



Alınış tarihi (Received): 06.09.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: **Ebubekir ALTUNTAŞ**

Kabul tarihi (Accepted): 09.11.2018

Alan editörü/Area Editor: **Osman GÖKDOĞAN/Bülent TURAN**

Tarımsal Otomasyonda Yeni Yaklaşım: Konuşan Bitki ve Konuşan Meyve

Muhammed TAŞOVA^{a,*} Mehmet Metin ÖZGÜVEN^a

^a*Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat*

^{*}*e-mail: muhammed.tasova@gop.edu.tr*

ÖZET: Seralarda bitkilerin büyümesi ve gelişimi için gerekli olan su, ışık, sıcaklık, karbondioksit, oksijen ve bitki besin elementlerinin etkili ve sürekli kontrolünün sağlanmasıyla bitki gelişiminde artış sağlanmaktadır. Çevresel faktörlerin giriş değişkeni, bitki ve meyvenin vermiş olduğu fizyolojik tepkilerin ise çıkış değişkeni olarak ve akıllı kontrol tekniklerinin uygulandığı bu tip yaklaşımlar konuşan bitki ve meyve yaklaşımları olarak ifade edilmektedir. Konuşan bitki yaklaşımında sera otomasyonuna ek olarak geliştirilen sensörler ile bitkilerin fizyolojik tepkileri belirlenmekte ve elde edilen bu bilgiler otomasyon sisteminin optimize edilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, depolama alanında bulunan meyveler fizyolojik tepkiler vermektedir. Konuşan meyve yaklaşımına göre, ortam şartları meyvelerin daha uzun süre muhafaza edilebilmesi amacıyla meyvenin göstermiş olduğu tepkilere göre düzenlenmektedir. Bu çalışmada, konuşan bitki ve konuşan meyve yaklaşımlarının temelleri tanıtılmış olup, gerçekleştirilmiş uygulamalardan örnekler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler – *Konuşan bitki yaklaşımı, konuşan meyve yaklaşımı, sera otomasyonu, sensörler, bitki tepkisi*

New Approach in Agricultural Automation: Speaking Plant and Speaking Fruit

ABSTRACT: Increase in plant growth is ensured by effective and continuous control of water, light, temperature, carbon dioxide, oxygen and plant nutrients required for growth and development of plants in greenhouse. Such an approach is called the Speaking Plant/Fruit Approach, where environmental factors are the input variables, the plant and the fruits physiological responses are the output variables and applied intelligent control techniques. In the speaking plant approach is determined physiological responses of plants with developed sensors in addition to greenhouse automation and this information is used in optimizing the automation system. Also, the fruits in the storage area give physiological responses. According to the speaking fruit approach, the ambient conditions are arranged according to the reaction that the fruit has shown in order that the fruit can be kept for a longer time. In this study, the bases of the speaking plant and the speaking fruit approaches were introduced and examples from actual applications were given.

Keywords – *Speaking plant approach, speaking fruit approach, greenhouse automation, sensors, plant responses*

1. Giriş

Sanayileşmenin ve nüfusun hızla artması tarım arazilerinin gittikçe azalmasına, gıda gereksiniminin karşılanamamasına neden olmuştur. Tarımsal üretimde verimliliği artırmak için, verimli tohum çeşitlerinin geliştirilmesi çalışmalarının yanı sıra kimyasal gübreler ve hastalıklarla mücadele için tarımsal ilaçlar kullanılmaktadır. Ancak bilinçsiz ilaç ve gübre kullanımı çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, birim alandan daha fazla verim almak için çevreye ve ekonomiye daha duyarlı tarımsal üretim yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, geleneksel üretim yöntemleri yerini makineleşmeye ve makineleri kontrol eden üretim sistemlerine bırakmıştır. Üretim yapılacak herhangi bir işlemden elektronik cihazların kullanılması ve kontrol mekanizmalarının geliştirilmesine otomasyon denilmektedir (Toylan ve Kuşçu, 2013). Bilgisayarlı kontrol ve otomasyon işlemlerinin yaygınlaşması insan hayatının her aşamasında kolaylıklar sağlamaktadır. Tarımsal faaliyetlerde otomasyon kullanımı ise, insanların gelirleri ve yetiştirilen ürünlerin kalitesinin artmasına, zaman ve iş gücünün azalmasına büyük katkılar sağlamıştır (Çayıroğlu ve Erkeymaz, 2007). Tarımsal otomasyon işlemlerinde elektronik sensörler, kablo ve kablosuz iletişim teknolojileri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Yılmaz, 2017).

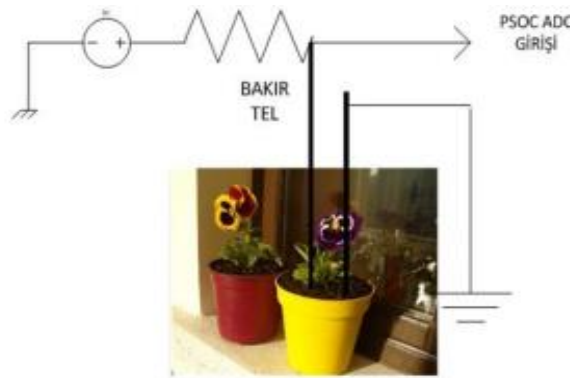
Küresel boyutta sanayileşmenin hızlanması ve nüfusun sürekli artması tarımsal alanların hızla azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum gıda talebinin karşılanamaması, çevresel kirlilik, olumsuz sosyo-ekonomik etkiler gibi yakın gelecekte ciddi sorunlar doğuracaktır (Pekşen, 2013). Çözüm yöntemlerinden biri otomasyon uygulamalarının tarımsal faaliyetlerin her aşamasında kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Tarımsal otomasyon; bitkisel ve hayvansal üretimin her aşamasında bilgisayar, sensör, GPS vb. akıllı teknolojiler kullanılarak yapılacak olan işleri en doğru ve kararlı bir şekilde yapma imkanı sunan sistemlerdir. Tarımsal otomasyonun üretimde kullanımı ne kadar yaygınlaşırsa tarımda verimin artmasına, çevrenin korunmasına ve ekonominin kalkınmasına o derece katkı sağlayacağı öngörülmektedir (Türker ve ark., 2015). Otomasyonun diğer alanlarda olduğu gibi tarım da uygulamalarının artmasıyla önemli seviyede olumlu sonuçlar alınmış ve birçok tarımsal uygulamada etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Tarımsal otomasyonda uygulamalar genelde ortam şartlarının bitkilerin fizyolojik tepkilerine bağlı kalmadan optimum değerlerde tutulması şeklindedir. Araştırmalar, genellikle bu sebepten dolayı bitkilerin optimum ortam şartlarında yapılan üretim değerleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bilimsel açıdan en doğru yöntem ise, bitkinin her an değişmekte olduğu fizyolojik tepkilerine göre ortam şartlarının ayarlanmasıdır. Bitki ve meyvelerin buldukları ortam şartlarına gösterdikleri fizyolojik tepkilerin ölçülmesi sensörler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tarımsal otomasyon kavramı içerisinde gelişmekte olan bu yeni yaklaşım "*Konuşan Bitki ve Konuşan Meyve Yaklaşımı*" olarak ifade edilmektedir. Konuşan bitki ve meyve yaklaşımı ile göstermiş oldukları fizyolojik tepkilere göre sıcaklık, nem, su vb., yetiştirme kriterlerinin gerektiği ölçüde uygulama olanağının yanında (Pablo ve ark., 2014; Zude-Sasse ve ark., 2016) hasat sonrası meyvelerin depolama şartlarındaki göstermiş oldukları tepkilere göre de ortamı optimum hale getirme imkanı sunmaktadır. Bu yaklaşım ile yapılan çalışmaların önemi her geçen gün artmaktadır.

2. Konuşan Bitki ve Konuşan Meyve Yaklaşımı

Son yıllarda, insanların sağlıklı ortamlarda yetişmiş ürünleri daha tercih eder hale gelmelerinden dolayı, elektronik kontrol sistemlerin kullanıldığı seralar her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır (Chalabi ve ark., 1996; Sigrimis ve Rerras, 1996; Ioslovich ve Seginer, 1998; Hashimoto ve ark., 2006). Bitkilerin çevresel etkiler karşısındaki tepkilerinin algılanıp ortam şartlarının daha hassas kontrol edilebilmesi için sadece çevresel etmenler değil bitkinin ortama gösterdiği biyolojik tepkilerin de ölçülerek beraber düşünülmesi gereklidir. Çevresel faktörlerin girdi olarak belirlendiği ve bitki yanıtlarının ise çıktı olarak kabul edildiği bu yöntem konuşan bitki ve konuşan meyve yaklaşımı olarak ifade edilmektedir (Hashimoto ve ark., 2006).

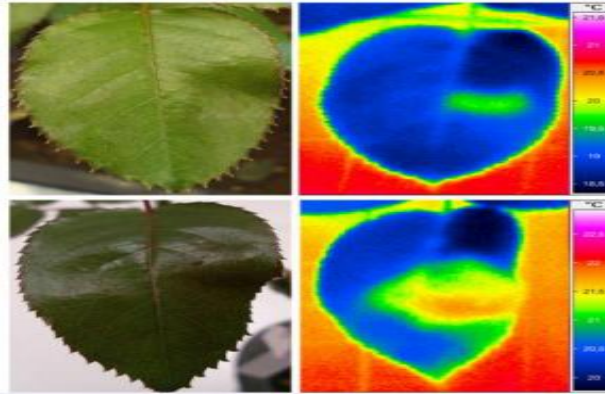
Optimum bitki koşullarının sağlanması olarak tanımlanan "Konuşan Bitki Yaklaşım" kavramı, bitkilerin fizyolojik durumlarına bağlı olan bir konudur. Konuşan bitki yaklaşımının ilk aşaması canlı bir bitkinin fizyolojik özelliklerinin ölçülmesi ile başlamaktadır (Nishina, 2015). Bu yaklaşım bitkinin ölçülecek özelliğine uygun sensörlerin kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Şekil 1'de bitkinin istediği su miktarının toprak nem sensörü kullanılarak elde edilen verilerin değerlendirilerek belirlenmesi görülmektedir.



Şekil 1. Bitkinin su isteğinin toprak nem sensörü ile ölçülmesi (Levent ve Aytakin, 2016)
Figure 1. Measuring the water demand of the plant with soil moisture sensor (Levent and Aytakin, 2016)

"Konuşan Meyve Yaklaşım" kavramı ise, meyvelerin hasat sonrası işlemlerinin ve depolama şartlarının optimum hale getirilmesi için gerekli işlemlerin tümünü kapsayan bir ifadedir (De Baerdemaeker ve Hashimoto, 1994; Hashimoto ve ark., 1995). Meyvelerin depolandığı ortamda çevresel şartların değişmediği kabul edilerek kontrol edilmektedir. Bu nedenle depolama kriterlerinden olan sıcaklık değerinin düşük bir değerde sabit tutulması ortam şartlarının statik olduğu ön görülmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu durum, meyvenin kalite değerlerinde herhangi bir iyileşmeye katkı sağlamamaktadır. Oysaki son yıllarda yapılan çalışmalarda, konuşan meyve yaklaşımı yöntemi ile depolama süresince meyvenin kalitesine olumlu katkılar sağlanması için depolama koşullarının dinamik olarak kabul edilmesi gerektiği ve bu kabul üzerinden kontrollerin yapılması gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca, depolama işlemlerinden sonra meyvelerin bir kaç gün yüksek sıcaklık değerine sahip bir ortama bırakılmaları meyvedeki bazı hormonların durmasına ve dolayısıyla da olgunlaşmanın gecikmesine katkı sağladığı ifade edilmiştir (Lurie, 1998; Hashimoto ve ark., 2006).

Konuşan bitki ve meyve yaklaşımı konusunda yapılan çalışmalara baktığımızda; Millan-Almaraz ve ark. (2010), domates bitkisinin anlık terleme miktarını ölçmek için çeşitli fonksiyonlara sahip sensörler ile bitkinin bulunduğu şartlara gösterdiği tepkileri ölçerek belirlemiştir. Ahmad ve ark. (2011), domates bitkisinin sera koşullarında ihtiyaç duyduğu gübre miktarını belirlemek için CCD özellikli bir kamera ile her üç günde bir fotoğraf alarak görüntü işleme yöntemi ile gübre ihtiyacını belirlemiştir. Takayama ve ark. (2011) domates bitkisinden yansıyan kırmızı ışık şiddetine göre bitkinin klorofil miktarını belirlemiştir. Nishina, (2015), konuşan meyve yöntemi ile domates meyvesinin uygun depolama sıcaklığında muhafaza çalışması yapmışlardır. Gomez, (2014), gül yaprağında Peronospora sparsaların neden olduğu mildiyö hastalığı durumunu kızılötesi sensör kullanarak yapraktan yansıyan renk farklılığına göre belirlemiştir.



Şekil 2. Bitkinin hastalık durumunun belirlenmesi (Gomez, 2014)

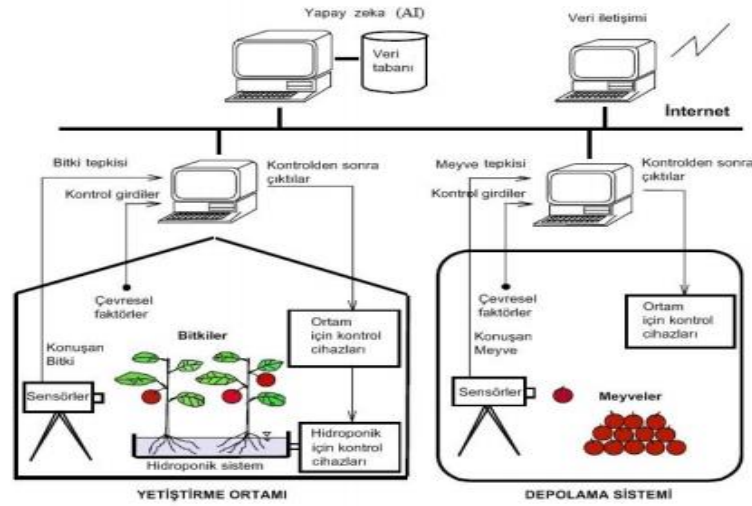
Figure 2. Determination of disease status of plant (Gomez, 2014)

Çalışmada (Gomez, 2014), 23/18 °C (gündüz ve gece) sıcaklığına sahip sera koşullarında gül yaprağında oluşan mildiyö hastalığının değişimi tespit edilmiştir. Yaprakları 0,175 mm² 'lik gridlere sahip olacak şekilde inceleme özelliği bulunan ışık mikroskobu ile yaprağın alt epidermis dokusundan üst epidermis dokusuna kadar incelenmiş ve gül yapraklarına özgü olan sporangia ve oospores hastalıklarının 1 cm² alan için ölçülen tüm günlerde ortalama 40000 –800000 adet sporangia, 40 - 60 adet ise oospores oluştuğunu belirlemiştir (Şekil 2).

3. Konuşan Bitki ve Konuşan Meyve Yaklaşımının Bilgisayar Tabanlı Kontrol Sistemi

Bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri kullanılarak bitkilerin yetiştirilme ve meyvelerin ise depolama şartları altındaki fizyolojik tepkilerine göre optimum bir şekilde kontrolleri sağlanmaktadır. Kontrol işlemleri gerçekleştirilirken bitkinin veya meyvenin hangi fizyolojik özelliği (renk, solunum, yaprak genişliği, solunum hızı, etilen miktarı, fotosentez hızı, su kaybı vb.) dikkate alınarak kontrol edilecekse o özelliği tespit edecek uygun sensörlerin kullanılmasıyla kontrol gerçekleştirilmektedir. Sera veya depolama ortamlarındaki şartlara göre bitkilerin ve meyvelerin belirtilen özelliklere göre kontroller yapılarak gelişimlerine katkılar sağlanmaktadır (Hashimoto ve ark., 2006).

Şekil 3'de, konuşan bitki ve konuşan meyve kavramlarına dayalı merkezi bir kontrol sistemi ile bitkinin yetiştirilme ortamının ve meyvenin depolama şartlarının izlenilmesiyle ortam şartlarının hassas bir şekilde kontrol edilmesi görülmektedir.



Şekil 3. Konuşan bitki ve konuşan meyve yaklaşımı ile yetiştirme ve depolama ortamlarının merkezi bir bilgisayar sistemi ile izlenilmesi (Hashimoto ve ark., 2006)

Figure 3. Speaking plant and speaking fruit approach and monitoring and storage media with a central computer system (Hashimoto et al., 2006)

Şekil 3' de, konuşan bitki ve konuşan meyve yaklaşımları ile domates bitkileri ile meyvelerinin sağlıklı bir şekilde yetiştirilmesi ve depolanması için oluşturulan bir sistem görülmektedir. Sol tarafta bulunan sistem yardımıyla, domates bitkisinin sulu bir ortamda göstermiş olduğu fizyolojik tepkiler, sensörler ile ölçülerek kontrol merkezine iletilmektedir. Kontrol merkezinde veriler değerlendirildikten sonra bitkinin bulunduğu ortamın şartları değiştirilmektedir. Sağ tarafta bulunan sistemde ise meyvenin bazı özellikleri sensörler aracılığı ile ölçülerek kontrol merkezine iletilmektedir. Değerlendirilen verilere göre ortam şartları değiştirilerek, meyvenin kalite özellikleri daha uzun süre muhafaza edilmektedir.

4. Bitkiler ile Meyvelerin Buldukları Ortamdaki Konuşmalarının Anlaşılması

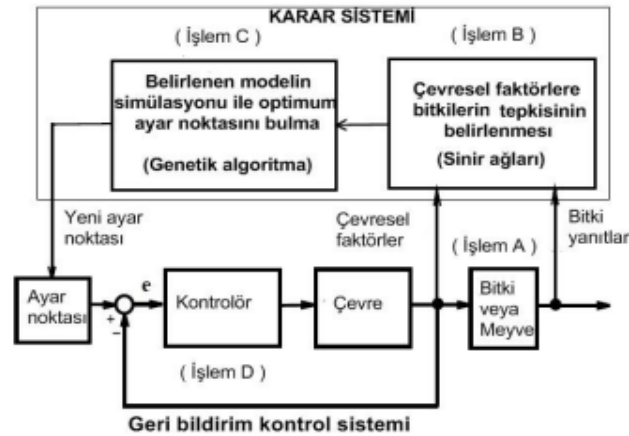
Konuşan meyve ve bitki sistemlerinin geliştirilebilmeleri için çalışılacak olan bitkinin su ve besinle olan ilişkisi ve büyüme karakteristiklerinin iyi bilinmesi gereklidir (Ahmad ve ark., 2011). Murase ve ark. (1994), marul bitkisinin yetiştirilmesinde kullanılan optimum ışık koşullarını belirlemek için farklı ışık şartlarına maruz bırakılan marul bitkisinin boy, yaprak gelişimi gibi özelliklerine göre en uygun ışık koşulunu belirlemişlerdir.

Yetiştirme ortamlarındaki bitkiler ile depolama ortamındaki meyvelerin ortam şartlarında göstermiş olmuş tepkileri doğru bir şekilde belirleyebilmek için materyallerin tahrip edilmemiş ve bütün bir halde bulunmuş olmaları gereklidir (Hashimoto ve ark., 1990). Bitki ve meyvelerin buldukları ortamlardaki tepkilerinin anlaşılabilmesi için bazı kullanım amaçlarına göre değişen sensörler ve görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Anlık olarak ışık, sıcaklık ve nem ölçümleri ortamın iklim değerleri açısından bilgi sağlarken pH, elektriksel iletkenlik ve nem içeriği değerlerini ölçen algılayıcılar ise bitkiler için kök bölgesi hakkında bilgiler sunmaktadır (Van Pee ve ark., 1994; Murase ve ark.,

1997). Depolama ortamındaki meyveler için ise kabuk rengi, su kaybı ve solunum hızı gibi değerlerin ölçümlerinde kullanılan sensörler ve görüntü işleme teknikleri daha çok meyvenin fiziksel kalite değerleri hakkında bilgi vermektedir.

5. Bitki ve Meyve Konuşmalarının Optimizasyonu

Konuşan bitki ve meyve yaklaşım sistemleri temelde iki aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4). Bunlardan birincisi, çevresel etmenlerin optimum değerlerinin belirlenmesi olan "karar verme aşaması"; ikincisi ise, optimum çevre değerlerinin belirlenmesinden sonra, çevre şartlarını kontrol eden mekanizmayı oluşturan "geri besleme aşaması"dır. (Morimoto ve ark., 1995; Morimoto ve ark., 1997).



Şekil 4. Konuşan bitki ve meyve yaklaşım sistemlerinin optimizasyonunun karar verme sistemi ve geri besleme sistemi (Hashimoto ve ark., 2006)

Figure 4. Decision making system and feedback system for the optimization of talking plant and fruit approach systems (Hashimoto et al., 2006)

Şekil 4'den görüleceği gibi, A işleminde ortam şartlarında bitki ve meyvenin verdikleri tepkiler ölçülüp, B işleminde ise, bu tepkiler değerlendirilmektedir. Oluşan maksimum tepkiye neden olan ortam şartı, ürünün kalitesi açısından optimize edilerek belirlenen modelin simülasyonu tarafından arama işlemi gerçekleştirilmektedir. C işleminde gerçekleştirilen optimum ayar noktalarının belirlenmesinde genetik algoritmalar kullanılmaktadır. Bu işlem ise C kısmında gerçekleşmektedir. Belirlenen en uygun ayar noktalarının ardışık olarak geri besleme işlemindeki ayar noktalarına uygulanması D işleminde gerçekleştirilmektedir. Yetiştirilen bitkilerin veya depolama esnasındaki meyvelerin kontrol sistemleri karmaşık halde olduğu için yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak bu karmaşıklık optimize edilebilmektedir. (Hashimoto ve ark., 2001; Hashimoto ve ark., 2006).

6. Sonuç

Bitkilerin vermiş olduğu tepkilerin belirlenebilmesi, karmaşık ve değişken olmasından dolayı oldukça zordur. Ancak farklı teknik ve sensörler fizyolojik tepkilerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Konuşan meyve ve bitki yaklaşımlarının daha yaygın bir şekilde kullanılarak etkinliğinin artırılması için, bitki veya meyvenin fizyolojik özelliklerinin uygun sensör ve tekniklerle en uygun bir karar mekanizması oluşturulmalıdır. Konuşan

bitki ve meyve yaklaşımlarıyla bitki ve meyvelerin gelişmesi için standart özelliklere sahip ortamlarda değil de, dinamik ve esnek bir kontrol sistemiyle bitki ve meyvenin göstermiş oldukları tepkilere göre ortam şartlarının oluşturulmasıyla optimum kontrol sağlanmasına ve bitki ve meyvelerin kaliteli gelişimlerine imkan sağlamaktadır. Bu yöntemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte ekonomi, enerji, sağlık ve çevre alanlarında sektörel ve ülkesel boyutta olumlu katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Ahmad, U.,Subrata, D.M. and Arif, C., 2011. Speaking Plant Approach for Automatic Fertigation System in Greenhouse. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol. 4, No. 3, September.
- Chalabi, Z.S., Bailey, B.J. and Wilkinson, D.J., 1996. A real-time optimal control algorithm for greenhouse heating. Computer Electron Agricultural 15: 1-13.
- Çayıroğlu, H. ve Erkaymaz, H., 2007. Uzaktan sabit hat erişimli bilgisayar destekli ev otomasyonu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 13:3379-385.
- De Baerdemaeker, J. and Hashimoto, Y., 1994. Speaking fruit approach to the intelligent control of the storage system. Proc. of 12th CIGR World Congress, Milano 1: 190-197.
- Gomez, S., 2014. Infection and spread of *Peronospora sparsa* on *Rosasp.* (Berk.) - a microscopic and a thermographic approach. Dissertation, University of Bonn, Germany.
- Hashimoto, Y., Kramer, P.J. Strain, B. R. and Nonami, H., 1990. Measurement Techniques in Plant Science. USA: Academic Press, San Diego, USA.
- Hashimoto, Y., Morimoto, T. and De Baerdemaeker, J., 1995. New approach to total production systems based on an intelligent control. Preprints 1st IFAC Workshop on Control Applications in Post-Harvest Processing and Technology 151-156.
- Hashimoto, Y., Murase, H., Morimoto, T. and Torii, T., 2001. Intelligent systems for agriculture in Japan. IEEE Control Systems Magazine 21:71-85.
- Hashimoto, Y., Morimoto, T. and De Baerdemaeker, J., 2006. Section 5.3 Speaking Plant/ Speaking Fruit Approaches, pp. 244-259 of Chapter 5 Precision Agriculture, in CIGR Hand book of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology.
- Ioslovich, I. and Seginer, I., 1998. Approximate seasonal optimization of the green house environment for a multi-state-variable tomato model. Trans. ASAE 41: 1139-1149.
- Levent, M.L. ve Aytekin, S.A., 2016. PSoC İle Sera Otomasyonu. 1st International Conference on Engeneering Technology and Applied Sciences Afyon Kocatepe University, Turkey 21-22 April.
- Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments. Postharv. Biol. Technol 14: 257-269.
- Millan-Almaraz, J.R., Rene, J.R., Ramon, G.G., Luis, M.C., Roberto, V.C., Roque, A.O., Carlos, D., Miguel, A.R. and Irineo, T., 2010. FPGA-based Fused Smart Sensor for Real-Time Plant-Transpiration Dynamic Estimation. Sensors 10, 8316-8331; doi:10.3390/s100908316.
- Morimoto, T., Torii, T. and Hashimoto, Y., 1995. Optimal control of physiological processes of plants in a green plant factory. Control Eng. Practice 3: 505-511.
- Morimoto, T., De Baerdemaeker, J. and Hashimoto, Y., 1997. An intelligent approach for optimal control of fruit-storage process using neural networks and genetic algorithms. Comput. Electron. Agric. 18: 205-224.
- Murase, H., Nishiura, Y. and Honami, N., 1994. Textural features/neural network for plant growth monitoring, ASAE Paper No: 944016, Missouri, USA.
- Murase, H., Nishiura, U. and Mitani, K., 1997. Environmental control strategies based on presponses using intelligent machine vision technique. Computers and Electronics in Agriculture 18: 137-148.
- Nishina, H., 2015. Development of Speaking Plant Approach Technique for Intelligent Greenhouse. International Conference on Agro-industry (ICoA) : Competitive and sustainable Agroindustry for Human Welfare. Agriculture and Agricultural Science Procedia 3: 9 – 13.
- Pablo, J.Z.T., Hubbard, H. and Loudjani, P., 2014. Precision Agriculture: An Opportunity For EuFarmers. Potential Support With The Cap 2014-2020, European Parliament's Committee on Agriculture and Rural Development. www.europarl.europa.eu, (Erişim Tarihi:21.03.2017).
- Pekşen, A., 2013. Mantarların insan hayatı ve sağlığındaki yeri. Bahçe Haber 2(1): 10-15.
- Sigirmis, N. and N. Rerras. 1996. A linear model for greenhouse control. Trans. ASAE 39: 253-261.

- Takayama, K., Nishina, H., Mizutani, K., Arima, S., Hatou, K. and Miyoshi, Y., 2011. Chlorophyll fluorescence imaging for health condition monitoring of tomato plants in greenhouse. *Acta Hort.* 893, 333-339.
- Toylan, M. ve Kuşçu, H., 2013. Kütle Duyarlı Elma Sınıflandırma Endüstriyel Otomasyon Tasarımı. *Electronic Journal of Vocational Colleges-May/Mayıs*, 3 (1).
- Türker, U., Akdemir, B., Topakcı, M., Tekin, B., Aydın, İ.Ü.A, Özoğul, G. ve Evrenosoğlu, M., 2015. Hassas Tarım Teknolojilerindeki Gelişmeler. *Türkiye Ziraat Mühendisliği, VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 295, Ankara.
- Van Pee, M., Berckmans, D., Perez-Leroux, A. and Huygens, H., 1994. Speaking plant approach based on mathematical identification of environment control purposes, In: *Proceedings of the CIGR XII World Congress on Agricultural Engineering*, vol. 1. International Commission of Agricultural Engineering, Milano, 182–189.
- Yılmaz, C., 2017. Seralar İçin Çok Fonksiyonlu Akıllı Kontrol Sistemleri. www.emo.org.tr, (Erişim Tarihi: 05.04.2017).
- Zude-Sasse M., Fountas, S., Gemtos, T.A. and Abu-Khalaf, N., 2016. Applications of Precision Agriculture in Horticultural Crops. *European Journal of Horticultural Science* 81:2, 78–90.