

VERİM GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ÜRÜN MİKTARI ALGILAMA YÖNTEMLERİ

Muharrem KESKİN¹

Sait M. SAY²

Young J. Han³

ÖZET

Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisi, tarımsal girdilerin, tarlanın değişik bölgelerine, gereksinime göre değişik miktarlarda uygulanması esasına dayanan, elde edilecek verimin en yüksek değere ulaştırılması yanında, çevre ve doğal kaynakların korunması açısından büyük önemi olan kimyasal girdi kullanımının en aza indirilerek tarımsal girdi masraflarının azaltılması gibi iki önemli amacı hedef alır. Verim görüntüleme sistemlerinin kullanımını gerektiren verim haritalama teknolojisi, üretim alanındaki değişkenliğin belirlenmesinde yararlanılan en önemli ve en yaygın teknolojidir. Ürün miktarı algılayıcıları; hasat makinalarına yerleştirilen verim görüntüleme sistemlerinin en önemli elemanı olup ürün tipine ve çalışma ilkesine bağlı olarak değişik tipte olabilmektedir. Bu bildiriye, çeşitli hasat makinalarında kullanılan ürün miktarı algılayıcılarının özelliklerinin tartışılması hedeflenmiştir.

Flow Sensing Methods Used In Yield Monitoring Systems

ABSTRACT

Precision Agriculture deals with the use of variable-rate application of the agricultural inputs based on the site-specific needs of the field. This new technology can provide the possibility of reaching two important benefits that are possible reduction in the production costs and the prevention of unnecessary use of chemicals. Yield mapping technology that requires the use of an appropriate yield monitoring system has been the most important technology used for determining the variability in the fields. Flow sensors are the most important component of a yield monitoring system mounted on the harvesting machinery. There are different types of flow sensors depending on the crop type to be harvested and the sensing principle. The purpose of this paper was to discuss the methods of flow sensing used on different harvesting machinery.

Keywords: Precision agriculture, yield mapping, yield monitoring system, flow sensor.

Not: Bu bildiriye ticari firma isimlerine yer verilmesi, reklam değil, bilgilendirme amacı taşımaktadır.

Giriş

Hassas uygulamalı tarım, genellikle ızgara (grid) veya işletme birimi (management zone) olarak isimlendirilen, tarımsal üretim alanlarının küçük parçalara ayrılmış birimlerinin (genellikle 0.4-1.0 ha) gereksinimleri esas alınarak, sabit düzeyli uygulama yerine değişken düzeyli uygulamanın söz konusu olduğu, yeni ve gelişmekte olan bir tarım teknolojisi olarak tanımlanabilir. Tarımsal girdiler uygulanırken her bir ızgaraya veya işletme birimine gereksinim duyulan düzeyde farklı miktarlarda uygulama yapılır. Hassas uygulamalı tarımın en önemli amacı; daha bilinçli bir tarımsal üretim yöntemiyle, verimde artış, tarımsal girdi kullanımında azalma sağlayarak üretim etkinliğini artırmak ve çevre ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktır [1].

Hassas uygulamalı tarım, veri toplama, veri işleme/karar verme ve değişken düzeyli tarımsal girdi uygulama olmak üzere 3 aşama ile pratiğe aktarılır [2,3,4,1].

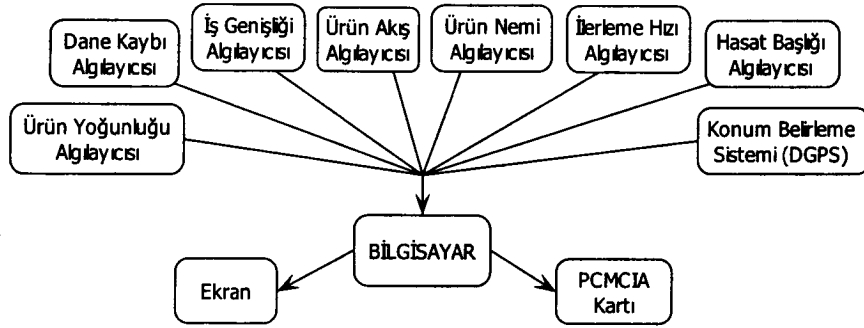
Verim haritalama teknolojisi, veri toplama teknolojilerinin en önemlilerinden ve hassas uygulamalı tarımın uygulanmasında kullanılan teknolojiler arasında günümüzde en fazla uygulama alanı bulmuş olanlardan biridir. Bu teknoloji, verim görüntüleme sistemi ve coğrafik konum belirleme sistemi kullanımı ile elde edilen konum bilgisine sahip (geo-referenced) verim verilerinin uygun bir haritalama yazılımı ile haritalanmasıyla ilgili bir uygulamadır. Bu uygulama, hasat makinaları

¹ Araş. Gör., Agric.& Biological Eng. Dept., Clemson Univ., Clemson, SC29634/USA e-mail: mkeskin@clemson.edu

² Araş. Gör., Ç.Ü., Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Böl., 01330 Balcalı -ADANA; e-mail: saitmsay@mail.cu.edu.tr

³ Prof.Dr., Agric.& Biological Eng. Dept., Clemson Univ., Clemson, SC29634/USA e-mail: yhan@clemson.edu

üzerine yerleştirilen ve değişik algılayıcılardan oluşan verim görüntüleme sistemlerinin kullanımını gerektirir. Şekil 1'de biçerdöverlerde kullanılabilecek bir verim görüntüleme sisteminde bulunan elemanlar gösterilmiştir. Diğer hasat makinelerinde kullanılan verim görüntüleme sistemleri de benzer elemanlara sahiptir. Sistemde bulunan bilgisayar, algılayıcılardan gelen sinyalleri kullanarak anlık verimi hesaplayıp, hesaplanan verim verisini, sistemde bulunan konum belirleme sisteminden elde edilen konum verisi (enlem ve boylam) ile birlikte PCMCIA ismi verilen bir kayıt ortamına belirli zaman aralıklarıyla kayıt eder [4,1].



Şekil 1. Biçerdöver üzerine yerleştirilen bir verim görüntüleme sisteminin elemanları [1]

Verim görüntüleme sistemlerinin en önemli elemanı, ürün miktarı algılayıcısı olup, algılayıcının tipi ve çalışma ilkesi, ürün tipine bağlıdır. Bu bilgi ışığında, kullanılan yöntemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Şekil 2):

- Çarpma kuvveti esaslı yöntem,
- Ağırlık değişimi esaslı yöntem,
- Nükleer (radyasyon) esaslı yöntem,
- Işınım (optik) esaslı yöntem,
- Tahrik mili torku esaslı yöntem,
- Sarkaç esaslı yöntem,
- Kapasitans esaslı yöntem.

Bu yöntemlerden bazıları ürün miktarını kütleli, bazıları da hacimsel olarak belirler. Örneğin birinci ve ikinci yöntemler ürün miktarını kütleli olarak belirlerken, üçüncü ve dördüncü yöntemler ürün miktarını hacimsel olarak belirler ki bu durumda yapılan ölçümün doğru olması için ürün yoğunluğunun da ölçülmesi gerekir.

Çarpma kuvveti esaslı yöntem:

Genellikle tahıl ürünleri için uygun olup, biçerdöverlerde kullanılır (Şekil 2-A). Bu yöntemde, temiz dane iletilim düzeneğinde iletilen ürün, bir çarpma yüzeyi üzerine çarparak yüzeyde bir kuvvet oluşmasına veya yüzeyin yerdeğiştirmesine sebep olur. Ürün miktarı, oluşan bu kuvvet veya yerdeğişiminin elektriksel olarak ölçülmesi ile belirlenir (Şekil 2-A-1).

Birinci durumda, danelerin yüzey üzerine çarpmaları sonucunda yüzeyde mekanik bir gerilim oluşur. Bu mekanik gerilim, elektriksel bir mekanik gerilim ölçme devresi (strain gauge, Wheatstone bridge) ile ölçülür ve uygun bir ilişkilendirme (calibration) eşitliği ile ürün miktarına dönüştürülür. İkinci durumda ise, ürün miktarı, danelerin çarpması sonucu çarpma yüzeyinde meydana gelen yerdeğişiminin değişken direnç (potentiometer) ile ölçülmesi yolu ile belirlenebilir. Bu durumda, yerdeğişimi nedeniyle değişken direncin değerinde bir değişim olur ve bu değişim elektriksel gerilim (voltage) olarak algılanır ve uygun bir ilişkilendirme (calibration) eşitliği ile ürün miktarına dönüştürülür [5,6]. Bu yöntemle çalışan ürün miktarı algılayıcıları Greenstar ismi ile John Deere şirketi tarafından üretilmektedir [6].

Çarpma yüzeyi yerine, çatal şekilli bir çarpma elemanı da kullanılabilir (Şekil 2-A-2). Bu durumda ürünün çarpması ile meydana gelen kuvvet, algılayıcı tarafından elektriksel gerilime dönüştürülür. Bu yöntemle çalışan ürün miktarı algılayıcıları Micro-Trak şirketi tarafından üretilmektedir [7].

Bu yöntemde, ürün nemi yapılacak ölçümü etkileyeceğinden ürün neminin de algılanması ve ürün miktarının neme göre düzeltilmesi gereklidir.

Ağırlık değişimi esaslı yöntem:

Bu yöntemde, ürün miktarı, ürün iletim düzeneğinin veya ürün deposunun ağırlığındaki anlık değişimin algılanması şeklinde iki biçimde belirlenebilir. Genellikle ağırlık değişimi, bir elektriksel kuvvet algılayıcı (load cell) ile ölçülür.

Şekil 2-B-1'de temiz dane helezonunun ağırlığının ölçümünde kullanılan bir sistem gösterilmektedir. İletim düzeneğinin ağırlığı bir kuvvet iletim kolu ile algılayıcıya iletilir. Bu durumda, ürün helezonda iletilirken helezonun ağırlığının sürekli olarak ölçülmesi yolu ile ürün miktarı belirlenir [5].

Şekil 2-B-2'de bir tarım arabasının veya bir hasat makinasının deposundaki ağırlık değişiminin ölçümü yolu ile ürün miktarının belirlenmesi yöntemi gösterilmektedir. Bu yöntemde, ürün deposu ile kasa arasına genellikle her köşeye bir tane olmak üzere toplam dört adet elektriksel kuvvet algılayıcı (load cell) yerleştirilir ve ürün deposundaki ağırlık değişimi dolayısıyla ürün miktarı belirlenir [8]. Bu yöntem sadece tarım arabalarında değil ürün deposuna sahip olan tüm hasat makinalarında uygulanabilir. Örneğin, pamuk [9] ve yerfıstığı [10] hasat makinalarına uygulandığı bildirilmiştir.

Şekil 2-B-3'de bazı hasat makinalarında kullanılan bir verim ölçüm sistemi gösterilmektedir. Bu sistemde ürün iletim bandındaki ağırlık değişimi bant altına yerleştirilen bir elektriksel kuvvet algılayıcı ile ölçülür. Genellikle patates [11], şekerpancarı [12] ve domates [13] gibi ürünlerin hasadında kullanılan bir yöntemdir.

Şekil 2-B-4'de elektriksel kuvvet ölçümü esaslı diğer bir yöntem gösterilmektedir. Bu yöntemde, ürün eğimli bir plaka üzerinde iletilmektedir. İletilen ürün miktarına bağlı olarak eğimli yüzeye iletilen ürün tarafından bir kuvvet uygulanır. Bu kuvvet bir yük hücresi yardımıyla ölçülür ve ürün miktarı ile ilişkilendirilir [14].

Bu yöntemde de, ürün nemi yapılacak ölçümü etkileyeceğinden ürünün neminin de algılanması ve ürün miktarının neme göre düzeltilmesi gereklidir.

Nükleer (radyasyon) esaslı yöntem:

Bu yöntemde, ölçüm düzeneği, gamma ışınımı yayan radyoaktif bir kaynak ile bir alıcıdan oluşur (Şekil 2-C). Kaynak (Americium 241 izotopu) alıcıya doğru ışınım yayar. Kaynak ve alıcı arasına girebilecek herhangi bir nesne, alıcı tarafından algılanan ışınımın yoğunluğunu azaltacaktır. Işınım yoğunluğundaki bu azalma ile ürün miktarı doğru orantılı olduğundan, ürün miktarı, azalma miktarına bağlı olarak belirlenir. Radyoaktif kaynağın neden olduğu güvenlik sorunu nedeniyle bu yöntemle çalışan sistemler için yıllık test ve onay gereklidir [5].

Bu yöntem, ürün miktarını hacimsel olarak belirlediğinden ürün yoğunluğunun da ölçülmesi gerekir. Bu yöntemle çalışan ürün miktarı algılayıcıları Flow Control ismi ile Massey Ferguson şirketi tarafından üretilmektedir [7].

Işınım (optik) esaslı yöntem:

Bu yöntemde, ölçüm düzeneği, bir veya birden fazla ışık kaynağı ve ışık algılayıcısından oluşur. Işık kaynağı ışık algılayıcısına doğru ışık enerjisi gönderir. Kaynak ile algılayıcı arasındaki ürünün miktarına bağlı olarak algılayıcı tarafından algılanan sinyalde değişiklik olur ve bu değişikliğe bağlı olarak ürün miktarı hacimsel olarak belirlenir. Ürün miktarı hacimsel olarak ölçüldüğü için, ürünün yoğunluğunun da ölçülüp, ürün miktarının yoğunluğa göre düzeltilmesi gereklidir. Ayrıca ürün neminin de ölçülmesi gerekmektedir.

Şekil 2-D-1'da biçerdöverlerde kullanılan optik esaslı bir ölçüm sistemi gösterilmektedir. Sistem temiz dane elevatörüne yerleştirilmiş bir ışık kaynağı ve algılayıcısından oluşmaktadır. Elevatörün herbir gözündeki dane miktarına bağlı olarak algılayıcıdan alınan sinyal, uygun bir eşitlik ile ürün miktarına dönüştürülür [5]. Bu yöntemle çalışan ürün miktarı algılayıcıları Ceres ismi ile RDS Technology şirketi tarafından üretilmektedir [7].

Şekil 2-D-2'de gösterilen ve biçerdöverlerde kullanılan diğer bir düzenlemede ürün helezonundan iletilen daneler çarkın üst kısmından düzeneğe alınır ve çark üzerinde toplanır. Çarkın üst kısmında bulunan bir ışık kaynağı ve karşısındaki ışık algılayıcısı ürün seviye duyargası işlevini yerine getirir. Ürün miktarı, seviye duyargası düzeyine ulaştığında, bir elektro-mekanik kavrama ile çark döndürülür. Çarkın dönüş miktarı belirlenerek ürün miktarı hacimsel olarak ölçülmüş olunur

[15,7]. Bu yöntemle çalışan ürün miktarı algılayıcıları Claydon ismi ile Claas şirketi tarafından üretilmektedir [7].

Şekil 2-D-3'de pamuk hasat makinalarında kullanılan bir verim ölçüm sistemi gösterilmektedir. Bu sistem diğerlerine benzer olarak pamuk iletim borusuna yerleştirilen ışık kaynağı dizisi ve ışık kaynağı algılayıcısından oluşur. Kaynak ve duyarga dizileri arasından geçen pamuk miktarındaki değişim, duyargalar tarafından algılanan enerjide ürün hacmi ile orantılı olarak değişim meydana getirir [16]. Mikro-Trak ve Zycorn isimli iki ABD firması bu yöntemi kullanarak pamuk hasat makinaları için ticari olarak verim görüntüleme sistemi üretmektedirler. Yapılan denemelerde her iki sistemde de sorunlar olduğu bildirilmiştir [17].

Tahrik mili torku esaslı yöntem:

Bu yöntem genellikle yeşil yem hasat makinalarında ürün miktarı ölçümünde kullanılır. Kesme/kıyma ünitesi ve hava esaslı (pneumatic) iletim ünitelerine hareket veren tahrik milinde ölçülen tork, ürün miktarı ile ilişkilidir (Şekil 2-E). Mildeki tork miktarının ölçümünde elektriksel tork algılayıcıları kullanılır. Missotten ve ark. (1997) [18] bu yöntem üzerinde deneme yapmışlar, ürün miktarı ile torkun belirli sınırlarda ilişkili olması ve bu ilişkinin ürün nem içeriği ve makina özelliklerinden etkilenmesi nedeniyle bu yöntemle elde edilen sonuçların uygulamada kullanılacak düzeyde olmadığını bildirmişlerdir.

Sarkaç esaslı yöntem:

Bu yöntem genellikle yeşil yem bitkilerinin ve hasat dönemine erişmemiş yeşil halde bulunan diğer ürünlerin tarladaki tekdüzeliğinin saptanması ve verim haritalarının çıkarılması amacıyla kullanılır. Şekil 2-F'de gösterilen bu yöntemde, ölçüm düzeneği, ürünün durumunu bozmayacak biçimde tasarlanmış, çekilir tip bir taşıyıcıya yerleştirilen bir sarkaçtan oluşmuştur. Sarkaç, belirli yükseklikte araç üzerinde oynak bir noktaya asılıp tarlada yatay olarak hareket ettirildiğinde, ürünün yoğunluğuna bağlı olarak düşey düzlemle şekilde görüldüğü gibi bir açı oluşturur. Bu açı ile ürün miktarı arasındaki ilişkiden hareketle ürün miktarı belirlenebilir [19.]

Kapasitans esaslı yöntem:

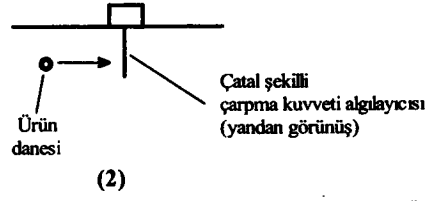
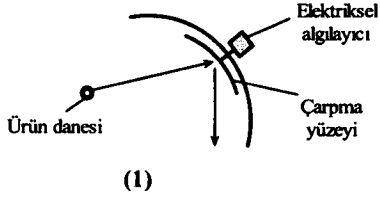
Bu yöntem genellikle hava esaslı ürün iletim düzeneğine sahip hasat makinalarında kullanılır. Yöntemin esası, kapasitans (capacitance) ilkesine dayanır. Bir kondansatör (capacitor), iki metal levha ve bu iki plaka arasına yerleştirilen bir yalıtıcıdan ibarettir. Kondansatörün kapasitans değeri, iki metal levha arasındaki yalıtıcı miktarının yani ürün miktarının değişimine bağlı olduğundan, bu ilişki yardımı ile ürün miktarı belirlenebilir (Şekil 2-G).

Aşağıdaki çizelgede, yukarıda açıklanan ürün miktarı algılama yöntemleri ve kullanıldıkları hasat makinaları özetlenmiştir.

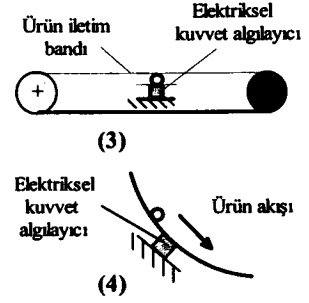
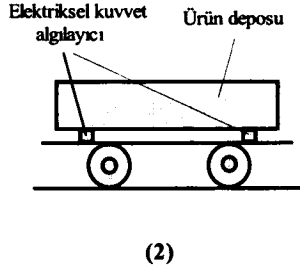
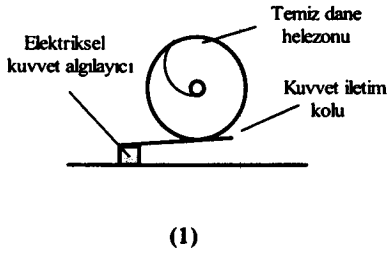
Çizelge 1. Bazı Ürün Miktarı Ölçüm Yöntemleri ve Uygulandığı Makina Tipleri

Yöntem	Hasat makinası tipi
Çarpma kuvveti esaslı yöntem	Biçerdöver, yeşil yem hasat makinası
Ağırlık değişimi esaslı yöntem	Biçerdöver, pamuk hasat makinası, yumrulu bitkiler hasat makinası, tarım arabası
Nükleer (radyasyon) esaslı yöntem	Biçerdöver
Işınım (optik) esaslı yöntem	Biçerdöver, pamuk hasat makinası
Tahrik mili torku esaslı yöntem	Yeşil yem hasat makinası
Sarkaç esaslı yöntem	Yeşil yem hasat makinası
Kapasitans esaslı yöntem	Hava esaslı iletim düzenine sahip hasat makinaları

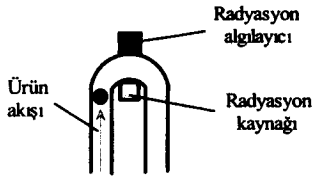
A. Çarpma kuvveti esaslı yöntem



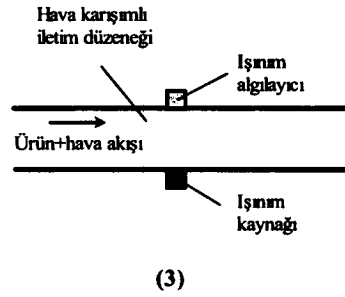
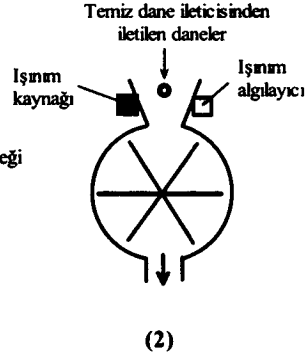
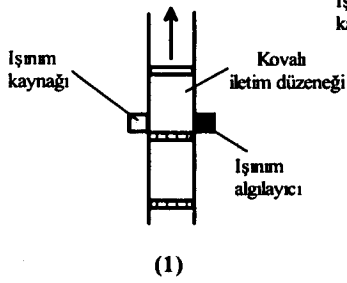
B. Ağırlık değişimi esaslı yöntem



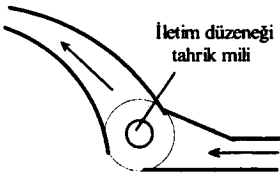
C. Nükleer (radyasyon) esaslı yöntem



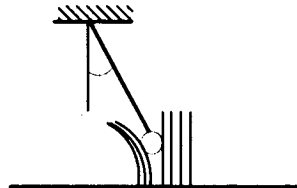
D. Işınım (optik) esaslı yöntem



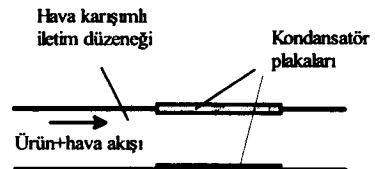
E. Tahrik mili torku esaslı yöntem



F. Sarkaç esaslı yöntem



G. Kapasitans esaslı yöntem



Şekil 2. Çeşitli ürün görüntülenmede kullanılan ürün miktar algılamayı yöntemleri.

Kaynaklar

1. Keskin, M., S.M.Say, Y.J.Han. 2000. Hassas Uygulamalı Tarımda Kullanılan Verim Haritalama Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 1-2 Haziran 2000, Erzurum, s.502-508.
2. Dodd, R.B., Y.J.Han, A.Khalilian, M.Keskin. 1999. Farm Mechanization In USA For Environment-Friendly Agriculture. Proceedings of International Symposium on Farm Mechanization for Environment-Friendly Agriculture. April 9, 1999, Seoul, Korea, s.5-26.
3. Keskin, M., Y.J. Han and R.B. Dodd. 1999a. A Review of Yield Monitoring Instrumentation Applied to the Combine Harvesters for Precision Agriculture Purposes. Proceedings of the the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 26-27, 1999, Adana, Türkiye, s.426-431.
4. Keskin, M., S.M. Say, Y.J.Han. 1999b. Hassas Uygulamalı Tarımda Kullanılan PCMCIA Esaslı Taşınabilir Veri Alma Sistemleri. 3. Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu (TBUS-3), 3-6 Ekim 1999, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.
5. Morgan, M. ve D.Ess. 1997. The Precision Farming Guide for Agriculturists. First Edition. John Deere Publishing, Illinois/USA.
6. Johnson, R.C. 1996. Target Farming: A Practical Guide To Precision Agriculture. Second Edition. Saskatoon/CANADA.
7. Moore, M. 1997. An Investigation Into The Accuracy Of Yield Maps And Their Subsequent Use In Crop Management. PhD Dissertation. Cranfield University, UK.
8. Godwin, R.J. ve P.N.Wheeler, M.J.O'Dogherty, C.D.Watt, ve T.Richards. 1999. Cumulative Mass Determination For Yield Maps Of Non-Grain Crops. Computers And Electronics In Agriculture, 23:85-101.
9. Searcy, S.W, D.S.Motz, ve A.Inayatullah. 1997. Evaluation Of A Cotton Yield Mapping System. 1997 ASAE Annual Meeting, Paper No: 97-1058, Michigan/USA.
10. Thomas, D.L., C.D.Perry, G.Vellidis, J.S. Durrence, L.J.Kutz, C.K.Kvien, B.Boydell ve T.K.Hamrita. 1999. Development And Implementation Of A Load Cell Yield Monitor For Peanut. Transactions of the ASAE, 15(3):211-216.
11. Campbell, R.H., S.L.Rawlins, ve S.Han. 1994. Monitoring Methods For Potato Yield Mapping. 1994 ASAE Annual Meeting, Paper No: 94-1584, Michigan/USA.
12. Walter, J.D., V.L.Hofman ve L.F.Backer. 1996. Site-Specific Sugarbeet Yield Monitoring. Precision Agriculture: Proceedings of the Third International Conference. June 23-26. Minnesota/USA, s.835-844.
13. Pelletier, G. ve S.K.Upadhyaya. 1999. Development Of A Tomato Load/Yield Mapping System. Computers and Electronics in Agriculture, 23:103-117.
14. Durrence, J.S. 1997. Digital Signal Processing Techniques For A Load Cell Peanut Yield Monitoring System. MSc. Thesis. University of Georgia. Athens, Georgia/USA.
15. Borgelt, S.C. 1993. Sensing And Measurement Technologies For Site-Specific Management. Proceedings of Soil Specific Crop Management Workshop. April 14-16, 1992. Minneapolis, Minnesota/USA. s.141-157.
16. Wilkerson, J. B., J.S.Kirby, W.E.Hart ve A.R.Womac. 1994. Real-Time Cotton Flow Sensor. 1994 ASAE Annual Meeting, Paper No: 94-1054, ASAE, Michigan/USA.
17. Wolak, F.J., A. Khalilian, R.B. Dodd, Y.J. Han, M. Keskin, R.M. Lippert and W. Hair. 1999. Cotton Yield Monitor Evaluation, South Carolina – Year 2. Proceedings of the 1999 Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, 1999, Florida/USA, v.1, pp.361-368.
18. Missotten, B., B.Broos, G.Strubbe ve J.De Baerdemaeker. 1997. Proceedings of the First European Conference on Precision Agriculture. September 7-10 1997, Warwick, U.K, v.2, s.529-536.
19. Ehlert, D. ve P.Jürschik. 1997. Techniques For Determining Heterogeneity For Precision Agriculture. Proceedings of the First European Conference on Precision Agriculture. September 7-10 1997, Warwick, U.K, v.2, s.627-634.