



Otomatik Bir Pamuk Seyreltme Makinasının Performans Denemeleri^A

Taner AKBAŞ^{1*}, Cengiz ÖZARSLAN²

Öz: Ülkemizin tarım ve tarıma dayalı endüstrisi açısından son derece önemli olan pamuk bitkisinin üretiminde, seyreltme işlemi yoğun işgücü gerektiren ve maliyeti yüksek bir işlemdir. Bu çalışmada, seyreltme işleminde insan işgücünden tasarruf ederek işlem maliyetini düşürecek bitki algılama sistemine sahip otomatik bir seyreltme makinasının tasarım ve prototip imalatı gerçekleştirilmiş ve makinanın tarla performansı belirlenmiştir. Prototip makinanın tarla denemelerinde teknik iş başarısı, sıra üzeri dağılım düzgünlüğü ve seyreltme başarısı değerleri 3 farklı hız (0.83, 2.09, 3.02 km h⁻¹) ve 3 farklı sıra üzeri ekim mesafesi (5.8, 7.1, 9.8 cm) koşullarında belirlenmiştir. Tarla denemeleri neticesinde elde edilen bulgulara göre makinanın en yüksek teknik iş başarısı değerine (0.21 ha h⁻¹), 3.02 km h⁻¹ ilerleme hızı ve 9.8 cm sıra üzeri ekim mesafesinde, en yüksek seyreltme başarısına (%42.69) ise 0.83 km h⁻¹ ilerleme hızı ve 9.8 cm sıra üzeri ekim mesafelerinde ulaştığı görülmüştür. Kabul edilen 70000 bitki ha⁻¹ güvenilir sıklık değeri de dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler, makinanın en uygun çalışma koşullarının 2.09 km h⁻¹ ilerleme hızı ve 7.1 cm sıra üzeri ekim mesafesi olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomatik kontrol, pamuk, seyreltme, seyreltme makinası.

^A Bu çalışma doktora tezinin bir kısmını kapsamaktadır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Taner AKBAŞ, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksekokulu, Aydın, Türkiye, taner@adu.edu.tr / **OrcID:** 0000-0001-9425-8309

² Cengiz ÖZARSLAN, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye, ozarslanc@yahoo.com / **OrcID:** 0000-0002-1156-2362

Performance Testing of an Automated Cotton Thinning Machinery

Abstract: Thinning is the labour intensive and high cost process of cotton plant cultivation. The cotton is one of the most important products of agriculture and agro-based industry in our country. In this study, the applicability of an automated cotton thinning machinery which will save human labour and reduce process costs based on plant sensing has been carried out. According to this purpose the design and prototype of an automated cotton thinning machinery has been conducted. Field performance of the machine was determined. In the field experiments, work efficiencies, uniformity of distribution and thinning efficiency have been determined for three different forward velocities (0.83, 2.09, 3.02 km h⁻¹) and three different planting distances (5.8, 7.1, 9.8 cm). Field experiments were carried out on parcels using randomized block design. The results from field experiments showed that the highest work efficiency (0.21 ha h⁻¹) for the automated cotton thinner was determined at 3.02 km h⁻¹ forward velocity and 9.8 cm inter-row sowing distance. The highest success of thinning (%42.69) was obtained at 0.83 km h⁻¹ forward velocity and 9.8 cm of inter-row sowing distance. It was observed from the results optimal working conditions of the machine are at 2.09 km h⁻¹ forward velocity and 7.1 cm inter row sowing distance for the reliable plant density value of 70000 plants ha⁻¹ in an acceptable range.

Keywords: Cotton, thinning, thinning machinery, automatic control.

Giriş

Pamuk, kullanım yerinin çeşitliliği ve önemi nedeniyle Dünya tarım sektörünün ve ticaretinin önde gelen ürünlerinden birisidir. Ayrıca tekstil ve konfeksiyon başta olmak üzere yağ ve yem gibi birçok sanayi dalının da temel hammaddesidir (Çetin ve Çelik, 2012). Pamuk, yarattığı yüksek katma değer ile başta Asya ve Afrika kıtaları olmak üzere birçok gelişmekte olan ülkede önemli bir gelir ve istihdam kaynağı oluşturmaktadır (Bashimov, 2016).

Pamuk bir sıcak iklim bitkisidir ve yazlık olarak yetiştirilmektedir. Geleneksel pamuk ekiminde genellikle 1000 tane ağırlığı 800–1200 g olan tohumluktan dekara 4–5 kg kullanılmaktadır. Bu durumda sıra üzerinde istenenden daha sık bitki bulunmaktadır. Fazla bitkiler en az 4 yapraklı fidecik durumundayken seyreltilmekte ve sıra araları çapalanmaktadır. Bitki gelişimi arttıkça çapalamaya devam edilmekte ve yabancı ot mücadelesi yapılmaktadır (Algan, 1997).

Ülkemizde yetiştirilen önemli stratejik ürünlerden olan pamuk yetiştiriciliğinde, birim alanda bulunan bitki sayısı, verime etkili unsurlardan birisidir. Teorik olarak, ekilen tohumların hepsinin çimlenip bir bitki meydana getirmesi durumunda yüksek ekim normlarında çalışmaya gerek kalmayıp, örneğin 20 cm sıra üzeri ve 70 cm sıra aralığı için yaklaşık olarak 650 g da⁻¹ pamuk ekim normu yeterli olmaktadır. Fakat teorik olarak hesaplanan bu değer ancak %100 tarla filiz çıkışı derecesi koşulları için söz konusu olup uygulamada bu durum geçerli olmamaktadır. Tohumluğun kalitesine, iklim koşullarına, zararlılara, tohum yatağı hazırlama tekniğine, toprak

çeşidine, nem vb. faktörlere bağlı olarak tarla filiz çıkış derecesi farklılıklar göstermektedir. Bu durum üreticiyi daha yüksek ekim normlarında çalışarak tarlada rezerv bitki buldurmaya sevk etmekte ve bu şekilde ekimdeki riskin azaltılması sağlanmaktadır. Buna karşın yüksek ekim normlarında çalışmadan dolayı filizlenmeden sonra tarlada oluşan fazla bitki rezervini seyreltme ve tekleme işlemiyle uygun değerlere indirme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Önal, 1977; Özarslan and Yalçın, 2004).

Ülkemizde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden sonra, Ege Bölgesi en fazla üretim alanına sahip bölgemiz olup en kaliteli pamuklar bu bölgede yetiştirilmektedir (Özkan ve Kaya, 2002).

Pamuk üretiminde yorucu ve maliyetli bir işlem olan seyreltme işini hafifletip kritik olan insan işgücünden tasarruf ederek, ülkemizin tarım ve tarıma dayalı endüstrisi açısından son derece önemli olan bu lif bitkisinin ekim alanlarının artırılabilmesi için bir makinanın imal edilip uygulamaya aktarılması yararlı görünmektedir. Yapılan bu çalışma ile seyreltme işleminde insan işgücünden tasarruf ederek işlem maliyetini düşürecek bitki algılama sistemine sahip otomatik bir seyreltme makinasının tasarım ve prototip imalatının gerçekleştirilmesi ve makinanın tarla performansının ortaya konması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme Yeri ve Bitkisel Materyal Özellikleri

Araştırma, 2010 yılı pamuk ekim sezonunda Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çakmar/Aydın'daki Araştırma ve Uygulama Çiftliği bünyesinde bulunan deneme tarlalarında yürütülmüştür. Denemelerde, Beyaz Altın MİG 119 çeşidi havsız pamuk tohumu kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan pamuk tohumlarının ekiminde kuyruk milinden hareket alan, asma tip pnömatik (hava emişli) hassas ekim makinası (Maschio Gaspardo S.p.A.) kullanılmıştır.

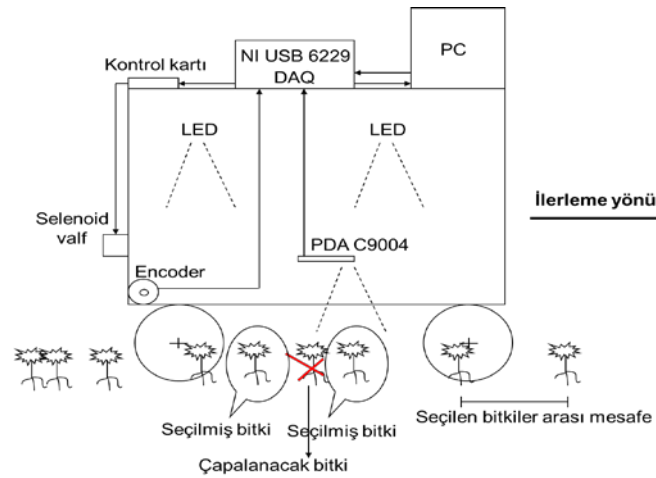
Prototip Seyreltme Makinası

Tasarlanan prototip seyreltme makinası asılır tip bir makina olarak dizayn edilmiş ve geliştirilmiştir. Makina, bilgisayar kontrollü optik algılama sistemi, veri kazanım ve kontrol birimi, güç kaynağı ile basınçlı havayı üreten ve kullanan pnömatik sistem olmak üzere dört ana kısımdan oluşmaktadır. Bu dört ana kısım bir çatı üzerine monte edilmiş olup çatı taşıma tekerlekleri vasıtasıyla taşınmaktadır (Şekil 1).



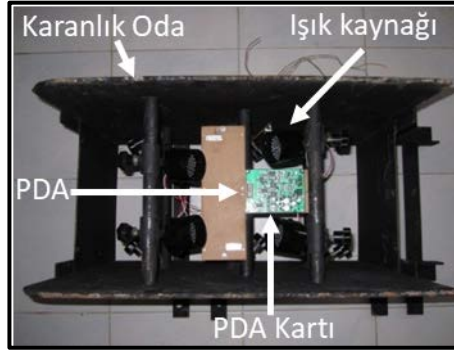
Şekil 1. Prototip seyreltme makinasının genel görünüşü (1. Karanlık oda, 2. Pnömatik silindir, 3. Seyreltme organı, 4. Encoder, 5. Kompresör, 6. Jeneratör).

Algılama sistemi, traktör hareket halinde iken pamuk bitkisinin temassız algılanması ve alınan yolun ölçülmesi olarak iki fonksiyona sahiptir. Işık şiddeti gün içerisinde farklı şiddette ve açıda olduğundan temassız algılama işleminde elde edilen sinyallerin homojen olabilmesi için bir karanlık oda imalatı yapılmıştır. Karanlık oda, dış ortamdan ışığın içerisine giremeyeceği şekilde tasarlanmış olup ön ve arka kısmına bitki sırasının karanlık odanın içerisinden geçişine imkan verecek şekilde perdeler konmuştur. Karanlık oda içerisine PDA (Photo Diot Array) ve devre kartı (C9004) ile ışık kaynakları (LED) monte edilmiştir. PDA, bitkiden yansıyan ışık şiddetine bağlı olarak tanımlama yapmaktadır. LED'lerden bitki üzerine gönderilen ışığın yansıması sonucu PDA tarafından algılanan ışığın oluşturduğu elektriksel sinyal, bir bilgisayar ve buna bağlı bulunan veri kazanım kartı (DAQ) tarafından bilgisayar yazılımı (LabVIEW) aracılığı ile analiz edilmekte ve pamuk bitkisi tespit edilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Makinanın çalışma ilkesi

PDA, algılama yüzeyine bakacak şekilde, ışık kaynakları ise PDA düzlemine 45° açı ile yerleştirilmiştir (Şekil 3). Işık kaynağı olarak 4 adet kingbright kırmızı renkte (660 nm) ışık kaynağı kullanılmıştır. Kingbright, 52 mm cluster LED'den oluşan 20000 mcd ışık yoğunluğuna sahip bir ışık kaynağıdır. Bu ışık kaynağının kullanılmasının nedeni ise bu dalga boyunda (660 nm) toprak ve bitki yansımalarının farklılık göstermesindedir. Çoklu ışık kaynakları kullanıldığından karanlık oda içi ışık kaynağı ve PDA montaj yerleri gerektiğinde bitki yüksekliğine ve ışığın geliş açısına göre ayarlanabilir şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3. PDA ve ışık kaynaklarının karanlık oda içerisine yerleşimi

Sistemde prototip makinanın tekerleklerinden birinin miline düz dişli çifti ile bağlı olarak çalışan ve tekerlek devir sayısına uyumlu olarak puls üreten bir encoder (Koyo TRD-J50-RZ Rotary Encoder) kullanılmış olup bu pulsler veri kazanım kartı (DAQ) aracılığı ile traktör kabini içerisine yerleştirilmiş olan bir adet dizüstü bilgisayara iletilmiştir. Sistemde kullanılan DAQ, 32 analog, 48 dijital giriş ile 4 analog çıkış ve 48 dijital çıkışa sahip bir karttır. Kartın bilgisayar ile olan haberleşmesi USB portu üzerinden olmaktadır.

Veri kazanım kartının bilgisayardan almış olduğu komut neticesinde analog bir çıkış sinyali üretilmektedir. Bu analog çıkış sinyalinin valfleri komuta edebilmesi için veri kazanım kartı ile pnömatrik selenoid valflerin arasına bir kontrol kartı yerleştirilmiştir. Analog çıkış sinyali, bu kart üzerinden valfin tetiklenmesi için gerekli olan 24 V'luk gerilimi anahtarlamakta ve valfin çalışması sağlanmaktadır.

Prototip makinada kullanılan kompresör ile lambalar ve elektronik devrelerin beslenmesinde bir jeneratör (AKSA AAP 5500E) kullanılmıştır. Makinanın seyreltme ünitesinin tahrikinde kullanılan pnömatrik sistem; kompresör, pnömatrik selenoid valf ve pnömatrik silindir olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

Prototip makinanın seyreltme bıçağını tahrik etmek için tasarlanmış olan mekanizmada kullanılmak üzere çift kollu, çift etkili pnömatrik bir silindir kullanılmıştır. Bu silindir seyreltilecek olan bitkilerin kesilmesinde kullanılan ve salınım hareketi yapan seyreltme bıçağını tahrik etmektedir. Seyreltme bıçağının bu hareketiyle algılanan pamuk bitkisinin ön kısmı çapalanmak suretiyle bu kısımda bulunan pamuk bitkilerinin kesilmesi sağlanmaktadır. Encoder ilk bitkiyi algıladıktan sonra sistemde ayarlanmış olan mesafe kadar algılama işlemi gerçekleştirmemekte ancak bu mesafeden sonra algılamaya tekrar başlamaktadır. İlk bitkinin algılanmasıyla birlikte bu işlemler tekrar başlamakta ve sürekli olarak bu döngü devam etmektedir.

Tarla Denemeleri

Tarla denemeleri, tesadüf blokları deneme desenine göre 3×3 faktöriyel olarak düzenlenmiştir. Parsel uzunlukları 20 m alınmış olup ölçümler 10 m'lik şeritlerde yapılmıştır. Çalışma, pnömomatik hassas ekim makinasıyla farklı sıra üzeri mesafelerinde (X1: 5.8, X2: 7.1, X3: 9.8 cm) ekilmiş parsellerde (A, B, C) üçer tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekimi takiben yaklaşık üç haftanın sonunda, prototip seyreltme makinası vasıtasıyla seyreltme işlemi yapılmış ve makinanın performans denemeleri farklı ilerleme hızlarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan traktörün gerçek hız değerleri, arazi koşullarında yapılan ölçümler neticesinde tespit edilmiştir. Özellikle elektronik algılama ve kontrol sisteminin performans aralığını görebilmek için traktörün hareket edebildiği minimum teorik hız ile bunun iki farklı üst değeri seçilmiştir (V1: 0.83, V2: 2.09, V3: 3.02 km h⁻¹). Denemeler sırasında, ölçüm yapılan pamuk bitkilerinin ortalama yüksekliği 17 cm ve ortalama yaprak sayısı 5 olarak tespit edilmiştir. Prototip seyreltme makinasının tarla denemelerinde teknik iş başarısı, sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü ve seyreltme başarısı değerleri performans kriterleri olarak belirlenmiştir.

Prototip pamuk seyreltme makinasının birim zamanda yapmış olduğu işi geleneksel elle seyreltmedeki iş başarısı ile karşılaştırabilmek amacıyla denemeye tabi tutulan parsellerde elle seyreltme için zaman ölçümleri yapılmıştır.

Teknik İş Başarısının Belirlenmesi

Alet veya makinanın devamlı olarak çalıştığı ve efektif işin yapılamadığı zaman kısımlarının dikkate alınmadığı durumda yapılan iş miktarı teknik iş başarısı olarak anılmaktadır (Mutaf ve Uçucu, 1980). Makinanın iş genişliğinin ve ilerleme hızının bir fonksiyonu olan teknik iş başarısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$F_f = 0.1 \cdot b_e \cdot V_e \quad (1)$$

Eşitlikte; F_f makinanın teknik iş başarısı (ha h⁻¹), b_e makinanın efektif (gerçek) iş genişliği (m) ve V_e gerçek çalışma hızıdır (km h⁻¹).

Geleneksel elle seyreltmedeki iş başarısının belirlenmesi amacıyla denemeye tabi tutulan parsellerde elle seyreltme süreleri de ölçülmüştür.

Bitki Dağılım Düzgünlüğünün Belirlenmesi

Tek üniteli olarak imal edilen prototip pamuk seyreltme makinası ile yapılan tarla denemeleri sonucunda, yapılan işin kalitesini istatistiksel anlamda belirleyebilmek amacıyla bitki sıra üzeri dağılım düzgünlüğü değerlerine bakılmıştır. Bu amaca yönelik olarak her bir sırada bulunan bitkiler seyreltme öncesi ve sonrası sayılmış ve aralarındaki mesafeler tespit edilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak seyreltme öncesi ve sonrası sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğünü ifade etmek için varyasyon katsayısı (CV) değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur. Varyasyon katsayısının büyüklüğü, dağılım düzgünlüğündeki bozulmanın bir göstergesidir (Yalçın, 1999).

$$CV = \left(\frac{SD}{x_o}\right) \cdot 100 \quad (2)$$

Eşitlikte; CV varyasyon katsayısı (%), SD standart sapma ve x_o ortalama sıra üzeri mesafedir (m).

Seyreltme Başarısının Belirlenmesi

Prototip pamuk seyreltme makinasını değerlendirmede en önemli ölçütlerden bir tanesi de seyreltme başarısıdır. Bu başarı makinanın doğru olarak seyrelttiği bitki sayısının seyreltilmesi gereken bitki sayısına oranıdır.

Bu başarı oranını belirlemek amacıyla seyreltme işleminden önce şerit metre kullanılarak 10 m uzunluğunda bitki sırası boyunca bitkilerin konumları belirlenmiştir. Bu işlemin ardından söz konusu parsellerde öngörülen çalışma hızında denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemeyi takiben yine ilk bitkiden başlamak üzere sıra üzerinde kalan bitkilerin konumları belirlenmiştir.

İstatistiki Değerlendirme

Çalışmada, elde edilen değerler tesadüf blokları 3×3 faktöriyel deneme desenine uygun olarak "SPSS18" istatistik analiz hazır paket programı kullanılarak $p<0.05$ olasılık değerine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler neticesinde varyans analiz tabloları faktörlerin önem seviyeleri $p<0.05$ olasılık değerine göre en küçük önemli fark (LSD) belirlenerek oluşturulmuştur. Ayrıca seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayıları ile ortalama sıra üzeri mesafeler arasında regresyon analizleri yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Hız ve Teknik İş Başarısı

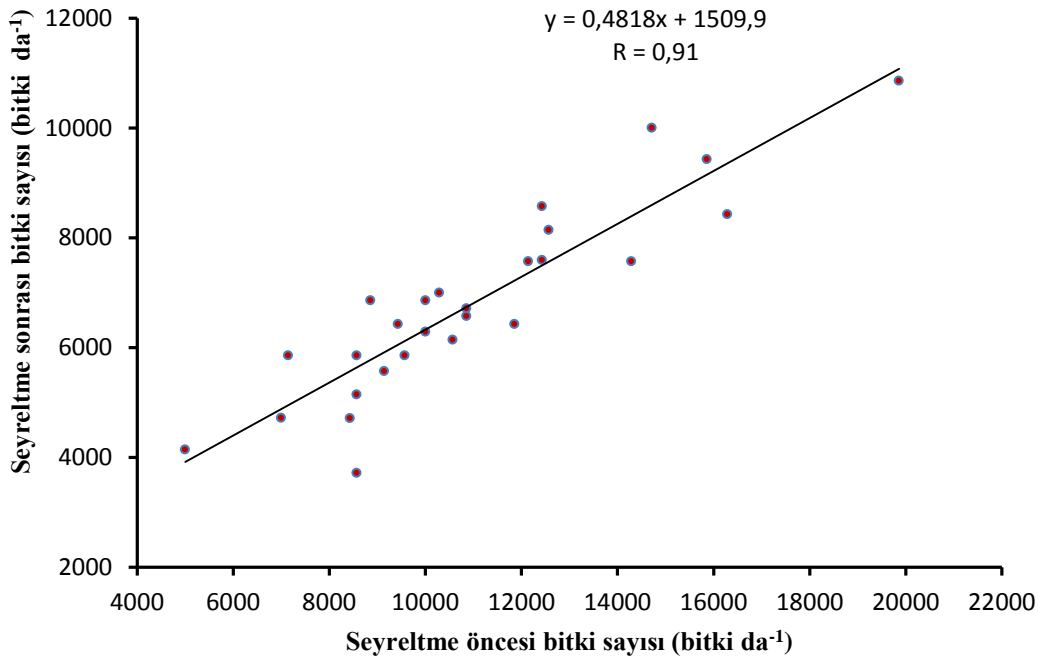
Hızın ve iş genişliğinin bir fonksiyonu olan teknik iş başarısı değeri hızın yükselmesine bağlı olarak yükselmektedir. En düşük değeri 0.83 km h^{-1} gerçek hız değeri için 0.06 ha h^{-1} ve en yüksek değeri 3.02 km h^{-1} hız için 0.21 ha h^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Makinaya ait elde edilen bu teknik iş başarısı değerleri ile geleneksel el işçiliği ile elde edilen tarla iş başarısı değerleri (0.012 ha h^{-1}) irdelenecek olursa makinanın bu konuda bir üstünlüğünün olduğu görülmektedir.

Bitki Dağılım Düzgünlüğü

Ege Bölgesi koşullarında pamuk yetiştiriciliğinde uygun bitki sıklığının gerek 70 cm , gerekse 95 cm sıra arası mesafe koşullarında $50000\text{--}110000$ bitki ha^{-1} alınabileceği fakat verimli topraklarda bu değer $50000\text{--}70000$ bitki ha^{-1} alınmasının uygun olacağı söylenmektedir (Önal, 1995). Bainer ve arkadaşlarına atfen Önal (1995) pamuk bitkisinin sıra üzeri bitki dağılımındaki düzensüzlüğe karşı toleranslı olduğunu ve sıklığın geniş sınırlar arasında (100 cm sıra arasında $50000\text{--}170000$ bitki ha^{-1}) verimde düşüğe neden olmadan değiştirilebileceğini

söylemiştir. Buna karşın sıklığın artmasıyla pamuk bitkisinde zayıf gövde ve yan dalların oluşmasının makinalı hasatta sakıncalı olduğunu, bunun için de optimum bitki sıklığının önem kazandığını belirtmiştir.

Güvenilir sıklık değerinin 70000 bitki ha⁻¹ olması durumunda %50 tarla filiz çıkış derecesi için, ekim mesafelerinin, 70 ve 90 cm sıra aralıkları için sırasıyla 10 ve 7.5 cm olma zorunluluğu belirtilmektedir (Yalçın, 1999). Yapılan bu çalışmada, verimli topraklar için tavsiye edilen 50000–70000 bitki ha⁻¹ bitki sıklık değerinin üst sınırı olan 70000 bitki ha⁻¹ değeri güvenilir sıklık değeri olarak kabul edilmiş ve değerlendirmeler bu bitki sayısı esas alınarak yapılmıştır. Bitki sayısının seyreltme öncesi ve sonrası sayısal değişimleri arasındaki doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 4). Bu ilişki, makinanın bitki sayısından bağımsız olarak seyreltme işini kararlı olarak yapabildiğinin bir göstergesidir.



Şekil 4. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayısı değişimi

Prototip makina ile yapılan seyreltme işleminin kalitesini belirlemek amacıyla seyreltme öncesi ve sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafeleri tespit edilmiştir. Elde edilen değerler yardımıyla standart sapma (SD) ve varyasyon katsayısı (CV) değerleri hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde, dağılım düzgünlüğünün bir göstergesi olan varyasyon katsayısında genel olarak bir düşüş görülmesi, dağılım düzgünlüğünün düzeldiğini ifade etmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda; sıra üzeri ekim mesafesinin ve ilerleme hızının, seyreltme sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafesi üzerine etkisinin önemsiz ($p < 0.05$) olduğu ortaya konulmuştur.

Çizelge 1. Seyreltme öncesi ve sonrası sıra üzeri bitki mesafeleri

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi			Seyreltme Sonrası		
	X _b (cm)	SD	CV	X _b (cm)	SD	CV
A11V1X2	16.82	17.28	102.72	26.61	22.56	84.77
A12V2X2	14.12	12.21	86.45	22.66	15.60	68.85
A13V3X2	11.37	10.23	90.00	16.56	13.46	81.29
A21V1X1	8.79	9.37	106.60	17.08	18.24	106.82
A22V2X1	11.12	8.14	73.22	17.69	10.17	57.51
A23V3X1	9.74	9.55	98.05	14.54	13.70	94.22
A31V1X3	16.58	13.15	79.33	34.72	34.57	99.58
A32V2X3	13.54	10.85	80.19	23.51	17.91	76.16
A33V3X3	13.94	8.71	62.53	20.59	11.90	57.77
B11V1X1	12.13	13.45	110.93	22.60	19.26	85.19
B12V2X1	13.17	11.08	84.14	21.94	18.17	82.79
B13V3X1	11.52	12.27	106.47	19.39	17.17	88.53
B21V1X3	20.71	17.64	85.18	27.94	22.56	80.74
B22V2X3	16.97	14.67	86.47	30.75	19.89	64.69
B23V3X3	16.16	14.00	86.68	23.13	20.94	90.54
B31V1X2	15.67	15.79	100.81	26.00	20.10	77.32
B32V2X2	11.77	9.75	82.86	19.34	14.09	72.84
B33V3X2	9.89	6.87	69.44	18.83	9.93	52.76
C11V1X3	20.19	15.59	77.19	23.71	16.12	67.97
C12V2X3	16.81	13.35	79.43	24.55	16.93	68.96
C13V3X3	29.10	22.54	77.45	35.34	24.57	69.52
C21V1X2	15.12	13.09	86.54	22.36	14.21	63.53
C22V2X2	14.28	12.54	87.85	20.91	16.13	77.11
C23V3X2	14.91	13.42	90.01	24.85	16.78	67.51
C31V1X1	13.20	15.17	114.92	21.52	18.95	88.07
C32V2X1	7.17	4.68	65.29	13.19	8.84	67.02
C33V3X1	9.03	11.60	128.38	15.28	17.59	115.07

Seyreltme Başarısı

Direkt olarak makinanın algılama ve işlem yapma kabiliyetinin göstergesi olan seyreltme başarısı çalışma parametrelerinin belirlenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Seyreltme başarısı değeri, düşük hız (V1) ve yüksek sıra üzeri ekim mesafesi (X3) koşullarında %46.43 ile en yüksek değere yükselmekte, hızın yükselmesi (V3) ve sıra üzeri ekim mesafesinin azalmasıyla (X1) birlikte %31.08 değerine kadar düşmektedir. Seyreltme başarısı üzerine sıra üzeri ekim mesafesinin ve ilerleme hızının etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) ancak bu iki parametrenin ikili etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Seyreltme başarısı üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi

	V1	V2	V3	Ortalama
X1	39,69	35,34	31,77	35,6 c
X2	43,33	40,17	35,74	39,74 b
X3	45,04	43,08	39,91	42,67 a
Ortalama	42,68 a	39,53 b	35,80 c	
LSD x	6,13			
LSD v	6,13			
LSD x*v	ns			

ns: önemsiz

Sıra üzeri ekim mesafesinin düşük olması, birbiri içerisine geçmiş bitki gruplarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu bitki grupları, sıra üzerinde makina tarafından yeşil şeritler halinde algılandığından tek bir bitki gibi işlem yapılmaktadır. Tarla filiz çıkış değerine bağlı olarak bu yeşil şeritler ve şeritler arası boşluklar bitki sırası boyunca farklı uzunluklarda olabilmektedir. Dolayısıyla makina bu bitki gruplarını algıladığında tek bir bitki olarak işlem yaptığı için seyreltilmeyen bitkiler kalmakta ve seyreltme başarısı düşmektedir.

Hızın 0.83 km h⁻¹'den 3.02 km h⁻¹'ye yaklaşık 4 kat artmasıyla, algılama işleminin gerçekleştiği karanlık odanın ön ve arka bölümlerindeki perdelerin bitkiler tarafından temasla açık kalma süreleri artmaktadır. Ayrıca tarla yüzeyindeki engebelerden dolayı makinanın salınım yapması karanlık odanın içerisine güneş ışığının girmesine ve algılama hatalarının oluşmasına yol açmaktadır. Algılama sistemi bitkiden yansıyan ışık şiddetine bağlı olarak tanımlama yaptığı için, zaman zaman da olsa bazı yabancı ot türlerinde pamuk bitkisindeki benzer yansıma meydana gelmekte, buna bağlı olarak yabancı ot kültür bitkisi olarak tanımlanmakta ve hataya sebep olabilmektedir.

Çalışma koşulları içinde uygun ilerleme hızı ve sıra üzeri mesafelerin belirlenmesine yönelik olarak gruplandırma esas alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Öncelikle 3 farklı sıra üzeri mesafeye ilişkin yapılan gruplandırma Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Sıra üzeri ekim mesafesi gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi		Seyreltme Sonrası		Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
	Bitki Sayısı	Ortalama	Bitki Sayısı	Ortalama	
A21V1X1	162860	139205	84290	82403	35.61
A22V2X1	125710		81430		
A23V3X1	147140		100000		
B11V1X1	118570		64290		
B12V2X1	108570		65710		
B13V3X1	124290		75910		
C31V1X1	108570		67140		
C32V2X1	198570		108570		
C33V3X1	158570		94290		
A11V1X2	85710		106191		
A12V2X2	100000	62860			
A13V3X2	124290	85710			
B31V1X2	91430	55710			
B32V2X2	121430	75710			
B33V3X2	142860	75710			
C21V1X2	94290	64290			
C22V2X2	100000	68570			
C23V3X2	95710	58570			
A31V1X3	85710	82697		37140	54446
A32V2X3	105710		61430		
A33V3X3	102860		70000		
B21V1X3	70000		47170		
B22V2X3	84290		47140		
B23V3X3	88570		68570		
C11V1X3	71430		58570		
C12V2X3	85710		58570		
C13V3X3	50000		41430		

Çizelge 3 incelendiğinde, seyreltme işleminden sonra kabul edilen güvenilir bitki sıklık değeri olan 70000 bitki ha⁻¹ değerine en yakın olan 66506 bitki ha⁻¹ sıklık değerine %39.75'lik ortalama başarı oranıyla X2 (7.1 cm sıra üzeri mesafe) grubunda ulaşıldığı görülebilir.

Çizelge 4'te ise benzer bir sınıflandırma hız grupları için yapılmıştır. Çizelge 4'ün incelenmesinden de görüleceği üzere, başlangıçta ortalama 114443 bitki ha⁻¹ sıklığa sahip olan V2 (2.09 km h⁻¹) grubunun ortalama sıklık değeri seyreltme işleminin ardından 69998 bitki ha⁻¹ gibi istenen güvenilir sıklık değerine ortalama %39.53 gibi bir seyreltme başarıyla ulaşmıştır.

Çizelge 4. Hız gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi		Seyreltme Sonrası		Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
	Bitki Sayısı	Ortalama	Bitki Sayısı	Ortalama	
A11V1X2	85710	98730	51430	58892	42.69
A21V1X1	162860		84290		
A31V1X3	85710		37140		
B11V1X1	118570		64290		
B21V1X3	70000		47170		
B31V1X2	91430		55710		
C11V1X3	71430		58570		
C21V1X2	94290		64290		
C31V1X1	108570		67140		
A12V2X2	100000		114443		
A22V2X1	125710	81430			
A32V2X3	105710	61430			
B12V2X1	108570	65710			
B22V2X3	84290	47140			
B32V2X2	121430	75710			
C12V2X3	85710	58570			
C22V2X2	100000	68570			
C32V2X1	198570	108570			
A13V3X2	124290	114921		85710	74465
A23V3X1	147140		100000		
A33V3X3	102860		70000		
B13V3X1	124290		75910		
B23V3X3	88570		68570		
B33V3X2	142860		75710		
C13V3X3	50000		41430		
C23V3X2	95710		58570		
C33V3X1	158570		94290		

Çizelge 5 incelendiğinde, X2 sıra üzeri ekim mesafesi (7.1 cm) ve V2 makina ilerleme hızı (2.09 km h⁻¹) kombinasyonunun, seyreltme öncesi ortalama 107143 bitki ha⁻¹ olan bitki sayısını seyreltme sonrasında ortalama

69046 bitki ha⁻¹ değerine düşürdüğü ve %40.17 başarı ile bu işlemi gerçekleştirdiği görülmektedir. Söz konusu parametrelerin seyreltme sonrası güvenilir sıklık değeri olarak kabul edilmiş olan bitki sayısına (70000 bitki ha⁻¹) ulaşmada daha uygun oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 5. Uygun sıra üzeri ekim mesafesi ve hız gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi		Seyreltme Sonrası		Seyreltme Başarısı (%)	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
	Bitki Sayısı	Ortalama	Bitki Sayısı	Ortalama		
A12V2X2	100000	107143	62860	69046	38.3	40.17
B32V2X2	121430		75710		40	
C22V2X2	100000		68570		42.22	

Çizelge 6 incelendiğinde, seyreltme öncesi ortalama 10.65 cm ve 13.77 cm sıra üzeri bitki mesafelerine sahip olan X1 (5.8 cm sıra üzeri ekim mesafesi) ve X2 (7.1 cm sıra üzeri ekim mesafesi) gruplarının seyreltme işleminden sonra sırasıyla ortalama 18.14 cm ve 22.01 cm sıra üzeri mesafe değerlerine ulaştığı görülmektedir. Her iki değer de prototip makinayla hedeflenen 20 cm sıra üzeri bitki mesafesi değerine yakın olmasına karşın başarı oranı daha yüksek olan X2 grubunun daha uygun olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. Sıra üzeri ekim mesafesi gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi		Seyreltme Sonrası		Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
	X _b (cm)	Ortalama	X _b (cm)	Ortalama	
A21V1X1	8.79	10.65	17.08	18.14	35.61
A22V2X1	11.12		17.69		
A23V3X1	9.74		14.54		
B11V1X1	12.13		22.60		
B12V2X1	13.17		21.94		
B13V3X1	11.52		19.39		
C31V1X1	13.20		21.52		
C32V2X1	7.17		13.19		
C33V3X1	9.03		15.28		
A11V1X2	16.82		13.77		
A12V2X2	14.12	22.66			
A13V3X2	11.37	16.56			
B31V1X2	15.67	26.00			
B32V2X2	11.77	19.34			
B33V3X2	9.89	18.83			
C21V1X2	15.12	22.36			
C22V2X2	14.28	20.91			
C23V3X2	14.91	24.85			
A31V1X3	16.58	18.22		34.72	27.14
A32V2X3	13.54		23.51		
A33V3X3	13.94		20.59		
B21V1X3	20.71		27.94		
B22V2X3	16.97		30.75		
B23V3X3	16.16		23.13		
C11V1X3	20.19		23.71		
C12V2X3	16.81		24.55		
C13V3X3	29.10		35.34		

Hız grupları dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre, seyreltme öncesi ortalama 13.22 cm ve 13.96 cm sıra üzeri bitki mesafelerine sahip olan V2 (2.09 km h⁻¹) ve V3 (3.02 km h⁻¹) hız gruplarının seyreltme işleminden sonra sırasıyla ortalama 21.62 cm ve 20.95 cm sıra üzeri mesafe değerlerine ulaştığı görülmektedir. Her iki değer de prototip makinayla hedeflenen 20 cm sıra üzeri mesafe değerine yakın olmasına karşın, başarı oranı daha yüksek olan V2 grubunun daha uygun olduğu söylenebilir (Çizelge 7).

Çizelge 8 incelendiğinde, X2 sıra üzeri ekim mesafesi (7.1 cm) ve V2 makina ilerleme hızı (2.09 km h⁻¹) kombinasyonunun, seyreltme öncesi ortalama 13.39 cm olan sıra üzeri bitki mesafesini seyreltme sonrasında prototip makinayla hedeflenen 20 cm sıra üzeri mesafe değerine yakın olan 20.97 cm değerine ulaştırdığı ve %40.17 başarı ile bu işlemi gerçekleştirdiği görülmektedir.

Çizelge 7. Hız gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi		Seyreltme Sonrası		Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
	X _b (cm)	Ortalama	X _b (cm)	Ortalama	
A11V1X2	16.82	15.47	26.61	24.73	42.69
A21V1X1	8.79		17.08		
A31V1X3	16.58		34.72		
B11V1X1	12.13		22.60		
B21V1X3	20.71		27.94		
B31V1X2	15.67		26.00		
C11V1X3	20.19		23.71		
C21V1X2	15.12		22.36		
C31V1X1	13.20		21.52		
A12V2X2	14.12		13.22		
A22V2X1	11.12	17.69			
A32V2X3	13.54	23.51			
B12V2X1	13.17	21.94			
B22V2X3	16.97	30.75			
B32V2X2	11.77	19.34			
C12V2X3	16.81	24.55			
C22V2X2	14.28	20.91			
C32V2X1	7.17	13.19			
A13V3X2	11.37	13.96		16.56	20.95
A23V3X1	9.74		14.54		
A33V3X3	13.94		20.59		
B13V3X1	11.52		19.39		
B23V3X3	16.16		23.13		
B33V3X2	9.89		18.83		
C13V3X3	29.10		35.34		
C23V3X2	14.91		24.85		
C33V3X1	9.03		15.28		

Çizelge 8. Uygun sıra üzeri ekim mesafesi ve hız gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları

Deneme Kodu	Seyreltme Öncesi		Seyreltme Sonrası		Seyreltme Başarısı (%)	Ortalama Seyreltme Başarı (%)
	X _b (cm)	Ortalama	X _b (cm)	Ortalama		
A12V2X2	14.12	13.39	22.66	20.97	38.30	40.17
B32V2X2	11.77		19.34		40.00	
C22V2X2	14.28		20.91		42.22	

Sonuç

Bu çalışmada, tasarım ve imalatı yapılan otomatik bir pamuk seyreltme makinası prototipinin, tarla performansı belirlenmeye çalışılmıştır. Makinanın tarla performansının tespitinde; teknik iş başarısı, sıra üzeri dağılım düzgünlüğü ve seyreltme başarısı değerleri belirlenerek, bu değerlerin istatistiki olarak önem dereceleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Elde edilen bulgular neticesinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir:

— Prototip makinanın teknik iş başarısı değerleri incelendiğinde, düşük hız koşullarında bile el ile seyreltme uygulamasına göre yaklaşık 2 kat, yüksek hız koşullarında ise yaklaşık 18 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Makinanın prototip ve tek üniteli olduğu düşünülecek olursa bu iş başarısı değerlerinin, makinanın geliştirilip çok üniteli hale getirilmesi ile birlikte artış gösterecektir.

— Seyreltme sonrası sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğüne ilişkin varyasyon katsayısındaki düşüş dağılım düzgünlüğündeki iyileşmenin göstergesidir.

— Kabul edilen güvenilir bitki sıklığına (70000 bitki ha⁻¹) ulaşmada en yüksek seyreltme başarısı oranları 7.1 cm sıra üzeri ekim mesafesi ve 2.09 km h⁻¹ ilerleme hızı koşullarında elde edilmiştir.

— Çalışmada seyreltme öncesi ve sonrası dekardaki bitki sayıları karşılaştırılmış ve doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

— Prototip makinanın algılama sistemi, bitkiden yansıyan ışık şiddetine bağlı olarak tanımlama yaptığı için, yabancı ot kültür bitkisi olarak tanımlanabilmekte ve bu da hataya sebep olabilmektedir. Bu hataların önüne geçerek daha kaliteli bir seyreltme işlemi gerçekleştirebilmek için, ekimden önce yabancı ot mücadelesi yapılmasının makinanın başarısının arttırılmasına olumlu katkı yapacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

FBE-08040 nolu Bilimsel Araştırma Projesine destek veren Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu'na teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Algan, N. 1997. *Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri)*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Notları :52/1, Bornova-İzmir. 96p.
- Bashimov, G. 2016. Türkmenistan Pamuk Sektörünün Rekabetçilik Düzeyinin Analizi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1), S:47-55.
- Çetin, M.D. ve Çelik, İ. 2012. Antalya Bölgesinde Pamuk Yetiştiriciliğinin Durumu ve Bazı Sorunlarına Genel Bir Bakış, *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 26 (4): 68-72.
- Mutaf, E., Uçucu R. 1980. *Tarımsal Mekanizasyon*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Teksiri, Bornova-İzmir. 316p.
- Önal, İ., 1977. *Seyreltme Yönünden Değişik Ekim Metotlarının Matematik-İstatistik Esasları ve Ülkemiz Koşullarında Pamuk Seyreltmesinin Mekanizasyon Olanakları Üzerinde Bir Araştırma*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 388, Bornova-İzmir.
- Önal, İ., 1995. *Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:490, Bornova-İzmir. 606p.
- Özarslan, C. and Yalçın, İ. 2004. Comparison of Different Thinning Applications in Cotton Farming, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (5): 763-767.
- Özkan, İ. ve T. Kaya, 2002. Aydın İlinde Pamuğa Dayalı Sanayinin Bugünkü Durumu ve Geleceği, Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu, 28-29 Nisan, Diyarbakır, p:230-233.
- Yalçın, İ., 1999. Değişik Toprak İşleme ve Pamuk Ekim Tekniklerinin Aydın Yöresi Koşullarına Uygulama Olanakları. Doktora Tezi (Basılmamış), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ABD, Bornova-İzmir.

