

Kültivatörün Toprak Yüzeyindeki Maddeleri Toprağa Karıştırma Yeteneğinin Bilgisayar Simülasyonu Kullanılarak Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma

Mustafa ÜÇGÜL 

Barbara Hardy Institute, School of Engineering, University of South Australia, Mawson Lakes, SA 5095, Australia

✉: mustafa.ucgul@unisa.edu.au

ÖZET

İşçilik maliyetlerinin yüksek ve toprağın organik madde miktarının düşük olduğu ülkelerde, toprak üzerine serpilmiş gübre ve diğer organik maddelerin toprağın alt katmanlarına hızlı ve ekonomik bir şekilde karıştırılması amacı ile, işletme maliyetleri diğer tarım aletlerine göre daha düşük olan, kültivatörler kullanılabilir. Kültivatörün organik maddeyi toprağa hangi oranda karıştırdığı ve bu karışım miktarının değişik hız ve toprak işleme derinliklerinde nasıl değiştiğinin deneysel olarak araştırılması zaman alıcı ve maliyetli bir işlemdir. Bu nedenle bu çalışmada kültivatörün toprak üzerine serpilmiş organik maddeleri toprağa ne derece karıştırdığı, ayrık elemanlar metodu kullanılarak, bilgisayar ortamında, simüle edilmiştir. Ayrıca kültivatörün üzerine ek levhalar eklenerek karıştırma miktarındaki değişim incelenmiştir. Bunlara ek olarak kültivatör üzerine etki eden çeki ve dikey kuvvetler incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları ek levha kullanılarak toprağın alt katmanlarına karıştırılacak organik madde miktarının artırılabilirliğini, fakat bu durumda çeki kuvvetinin artacağını göstermiştir. Çalışmanın sonuçları ayrık elemanlar metodunun tarım makineleri tasarımında etkili bir hızlı modelleme aracı olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Makale Tarihi

Geliş Tarihi: 29.08.2018

Kabul Tarihi : 01.10.2018

Anahtar Kelimeler

Ayrık elemanlar metodu, kültivatör, organik maddenin toprağa karıştırılması, toprak işlemedeki kuvvetler

Araştırma Makalesi

A Study to Improve the Surface Material Incorporation Ability of the Cultivators Using Computer Simulation

ABSTRACT

Due to their lower operating costs, incorporation of organic matter to the soil can be performed using cultivators in countries where labor is expensive and organic matter of the soil is low. However, in order to investigate the organic matter incorporation ability of the cultivator in terms of different operating conditions (i.e. different operating depths and speeds), use of field tests can be costly and time consuming. Therefore, in this study, organic matter incorporation ability of a cultivator was investigated in a computer environment using discrete element method (DEM). In addition, the effect of using additional plates on the organic matter incorporation was also investigated. The draught and vertical forces acting on the cultivator during soil to tillage tool interaction were also predicted. Results of the study have shown that the amount of organic matter buried into the deeper layers of the soil can be improved using additional plates with a penalty in draught force. Results of the study proved that the discrete element method can effectively be used as a modelling tool to design agricultural machineries.

Article History

Received : 29.08.2018

Accepted : 01.10.2018

Keywords

Discrete element method, cultivator, organic matter incorporation, draught force

Research Article

To Cite: Üçgül M 2019. Kültivatörün Toprak Yüzeyindeki Maddeleri Toprağa Karıştırma Yeteneğinin Bilgisayar Simülasyonu Kullanılarak Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. KSÜ Tar Doğa Derg 22(1) : 97-105, DOI : 10.18016/ksutarimdog.vi.430479

GİRİŞ

Kültivatör toprağı devirmeden işlemeye yarayan ikinci sınıf toprak işleme aletlerindedir. Kültivatörün başlıca görevleri topraktaki büyük toprak kümelerini

parçalamak, toprağı kabartmak, toprağı havalandırmak, yabancı otların köklerini kesmek, anızı toprağa karıştırmak ve toprak yüzeyine atılan gübre ve diğer organik maddeleri toprağa

karıştırmaktır (Güleç ve Altuntaş, 2013). Avustralya toprakları organik madde bakımından oldukça fakirdirler (Hoyle, 2013). Kültivatör özellikle Avustralya gibi tarım arazilerinin büyük, işçilik maliyetlerinin yüksek ve toprağın alt tabakalarının organik madde açısından fakir olduğu ülkelerde, toprak üzerine serpilene gübre ve diğer organik maddelerin toprağın alt tabakalarına hızlı ve ekonomik bir şekilde karıştırılması amacı ile kullanılabilir. Karıştırma işlemi için rototiller kullanımı daha uygun olsada, sürülecek alanın büyüklüğü ve işçilik masrafının yüksek olmasından dolayı daha yüksek hızla iş yapabilen ve iş genişliği yüksek bir makineye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kültivatör kullanımı daha ekonomik olacaktır. Burada amaç kültivatör tarafından kesilen toprağın toprak yüzeyi tarafından doğal bir şekilde geri dolmasından faydalanmaktır. Fakat kültivatör kullanılarak organik maddelerin toprağın alt tabakalarına ne derecede karıştırılabileceğinin deneysel olarak belirlenmesi oldukça güç ve pahalıdır. Literatürde toprak yüzündeki anızın rototiller tarafından ne miktarda karıştırıldığına dair Akbolat ve Ekinci (2008) tarafından yapılan değerli çalışmalar olmasına rağmen kültivatör hakkında bir çalışma yapılmamıştır. Buna ek olarak, mevcut kültivatör tasarımlarına yapılabilecek modifikasyonların fiziksel olarak imal edilip test edilmesi de oldukça maliyetli bir işlemdir.

Eğer kültivatör ve toprak arasındaki etkileşim bilgisayar simülasyonu kullanılarak modellenenirse kültivatörün, toprak üzerine serpilene gübre ve diğer organik maddelerin toprağın alt tabakalarına ne oranda karıştırılabileceği pahalı ve zaman alıcı olan arazi testlerine gereksinim duyulmadan incelenebilir. Buna ek olarak kültivatör üzerinde yapılacak modifikasyonların verimlilikleri de fiziksel testlere gerek duyulmadan incelenebilir. Ucgul ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, makine-toprak etkileşiminde ortaya çıkan kuvvetleri ve toprak hareketini modellemek amacı ile ayrık elemanlar yönteminin kullanılabileceği bildirilmiştir. Ayrık elemanlar metodunun tarım makinası-toprak etkileşiminin hassas bir şekilde modellenmesinde kullanılabileceği Chen ve ark (2013), Bravo ve ark (2014), Ucgul ve ark. (2014a) ve Ucgul ve ark. (2017) tarafından da bildirilmiştir.

Bu çalışmada ayrık elemanlar metodu kullanılarak toprak üzerine atılan organik maddelerin kültivatör kullanılarak ne oranda toprağın alt tabakalarına karıştırılabileceği incelenmiş ve kültivatör üzerine ek levha eklenildiğinde kültivatörün karıştırma yeteneğindeki değişim niteliksel ve niceliksel olarak incelenmiştir.

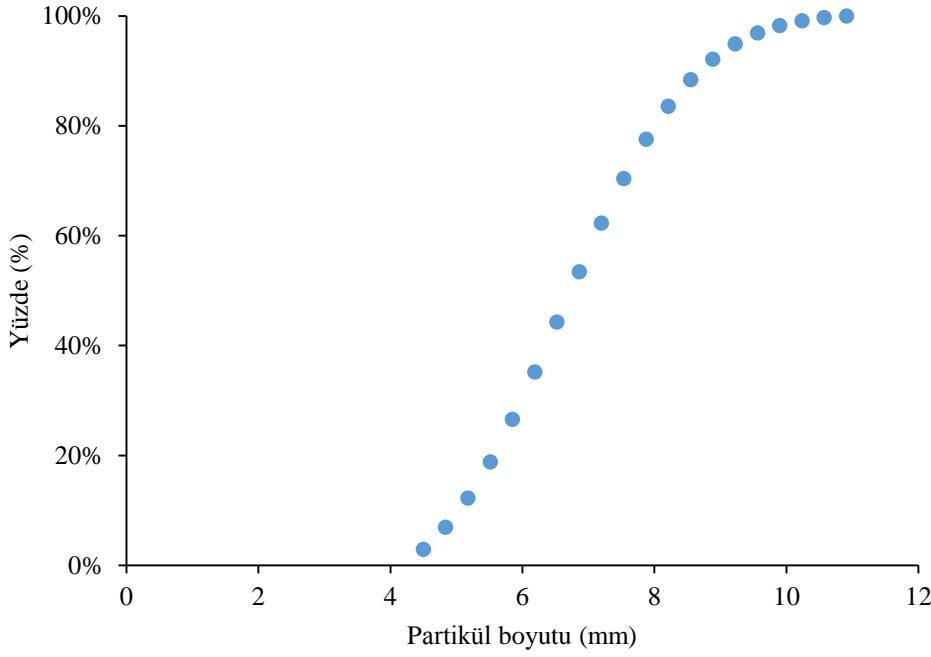
MATERYAL ve YÖNTEM

Ayrık elemanlar metodu Cundall ve Strack (1971) tarafından geliştirilmiştir. Bu metod iki ayrık partikül arasındaki etkileşime dayanır. Partiküller arasındaki etkileşim ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kuvvetler fiziksel yasalar tarafından kontrol edilen matematiksel formüllerle hesaplanır. İki partikül arasındaki kuvvetler hesaplandıktan sonra partiküllerin bir sonraki pozisyonları ve oryantasyonları Newton'nun ikinci hareket yasasının integre edilmesi ile hesaplanır. Ayrık elemanlar metodunun toprak modellemesi amacı ile kullanılması konusundaki en temel problem, toprağı modellemek için gerekli olan partikül sayısıdır. Ayrık elemanlar metodu partiküller arasındaki etkileşime dayandığından, partikül sayısındaki artış toplam simülasyon süresini uzatacaktır. Bu nedenle üç boyutlu ayrık elemanlar modeli kullanılarak yapılacak simülasyonlarda gerçek toprak partikül boyutlarında (< 2 mm) partikül kullanmak mümkün değildir. Bu durumda daha büyük partiküller kullanılacağı için malzeme ve etkileşim parametrelerinin, kullanılacak partikül boyutuna göre kalibre edilmesi gerekmektedir. Ayrık elemanlar metodunda bir diğer önemli konu da kullanıma uygun bir matematiksel modelin seçilmesidir. Daha önce yaptıkları bir çalışmada Ucgul ve ark. (2014b) ve Ucgul ve ark. (2015) partiküllerin deformasyon davranışını göz önünde bulunduran histerik yay modelinin toprak modelleme amacı ile kullanılabileceğini, partiküller arasındaki kohezyonunda lineer kohezyon modeli kullanılarak modellenenileceğini ispatlamışlardır. Bu nedenle bu çalışmada bu iki matematiksel model kullanılmıştır. Bu matematiksel modeller hakkında geniş bilgi EDEM (2011) ve Ucgul ve ark. (2018) de bulunabilir.

Simülasyonlar DELL Precision T7910 Intel ® Xeon CPU E5-2680 v3 @ 2.50GHz marka bir bilgisayar ve EDEM 2.7™ yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Simülasyonlarda toprak parçacıklarını modellemek için 7.5 mm nominal yarıçaplı küresel partiküller kullanılmıştır. Kullanılan partiküllerin büyüklük dağılımları Şekil 1 de verilmiştir.

Simülasyonlar için 6 m uzunluğunda, 3.25 m genişliğinde ve 0.45 m derinliğinde, daha önceden kalibre edilmiş ve kumlu yapılı bir toprağı temsil eden, sanal bir toprak parçası 2 759 986 adet partikül üretilerek oluşturulmuştur (Şekil 2a).

Toprak parçasının üst kısmındaki yaklaşık 150 mm'lik kısmı, koheziv olmayan 1 300 kg m⁻³ kuru yığın yoğunluğuna sahip kumlu toprak olup simülasyonda yeşil renk ile gösterilmiştir. Toprak parçasının alt kısmı ise 1 460 kg m⁻³ kuru yığın yoğunluğuna sahip 15 kPa kohezyona sahip kumlu topraktır ve simülasyonda kırmızı renkle gösterilmiştir.



Şekil 1. Simülasyonda kullanılan partiküllerin büyüklük dağılımları

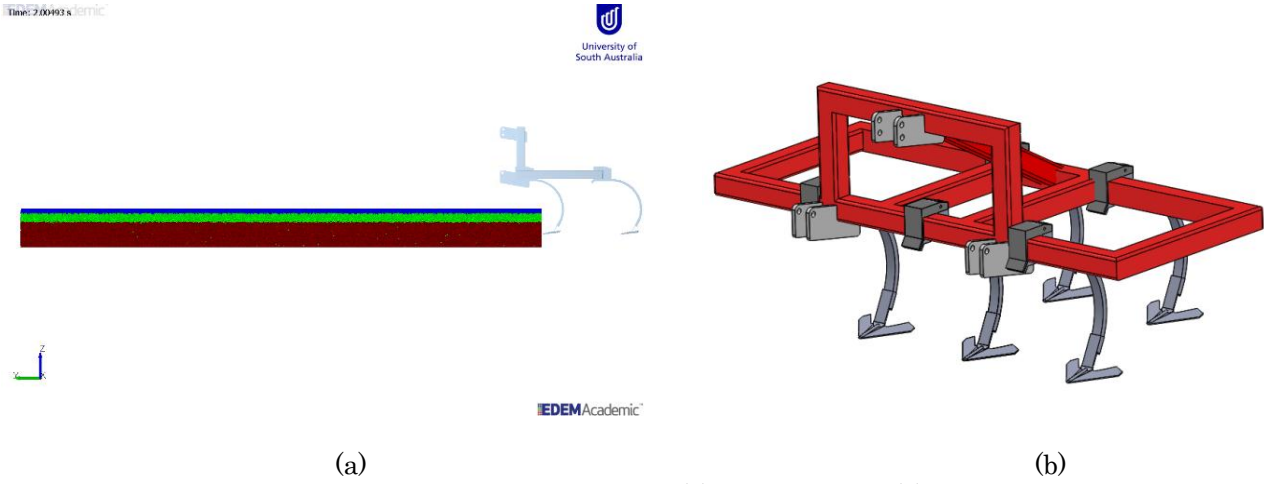
Toprağın üst tarafına atılan organik madde ise toprağın üst kısmındaki 50 mm lik kesitin mavi renge boyanması ile gösterilmiştir. Simülasyonda kullanılan parametreler Çizelge 1'de sunulmuştur. Sanal toprak parçası oluşturulduktan sonra simülasyonlarda kullanılan kültivatörün sanal bir modeli yapılarak, simülasyona aktarılmıştır (Şekil 2b). Simülasyonlar 200 ve 300 mm derinliklerde 3, 6 ve 9 km h⁻¹ hızlarda tekrarlanmıştır.

Simülasyonlar sonucu mavi renkle gösterilen organik maddenin toprağa ne oranda karıştırıldığıının

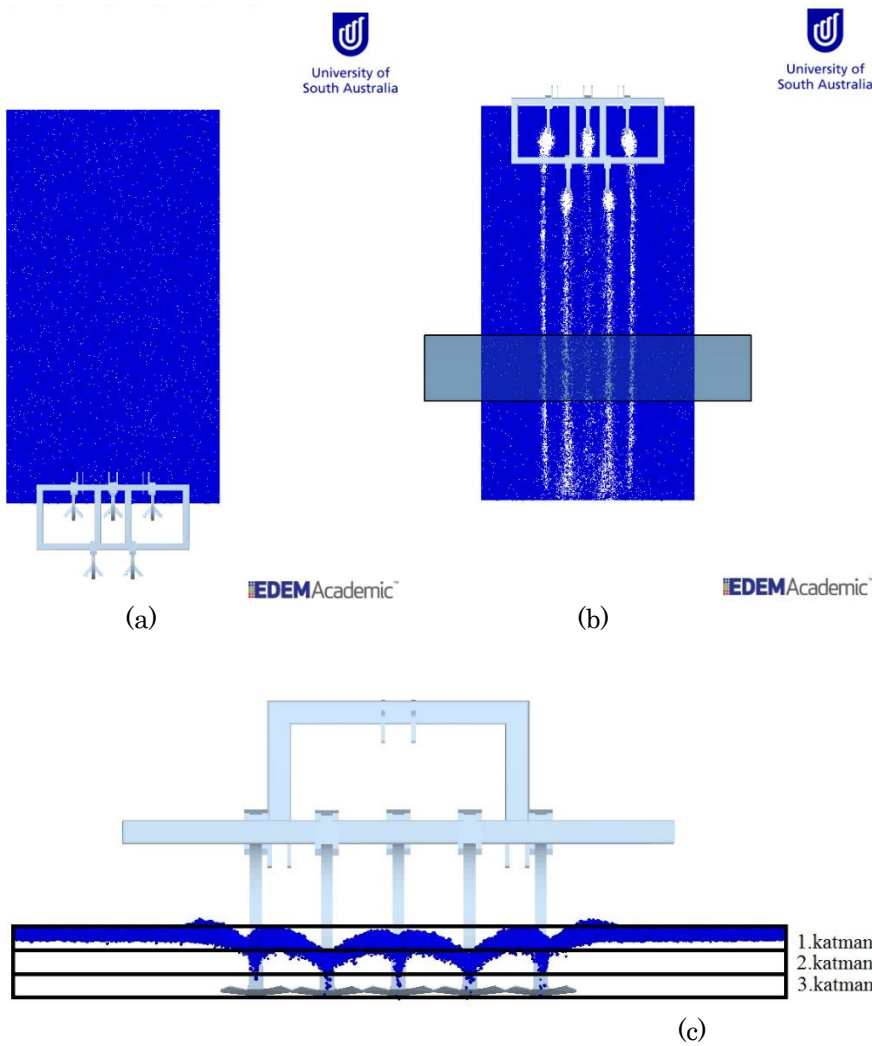
niteliksel ve niceliksel olarak incelenmesi için simülasyon tamamlandıktan sonra, simülasyonda çeki kuvvetinin stabil olduğu bir bölgeden 1 m boyutunda bir kesit alınıp, organik maddeyi temsil eden mavi renkli partiküller hariç diğer renkteki partiküller simülasyonda gizlenmiştir (Şekil 3a ve 3b). Daha sonra toprak işleme derinliği 100 mm'lik katmanlara ayrılıp, mavi renkle temsil edilen organik maddenin toprağın hangi katmanına ne oranda karıştığı tespit edilmiştir (Şekil 3b). Bunlara ek olarak kültivatöre etki eden çeki kuvvetleri ve dikey kuvvetler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Ayrık elemanlar metodu simülasyonunda kullanılan parametreler

Özellik	Değeri	Kaynak
Toprak partiküllerinin yoğunluğu (kg m ⁻³)	2 600	Huser ve Kvernold
Kültivatör metalinin yoğunluğu (kg m ⁻³)	7 891	Hudson Tool Steel (2016)
Toprağın kayma modülü (Pa)	5 x 10 ⁷	Academia (2015)
Kültivatör metalinin kayma modülü (Pa)	7.9 x 10 ¹⁰	Hudson Tool Steel (2016)
Toprağın Poisson oranı	0.3	Asaf ve ark, (2007)
Kültivatör metalinin Poisson oranı	0.3	Budynas ve Nisbett
Toprağın kayma gerilmesi (Pa)	1 x 10 ⁶	Doğrudan makaslama
Toprağın toprak üzerindeki geri getirme katsayısı	0.6	Wang ve ark, (2008)
Toprağın toprak üzerindeki sürtünme katsayısı	0.5	Doğrudan makaslama
Toprağın metal üzerindeki sürtünme katsayısı	0.5	Doğrudan makaslama
Toprağın toprak üzerindeki yuvarlanma direnci	0.28	Kalibre edilmiştir
Toprağın metal üzerindeki yuvarlanma direnci	0.05	Ucgul ve ark, (2014b)
Kohezyon enerji yoğunluğu (toprağın üst kısmı)(J	0	Doğrudan makaslama
Kohezyon enerji yoğunluğu (toprağın alt kısmı) (J	15 000	Doğrudan makaslama



Şekil 2. Simülasyonda kullanılan sanal toprak parçası (a) ve kültivatör (b)



Şekil 3. Simülasyondan alınan ekran görüntüleri, simülasyon başlangıcı (a), simülasyon sonu (1 m lik kesitin alınması) (b) ve organik maddenin toprak işleme derinliği boyunca karışımının incelenmesi (c)

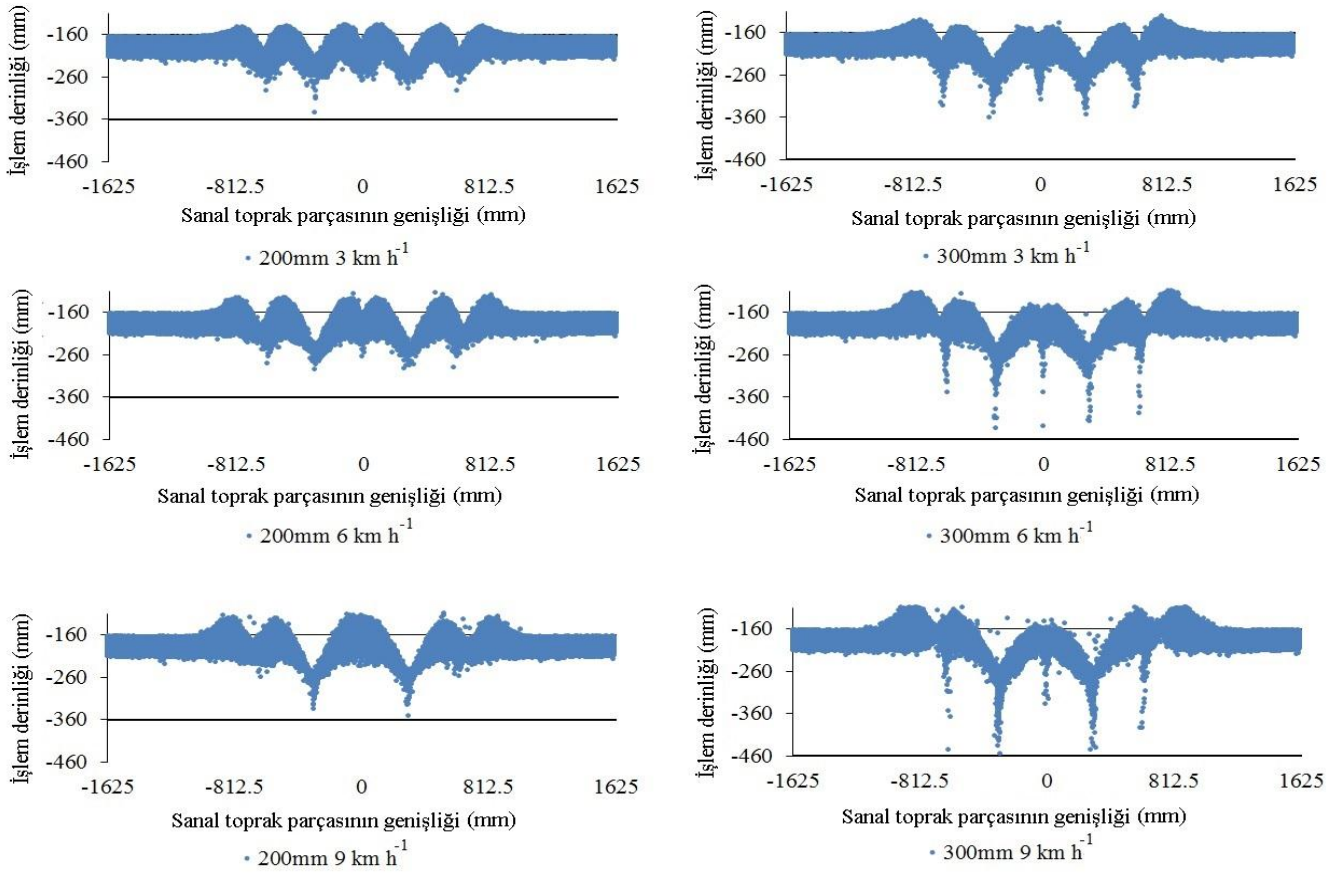
BULGULAR ve TARTIŞMA

Kültivatörün organik maddeleri toprağa ne oranda karıştırdığına ilişkin simülasyon sonuçları Şekil 4 ve 5'de gösterilmiştir. Şekil 4 ve 5'den görüldüğü gibi kültivatörle yapılan işlemlerde, hızın ve iş derinliğinin

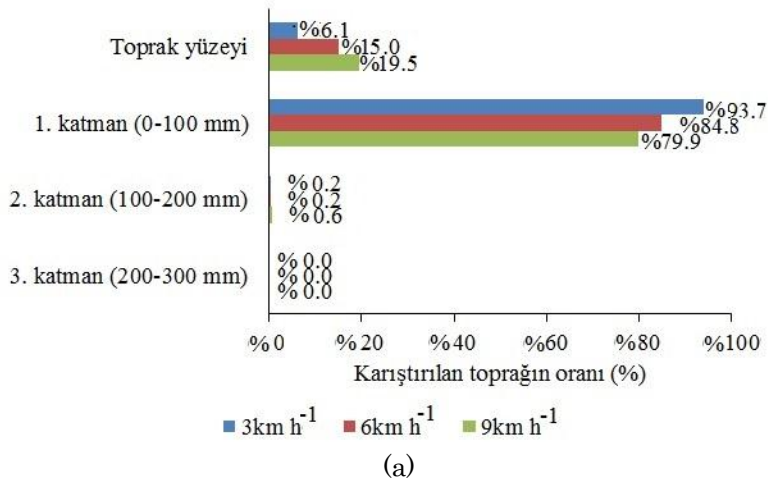
artırılmasının toprağa karıştırılan organik madde miktarını azalttığı fakat organik maddelerin daha derine gömülmesini sağladığı tespit edilmiştir. Sonuçlar niceliksel (miktersal) olarak incelendiğinde organik maddelerin çok büyük bir oranının 0-100 mm

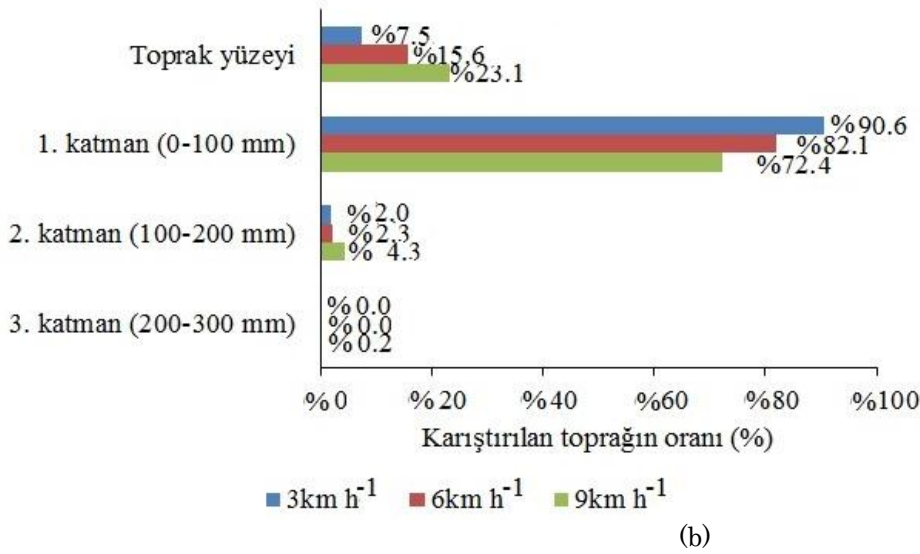
işlem derinliğine karıştırılabildiği tespit edilmiştir. Şekil 4 ve 5'deki sonuçlardan ayrıca işlem derinliğini artırmanın derine gömülen organik madde miktarını önemli ölçüde artırmadığı ve hızın artmasının toprağın yüzey profilini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Simülasyonlar sonucu hesaplanan çeki ve dikey kuvvetler Şekil'6 da sunulmuştur. Şekil 6'da görüldüğü gibi çeki ve dikey kuvvetler hız ve toprak işleme derinliğine bağlı olarak artmaktadır. Fakat çeki ve dikey kuvvetler üzerine toprak işleme derinliğinin etkisi hızdan daha baskındır. Bu sonuçlar Fielke (1988) tarafından yapılan deneysel ve Uçgul ve ark, (2014a) tarafından yapılan simülasyon sonuçları ile uyum içerisinde.

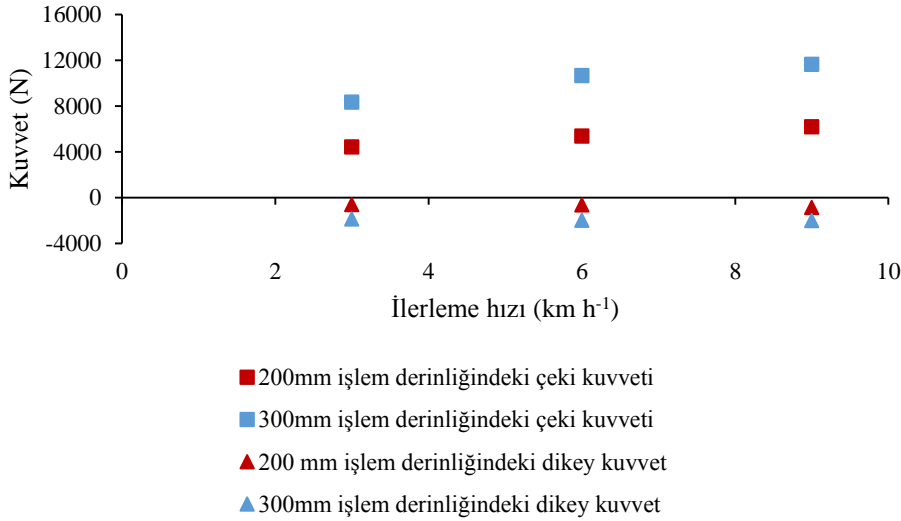


Şekil 4. Simülasyon sonunda yüzeyde bulunan organik maddelerin toprağa karıştırılma miktarları (niteliksel olarak)





Şekil 5. Simülasyon sonunda yüzeyde bulunan organik maddelerin toprağa karıştırılma oranı (%), 200 mm işlem derinliği (a), 300 mm işlem derinliği (b)

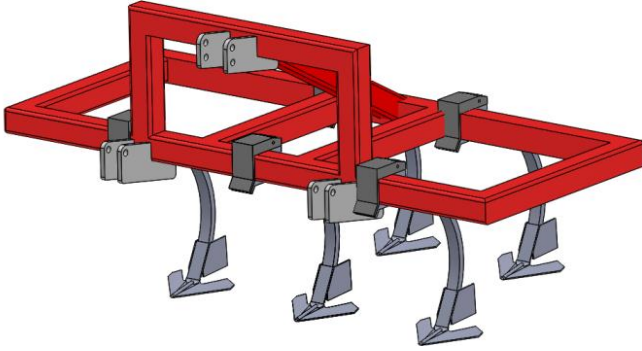


Şekil 6. Simülasyon sonuçlarından elde edilen çeki ve dikey kuvvet değerleri

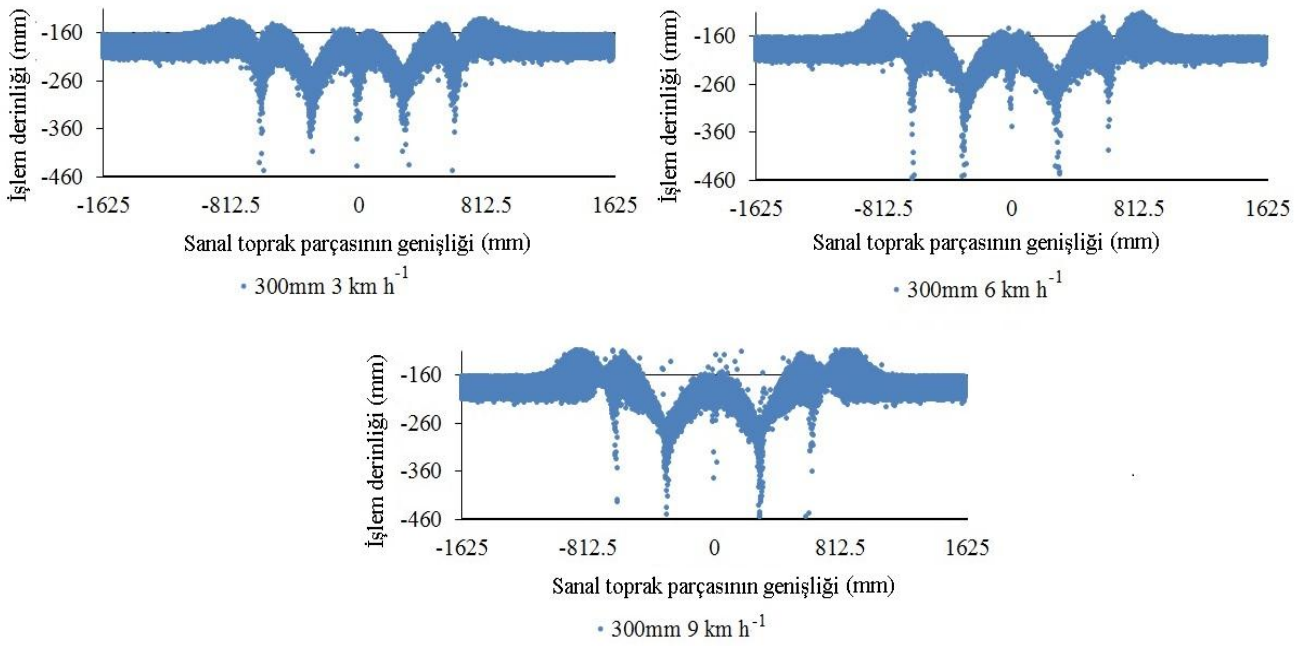
Yukarıdaki sonuçlardan görüldüğü gibi bu çalışmada kullanılan kültivatörün toprağın üst kısmına atılan organik maddeleri toprağın derinliklerine karıştırma yeteneği zayıftır. Kültivatörün organik maddeleri toprağın derinliklerine daha iyi bir şekilde karıştırması için kültivatörlerin arka kısımlarına birer adet ek levha eklenerek kültivatörler modifiye edilmiştir (Şekil 7). Daha sonra simülasyonlar 300 mm toprak işleme derinliğinde (300 mm de, 200 mm ye göre daha derine karıştırma yapılabildiği için 300 mm derinliği seçilmiştir) 3, 6 ve 9 km h⁻¹ hızlarda tekrarlanmıştır. Sonuçlar Şekil 8 ve 9'da sunulmuştur. Şekil 8-9 ve Şekil 4-5 karşılaştırıldığında ek levhanın 2. katmana gömülen organik madde miktarını artırdığı görülmektedir. Buna karşın ek levha kullanımının çeki kuvvetini artırdığı fakat dikey kuvvette önemli bir artışa neden olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 10).

SONUÇ

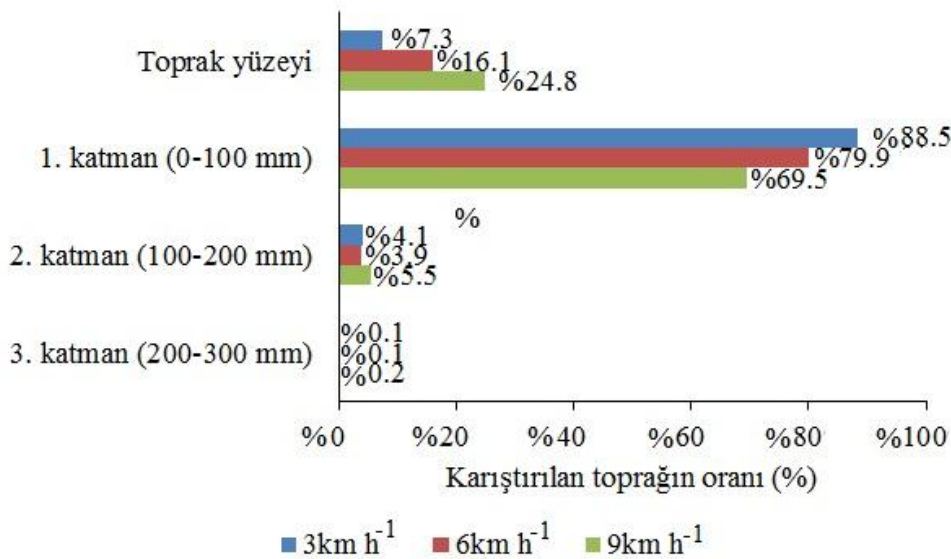
Bu çalışmada, ayrı elemanlar metodu kullanılarak, bilgisayar ortamında, kültivatörün toprak yüzeyine atılan organik maddeleri toprağa karıştırma yeteneği, değişik toprak işleme derinliği ve hızlarında, simüle edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, (1) ilerleme hızının ve toprak işleme derinliğinin artırılmasının toprağa karıştırılan organik madde miktarını azalttığını fakat organik maddelerin daha derine gömülmesini sağladığını ve (2) kültivatörün toprak yüzeyindeki organik maddeleri toprağın 0-100 mm'lik derinliğine kadar karıştırabildiğini, dolayısı ile organik maddeleri daha derine karıştırabilmek için kültivatörün modifiye edilmesi gerektiğini göstermiştir.



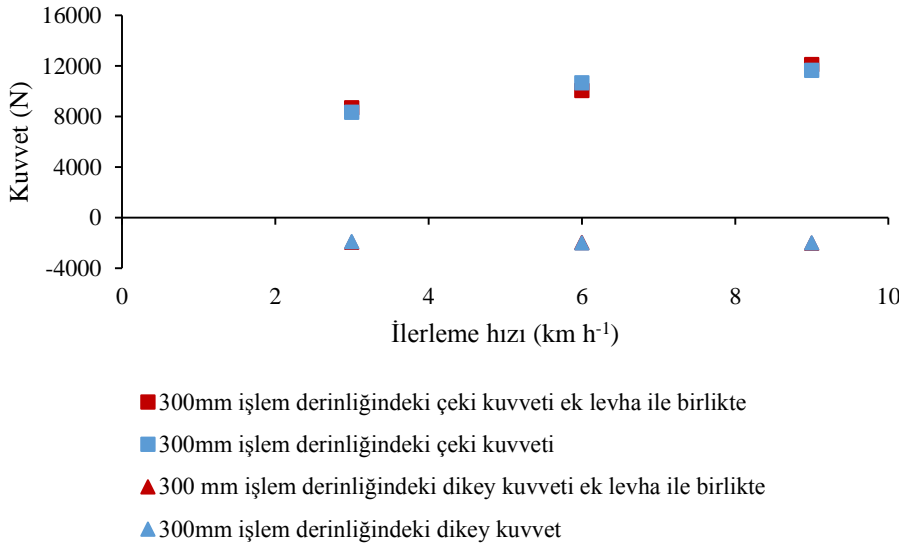
Şekil 7. Simülasyonda kullanılan ek levha kullanılarak modifiye edilmiş kültivatör



Şekil 8. Simülasyon sonunda yüzeyde bulunan organik maddelerin toprağa karıştırılma miktarları (niteliksel olarak) (ek levha kullanılarak modifiye edilmiş kültivatör için)



Şekil 9. Simülasyon sonunda yüzeyde bulunan organik maddelerin toprağa karıştırılma oranları (%) (ek levha kullanılarak modifiye edilmiş kültivatör için)



Şekil 10. Simülasyon sonuçlarından elde edilen çeki ve dikey kuvvet değerleri

Kültivatöre eklenen ek levha ile toprağın alt katmanlarına karıştırılacak organik madde miktarını artırılabilmesi fakat bu durumda çeki kuvvetini artırdığı saptanmıştır. Bu çalışma ayrı elemanlar metodunun, etkin bir araç olarak, tarım makinelerinin tasarımında kullanılabileceğini ve değişik alet modifikasyonlarının bilgisayar ortamında simüle edilerek tasarımların ekonomik olarak ve daha kısa sürede yapılabileceğini göstermiştir. Gelecekteki çalışmalar için toprak yüzeyindeki organik maddeleri toprağın alt katmanlarına daha verimli olarak karıştırabilen yeni tasarımlar yapılarak, daha sonra bu tasarımların arazi çalışmalarında test edilip simülasyon sonuçları ile karşılaştırılması gerekir. Ayrıca daha küçük partikül boyutu kullanılarak daha hassas sonuçlar elde edilebileceği beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Academia, 2015. Some useful numbers for rocks and soils. http://www.academia.edu/4056287/Some_Useful_Numbers_for_rocks_and_soils (Erişim tarihi: 15.04.2016)
- Akbolat D, Ekin K, 2008. Rotary Tiller Velocity Effects on the Distribution of Wheat (*Triticum Aestivum*) Residue in the Soil Profile. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36: 247–252.
- Asaf Z, Rubinstein D, Shmulevich I, 2007. Determination of Discrete Element Model Parameters Required for Soil tillage. *Soil and Tillage Research*. 92(1-2): 227-242.
- Bravo E L, Tijssens E, Suárez M H, Cueto O G, Ramon H, 2014. Prediction Model for Non-Inversion Soil Tillage Implemented on Discrete Element Method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 106: 120-127.
- Budynas R G, Nisbett K J, 2012. *Shigley's Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Education
- Chen Y, Munkholm L J, Nyord T, 2013. A Discrete Element Model for Soil-Sweep Interaction in Three Different Soils. *Soil and Tillage Research*, 126: 34-41
- Cundall PA, Strack O D L, 1971. A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies. *Geotechnique*, 29: 47-65.
- EDEM, 2011. *EDEM Theory Reference Guide*. Edinburgh, UK, DEM Solutions.
- Fielke JM 1988. The Influence of the Geometry of Chisel Plough Share Wings on Tillage Forces in Sandy Loam Soil. *University of Melbourne Yüksek Lisans Tezi*, 67 s.
- Güleç U, Altuntaş, E, 2013. Farklı Kültivatör Uç Demirlerinin Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1) : 13-24.
- Hoyle F, 2013. *Managing Soil Organic Matter: A Practical Guide*. Grain Research Development Corporation (GRDC). https://grdc.com.au/__data/assets/pdf_file/0029/107696/grdc-guide-managing-soil-organic-matter-pdf.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_link&utm_campaign=pdf_download&utm_term=National;%20North;%20South;%20West&utm_content=Managing%20Soil%20Organic%20Matter:%20A%20Practical%20Guide.
- Hudson Tool Steel, 2016. P20 Mold steel. <http://www.hudsonsteel.com/technical-data/steelP0> (Erişim tarihi: 20.02.2017)
- Huser A, Kvernold O, 1998. Prediction of Sand Erosion in Process and Pipe Components. In *BHR Group Conference Series Publication (Vol. 31, pp. 217-228)*. Mechanical Engineering Publications Limited.

- Ucguł M, Fielke J M, Saunders C, 2014a. 3D DEM Tillage Simulation: Validation for a Sweep Tool for a Cohesionless Soil. *Soil and Tillage Research*. 144: 220-227
- Ucguł M, Fielke J M, Saunders C, 2014b. Three-Dimensional Discrete Element Modelling of Tillage: Determination of a Suitable Contact Model and Parameters for a Cohesionless Soil. *Biosystems Engineering*, 121: 105-117.
- Ucguł M, Fielke J M, Saunders C, 2015. Three-Dimensional Discrete Element Modelling (DEM) of Tillage: Accounting for Soil Cohesion and Adhesion. *Biosystems Engineering*. 129: 298-306.
- Ucguł M, Saunders C, Fielke J M, 2017. Discrete Element Modelling of Top Soil Burial Using a Full Scale Mouldboard Plough Under Field Conditions. *Biosystems Engineering*, 160: 140-153.
- Ucguł M, Saunders C, Aybek A, 2018. Ayrık Elemanlar Metodunun Tarım Makineleri Tasarımında Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*. 21 (3): 305-312.
- Wang D, Wang Y, Yang B, Zhang W, 2008. Statistical Analysis of Sand Grain/Bed Collision Process Recorded by High Speed Digital Camera. *Sedimentology*, 55: 461-470.