

## Bölüm 13

# TOHUM FİZİKO-MEKANİK (MÜHENDİSLİK) ÖZELLİKLERİNİN ÖNEMİ VE BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ İÇİN UYGULANAN YÖNTEMLER

Ömer ERTUĞRUL<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri raporlarında her birey için ekonomik, kalite ve arz güvenliğine sahip, sürdürülebilir gıda erişimine vurgu yapılmaktadır (1). Artan nüfus, belirli bir kaliteyi korurken artırılması gereken gıda miktarı, tarımsal kaynakların doğru kullanımı yönünde sürdürülebilir yaklaşımlara olan gereksinimi artırmaktadır (2). Tarımda gıda üretim arzının artırılmasının ve bu artışın sürdürülmesinin yanı sıra, yeterli ürün kalitesinin sağlanabilmesi de önemlidir (3).

Ekim amaçlı veya gıda olarak kullanımlarının yanında, endüstri ve tıp gibi farklı çok yönlü kullanımları olan tohumların uygun kalite seviyesinin ve farklı alanlarda kullanım potansiyellerinin belirlenebilmesi, ekim, çimlenme, tohum temizleme ve sınıflandırma, depolama, uzun süreli saklama, taşıma ve ürün işleme gibi faaliyetlerin ve bu faaliyetlere uygun donanımların tasarlanması ve geliştirilmesinde tohum fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi önemlidir (4-7). Bitkisel üretimde en kritik aşamalardan biri olan ekimde, tohumların düzgün ve eşit bir yaşam alanı içerisinde dağılımı, uygun bitki gelişim koşullarının sağlanabilmesi ve buna bağlı olarak iyi verim değerleri elde edilebilmesi açısından önemlidir. Makine ile ekimde uygun yaşam alanının sağlanabilmesi ekim derinliğinde düzgünlük, tohum akış düzgünlüğü ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğündeki başarıya bağlıdır. Sıra üzeri bitki dağılımını etkileyen bu özelliklere ek olarak, tarla çıkış derecesi yüksek olabilecek tohumluk kullanımını da önemlidir. Tarla çıkış derecesi, çevre koşulları, başarılı ekim yapabilen

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, oertugrul@ahievran.edu.tr

bir ekim makinası ve tohumluk kalitesinden etkilenebilir. Fiziksel özelliklerin tohumluk ekim kalitesi üzerinde önemli etkisi olduğundan ilaçlı kaplama materyalleri ile kaplanarak fiziksel iyileştirmeler yapılmış tohumluk elde edilebilir. Tohumlukların tohum temizleme ve sınıflandırma makinelerinde, temizlenerek, büyüklük ve ağırlıklarına göre gruplandırılması, çimlenme olasılığı düşük olan küçük boyutlu tohumların elenerek hazırlık yapılması ekim başarısını artırabilir. Bu sayede, daha hassas ekilebilen, yüksek tarla çıkış derecesine sahip, erken çimlenebilen, hastalık ve zararlılardan daha az etkilenen tohumluk elde etmek mümkündür. Tohum fiziksel özelliklerini belirleme ve iyileştirme yönünde yapılan çalışmaların ekim başarısı iyileştirilmiş ekim makinaları üretilmesinde rol oynadığını söylemek mümkündür (8). Ekim makinalarının performansını belirlemeye ve artırmaya yönelik çalışmalarda tohum fiziksel özelliklerinin tohum akış düzgünlüğü ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü üzerinde etkili olduğunu gösteren modeller ortaya konabilmiştir (5, 7, 9-15). Tohumların depolanması ve taşınması esnasında en uygun koşulların yaratılabilmesi için fiziksel özellikler ile kimyasal yapılarının da bilinmesi fayda sağlayabilir. Başarılı bir ekim işlemi tohumlara en uygun çimlenme ortamını sağlayabilir, bununla birlikte tohumların çimlendirilerek ekimi gibi yöntemler uygulanarak çıkış ve gelişme aşamalarında zaman kazanılabilmektedir. Dormansi özelliklerinin de bilinmesi çimlenme performansının geliştirecek uygulamaların belirlenmesi yönünden etkilidir (4, 16).

Çeşitli tohumların fiziksel özelliklerinin belirlendiği çok sayıda çalışma mevcuttur, bu çalışmalardan bazıları Tablo 1'de verilmiştir. Bununla birlikte, kapsamlı fiziksel analizlerin, kimyasal analizler ve tohum dormansi çalışmaları ile yapıldığı çalışmalara daha az sayıda örnek gösterilebilmektedir (4, 17 ve 18).

Ekici ünitelerin farklı fiziksel özelliklere sahip tohumlar ve işlem ayarları ile performansının modellenmesi, mevcut ekim makinalarının geliştirilmesi ve yeni makinalar tasarlanabilmesine katkı sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada, tohumların fiziksel özelliklerinin önemi ve bazı fiziksel özelliklerin belirlenmesi için uygulanan yöntemler ile ilgili bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1. Tohum fiziksel özellikleri belirlenen bazı bitkiler

Yayın konusu tohumlar	Latince adı	Kaynaklar
Adaçayı/Sage	<i>Salvia varieties</i>	19, 20
Amarant/Amaranth	<i>Amaranthus cruentus</i>	21
Anason/Anise	<i>Trachyspermum ammi</i> L.	22
Aspir/Safflower	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	23
Ayçiçeği/Sunflower	<i>Helianthus annuus</i> L.	24
Bal kabağı/Pumpkin	<i>Cucurbita moschata</i>	25
Bezelye/Peas	<i>Pisum sativum</i> L.	26
Börülce/Black eyed peas	<i>Vigna sinensis</i> L.; <i>Vigna unguiculata</i> L.	26, 27
Buğday/Wheat	<i>Triticum aestivum</i>	28
Çemen otu/Fenugreek	<i>Trigonella foenum-graceum</i> L.	29
Çiya/Chia	<i>Salvia hispanica</i> L.	30
Darı/ Millet	<i>Pennisetum glaucum</i>	31
Fasülye/Beans	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	26
Fiğ/Vetch	<i>Vicia sativa</i> L.	32
Guar fasülyesi/Guar	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>	33
Havuç/Carrot	<i>Daucus carota</i>	12, 13
Kabak/Squash	<i>Cucurbita pepo</i>	34
Kadife fasülye/Velvet beans	<i>Mucuna varieties</i>	35
Kanola/Canola	<i>Brassica napus oleifera</i> L.	7, 36
Kapari/Capers	<i>Capparis</i> L.	37
Karpuz/Karingda	<i>Citrullus lanatus</i>	38
Kenevir/Hemp	<i>Cannabis sativa</i> L.	39
Keten/Flax	<i>Linum usitatissimum</i> L.	40, 41
Kimyon/Cumin	<i>Cuminum cyminum</i> Linn.	42
Kinoa/Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	43
Kola findığı/Kola nut	<i>Cola nitida</i>	44
Köknar/Fir	<i>Abies varieties</i>	45
Madımak/Knotweed	<i>Polygonum cognatum</i> Meissn.	46
Mahlep/Mahaleb	<i>Prunus mahaleb</i> L.	47
Mercimek/Lentils	<i>Lens culinaris</i>	48
Mısır/Maize	<i>Zea mays saccharata</i> Sturt.	49
Nohut/Chick pea	<i>Cicer arietinum</i>	50
Pamuk/Cotton	<i>Gossypium hisutum</i> L.	51
Rezene/Fennel	<i>Foeniculum vulgare</i>	52
Soya fasülyesi/Soy bean	<i>Glycine max</i> L.	53, 54
Soğan/Onion	<i>Allium cepa</i> L.	55, 12, 13
Susam/Sesame	<i>Sesamum indicum</i> L.	56
Şeker pancarı/Sugar beat	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>altissima</i>	57
Üzerlik/Rue	<i>Peganum Harmala</i> L.	4

## TOHURLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

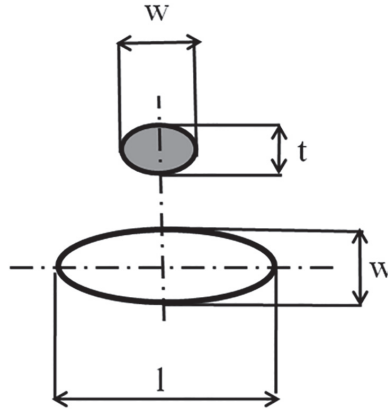
Ekim makinaları temelde uygulanan farklı ekim yöntemlerine göre tasarlanmaktadır. Bitki çeşidine göre farklı ekim yöntemleri etkili olabilmekte ve ekim makinası yapılarının tasarımında, tohumların mühendislik (fiziko-mekanik) özellikleri, ekim derinliği, birim alanda elde edilmesi istenen bitki sayısına (sıklık) göre birim alana ekilen tohum miktarı (ekim normu), yaşam alanı düzgünlüğüne etkili olan sıra aralığı değişkenlerinin değerlendirilmesi önemlidir.

Tohumların başlıca mühendislik özellikleri şöyle sıralanabilir (58, 59):

- Tohum boyutları; uzunluk, genişlik ve kalınlık (mm)
- Küresellik (%)
- Bin dane ağırlığı (g/1000 tohum)
- Aritmetik ve geometrik ortalama çaplar
- Hacim ağırlığı ( $\text{g cm}^{-3}$ ), gerçek yoğunluk ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ve porozite (%)
- Doğal yığılma açısı ( $^{\circ}$ ) ve katsayısı
- Farklı yüzeyler için statik sürtünme açıları ( $^{\circ}$ ) ve katsayıları
- Kritik hız ( $\text{m s}^{-1}$ )

### Tohum Boyutları

Bir tohumun uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçüleri, temel boyut özellikleri olarak kabul edilebilir (Şekil 1). Farklı bitkilerin tohumları birbirinden farklı ölçüde olabileceği gibi aynı bitkinin farklı çeşitlerinin olması, farklı lokasyonlarda yetiştirme durumu, farklı koşullarda yetiştirme durumu veya farklı nem düzeyleri boyutlarda farklılıklara yol açabilir.



Şekil 1. Bir tohumun uzunluk (l), genişlik (w) ve kalınlık (t) ölçüleri

Uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçüleri ekim makinalarının tasarımında pek çok noktada dikkate alınmalıdır. Örneğin, normal sıraya ekim makinalarında ekici makaraların tohum akış miktarlarının hesabında, tek dane (hassas) ekimde ise tohum taşıyıcı organların boyut ve şekillerinin tasarımında bu üç temel boyuttan faydalanılması bir gereklilik olarak düşünülebilir. Tohum boyutları bir kumpas ile ölçülebileceği gibi görüntü işleme yöntemleri kullanılarak da ölçülebilir mümkündür (4).

### Küresellik

Küresellik değeri, tohumların uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçüleri dikkate alınarak hesaplanabilir. Küresellik, tohumların şeklen bir küreye ne kadar yakın olduğunun ölçüsü olarak düşünülebilir (58, 59). Buna göre, küresellik değeri düşük olan tohumların tohum akış düzgünlüğünün olumsuz etkilenebileceği ve buna bağlı dağılım düzgünlüğünün bozulabileceği tahmin edilebilir. Ekici üniteler, tohumları mümkün olabildiğince “kabul edilebilir tohum aralığında” (KETA), ikizleme ve boşluk oranları düşük olacak şekilde ekebilmelidir. Küresellik değeri dikkate alınarak tasarlanmış ekici düzeneklerin KETA dağılımında daha başarılı olacağı söylenebilir (8, 59). Küresellik değeri ( $\phi$ ) 1 nolu formül yardımıyla hesaplanabilir (4).

$$\phi = \frac{\sqrt[3]{l \cdot w \cdot t}}{l} \quad (1)$$

### Aritmetik Ortalama Çap ve Geometrik Ortalama Çap

Boyut ve şekil özellikleri, akışkanlık, sıkıştırılabilme ve karıştırılabilme gibi tohumların farklı işlemlerdeki davranışlarını büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Küresel tohumlar, sadece boyut teknikleriyle yeterince karakterize edilebilir, ancak şekil olarak düzensiz tohumları en iyi şekilde karakterize etmek için ek şekil ölçümleri gerekebilmektedir. Tohumların aritmetik ortalama çap ve geometrik ortalama çap değerleri, diğer fiziksel özellikler ile birlikte tasarlanan bir ekim veya eleme düzeneğinde tohumların serbestçe akabileceği en küçük delik çapının seçilmesi ve uygun tohum çıkışlarının tasarlanması bakımından kullanışlı olabilmektedir. Aritmetik ortalama çap ( $D_a$ ) ve geometrik ortalama çap ( $D_g$ ) değerleri 2 ve 3 nolu formül yardımıyla hesaplanabilir (18, 59).

$$D_a = \frac{l + w + t}{3} \quad (2)$$

$$D_g = \sqrt[3]{l \cdot w \cdot t} \quad (3)$$

## Bin Dane Ağırlığı

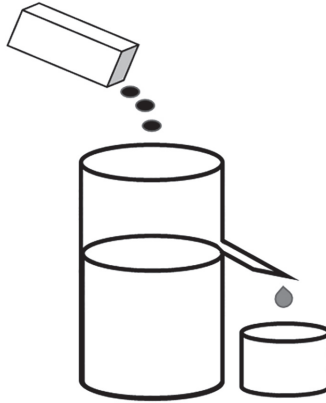
Tohum önemli bir yatırımdır ve doğru ekim normunu ayarlamak, sezonun geri kalanında bir tarladaki bitki popülasyonunu etkileyecektir. Bin dane (tohum) ağırlığı, hedef bitki sıklığına göre, belirli bir ürün türü veya çeşidine en uygun ekim normunu hesaplamak için oldukça kullanışlıdır. Bunun yanında, verim tahmini yapmak, hasatta ürün kayıp miktarlarını belirlemek ve tohum akış düzenliliği için yapılan modelleme çalışmalarında kullanılabilir (7).

Bin dane ağırlığı belirlenirken, bir tohum çeşidinden rastgele seçilen 1000 adet tohum, 100'er tohumluk alt gruplara ayrılarak hassas terazide tartılır. Alt gruba ayırma işlemi, hem tartım tekerrürü sağlamak, hem de tohum sayımındaki hata olasılığını azaltmak adına yarar sağlayabilmektedir. Tartım yapılan terazinin hassasiyetinin en az 0.001 gram olması ölçüm tutarlılığı bakımından tavsiye edilebilir (4, 30, 43, 56).

## Hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı ve porozite

Tohumların hacim ağırlığı (yığın yoğunluğu), tohum numunelerinin kütesinin toplam hacmine oranıdır. Tohumların önceden belirlenmiş ağırlığa sahip sabit hacimli bir kaba doldurulması ve tohum kütesini bulmak için ağırlığının yeniden bir hassas tartı ile ölçülmesiyle belirlenir (18, 19, 36).

Gerçek hacim ağırlığı (gerçek yoğunluk) ise tohum numunelerinin kütesinin boşluksuz hacmine oranıdır. Boşluksuz hacmin belirlenebilmesi için "sıvı yer değiştirme metodu" kullanılabilir (26). Yoğunluğu bilinen bir sıvı içerisine ağırlığı bilinen bir tohum örneği atıldığında, tohum hacmi kadar sıvı taşacaktır (Şekil 2). Buna göre, gerçek hacim ağırlığı ( $\rho_1$ ) 4 ve 5 no'lu formül yardımıyla hesaplanabilir.



Şekil 2. Sıvı yer değiştirme metodu ile tohum örneği hacminin belirlenmesi

$$V_{sivi} = \frac{m_{sivi}}{\rho_{sivi}} \quad (4)$$

$V_{sivi}$  : Taşan sıvı hacmi ( $cm^3$ )

$m_{sivi}$  : Taşan sıvı ağırlığı (g)

$\rho_{sivi}$  : Sıvı yoğunluğu ( $g\ cm^{-3}$ )

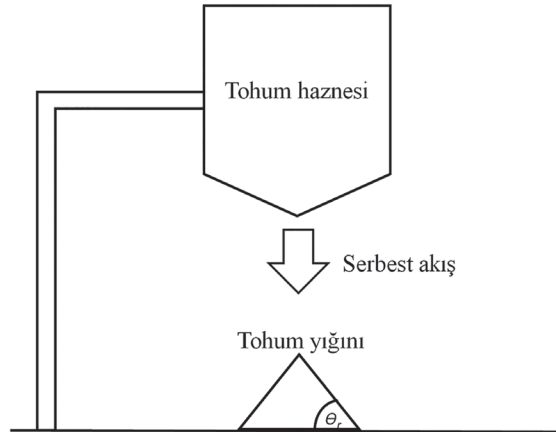
$$\rho_t = \frac{m_{tohum}}{V_{sivi}} \quad (5)$$

Gerçek hacim ağırlığı ( $\rho_t$ ) ve hacim ağırlık ( $\rho_b$ ) değerleri kullanılarak 6 no'lu eşitlik yardımıyla porozite ( $\varepsilon$ ) değerleri hesaplanabilmektedir (30).

$$\varepsilon = \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \quad (6)$$

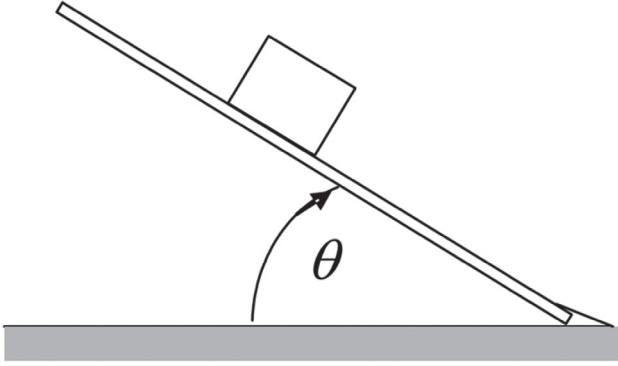
### Doğal Yığılma Açısı ve Statik Sürtünme Açısı

Doğal yığılma açısı, serbest akış ile bir noktaya koni şeklinde yığılan tohumların oluşturduğu birikimin yanal yüzeyi ile tabanı arasında oluşan açıdır. Serbest akışın sağlanabileceği bir düzeneğe ile tohum yığını oluşturulabilmektedir (Şekil 3). Doğal yığılma açısı tohumların birbirleri ile sürtünme özelliğini temsil eder (58).



Şekil 3. Doğal yığılma açısı belirleme düzeneği

Tohumların diğer yüzeylerle sürtünme özelliklerinin belirlenebilmesi için statik sürtünme açısı ölçümü yapılmaktadır. Farklı metal ve plastik yüzeylerin yanı sıra cam yüzeylerde statik sürtünme açılarının belirlenmesi mümkündür (60). Bu amaçla, statik sürtünme açısını belirleme düzeneğine (Şekil 4) yerleştirilen farklı yüzeyler üzerinde, alt ve üst yüzeyi bulunmayan 5 cm x 4 cm boyutlarında silindirik bir kabı silme şekilde tohum ile doldurduktan sonra, yüzeyin eğimi artırılarak kutunun kaymaya başladığı andaki açısı ( $\theta$ ) ölçülebilir (4).



Şekil 4. Statik sürtünme açısı belirleme düzeneği şematik gösterimi

Tespit edilen açılara göre sürtünme katsayıları 7 no'lu eşitlik kullanılarak hesaplanabilir (4, 30, 36, 42, 61).

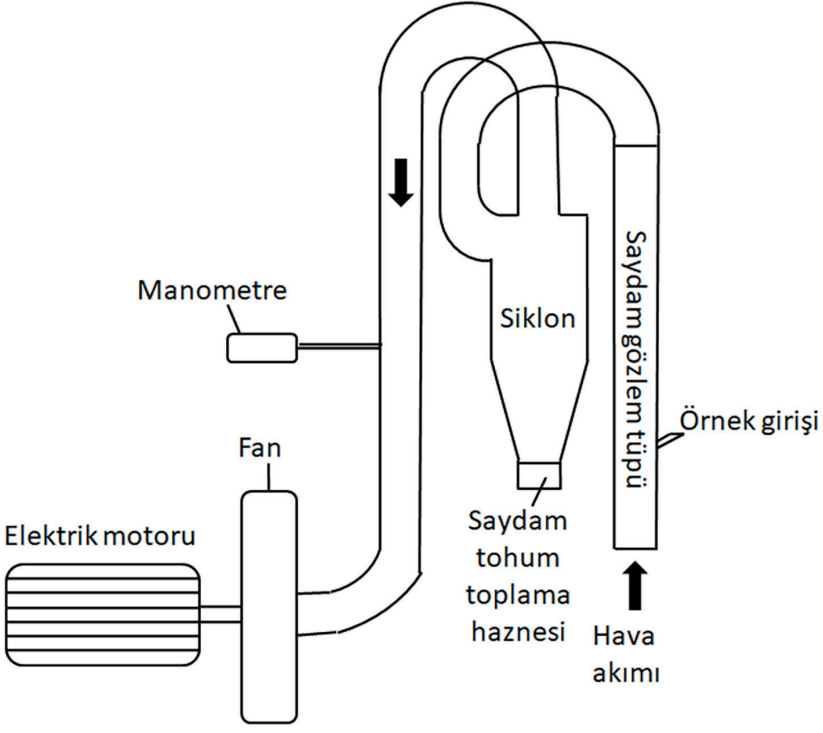
$$\mu = \tan \theta \quad (7)$$

### Kritik hız

Tohumların aerodinamik özellikleri, hava akımlı sistemlerin tasarımlarında göz önünde bulundurulmalıdır. Tohum temizleme sistemlerinin yanı sıra, hava akımlı (pnömatik) ekim makinalarının işletme hava basınçlarının belirlenmesi gibi tasarım aşamalarında kritik hız özelliğinin bilinmesi önemlidir (8).

Kritik hız, zemine dik ve yukarı yönlü hava akımında, tohumların üzerindeki yerçekimi ve hava direnci eşitlendiğinde ulaşılan hava akım hızı olarak tanımlanabilir. Kritik hız değerlerinin belirlenmesinde Şekil 5'te görülen sistem kullanılabilir (4, 18).





Şekil 5. Kritik hız belirleme düzeneği

## SONUÇ

Tarımda çeşitli aşamalarda farklı amaçlarla tohumlar kullanılmaktadır. Ekim, hasat ve hasat sonrası işlemlerde tohum kaybını en aza indirebilmek için tohum fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi ve bu işlemlerde kullanılan alet, makine veya sistemlerin tasarımlarının bu özellikler gözetilerek gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Özellikle ekimde başarının iyi düzeyde olması, birim alandan alınan ürün veriminin yüksek olmasında etkilidir. Gerek ekime hazırlıkta tohum temizleme, eleme, sınıflandırma, çimlendirme gibi aşamalarda, gerekse ekim sırasında fiziko-mekanik özelliklere bağlı tasarlanmış, uyarlanmış veya ayarlanmış düzenekler ile çalışmak, en önemli tarımsal girdilerden biri olan tohumların kullanımında tasarruf sağlayabilir. Ekici ünitelerin tohum akış düzgünlüğü, sıra üzeri dağılım düzgünlüğü ve ayaklar arası tohum dağılımı bakımından doğru şekilde işlevini yerine getirmesi ile yaşam alanı düzgün oluşturularak bitkisel üretim sahalarında verimlilik artırılacaktır.

## KAYNAKLAR

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA) (2020). The Sustainable Development Goals Report 2020. ISBN: 978-92-1-101425-9 e-ISBN: 978-92-1-004960-3 ISSN: 2518-3915 Sales No.E.20.I.7. Available from; <https://unsstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>
2. Degirmencioglu A, Mohtar R, Daher BT, Ozgunaltay-Ertugrul G, Ertugrul O. (2019). Assessing the Sustainability of Crop Production in the Gediz Basin-Turkey: A Water - Energy and Food Nexus Approach. *Fresen Environ Bull.* 2019;28:(4):2511-2522. [https://wefnexus.tamu.edu/files/2019/04/Degirm\\_etal\\_GedizBasin.pdf](https://wefnexus.tamu.edu/files/2019/04/Degirm_etal_GedizBasin.pdf)
3. Evcim, H. Ü., A. Değirmencioğlu, G. Özgünaltay Ertuğrul, İ. Aygün (2012) Advancements and transitions in technologies for sustainable agricultural production. *Economic and Environmental Studies*. Vol. 12, No.4 (23/2012), 459-466, ISSN paper version 1642-2597 ISSN electronic version 2081-8319.
4. Ertuğrul, Ö., Yılar, M., Kır, H., Kömekçi, C. (2022). Some physical, chemical, and germination properties of *Peganum harmala* L. seeds. *Food Process Eng.* 2022; e13967. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13967>
5. Lei, X., Hu, H., Wu, W., Liu, H., Liu, L., Yang, W., Zhou, Z., Ren, W. (2021). Seed motion characteristics and seeding performance of a centralised seed metering system for rapeseed investigated by DEM simulation and bench testing. *Biosystems Engineering*, 203, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.12.017>
6. Besharati, B., Navid, H., Karimi, H., Behfar, H., Eskandari, I., (2019). Development of an infrared seed-sensing system to estimate flow rates based on physical properties of seeds, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.162, 2019, 874-881, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.041>
7. Ertuğrul, Ö., (2010). Kanola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) ekim yöntemlerinin matematik-istatistik analizi ve ekici düzenlerin geliştirilmesi, Doktor Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, İzmir
8. Önal, İ. (2017). Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi Yayın No.490 s. 44-50.
9. Özdemir, M.H., Degirmencioglu, A. (2020). Mathematical Modelling of the Volumetric Efficiency for Fluted Rolls Metering Different Crop Seeds. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(11): 2453-2459 DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i11.2453-2459.3755>
10. Yazgi, A., Demir, V., Değirmencioğlu, A. (2020). Comparison of computational fluid dynamics-based simulations and visualized seed trajectories in different seed tubes. *Turk J Agric For* (2020) 44: 599-611 doi:10.3906/tar-1910-15
11. Yıldırım Y, Kuş, E., (2016). Ekici makaralarda farklı oluk çap ve derinliklerinin soya tohumunun akış düzgünlüğüne etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (2): 127-132.
12. Önal, İ., Ertuğrul, Ö. (2011a). Üstten akışlı oluklu ekici makaranın soğan, havuç ve kanola tohumları için tohum akışı ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17 (2011) 10-23.

13. Önal, İ., Ertuğrul, Ö. (2011b). Üstten akışlı mini oluklu ekici makaranın soğan, havuç ve kanola tohumları için tohum akışı ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 7 (4), 437-448.
14. Yazgı, A., Değirmencioglu, A. (2007). Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology, *Biosystems Engineering*, Volume 97, Issue 3, 2007, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.013>
15. Yıldırım Y, Turgut N (2007). Yonca ve susamın farklı oluk şekilli ekici makaralardan akış özelliklerinin araştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1): 51-58.
16. Ertuğrul, Ö., Önal, İ. (2006). Çimlendirilmiş Susam Tohumu Ekim Tekniği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2006, 2(2), 125-131.
17. Kwiatkowski, J., Krzyżaniak, M., Załuski, D., Stolarski, M. J., Tworkowski, J. (2020). The physical properties of fruits and the physiological quality of seeds of selected crambe genotypes, *Industrial Crops and Products*, 145(2020)111977, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111977>
18. Karaj, S., Müller, J., (2010). Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of *Jatropha curcas* L., *Industrial Crops and Products* 32 (2010) 129–13. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.001>
19. Yılar, M., Altuntaş, E., (2017). Determination of some physical properties of the annual and perennial sage (*Salvia viridis* L., *Salvia cryptantha* Montbret et Aucher) varieties seeds. *Mediterranean Agricultural Sciences* (2017) 30(2): 137-141.
20. Dumanoglu, Z., Sönmez, Ç. (2021). Farklı Sürelerde Depolanan Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Tohumlarının Karşılaştırmalı Olarak Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(2), 365-375.
21. Abalone, R., Cassinera, A., Gaston, A., Lara, M.A., 2004. Some physical properties of Amaranth seeds. *Biosyst. Eng.* 89,109–117.
22. Zewdu AD (2011). Moisture-dependent physical properties of Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) seeds. *The Philippine Agricultural Scientist*, 94 (3): 278-284.
23. Bäuml, E., Cuniberti, A., Nolasco, S. M., & Riccobene, I. C. (2006). Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering*, 72(2), 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.029>
24. Gupta, R. K., Das, S. K., (1997). Physical Properties of Sunflower Seeds. *J. agric. Engng Res.* (1997) 66,1–8.
25. Joshi, D. C., Das, S. K., Mukherjee, R. K., (1993). Physical Properties of Pumpkin Seeds, *J. agric. Engng Res.* 54(3), 219-229. ISSN 0021-8634, <https://doi.org/10.1006/jaer.1993.1016>
26. Altuntas, E., Demirtola, H. (2007). Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35:4, 423-433, <https://doi.org/10.1080/01140670709510210>
27. Unal, H., Işık, E. and Alpsoy, H.C. 2006. Some physical and mechanical properties of black-eyed pea (*Vigna unguiculata* L.) grains. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 9(9): 1799–1806.
28. Tabatabeefar A (2003). Moisture-dependent physical properties of wheat. *Int. Agrophysics*. 17: 207-211.

29. Altuntaş, E., Özgöz, E. and Taşer, Ö.F. 2005. Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) seeds. *J. Food Eng.*, 71: 37–43.
30. Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., Tomas, M. C. (2008), Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products* 28 (2008) 286–293. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.03.009>
31. Baryeh EA (2002). Physical Properties of Millet. *J. Food Eng.* 51: 39-46.
32. Yalçın, I. and Özarlan, C. 2004. Physical properties of vetch seed. *Bios. Eng.*, 88: 507–512.
33. Vishwakarma, R.K., Shivhare, U.S. & Nanda, S.K. (2012). Physical Properties of Guar Seeds. *Food Bioprocess Technol* 5, 1364–1371. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0514-x>
34. Paksoy M, Aydin C (2004). Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *J. Food Eng.*, 65: 225-231.
35. Oyedeji, A.B., Sobukola, O.P., Green, E., Oluwafemi, A. A., (2021). Physical properties and water absorption kinetics of three varieties of *Mucuna* beans. *Sci Rep* 11, 5450.
36. Razavi S M A, Yeganehzad S & Sadeghi A (2009). Moisture dependent physical properties of canola seeds. *Journal of Agricultural Science Technology* 11(3): 309-322 <https://jast.modares.ac.ir/article-23-3411-en.pdf>
37. Dursun, E. and Dursun, I. 2005. Some physical properties of caper seed. *Bios. Eng.*, 92: 237–245.
38. Suthar S.H., Das S.K. (1996). Some physical properties of karingda (*Citrus lanatus* (thumb) mansf) grains. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(1): 15–22.
39. Sacilik K, Ozturk R and Keskin R (2003). Some physical proprieties of hemp seed. *Biosystems Engineering*, 86 (2): 191-198.
40. Coşkuner, Y., Karababa, E. (2007). Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 78, 1067–1073. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.017>
41. Selvi K.C., Pinar Y., Yesiloglu E. (2006). Some physical properties of linseed. *Biosystems Engineering*, 95 (4): 607-612.
42. Singh, K. K., Goswami, T. K. (1996). Physical Properties of Cumin Seed. *J. agric. Engng Res.* (1996)64,93 – 98. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0049>
43. Vilche C., Gely, M., Santalla, E. (2003). Physical Properties of Quinoa Seeds. *Biosystems Engineering* (2003) 86 (1), 59–65. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00114-4](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00114-4)
44. Kareem, I., Owolarafe, O.K., Ajayi, O.A., (2013). Moisture-Dependent Physical Properties of Kola Nut (*Cola nitida*) Seed. *Food Bioprocess Technol* 6, 2938–2942. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0864-z>
45. Kaliniewicz, Z.; Markowski, P.; Anders, A.; Jadwisieńczyk, K.; Żuk, Z.; Krzysiak, Z. (2019). Physical Properties of Seeds of Eleven Fir Species. *Forests* 2019, 10, 142. <https://doi.org/10.3390/f10020142>
46. Önen H, Altuntaş E, Özgöz E, Bayram M and Özcan S (2014). Moisture Effect on Physical Properties of Knotweed (*Polygonum cognatum* Meissn.) seeds. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University (JAFAG)*, 31 (2): 15-22.

47. Aydın, C., Ögüt, H., Konak, M. Some physical properties of Turkish Mahaleb. *Biosystems Engineering*, 82 (2) (2002), pp. 231-234
48. Çarman, K. (1996). Some physical properties of lentil seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63 (2) (1996), pp. 87-92
49. Coşkun M.B., Yalçın I., Özarlan C. (2006). Physical properties of sweetcorn seed (*Zea mays saccharata* Strut.). *J. Food Eng.* 74: 523–528.
50. Konak M, Çarman K, Aydın C (2002). Physical properties of chick pea seeds. *Biosyst. Eng.* 82(1): 73-78.
51. Özarlan, C. 2002. Physical properties of cotton seed. *Bios. Eng.*, 83: 169–174.
52. Shafiee S, Modares Motlagh A and Minaei S (2010). Moisture dependent physical properties of fennel seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 5(17): 2315-2320.
53. Hauth, M. R., Botelho, F. M., Hoscher, R. H., Botelho, S. C. C., Oliveira, G. H. H., (2018). Physical Properties of Different Soybean Cultivars during Drying. *Engenharia Agrícola*. 2018, v.38, n.4 <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n4p590-598/2018>
54. Deshpande, S.D., Bal, S. and Ojha, T.P. 1993. Physical properties of soybean. *J. Agr. Eng. Res.*, 56: 89–98.
55. Dumanoğlu, Z., Çakmak, B. (2019). “Tohum uygulamalarının soğan (*Allium cepa* L.) tohumunun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi”. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 53-66.
56. Tunde-Akintunde, T.Y., Akintunde, B.O. (2004). Some Physical Properties of Sesame Seed. *Biosystems Engineering* (2004) 88 (1), 127–129. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.009>
57. Kasap, A., Altuntas, E., (2006). Physical properties of monogerm sugarbeet (*Beta vulgaris* var. *altissima*) seeds, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34:4, 311-318, DOI:10.1080/01140671.2006.9514421
58. Alayunt, F. N. (2000). Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 541, İzmir
59. Mohsenin N N (1986). Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York
60. Altuntaş, E., Naneli, İ. (2018). Bazı Çeltik Çeşitlerinin Geometrik, Hacimsel, Renk ve Sürtünme Karakteristiklerinin İncelenmesi. *GBAD*, 2018, 7 (2), 77-86.
61. Avicara, N. A., Gwandzang, M. I., Haque, M. A. (1999). Physical Properties of Seeds. *J. Agric. Engng Res.* (1999) 73, 105-111. <https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0374>

