuştur (DMBM, 2018). Ekim sonrası yağış ve hava sıcaklığının, toprağın sıcaklığını ve oksijen miktarını etkilediği için bitki çıkış oranı ve gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Berti ve ark., 2008). Bir önceki yıl mercimek yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği deneme alanının 0-20 cm derinliğindeki toprakları, killi-tınlı (kum:38.08, kil:40.06, silt:21.86) bünyeye sahip olup, pH'sı 7.65, toplam tuz oranı %1, organik madde içeriği % 2.32, kireç oranı %1.14, bitkilere yarayışlı fosfor miktarı ( $P_2O_5$ ) 34.87 kg da<sup>-1</sup>, bitkilere yarayışlı potasyum miktarı ( $K_2O_5$ ) 94.95 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi deneme alanında alınan bozulmamış toprak örneklerinin etüvde kurutulması sonucunda, nem içeriği ve hacim ağırlığı değerleri, 0-10 cm derinlikte %23.55 (kuru ağırlık esasına göre) ve 1.11 g cm<sup>-3</sup>, 10-20 cm derinlikte %24.55 (kuru ağırlık esasına göre) ve 1.42 g cm<sup>-3</sup>, 20-30 cm derinlikte %23.558 (kuru ağırlık esasına göre) ve 1.23 g cm<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir. Denemede tohum yatağı hazırlığı, sonbaharda yaklaşık olarak 15-20 cm derinlikte kültivatör ile toprak işlendikten sonra ekim öncesi 5-10 cm işleme derinliğinde kültivatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tek diskli ekim makinası kullanılarak yapılan ekim işleminde sıra aralığı mesafe 30 cm, ekim derinliği 6 cm ve dekara atılan tohum miktarı 14 kg olarak ayarlanmıştır. Buna göre 1 metrekare alana atılan tohum sayısı 30 olarak hesaplanmıştır. Ekim ile birlikte dekara 12.5 kg DAP (18.46.0) gübresi kullanılmıştır.

Tesadüfi blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülen denemede, toprağın sıkıştırılmasında kullanılan 0.54 m çapında ve 3.04 m genişliğindeki silindire su konularak 6 farklı baskı seviyesi [0-silindirin kullanılmadığı kontrol, 20 kPa, 26 kPa, 31 kPa, 37 kPa, 43 kPa] elde edilmiştir. Denemede silindirin çekilmesinde FORD 6610S traktör 1.75 m s<sup>-1</sup> hızda çalıştırılmıştır.

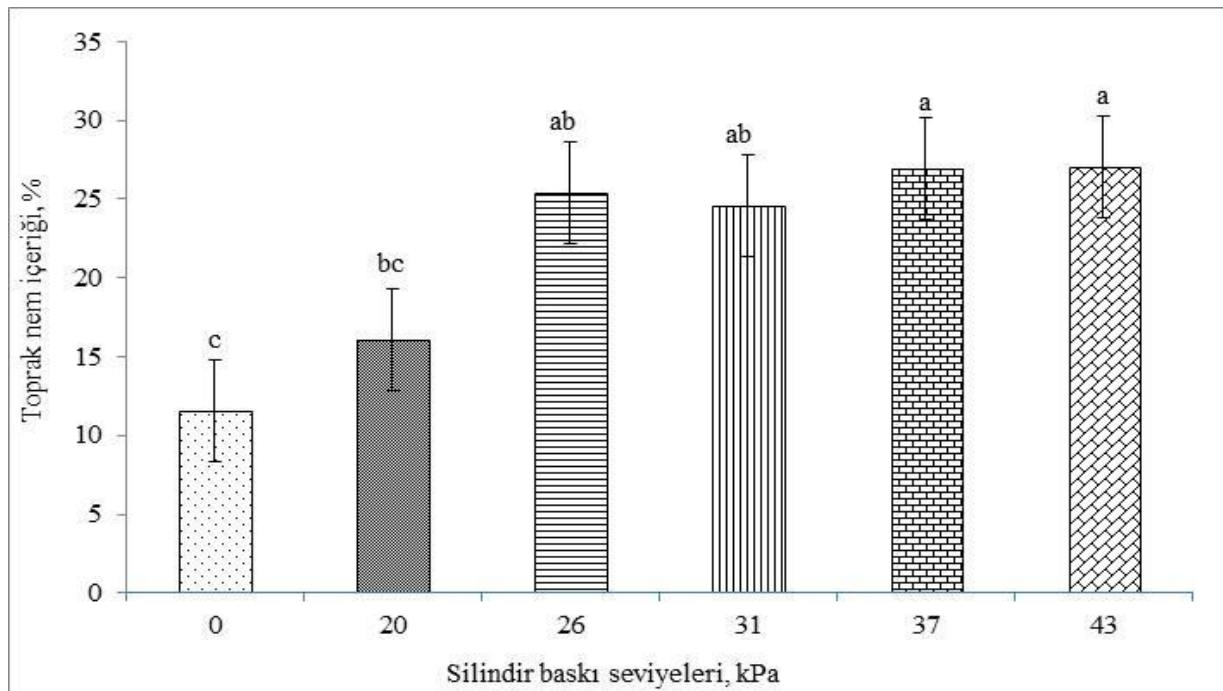
Farklı baskı seviyelerinin, toprağın fiziksel özellikleri ve bitki çıkış oranına etkisini belirlemek amacıyla, ekim işleminden 1 ay sonra toprak nem içeriği, sıcaklığı, penetrasyon direnci ve metrekaredeki bitki

sayısı belirlenmiştir. Toprağın nem içeriği ve sıcaklığını belirlemek amacıyla Aquaterr - Model T300 (Aquaterr Instruments & Automation, LLC) toprak nemi ölçme cihazı 15 cm toprak derinliğinde kullanılmıştır. Penetrasyon direncinin belirlenmesinde ise her 2.5 cm derinlikte okuma yapabilen dijital FieldScout SC 900 (Spectrum Technologies, Aurora, IL) penetrometre kullanılmıştır. Bitki çıkış oranı, metre karedeki bitki sayısının, metrekareye ekilen tohum sayısına oranlanmasıyla belirlenmiştir. Bütün ölçümler, her parselden 3 tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Her bir parselin uzunluğu 30 m, genişliği ise 3 m olarak ayarlanmıştır.

Ölçümler sonucunda elde edilen veriler, Jump İstatistik Paket programı (SAS, 2002, Cary, NC, USA) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve istatistiki açıdan önemli değişkenlerdeki uygulamaların ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

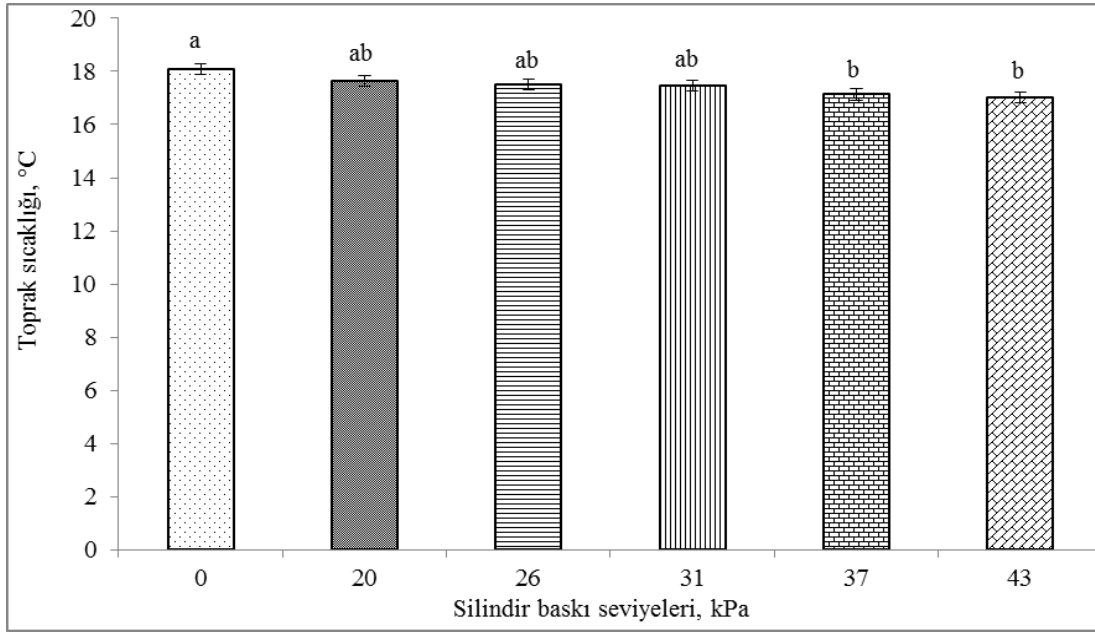
Nohut tarımında ekim sonrası kullanılan düz yüzeyli tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki nem içerisine etkisi Şekil 1'de görülmektedir. 37 ve 43 kPa'lık baskı seviyelerindeki toprağın nem içeriği oranının istatistiksel olarak diğer uygulamalardan önemli oranda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Topraktaki en düşük nem içeriği oranı, ekimden sonra silindirin kullanılmadığı kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Kontrol ile 20 kPa'lık baskı uygulaması arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı Şekil 1'de görülmektedir. Aynı şekilde, 20, 26, 31 kPa baskı seviyeleri arasında ve 26, 31, 37, 43 kPa baskı seviyeleri arasındaki farklarında istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Toprağın sıkıştırılması, topraktaki hava boşluklarının boyutunu azaltacağı için toprak taneciklerinin su zerrecikleri tutma kuvvetini artıracak ve dolayısıyla evaporasyonla meydana gelecek su kaybını azaltacaktır (Tong ve ark., 2015). Bu çalışmada, 26 kPa bir baskı seviyesinin topraktaki nemin korunması için yeterli olabileceğini göstermektedir.



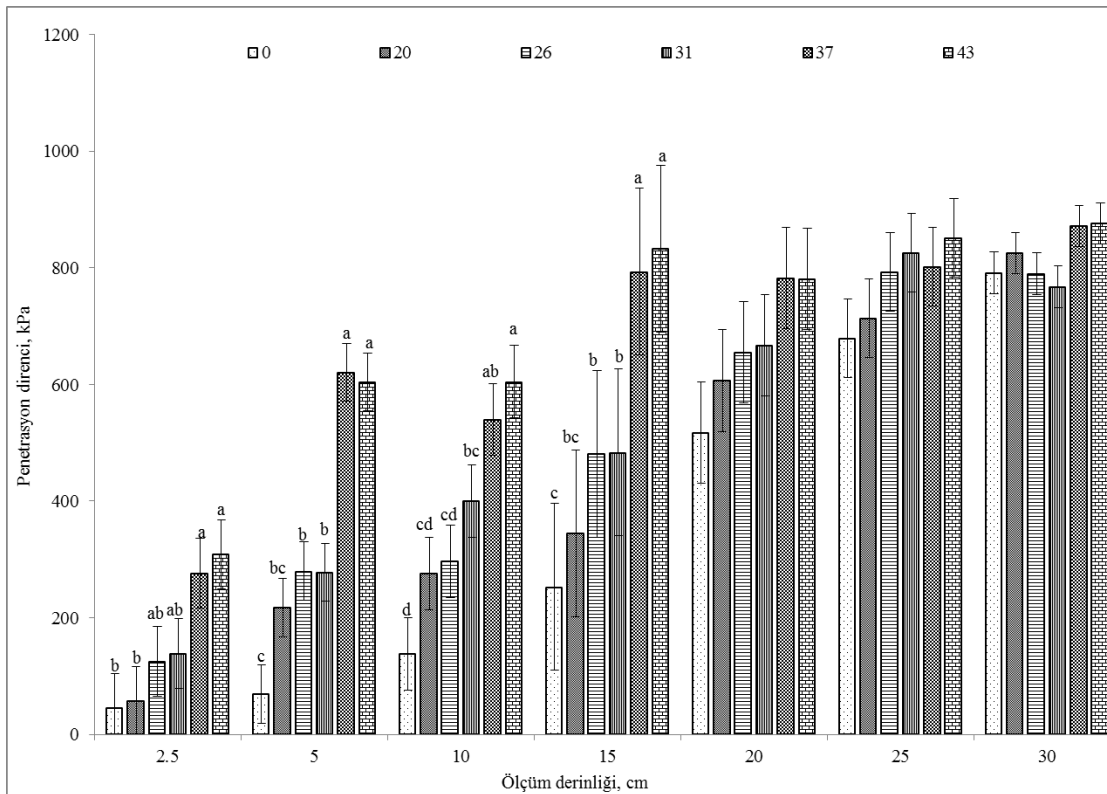
Şekil 1. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki nem içeriğine etkisi

Farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki sıcaklığına olan etkilerini gösteren Şekil 2 incelendiği zaman, topraktaki nem içeriğinin tam tersi olarak baskı seviyesinin artışıyla toprak sıcaklığında azalma meydana gelmiştir. Toprağın 15 cm derinliğindeki en düşük toprak sıcaklığı değerleri, 37 ve 43 kPa baskı seviyelerinde belirlenmiştir. Diğer baskı seviyeleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Toprağın sıcaklığı, hem tohumun çimlenmesi hem de bitki çıkışını etkileyen önemli

faktörlerden biridir. Birçok araştırmacı, toprak sıcaklığı ile bitki çıkış oranı arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir (Masaka ve Khumbula, 2007; Huang ve ark., 2018). Penetrasyon direncine etkisi bakımından toprağın 0-15 cm derinliklerinde uygulamalar arasında farklılık istatistiksel olarak önemli olmasına karşın, 15 cm'den sonraki derinliklerde uygulamaların penetrasyon direncine etkisinin önemli olmadığı Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki sıcaklığına etkisi



Şekil 3. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın farklı derinliklerindeki penetrasyon direncine etkisi

Toprağın 0-15 cm derinliğindeki penetrasyon direnci değerlerinin, baskı seviyesindeki artış ile önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Bu derinlik aralığındaki en yüksek penetrasyon direnci değeri, 15 cm toprak derinliğinde 43 kPa baskı seviyesinde elde edilmiş ve 37-43 kPa baskı seviyeleri arasındaki fark istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür. Genelde 20, 26

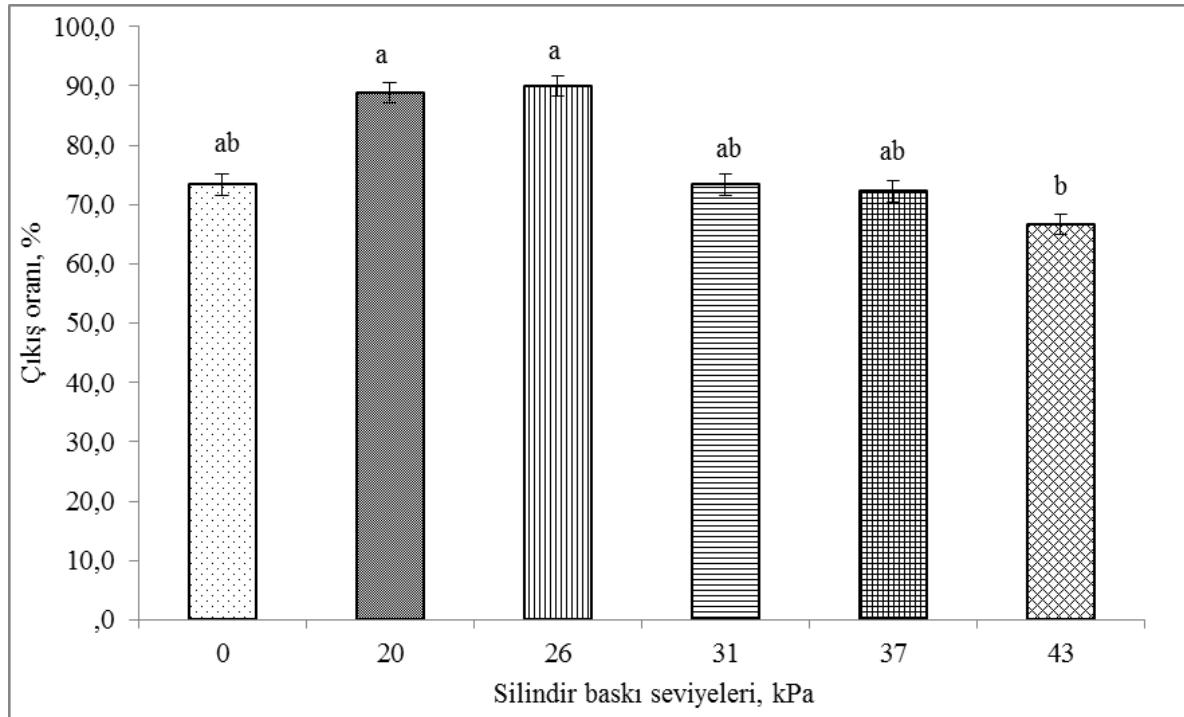
ve 31 kPa baskı seviyeleri, derinliklerin hepsinde aynı grup içerisinde olduğu görülmüştür. Toprağın 0-30 cm ölçüm derinliğindeki penetrasyon direnci değerlerinin, bitki gelişimini engellediği varsayılan kritik sıkışmanın (2000 kPa) altında olduğu Şekil 3'te görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak, Shafiq ve ark. (1994), Mosaddeghi ve ark. (2000) ve Altikat ve ark. (2006) gibi araştırmacılar da

toprağın sıkıştırılmasının, penetrasyon direnci değerlerinde önemli derecede artış meydana getirdiğini saptamışlardır.

Penetrasyon direncindeki bu artış miktarına, toprağa uygulanan baskı miktarı (birim silindir ağırlığı ve silindir çapı)'nın yanında toprak özellikleri (topraktaki nem miktarı, toprağın bünyesi, organik madde içeriği), ve silindirin çekilme hızı da önemli derecede etki etmektedir (Mamman ve Ohu 1998; Tong ve ark., 2015).

Tarla silindirinin farklı baskı seviyeleri uygulamalarındaki bitki çıkış oranları Şekil 4'de görülmektedir. En yüksek çıkış oranı, silindir baskı seviyesinin 20-26 kPa olduğu uygulamalarda elde edilmiştir. Baskı seviyesinin 26 kPa'dan fazla olması, çıkış oranını önemli ölçüde azaltmış olduğu gözlenmiştir. Ekim sonrası silindirin kullanılmadığı kontrol parsellerindeki çıkış oranının, 20 ve 26

kPa'lık baskı seviyelerinde sıkıştırmanın yapıldığı uygulamalardan daha düşük olduğu Şekil 4'te görülmektedir. Bitki çıkış oranı, toprağın ve çevrenin özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir. Toprağın sıkışıklığı, sıcaklığı, nem içeriği gibi toprağın fiziksel özelliklerinin bitki çıkış oranına etki eden temel özellikler olduğu bilinmektedir (Ozpınar ve Ozpınar, 2015). Ekim sonrası yağış, hava sıcaklığı gibi iklim koşulları da toprağın özelliklerini önemli ölçüde etkilediği için bitki çıkışı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibi toprağın sıkıştırılması, toprağın 15 cm derinliğindeki nem içeriğini artırırken, sıcaklığını düşürmüştür. Toprağa uygulanan hafif bir baskı oranı, toprakta aşırı bir sıkışıklık meydana getirmeden tohumun toprakla temasını artırdığı için bitkinin çıkış oranını artırdığını söyleyebiliriz (Şekil 3 ve 4).



Şekil 4. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin bitki çıkış oranına etkisi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Diyarbakır ili iklim koşullarında nohut ekiminden sonra kullanılan silindir baskı seviyelerinin toprağın nem içeriği, sıcaklığı, penetrasyon direnci ve bitki çıkış oranına etkisinin incelendiği bu çalışmanın sonuçları, silindir baskı seviyesinin artışıyla toprağın 15 cm derinliğindeki nem içeriğinin arttığını, sıcaklığının ise önemli düzeyde azaldığını göstermiştir. Silindir baskı seviyelerinin penetrasyon direnci değerleri üzerine etkisi, toprağın 0-15 cm derinliğinde önemli bulunmuş, 15 cm'den sonraki derinliklerde penetrasyon direncine etkisi bakımından uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Genel olarak, uygulanan sıkıştırma düzeyi arttıkça

penetrasyon direncinde de artış gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan uygulamaların bitki çıkış oranına etkisi bakımından, en yüksek çıkış oranı 20-26 kPa'lık baskı seviyelerinde elde edilmiştir. Baskı seviyesinin 26 kPa'dan fazla olması çıkış oranında düşüşlere neden olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, çalışmanın yürütüldüğü toprak ve iklim koşulları için ekimden sonra 20-26 kPa'lık bir baskı ile toprağın sıkıştırılmasının nohut tarımında toprağın fiziksel özellikleri ve bitki çıkış oranına etkisi bakımından uygun olduğu görülmüştür.

## KAYNAKÇA

Altıkat S, Çelik A, Turgut N 2006. Yazlık Buğdayda Farklı Tohum Yatağı Parçalama ve Sıra Üzeri

- Sıkıştırma Düzeylerinin Bitki Çıkışı, Gelişimi ve Verime Olan Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37 (2):197-205.
- Berti MT, Johnson BL, Henson RA. 2008. Seeding Depth and Soil Packing Affect Pure Live Seed emergence of *Cuphea*. *Industrial Crops and Products*. 27: 272–278
- Chen G, Weil RR, Hill RL 2014. Effects of Compaction and Cover Crops on Soil Least Limiting Water Range and Air Permeability. *Soil Tillage Research*. 136: 61-69.
- DMBM 2018 Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları
- Gemtos TA, Lellis T 1997. Effects of Soil Compaction, Water and Organic Matter Contents on Emergence and Initial Plant Growth of Cotton and Sugar Beet. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 66(2): 121-134.
- Hakansson I, Lipiec J 2000. A Review of Usefulness of Relative Bulk Density Values in Studies of Soil Structure and Compaction. *Soil and Tillage Research*. 53(2): 71-85.
- Hanks RJ, Thorp EC 1956. Seedling Emergence of Wheat as Related to Soil Moisture Content, Bulk Density, Oxygen Diffusion Rate and Crust Strength. *Soil Science Society American Proceedings*. 20: 307-310.
- Huang D, Han JG, Wu WL, Wu JY 2008. Soil Temperature Effects on Emergence and Survival of *Iris Lactea* Seedlings, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36:3, 183-188
- Klassen, E.P. and Watts, J 1998. Effects of Rolling A Clay Loam Field, To Press in Stones on Dry Edible Bean and Dry Pea Production. *Progress Reports on Pulse Research in Western Canada*, 3:15-16.
- Mamman E, Ohu JO 1998. The Effect of Tractor Traffic on Air Permeability and Millet Production in A Sandy Loam Soil in Nigeria. *Ife Journal of Technology*. 8(1): 1-7.
- Masaka J, Khumbula N 2007. The Effect of Soil Compaction Levels on Germination and Biometric Characteristics of Coffee (*Coffea arabica*) Seedlings in the Nursery. *International Journal of Agricultural Research*, 2: 581-589.
- Mosaddeghi MR, Hajabbasi MA, Hemmat A, Afyuni M, 2000. Soil Compactibility as Affected by Soil Moisture Content and Farmyard Manure in Central Iran. *Soil and Tillage Research*, 55(1-2):87-97.
- Ozpınar S, Ozpınar A, 2015. Tillage effects on soil properties and maize productivity in western Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(7): 1029-1040.
- Ozpınar S, Ozpınar A, Cay A, 2018. Soil management effect on soil properties in traditional and mechanized vineyards under a semiarid Mediterranean environment. *Soil Tillage Research*, 178: 198-08.
- Özgöz E, Altuntaş E, Taşer ÖF, 2001. Anıza Ekim Makinasında Farklı Sıkıştırma Basınçlarının Toprak Sıkışıklığına ve Tarla Filiz Çıkış Derecesine Etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi. Şanlıurfa*
- Shafiq M, Hassan MA, Ahamad S 1994. Soil Physical Properties as Influenced by Induced Compaction under Laboratory and Field Conditions. *Soil Tillage Research*, 29(1-2): 13-22.
- Tong J, Zhang Q, Guo L, Chang Y, Guo Y, Zhu F, Chen D, Liu X 2015. Compaction Performance of Biomimetic Press Roller to Soil. *Journal of Bionic Eng.* 12:152–159.