

Şeker Pancarı Tohumluğunda Elektrostatik Ayırma Olanakları*

Zülfi SARIPINAR¹, Mustafa VATANDAŞ²

¹T.Ş.F.A.Ş Tohum İşleme Fabrikası, Ankara

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara
zulfu1972@myynet.com

Geliş Tarihi (Received): 02.06.2015 Kabul Tarihi (Accepted): 09.06.2015

Özet: Bu çalışmada, elektrostatik ayırma yönteminin, şeker pancarı tohumluğunda uygulanabilirliğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu amaçla elde edilen iki farklı nemdeki (% 10,3-14,8) tohumluk materyali, iki farklı gerilimde (DC 21-33 kV) geliştirilen elektrostatik ayırıcı düzenekten geçirilerek sınıflandırılmaya tabi tutulmuştur. Üç bölmeli sınıflandırıcıda elde edilen tohumların çap dağılımı, ağırlık ve yüzde olarak belirlenmiş ve yüzde değerleri istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Diğer yandan aynı koşullarda alınan sınıflandırılmış tohumluk örneklerine çimlenme deneyi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar gerilim seviyesi ve nem farklılıklarının değişik çap sınıflarında ayırma parametresi olarak etkili olabildiğini göstermiştir. Buna göre şeker pancarı tohumluğunda elektrostatik ayırmanın, özellikle 21 kV gerilim düzeyinde ve % 10,3 nem düzeyinde boş tohumların ayrılmasında etkili olabileceği belirlenmiştir. Bu durum elektrostatik ayırmanın diğer bazı tohumluk çeşitlerinde olduğu gibi şeker pancarı tohumluğunda da son işlem olarak kullanılabilceğini ve bu amaçla makine geliştirme olanaklarının bulunduğunu ortaya koymuştur

Anahtar kelimeler: Elektrostatik ayırma, şeker pancarı tohumu, tohum sınıflandırma.

The Possibilities of Using Electrostatic Separation for Sugar Beet Seeds

Abstract: This In this study, it is aimed to demonstrate the applicability of sugar beet seed with using electrostatic separation method. For this purpose, two different DC voltage of 21 and 33 kV developed through electrostatic mechanisms were applied to seeds with two different humidities of 10.3 and 14.8 % and then seeds were classified by the seperator. Distribution of diameter of the seeds obtained from three-chamber separator was determined as a percentage and weight and percentage values were subjected to statistical analysis. On the other hand, seed germination experiment was applied to the classified seeds under the same conditions. The results showed that voltage level and humidity differences can be effective in different diameter classes as a separation parameter. Accordingly, electrostatic separation for the sugar beet seed was determined to be effective in the separation of empty seeds, especially at the level of 21 kV voltage and 10.3% moisture. Electrostatic separation could also be used the last process of sugar beet seeds as well as some other varieties of seeds and concluded that there would be machine development opportunities for this purpose in near future.

Key words: Electrostatic separation, sugar beet seed, seed sorting

* Yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

GİRİŞ

Bir endüstri bitkisi olan şeker pancarı, Türkiye'nin toplam 160 milyon 924 bin dekarlık bitkisel üretim alanının, % 2'lik kısmında ekilmektedir. Diğer yandan elde edilen ürün, toplam üretimin pazarlama değerinin % 8'ini oluşturmaktadır (Anonim 2009). Bu sayısal değerler, tarımsal gelir ve üretim olanakları göz önüne alındığında; şeker pancarı tarımının ekonomik öneminin oldukça büyük olduğunu ortaya koymaktadır.

Şeker pancarı bitkisi, ikinci gelişme yılında ekolojik şartlara ve bölgelere göre değişmekle beraber, Haziran-Temmuz aylarında yumrunun baş kısmında bazen bir, bazen de bir kaç adet sürgün çıkartarak sapı meydana getirmektedir. Şeker pancarı çiçekleri döllendikten sonra, tohum teşekkül etmekte ve bu tohum topraklarına glumerol denilmektedir. Çok ruşeymli (embriyolu) pancarlardan poligerm, tek ruşeymli pancarlardan ise monogerm tohum elde edilmektedir. (Er ve Uranbey 2004). Şeker pancarı bitkisinin tohumları sert kabukludur ve renkleri genellikle kahverengi olmaktadır. Şekil 1'de ham (işlenmemiş) ve işlenmiş genetik monogerm tohumlar görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Şeker pancarı tohumu (a. İşlenmiş tohum, b. Ham (işlenmemiş) tohum, c. poligerm tohum kesidi)

Genetik monogerm şeker pancarı tohumunun işlenmesinde, tarladan elde edilen işlenmemiş materyalden (ham tohum); çift ruşeymli, boş, cılız ve ağır tohumlar ile taş, çöp vb yabancı maddelerin ayrılması; ekim makinesine uygun, belirli kalibrasyon aralığında (3,25-4,50 mm çap aralığında) bulunan, canlılığı yüksek tohumların bir araya getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşılırken belirli bir işlem akışı uygulanmaktadır. Bu akış içinde farklı prensiplerle çalışan, farklı yapıda makineler yer almaktadır.

Şeker pancarı tohumunda işleme sürecinde uygulanan yöntemler şu şekilde sıralanabilmektedir:

1. Eleme
2. Perikarp inceltme (Cilalama)
3. Hava akımıyla ayırma
4. Gravite eleğiyle ayırma.

Her genetik monogerm şeker pancarı tohum çeşidinin ve bunların oluşturduğu partilerin özellikleri (tohum çapları, çift ruşeymlilik, boş tohum, nem vb) birbirinden farklı olabilmektedir. Bunun için tohumluk partilerinin işlenmesinde uygulama seviyeleri farklılık gösterebilmektedir.

Temizleme ve ayırma işlemleri sonunda işletme atığı olarak ayrılan maddeler cila tozu, taş, toz, çöp, boş ve ağır tohumlar ile çok ruşeymli tohumlar şeklinde olmaktadır. Tohum çeşidine göre değişmekle beraber, işleme randımanı (ham tohumdan elde edilen işlenmiş tohum miktarı) % 50 – 75 arasında gerçekleşebilmektedir.

Bu bildiriye konu olan çalışmanın temelini, şeker pancarı tohumluğunun işlenmesi sırasında boş tohumların ayrılmasında geleneksel yöntemden daha etkin bir yöntemin kullanılabilirliğinin araştırılması oluşturmaktadır. Bu temelden hareketle, boş tohumu dolu tohumdan ayırabilecek, elektrostatik ayırma prensibiyle çalışan bir makina geliştirilmesine katkıda bulunmak hedeflenmiştir. Bununla birlikte; literatür bilgilerine dayanarak farklı büyüklükteki tohumların elektriksel alandan geçerken farklı davranışlar gösterebileceği, bu davranış farklılıklarının bir ayırma parametresi olarak değerlendirilebileceği öngörülmüştür. Sonuçta şeker pancarı tohumluğunun temizlemesi ve sınıflandırılması sürecine, teknolojik bir katkıda bulunmak amacı güdülmüştür. Bu düşüncelerden hareketle, iki farklı nem ve iki farklı gerilim düzeyi için çalışma planlanmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Elektrostatik Yüklemenin Fiziksel Esasları

Elektrostatik, zamanla değişmeyen (statik) sistemlerdeki elektrik yükleri ile elektrostatik alan arasındaki etkileşimlerin bilimi olarak açıklanmaktadır. Elektrostatik uygulamaları genellikle iki prensibe dayanmaktadır. Birinci prensip, homojen ve izotrop (özdeş) bir ortam içerisinde bulunan ve aralarındaki uzaklık r olan, Q ve q miktarlarındaki noktasal iki elektrik yükünün birbirlerine etki ettirdiği kuvvetin yüklerle doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu belirten "Coulomb Yasası"dır.

İkinci prensip ise bir yük üzerinde bir grup yükten ($q_1, q_2, q_3 \dots q_N$) ileri gelen kuvvetin, sadece tek tek Coulomb kuvvetlerinin toplamı olduğunu belirten "Üst Üste Gelme İlkesi" olarak bildirilmektedir (Şekil 2) (Pollack ve Stump 2004).

Buna göre q_1 yüküne etkiyen kuvvet (F_1),

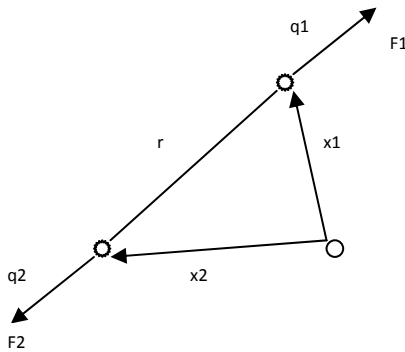
$$F_1 = (K \cdot q_1 \cdot q_2) / r^2$$

eşitliğiyle bildirilmektedir (Pollack ve Stump 2004).

Bu eşitlikte yer alan K , oranı sabitidir ve

$$K = 1 / 4\pi\epsilon$$

eşitliğine bağlıdır. Buradaki ϵ ortamın dielektrik sabitesini göstermektedir.



Şekil 2. Zıt yönde etkileşen kuvvetler (Pollack ve Stump 2004)

Elektrik yüklerinin etraflarında meydana gelen elektriksel alanlar, alan kuvvet çizgileri oluşturmakta ve bu kuvvetler yükler üzerinde etkili olmaktadır. Elektrostatik ayırma ve sınıflandırmada da oluşan bu kuvvetlerin etkisiyle materyalin hareket etmesi ilkesinden yararlanılmaktadır.

Elektrostatik uygulamalarda ortaya çıkan kuvvet,

$$F_q = q \cdot E(x)$$

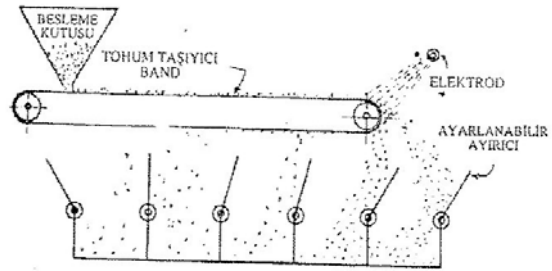
olarak verilmektedir (Pollack and Stump 2004). Bu eşitlikte F_q elektrik alanının q yüklü bir parçacık üzerindeki etki kuvvetini; x , q yüklü parçacığın konumunu, $E(x)$ ise elektrik alanını ifade etmektedir.

Bu eşitlikten, elektriksel alanın bir yükü nasıl etkilediğinin açıklanmasında yararlanılmaktadır (Önal 1984, İdemen 1990, Pollack ve Stump 2004).

Elektrostatik alan uygulamaları, yüzlerce kW'lık büyük ölçekli sistemlerde (örneğin fabrika bacalarından çıkan parçacıkların tutulmasında 100 kV'luk gerilim altında ve 2 A toplama akımında) gerçekleştirilebileceği gibi; yaklaşık 1 W güç kullanan küçük çapta uygulamalara (örneğin kumaş ve kağıt üzerindeki liflerin toplanması) da rastlanabilmektedir.

Elektrostatik Yöntemle Tohum Ayırma ve Sınıflandırma

Tohumları elektriksel özelliklerine göre ayıran makinalara "Elektrostatik Ayırıcı"(electrostatik separator) adı verilmektedir. Tipik bir elektrostatik ayırıcı, elektrik alanı oluşturmak için kullanılan bir elektrot ve tohumları ince bir tabaka halinde elektrot altından geçirerek taşıyan bantlı konveyörden oluşmaktadır (Şehirali 2002). Böyle bir ayırıcının şematik görünümü Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Bantlı tip elektrostatik tohum ayırıcının şematik görünümü (Vaughan vd. 1968)

Bir elektrostatik ayırıcıda, besleyiciden ayarlanan miktarda taşıyıcı bant ya da tambur üzerine bırakılan tohumlar, elektrot tarafından oluşturulan elektrik alanının içinden geçerken, elektriksel özelliklerine bağlı olarak, farklı yörüngeler çizerek farklı mesafelere taşınmaktadır (Şekil 3). Bu duruma göre elektriksel özellikleri aynı olan tohumlar hemen hemen aynı yörüngeyi izleyerek aynı mesafeyi katetmekte ve yere düşmektedirler. İyi iletkenlik özelliği gösteren tohumlar, üzerlerine aldıkları elektrik yükünü topraklanmış kasağa ya da makina gövdesine çabuk vererek kaybetmekte ve bantı daha erken terk etmektedirler. Nispeten daha az iletken olan tohumlar ise, yükleri nötr duruma gelinceye (yavaş yavaş boşalınca) kadar banta yapışık kalmakta ve bantı daha geç terk etmektedirler (Dursun 1992).

Elektrostatik yöntemle tohum temizleme konusunda yapılan çalışmalar göstermiştir ki; elektrotun tipi, konumu ve kasağa uzaklığı,

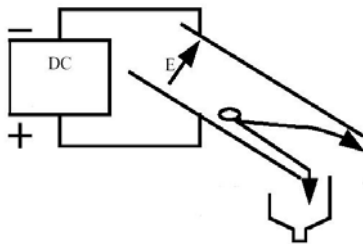
topraklanmış olan kasağın dakikadaki devir sayısı, voltaj miktarı, şarjın pozitif veya negatif oluşu, bölücü konumları, besleme miktarı ve tohumların yüzey yapıları, şekilleri en önemlisi elektriksel iletkenlik özellikleri elektrostatik ayırıcının ayırma başarısına etki etmektedir. Bu faktörlerin yanında tohumun nem derecesi ve ayırmanın yapıldığı alandaki havanın nispi nemi de ayırmaya etkili diğer faktörlerdir (Dursun 1992, Harmond vd. 1961).

Elektrostatik Yüklemenin Tarımdaki Kullanımına Dönük Çalışmalar

Mohsenin (1980) tarımsal ürünlerin işlenmesinde; elektriksel iletkenliklerinin dielektrik özelliklerinin ve elektromanyetik radyasyona tepkilerinin önemli olduğunu vurgulamış ve elektrostatik ayırma önem arzeden tohum iletkenliğini; "tohum yüzeyinde elektriksel şarjın tutulma durumu" olarak açıklamıştır.

Pozeline (2001) keten tohumları ile yapmış olduğu çalışmada, elektriksel alan kullanımının, kontrol grubuna göre % 60-70 oranında biyolojik olarak değerli tohumları ayırabildiğini, elektriksel alan uygulamasının çimlenmeye olumlu olarak etki ettiğini ve elektriksel alan uygulamasının tohum hastalıklarının minimizasyonunda etkili olduğunu göstermiştir

Kerdonfag (2004) yapmış olduğu çalışmayla geliştirdiği makinede, 10 kg çeltik tohumu ile 50 gr çim tohumu karışımını, 38-40 kV DC elektrik voltaj aralığının sağladığı elektriksel alandan geçirerek, 21 °C uygulama sıcaklığında ve % 65-85 bağıl nem aralığında % 93 oranında bir ayırma sağlamayı başarmıştır. Şekil 4'de geliştirilen makinenin çalışma ilkesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. Çim ve çeltik tohumunu ayırmak için makinenin çalışma ilkesi (Kerfondag 2004)

Abdel-Salam vd. (2004) yapmış oldukları çalışmada, korona şarjı ile iyon bombardımanına tutulan ayırıcıda, kırık buğday tohumlarının kırık olmayan sağlamlarından ayrılmasında başarı sağlamışlardır. Araştırmacılar kullandıkları elektrostatik ayırıcıda, korona etkisiyle oluşan iyonizasyon artışının, kırık tohumların ayırma miktarını artırdığını

bildirmişlerdir. Ayırıcıda korona şarjı elde etmede kullanılan gerilimin 70 kV (DC) düzeyine kadar çıktığı belirtilmiştir.

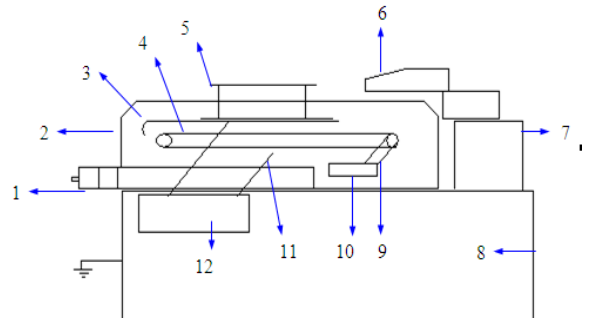
MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

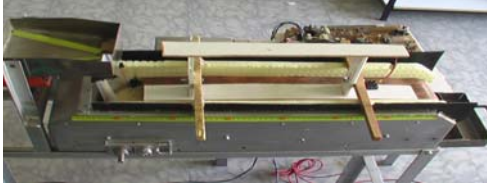
Elektrostatik ayırma düzeneği

Şeker pancarı tohumunun ayrılmasında kullanılmak üzere tasarlanan elektrostatik ayırma düzeneği Şekil 5'te şematik olarak verilmiştir. Düzenek esas olarak ayırıcı tabla, bakır elektrot, döner bant, tohum besleme ünitesi ve DC gerilim kaynağından meydana gelmektedir. Elektriksel izolasyon amacıyla bakır elektrotun yan taraflarında plastik konveyör bantı ve XPS yalıtım plakaları kullanılmıştır. Düzenekte yer alan bantın hızı çarkı döndüren DC motorun gerilim seviyesi ile ayarlanmıştır. Düzeneğin yüksekliği 120 cm, boyu 120 cm ve eni de 40 cm' dir. Şekil 6'da ise elektrostatik ayırıcının görünüşü verilmiştir.

Şeker pancarı tohumunun ayrılmasında kullanılmak üzere tasarlanan elektrostatik ayırma düzeneği Şekil 5.'te şematik olarak verilmiştir. Düzenek esas olarak ayırıcı tabla, bakır elektrot, döner bant, tohum besleme ünitesi ve DC gerilim kaynağından meydana gelmektedir. Elektriksel izolasyon amacıyla bakır elektrotun yan taraflarında plastik konveyör bantı ve XPS yalıtım plakaları kullanılmıştır. Düzenekte yer alan bantın hızı çarkı döndüren DC motorun gerilim seviyesi ile ayarlanmıştır. Düzeneğin yüksekliği 120 cm, boyu 120 cm ve eni de 40 cm' dir. Şekil 3.2'de ise elektrostatik ayırıcının görünüşü verilmiştir.



Şekil 5. Tasarlanmış olan elektrostatik ayırıcının şematik görünümü (1. Sınıflandırma tablası, 2. Yan sınırlandırıcılar, 3. Bakır elektrot (Kalınlık 0,1 mm, genişlik 150 mm), 4. Döner plastik bant, 5. Mesafe ayarlayıcı, 6. Titreşimli tohum besleme düzeneği, 7. Tohum besleme düzeneği desteği, 8. Şase, 9. Bant tahrik zinciri, 10. Bant tahrik motoru (DC 24 V), 11. Şasi elektrik bağlantısı, 12. DC güç kaynağı)



Şekil 6. Geliştirilen elektrostatik ayırma düzeneğinin görünümü

Deneylerde kullanılan şeker pancarı tohumluğu

Deneylerde bin dane ağırlığı ortalama olarak 12,41 g gelen şeker pancarı tohumluğu kullanılmıştır. Çap sınıflarının belirlenmesinde, TÜRKŞEKER'e bağlı Tohum İşleme Fabrikasında halen kullanılan değerler esas alınmıştır. Çap sınıflarına göre yapılan bu analizlerde farklı tohumluklar için karşılaştırılma yapılabilmesi amacıyla, standart değerlerin elde edilebilmesi için, yüzde ağırlık dağılımları kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan tohum çeşidine ait kalibrasyon dağılımı Çizelge 1' de görülmektedir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan şeker pancarı tohumluğunun çap dağılımı

Çap Sınıfı (mm)	Miktar(g)	Dağılım(%)
$D_9 > 5,00$	0,0	0,0
$4,99 > D_8 > 4,75$	0,1	0,1
$4,74 > D_7 > 4,50$	1,4	1,4
$4,49 > D_6 > 4,25$	15,2	15,2
$4,24 > D_5 > 4,00$	22,8	22,8
$3,99 > D_4 > 3,75$	30,1	30,0
$3,74 > D_3 > 3,50$	20,4	20,4
$3,49 > D_2 > 3,25$	8,1	8,1
$3,24 > D_1 > 3,00$	2,0	2,0
Toplam	100,1	100,0

Yöntem

Denemeler, üç tekerürlü ve her tekerrürü 102-103 g seviyelerinde tohum tartılarak yapılmıştır. Her tekerrür sonunda sınıflandırma tablasında toplanan tohumlar tartılmış ve yüzde oranları hesaplanmıştır. Bant üzerinde hareket eden tohumlardan bantın ön kısmına ve banta yapışarak geriye hareket eden, sınıflandırma tablasının arka kısmına düşen tohumlar Kısım-1 olarak, sınıflandırma tablasının orta bölümünde toplanan tohumlar Kısım-2 olarak ve orta kısmın ilerisine düşen tohumlar Kısım-3 olarak ifade

edilmiştir. Denemelerde Gerilim-1 seviyesi olarak 33 kV, Gerilim-2 seviyesi olarak ise 21 kV kullanılmıştır.

Deney materyalinin doğal nem seviyesi (Nem 1), 130 °C'da 4 g tohumla etüvde yapılan analiz sonucunda % 10,3 olarak belirlenmiştir. Doğal nem düzeyinin yanısıra tohumlukta farklı nem seviyesi elde etmek amacıyla 700 g tohum 4 litre saf suya konularak 2 saat bekletilmiş ve süzülükten sonra 24 saat oda sıcaklığında tutularak etüvde nem ölçümü yapılmıştır. Bu amaçla 130 °C'da 4 g tohumla yapılan analiz sonucunda % 14,8 olarak elde edilen nem seviyesi Nem-2 olarak nitelendirilmiştir. Nem ölçümü yaş bazlı ağırlık kaybının belirlenmesine göre yapılmıştır

Denemeye alınan materyalde, gerçekleştirilen 4. ve 14. gün sayımlarıyla çimlenmeyen (boş tohum) ve çimlenme yüzdeleri belirlenmiş ve istatistiksel analizler yapılmıştır (Anonymous 2003). Çimlenme denemeleri ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) kurallarına uygun yapılmıştır.

Tohumluğun çap sınıflarına göre elde edilen veriler ile çimlenme deneyinden elde edilen değerler, tesadüf parselleri deneme tertibinde yapılan varyans analiziyle değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda, gerekli olması halinde farklı ortalamaların belirlenmesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Varyans analizleri MINITAB 15.1 istatistik paket programı kullanılarak, Duncan Testleri ise MSTAT-C İstatistik paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Kalibrasyon Değerlendirmesine İlişkin Bulgular

Deneyler sonucunda elde edilen materyalin, elekler yardımıyla yapılan çap dağılımına ait elde edilen sonuçların nem x kısım x çap sınıfı interaksiyonuna ait değerleri; Gerilim 1 seviyesi için Çizelge 2'de, Gerilim 2 seviyesi için ise Çizelge 3'de verilmiştir. Her iki çizelgede yer alan veriler, ilgili çap sınıfında üç bölmeli (Kısım 1, Kısım 2, Kısım 3) sınıflandırma tablasının ilgili kısmında, toplanan materyalin ağırlığını ve bunun toplam materyal içindeki yüzdesini göstermektedir. Geliştirilen elektrostatik ayırma düzeneği, tohumu, gerilim 1'in her iki nem seviyesinde üç kısma ayırmıştır. Gerilim 2'de ise tohum iki kısma ayrılmıştır. Kısım 3'deki tohumlar istatistiksel olarak ölçümlenemediği için yok sayılmıştır.

Gerilim-1 seviyesi için istatistiksel analiz bulguları

Gerilim-1 seviyesi için denemelerde elde edilen sınıflanma değerleri, olası farklılıkların ortaya konulabilmesi için Varyans analizine ve Duncan testine

Çizelge 2. Gerilim-1 seviyesinde yüzde ağırlık değerlerine ait nem x kısım x çap sınıfı interaksiyonuna ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Çap Sınıfı (mm)	NEM 1			NEM 2		
	Kısım 1	Kısım 2	Kısım 3	Kısım 1	Kısım 2	Kısım 3
D1	1,6000±0,0577E1a	1,6667±0,0882E1a	1,867±0,318E1a	1,000±0,100F1a	0,8667±0,0882F1a	1,666±0,0882G1a
D2	8,300±0,666D1ab	7,400±0,436D1b	9,667±0,888D1a	6,133±0,318E2a	5,067±0,353E2a	6,566±0,088E2a
D3	21,183±0,710B1b	20,533±0,636B1b	25,833±0,578B1a	18,067±0,884C2b	15,400±0,400C2c	20,767±0,567C2a
D4	29,633±0,291A1b	30,533±0,406A1b	32,633±0,260A1a	30,433±0,219A1a	25,700±0,361A2b	30,467±0,867A2a
D5	22,550±0,225B1a	22,400±0,306B2a	18,800±0,153C2b	24,100±0,379B1ab	25,000±0,503A1a	22,900±1,04B1b
D6	14,933±0,633C1a	15,400±0,379C2a	9,900±0,569D2b	15,200±0,961D1b	20,200±0,115B1a	13,600±0,854D1b
D7	1,800 ± 0,153E2a	2,000 ± 0,252E2a	1,300 ± 0,252E2a	4,867 ± 0,233E1b	7,467 ± 0,617D1a	4,033 ± 0,669F1b

1. Aynı nem ve aynı kısımda farklı büyük harf taşıyan çap sınıfı ortalamaları arasındaki fark $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir. 2. Aynı kısım ve aynı elekte farklı rakamı taşıyan nem değeri ortalamaları arasındaki fark $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir. 3- Aynı elek ve aynı nemde farklı küçük harfi taşıyan kısım ortalamaları arasındaki fark $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 7. Ayırıcı tablada Gerilim1 seviyesinde tohumların üç kısma ayrılmış durumu (1. Kısım-1: Bantın ön kısmı ve banta yapışık geriye giden tohumlar, 2. Kısım-2: Orta bölümde toplanan tohumlar, 3. Kısım-3 orta kısmın ilerisine ayrılan tohumlar)

Gerilim-2 seviyesi için istatistiksel analiz bulguları

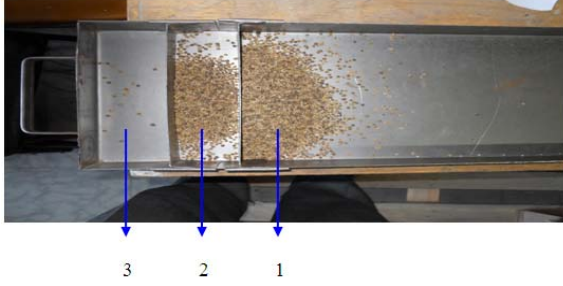
Gerilim-2 seviyesi ile ilgili yapılan denemelerde elde edilen sınıflanma değerleri olası farklılıklarının ortaya konulabilmesi için Varyans analizine ve Duncan testine tabi tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur. Ayrıca Şekil 8'de Gerilim-2 seviyesinde gerçekleştirilen bir deneye ilişkin ayırıcı tabla üzerinde kısımlara ayrılmış tohumlar görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi, bu deneylerde Kısım-3'te toplanan tohum miktarı çok az olduğu için istatistiksel değerlendirme yapılamamıştır.

tabi tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 4.1'te sunulmuştur. Şekil 7'de Gerilim1 seviyesinde ayırıcı tabla üzerinde, kısımlara ayrılmış tohumlar görülmektedir.

Çizelge 3. Gerilim 2'de ağırlığın yüzde değerlerinin Nem x Kısım x Çap Sınıfı interaksiyonu değerleri

Çap Sınıfı (mm)	NEM-1		NEM-2	
	Kısım-1	Kısım-2	Kısım-1	Kısım-2
D1	1,6667±0,033E1a	2,067±0,176E1a	0,8000±0,057F1a	0,733±0,120G2a
D2	7,367±0,203D1a	9,100±0,569D1a	4,700±0,231E2a	6,067±0,318E2a
D3	18,500±0,451C1b	28,367±0,698B1a	14,400±0,608C2b	19,667±0,406C2a
D4	29,333±0,561A1b	33,233±0,874A1a	25,000±0,351A2b	33,333±0,555A1a
D5	23,733±0,897B1a	17,730±1,370C2b	25,767±0,623A1a	23,900±0,872B1a
D6	17,067±0,406C2a	8,5000±0,057D2b	21,433±0,296B1a	12,900±0,513D1b
D7	2,2000±0,057E2a	1,000±0,252E2a	7,600±0,346D1a	3,300±0,513F1b

1. Aynı nem ve aynı kısımda farklı büyük harf taşıyan çap sınıfı ortalamaları arasındaki fark $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir. 2. Aynı kısım ve aynı elekte farklı rakamı taşıyan nem değeri ortalamaları arasındaki fark $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir. 3- Aynı elek ve aynı nemde farklı küçük harfi taşıyan kısım ortalamaları arasındaki fark $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 8. Ayırıcı tablada Gerilim-2 seviyesinde tohumların sınıflandırma tablasındaki görüntüsü

(1. Kısım-1: Bantın ön kısmı ve bantta geriye giden tohumlar, 2. Kısım-2:Orta bölümde toplanan tohumlar, 3. Kısım-3: Orta kısmın ilerisine düşen tohumlar)

Çimlenme Deneyi Bulguları

Laboratuar ortamında 100'er tohumluk örnekler alınarak yapılan çimlenme deneyi sonucunda 14. gün sayımlarına göre elde edilen, nem x kısım interaksiyonunda çimlenme yüzdesine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4, Çizelge 5, Çizelge 6 ve Çizelge 7'de sunulmuştur. Her tekerrür için ayrı ayrı yapılan bu deneyler, Gerilim-2 seviyesinde Kısım-3'te yeterli tohum toplanmadığı için adı geçen seviyelerde iki tekerrür için gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4. Gerilim-1 seviyesinde nem x kısım interaksiyonunda çimlenme yüzdesine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Kısım	Çimlenme Gücü (%)	Nem-1 Ortalaması	Nem-2 Ortalaması
1	90,000 ± 0,894	88,670 ± 1,120	91,222 ± 0,683
2	91,33 ± 1,280		
3	88,50 ± 1,360		

Çizelge 5. Gerilim-1 seviyesinde nem x kısım interaksiyonunda çimlenmeyen (boş) tohum miktarı değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Kısım	Çimlenmeyen (Boş) Tohum Miktarı (Adet)	Nem-1 Ortalaması	Nem-2 Ortalaması
1	5,667 ± 0,558	5,556 ± 0,648	5,0 ± 0,500
2	4,167 ± 0,307		
3	6,000 ± 0,931		

Çizelge 6. Gerilim-2 seviyesinde nem x kısım interaksiyonuna ait çimlenme yüzdesi değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Kısım	Çimlenme Gücü (%)	Nem-1 Ortalaması	Nem-2 Ortalaması
1	93,00 ± 1,88	89,33 ± 2,56	92,833 ± 0,792
2	89,17 ± 1,85		

Çizelge 7. Gerilim-2 seviyesinde nem x kısım interaksiyonunda çimlenmeyen (boş) tohum miktarı değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Kısım	Nem-1 Ortalaması	Nem-2 Ortalaması
1	3,67 ± 1,45Ba	4,67 ± 1,33Aa
2	9,33 ± 1,20Aa	4,0 ± 00Ab

TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırmayla elde edilen bulguların değerlendirilmesiyle ulaşılan genelleştirilmiş sonuçlar, bu sonuçlara uygulamaya katkısı ile mevcut literatür bilgileri ışığında değerlendirilmesi şu şekilde yapılabilmektedir.

1. Elektrostatik ayırmada Gerilim-1 (33 kV ve 4 cm mesafe) seviyesi için kısım x çap sınıfı interaksiyonunda yapılan istatistik analizler sonuçlarına göre; genel olarak Nem-1 (% 10.3) seviyesinin daha küçük çaplı tohumlarda, Nem-2 (% 14.8) seviyesinin ise daha büyük çaplı tohumlarda bir ayırma kriteri olabileceği belirlenmiştir.
2. Gerilim-2 (21 kV ve 2.6 cm mesafe) seviyesi için kısım x çap sınıfı interaksiyonunda, Nem-2 seviyesinin daha büyük çaplı tohumlarda elektrostatik ayırmayı farklılaştırabildiği bulgulanmıştır.
3. Gerilim-1 seviyesinde yapılan istatistik analizlerin hepsinde, D₁ çap sınıfı değerlerindeki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması dikkat çekici bulunmuştur. Bu çap sınıfında nem seviyelerindeki farklılıkların elektrostatik ayırmada bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.
4. Gerilim-2 seviyesi için çap sınıfı x nem interaksiyonunda yapılan istatistik analiz neticelerine göre; Nem-2 seviyesinin Nem-1'e göre daha fazla sayıdaki çap sınıfında farklılık oluşturduğu belirlenmiştir.
5. Gerilim-2'de Nem-1 seviyesinde Kısım-2'de çimlenmeyen tohum adedi, Kısım-1'e göre daha fazla elde edilmiştir. Ayrıca Nem-1/Kısım-2 değeri, Nem-2 seviyesinde Kısım-2

değerinden yüksektir. Bu sonuçlar düşük nem seviyesinin boş tohumları ayırmada daha etkili olabileceğini göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlar Abdel-Salam vd. (2004) tarafından korona şarjı ile iyon bombardımanına tutulan ayırıcıda buğday tohumlarının kırıklarının sağlamlarından ayrılması konusunda yapılan çalışmada sağlanan başarıyla benzerlik taşımaktadır.

6. Deneysel düzeneğinde yer alan elektrot ile bant arasındaki düşey mesafenin artmasının sınıflara ayırma etkinliğini azalttığı gözlenmiştir.
7. Elektrostatik yöntemle, şeker pancarı tohumluğunun ayırma ve sınıflandırılmasına yönelik makina tasarımı çalışmalarında, elektrik alan meydana getirmede DC 40 kV ve daha üstü gerilim seviyelerinde, deşarj neden olmayacak elektrot mesafesinde ve daha fazla sayıdaki kısımlara bölünmüş sınıflandırma tablası kullanımıyla daha etkin bir ayırmanın yapılabileceğinin göz önünde tutulmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda yapılacak benzer nitelikli araştırmalarla en uygun bant tipi ve malzemesinin belirlenmesi yerinde olacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Abdel-Salam, M., Ahmed, A. and El-Kishky, H. 2004. 2004 Annual Conference on Electrical Isulation and Dielectric Phenomena. Seeds Sorting by Electrostatic Separation . 0-7803-8584-5/04 2004 IEEE.
- Anonim. 2009. T.Ş. F.A.Ş Genel Müdürlük Beş Yıllık Faaliyet Programı (2010-2014) 2009.
- Anonymous. 2003. Uluslararası Tohum Test Kuralları 2003. Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA), 2003 Basserdorf, İsviçre.
- Dursun, E. 1992. Elektrostatik Ayırma ile Tohum Temizleme. Tarım Makineleri Bilimi ve Tekniği Cilt 2.No.2 S.61-66,1992 Ankara.
- Er, C. ve Uranbey, S. 2004. Nişasta ve Şeker Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No:1538. Ankara.
- Harmond, J. E., Brandenburg, N. R., Booster, D. E. 1961. Seed Cleaning by Electrostatic Separation . Agricultural Engineering vol:42, no ,1, p:22-25.1961. Michigan .
- İdemen, M. 1990. Elektromagnetik Alan Teorisinin Temelleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi Sayı: 147. 1981 İstanbul.
- Kerdonfag, P., Klinsa-ard, C., Protivejku, S., and Khanngern W. 2004. Electric Field Application: Grass Seed Separation Machine From Broken Milled Rice BY Electric

8. Elektrostatik ayırmanın, şeker pancarı tohumluğunda son ayırmada kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.
9. Bunların yanında şeker pancarı tohumluğunda çeşitlere göre farklılıklar gösterebilen bin dane ağırlığı değerinin, elektrostatik yöntemle ayırmada özellikle göz önünde bulundurulması ve bu değerdeki değişimlerin elektrostatik ayırma etkinliği üzerinde oluşturabileceği etkilerin üzerinde durulması önem taşımaktadır. Bu nedenle tohumluk özelliklerinde görülebilecek değişimlerin ayırma sırasında yol açabileceği etkilerin önceden bilinmesi gerekmektedir. Yapılacak olan çalışmalarda elektrik alan oluşturmada kullanılan gerilim düzeyinin olumsuzluklara yol açmayacak şekilde önlemlerin alınmasına olanak verecek şekilde ayırmanın gerekli olduğu da belirlenmiştir. Bu amaçla deney düzeneği ya da makineler üzerinde yalıtımla ilgili önlemlerin alınması gerekmektedir.

Teşekkür: İstatiksel analizlere olan katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Zahide KOCABAŞ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Yeliz KAŞKO ARICI' ya teşekkür ederiz.

- Field Technique. International Symposium on Electromagnetic Competibility: 892-895, Sendai.
- Mohsenin, N. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc., New York , p: 742.
- Önal, H. 1984. Elektrostatik. Elektrotekniğe Giriş Cilt 1. Çağlayan Kitapevi. 1984. İstanbul.
- Pollack, G. ve Stump, D. 2004. Elektromanyetik Teori. Gazi Kitapevi. Çeviri Editörleri : Türköz Ş., Aydın, Z., Z., Zengin, M., .2004 . Ankara
- Pozeliene , A. 2001. İnfluence of Electric Field on the Quality of Flaxseed. Agricultural Engineering International, Vol. III, CIGR Journal of Scientific Research and Development.
- Şehirali, S. 2002. Tohumluk ve Teknolojisi, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 2002.
- Vaughan, C. E., Gregg, B. R. and, Delouche J.C. 1968. Seed Processing And Handling. Mississippi State University Seed Technology Laboratory, Mississippi.