

SERALAR İÇİN ÇOK FONKSİYONLU AKILLI KONTROL SİSTEMLERİ

Caner YILMAZ

Elimko Elektronik İmalat ve Kontrol Ltd. Şti.
8. Cadde 68. Sokak No:16 Emek - ANKARA
Tel:(0312) 212 64 50 (Pbx) • Fax:(0312) 212 41 43

elimko@elimko.com.tr • www.elimko.com.tr

ÖZET

Bu çalışmada; Seralarda kullanılan iklimlendirme ve sulama-gübreleme sistemleri şeklinde genel olarak incelenmiş, ülkemiz seralarının teknolojik düzeyini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar neticesinde elde edilen bulgular verilmiştir. Seralarda kullanılan otomasyon sistemleri genellikle ya geri beslemeli (feed-backward) veya ileri beslemeli (feed-forward) kontrol yöntemlerini kapsayan Uzman Sistemlerini (expert systems) içermektedir.

Yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları 30x19,2 m ölçülerinde 576 metrekare taban alanına sahip Ar-Ge serasında 3 yıllık yoğun bir çalışma neticesinde topraksız tarım tekniği kullanılarak birebir sera ortamında elde edilmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda ülkemiz ekonomisine katma değer sağlayacak ve Sera otomasyonu konusunda büyük ir açığı kapatacak mikro kontrol işlemcili iklim kontrol cihazı, Sera ortamında kullanılacak, yağmur-rüzgar, sıcaklık ve nem sensörü ile CO₂, pH ve EC çevirici ve okuyucuları ile kontrol cihazlarını ve Sulama gübreleme cihazının imalatı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda söz konusu kontrol cihazları set edilen değerlerde otomatik olarak seranın kontrolünü gerçekleştirirken, bilgisayar üzerinden izlenirken yine bilgisayar üzerinden de kontrol olanağını sunmaktadır.

Anahtar sözcükler: Seracılık, Sera ve Otomasyon,Sulama ve Gübreleme Sistemi, Topraksız Tarım

GİRİŞ

Ülkemizde, artan nüfusun yeterince beslenebilmesi ve iyi bir gelir düzeyine ulaşabilmesi üretimin arttırılmasına bağlıdır. Bu da sanayileşmeyle birlikte tarım sektöründeki gelişmelerle mümkündür. Günümüzde, toprak, hava, su kirliliği ve bunların giderek tükenmesi, tarımın da gerilemesine neden olmakta, buna bağlı olarak sağlıksız ve kalitesiz üretim artmaktadır. Ayrıca dünya pazarlarının besin maddelerine olan talebi üretimimizin de dış pazarlara yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden tarımsal üretimin arttırılması ve geliştirilmesi için bir takım önlemler alınması gerekir. Bu önlemlerden birisi de ülkemiz iklim koşullarında, kaliteli ve sürekli üretimi mümkün kıldığı için, besin ve enerji

yönetiminin bir arada yapılabildiği sera işletmeciliğidir.

Türkiye’de toplam 49.600 ha’lık alanda örtü altı yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye bu alanla 150.000 ha’lık Avrupa sera alanlarında İspanya’dan sonra ikinci durumdadır. Türkiye sera alanlarında çok hızlı bir gelişme söz konusudur. 1990’lı yılların sonlarında 33.000 ha düzeyinde bulunan alanlarımız bugün 16 000 ha dan fazla bir artış göstermiştir. Ülkemiz sera alanlarının %95’inde sebze, %4’ünde süs bitkileri, %1’inde de meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Seralar, bitkisel üretimin endüstriyel olarak yapıldığı, gelişmiş işletmecilik kurallarının uygulandığı fabrikalardır. Modern sera tarım, biyosistem, inşaat, makina, elektrik-elektronik ve bilgisayar mühendisliği gibi farklı disiplinlerdeki

teknolojilerin bir arada kullanıldığı endüstriyel bir uygulamadır. Sera içinde uygun iklimin sağlanması öncelikli olarak sera konstrüksiyonuna ve donanımlarına bağlıdır. Sera donanımları yani çevre birimleri sera büyüklüğüne, hacmine göre tasarlanır ve projelenir. Sera çevre birimleri ısıtma, havalandırma, serinletme, gölgeleme, sisleme, sulama-gübreleme gibi sistemlerden oluşur.

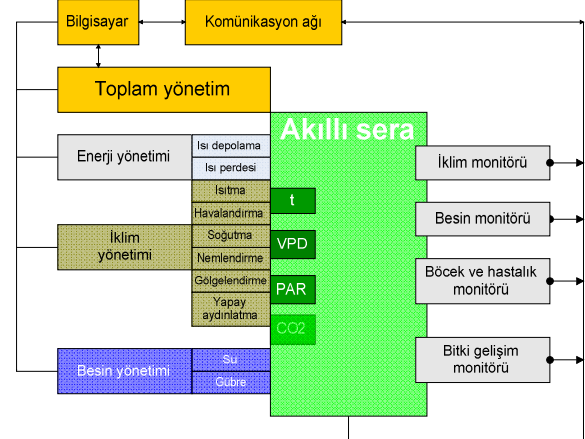
Bitki yetiştirme ortamı denildiğinde de ilk akla gelen topraktır. Ancak özellikle sera yetiştiriciliğinde topraktan kaynaklanan başlıca sorunlar, 'topraksız tarım' adı verilen bir yetiştiricilik şeklini doğurmuştur. Topraksız tarım, bitki yaşamı için gerekli olan su ve besin elementlerinin gereken miktarlarda kök ortamına verilmesi esasına dayalı olup, su kültürü ve substrat kültürü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Su kültürü, sadece besin çözeltisi içinde yetiştiricilik olarak tanımlanmakta; besin çözeltisinin uygulama şekline bağlı olarak "Durgun su kültürü", "Akan su kültürü" ve "Aeroponik kültür" olmak üzere 3 ana başlık halinde sınıflandırılmaktadır. Aeroponik yöntemde besin çözeltisi çıplak bitki köklerine sis halinde verilmektedir. Bu nedenle geleneksel şekilde toprakta yapılan yetiştiricilik ve diğer topraksız tarım sistemlerinde bitki gelişimini sınırlayan oksijen ve su faktörleri, aeroponik tekniğinde yeterince sağlanmaktadır. Bu teknik ile bitki kök bölgesi maksimum düzeyde kontrol edilebilmektedir. Dolayısı ile topraksız tarım yapılan yetiştiricilikte, topraklı tarıma göre kontrollü bir yetiştiricilik ile daha az girdi ile birim alandan 10 kat daha fazla üretim yapılabilen ve elde edilen ürünler ekstra kalitede olmaktadır.

Sera yetiştiriciliğinde özellikle topraksız tarımda, Sera endüstrisinin ekonomik getirisi, bitkisel üretim ve maliyeti arasındaki dengelere bağlı olduğundan; üretimi istenen düzeyde tutmak ve ürün kalitesini iyileştirmek için sera ikliminin

ve donanımlarının rasyonel işletilmesi gereklidir. Bu amaçla modern seralarda enerji yönetimi, iklim yönetimi ve kök bölgesi yönetimi hiyerarşik bir model kullanılarak birleştirilir.

Şekil 1 Serada toplam yönetim

Gelişmiş elektronik kontrol cihazları, etkin sera yönetiminde şekil 2'de gösterilen çevre birimlerinin stratejik olarak devreye alınmasını ve çıkarılmasını sağlayan önemli bileşenlerdir.



Şekil 2 Akıllı Sera Yönetim Planı

İyi bir bitki gelişimi tek başına iklimle sağlanamadığı gibi sadece gübreleme ile de sağlanamaz. Tarımda tüm değişkenler kontrol edilmek zorundadır. Ancak bitki besleme ve iklimlendirmenin beraber sağlandığı optimum koşullarda kaliteli bir yetiştiricilik söz konusu olmaktadır. Günümüzün seralarında geniş alanlarda üretimin endüstriyel seviyede uygulanması gerekmektedir. Yüksek

teknolojili seralarda tek çatı altında 10 000 m²'den 100 000 m²'ye kadar geniş alanlarda 4.5 – 6.5 m yüksekliğindeki hacim kontrol altında tutulmalıdır. Bu seralarda oluşan çevresel koşullar, günün saatlerine, bitki büyümesi ile birlikte mevsimlere göre hem yatay hem de dikey olarak sürekli değişmektedir. Aynı seranın farklı bölgelerinde farklı iklim oluşmaktadır. Bu iklim değişiminde seranın dışındaki faktörler yanında sera içindeki faktörler de etkili olmaktadır.

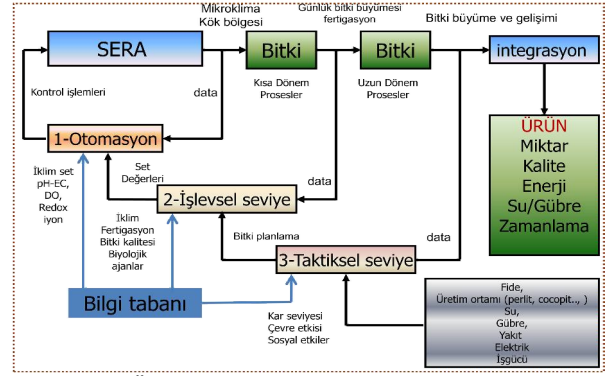
Sera dışında ölçülmesi gerekli olan iklimsel faktörler şunlardır:

- Hava sıcaklığı,
- Bağıl nem,
- Güneş ışınımı,
- Rüzgar hızı,
- Rüzgar yönü,
- Yağış,

Sera içinde etkili olan iklimsel faktörler şunlardır:

- Hava sıcaklığı,
- Bağıl nem,
- Fotosentez etkili ışınım,
- CO₂ konsantrasyonu,
- Yaprak sıcaklığı
- Toprak nemi

Modern seralarda dijital elektronik, sensor, ve kablolu-kablosuz iletişim teknolojileri etkili şekilde kullanılmaya başlamıştır. Bu teknolojilerin kullanılması ile daha etkin işletme koşulları yaratılarak enerji, su, gübre kullanımında tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Ancak sera içinde kablolu ölçüm sistemi kablo trafiği açısından bir sorun teşkil etmektedir. Serada etkili veri yönetimi ve kontrol stratejileri için esnek çözümlere gereksinim duyulmaktadır. Büyük hacimli seralarda etkili olan yatay ve düşey yönde sürekli değişen faktörlerin gerçek zamanlı olarak ölçülmesi önemli üstünlükler sağlamaktadır.

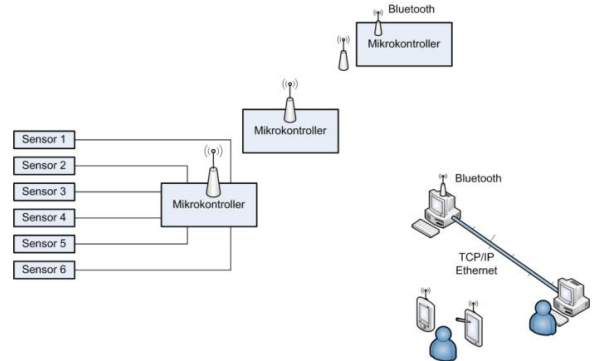


Şekil 3 Üç seviyeli Hiyerarşik Kontrol Planı

Şekil 4 'de gösterilen Bluetooth tabanlı sistemde aşağıdaki sensörler kullanılmıştır:

- Sensor 1: Hava sıcaklığı,
- Sensor 2: Bağıl nem,
- Sensor 3: Toprak sıcaklığı
- Sensor 4: Yaprak sıcaklığı
- Sensor 5: Toprak nemi,
- Sensor 6: Fotosentez etkili ışınım

(PAR).



Şekil 4. Bitki standında Bluetooth tabanlı ölçüm sistemi

1. İKLİMLENDİRME

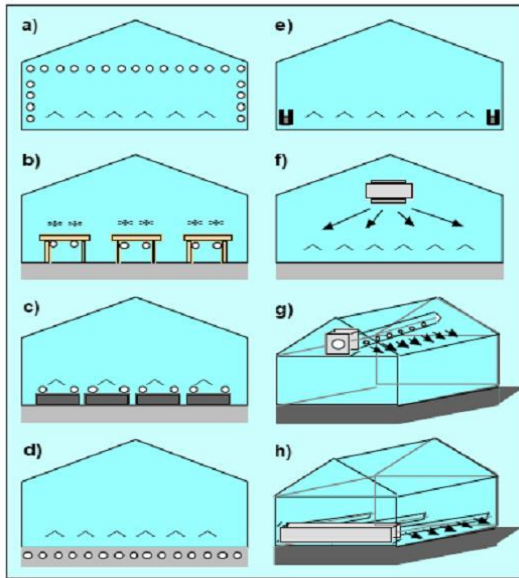
Serada, sıcaklık, kontrol edilmesi gereken en önemli değişkendir. Yetiştirilen bitkilerin büyük çoğunluğu, ılıman iklim bitkilerinden oluşur ve genel sıcaklık istekleri ortalama olarak 17-27 °C arasındadır. Alt üst sınır sıcaklık değerleri ise 15-35 °C'dir. Genelde dışarıdaki ortalama sıcaklık 15 °C'nin altında ise seraların ısıtılması gereklidir.

Ortalama dış sıcaklık 27 °C'nin altındayken doğal havalandırma yapmak

sera içi sıcaklığın ekstrem noktalara çıkmasını önleyecektir, sıcaklık bu değerin üzerine çıktığında yapay soğutma (fog, fan-pad, gölgeleme) yöntemlerini kullanmak ürün kalitesini korumak için önemlidir. Sera içi sıcaklık uzun periyotta 30-35 °C'yi bulmamalıdır. Doğal havalandırma da havalandırma pencerelerinin kontrolü ani gerçekleştirilmemelidir. Sera içerisinde meydana gelen ani iklim değişiklikleri bitki üzerinde strese neden olmaktadır.

Seralarda ısıtma işlemi yetiştirme şekli, ürün deseni ve iklim koşuluna göre farklı ısıtma sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

- Üstten borulu ısıtma
- Masa altı ısıtma sistemi
- Alt borulu ısıtma
- Toprak ısıtma
- Lateral ısıtma
- Sıcak hava üretici
- Üstten sıcak hava dağıtıcı
- Alttan sıcak hava dağıtıcı

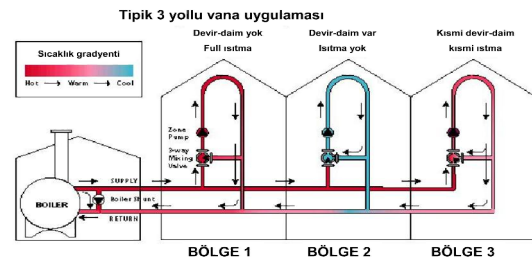


Şekil 5 Sera ısıtma yöntemleri

Isıtma şu an için teknik bir problem değildir, sorun ekonomik olanının kullanılması veya kullanılmaması ile alakalıdır. Artan enerji fiyatları ve enerji darboğazı sera endüstrisini serada yapısal değişiklikler yapmaya ve

otomasyon teknolojisini üst düzeyde kullanmaya zorlamaktadır. Üretici kısa dönem ve uzun dönem maliyetlerini gözden geçirmelidir. Sera içi sıcaklık dağılımları üç yollu valf yardımıyla uniform hale getirilmelidir.

Seralarda ısıtma, özellikle iç ve dış nemin birbirine eşit olduğu sonbahar ve kış aylarında önemlidir. Seralarda oluşan yüksek nemin kontrol altına alınabilmesi için aşırı ısıtmaya gidilmesi ve kısa periyotlarda da sirkülasyon fanlarının çalıştırılması gerekmektedir. Bu sayede havanın su tutma kapasitesi artarken bağıl nem düşürülmüş olur. Aynı zamanda, kış aylarında sirkülasyon fanlarının çalıştırılması sıcaklığın, nemin ve CO₂ dağılımının homojen olmasını sağlar ve yoğunlaşma nedeniyle bitki ve yapraklar üzerine olabilecek damlamaların önüne geçilmiş olur. Ancak sirkülasyon fanları 0.5 m³/m² min hava hareketi sağlayacak şekilde kurumaya neden olmamak için 1 m/s'den daha hızlı sirkülasyon yapmamalıdır.



Şekil 6 Tipik 3 yollu Vana Kullanılması

Isıtma, ülkemizde genellikle dondan koruma amaçlı yapılırken gelişmiş ülkelerde daha çok verim artırıcı ve nem azaltıcı amaçlı yapılmaktadır. Ülkemizin güney kısımlarında, seraların bitkilerin istediği uygun sıcaklık derecelerine ısıtılmasının ekonomik olmaması nedeniyle sadece dondan koruma amaçlı ısıtma yapılmaktadır. Örneğin Antalya'da bitki istekleri doğrultusunda bir ısıtma yapıldığında verimin %65 - %80 oranında arttığı, fakat bu verim artışının ısıtma için yapılan harcamaların 1/3 ünü karşıladığı

görülmüştür (Yağcıoğlu, 1999). Geceleri minimum 15°C gündüzleri ise 22-26°C olacak şekilde ısıtma yapılması ekonomik açıdan önerilmektedir.(Kürklü, Çağlayan 2005)

Serada kontrol altına alınması gereken ikinci parametre ise bağıl nemdir. Seralarda genellikle bağıl nemin %60-90 arasındaki değişimi bitkiler üzerinde çok büyük bir etkiye sahip değildir. Ancak %60'ın altındaki nem seviyelerinde, özellikle havalandırmanın da yapıldığı anlarda genç bitkilerin taze yaprakları üzerinde su stresine yol açabilir. Serada etkin ve doğru bir havalandırma sera havalandırma sisteminin yapısı ile kontrol yöntemine bağlıdır. Havalandırma sisteminin mantığı şu şekildedir. Çatı ve yan duvarlar yardımıyla içeri giren dış serin hava içerideki sıcak hava ile yer değiştirir. Bu sırada transpirasyon sonucu oluşan su buharı da dışarı atılır ve sera içi rutubeti sınırlandırılır. Hava değişimi iç ve dış sıcaklıklar arasındaki farkın ve rüzgar yönünün havalandırma pencereleri üzerinden serada oluşturduğu basınç farkı nedeniyle sağlanır. Ancak bu değişim büyük oranda havalandırma alanı ve tipi ile direk ilişkilidir. Seralarda yeterli havalandırmanın sağlanabilmesi için baca etkisinin oluşabilmesi, iç ve dış sıcaklık farkının havalandırma yüksekliği ile çarpımının kareköküne eşittir.

$$[(T_i - T_d)h]^{0.5}$$

Rüzgar sera üzerinde türbülans nedeniyle ortalama değerde bir dalgalanma yaratır. Seradaki tüm havalandırma baca etkisi ve rüzgar etkisinin kombinasyonu ile üretilir ve rüzgar etkisi;

$$\text{Rüzgar hızı} / [(T_i - T_d) h]^{0.5} > 0.3 \dots 1$$

Rüzgar Hızının 0.3 ya da 1 den fazla olduğu noktada etkili bulunmuştur. Sonuç olarak rüzgar ile havalandırmanın oluşması için rüzgar hızının 1-2 ms⁻¹'den fazla olması gerekmektedir

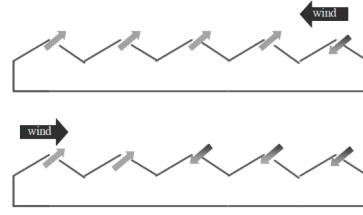
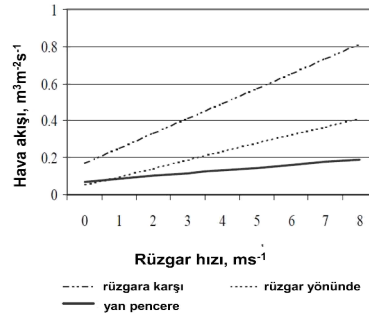


Fig. 4. Schematic representation of the air flow in the ventilators of a five-span greenhouse. a) Windward ventilation and b) Leeward ventilation.

Şekil 7 Sera Rüzgar yönü ve Rüzgara Karşı Çatı havalandırmaları

- Rüzgara karşı yöndeki havalandırmalar
- Rüzgar yönündeki havalandırmalar



Pencere yönünün birim yüzeyden olan hava akışına etkisi

Şekil 8 Pencere yönünün birim yüzeyden olan hava akışına etkisi

Bot (1983) tarafından, rüzgar ve sıcaklık etkileri ile havalandırma açıklıklarının akış özelliklerinin ayrıntılı olarak tartışıldığı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım; De Jong (1990) tarafından yapılan bir araştırmada da uygulanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda; etkin havalandırma akımının, dış ortamda belirli bir yükseklikteki (normal olarak 10m) rüzgar hızı ve havalandırma pencerelerinin alanıyla doğrusal orantılı olduğu belirlenmiştir. Havalandırma akımı ölçümleri sonucunda, bu ilişkiler doğrulanmış ve farklı koşullar ve pencere tipleri için geçerliliği kanıtlanmıştır. Bu durumda, doğrusal ilişki nedeniyle boyutsuz havalandırma sayısı aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir.

$$G = \varphi_v / A_0 \cdot u$$

G= Havalandırma sayısı (birimsiz)

φ_v = Havalandırma debisi (m³/s)

u =Dış ortamda 10 m yükseklikteki rüzgar hızı (m/s)

A₀= Havalandırma penceresi alanıdır.(m²)

Bu durumda iç ve dış ortam arasındaki enerji ve kütle değişimi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_h = \varphi_v \times C_{ph} (T_i - T_d)$$

$$m_h = \varphi_v (e_i - e_d)$$

Burada;

Q_h = Havalandırmayla taşınan enerji(J/s)

C_{ph} =Sera havasının hacimsel özgül ısı(J/m³K)

T_i =İç ortam sıcaklığı (K)

T_d = Dış ortam sıcaklığı (K)

m_h = Havalandırmayla taşınan kütle (kg/s)

e_i = İç ortam havasındaki gaz bileşenlerinin derişimi (kg/m³)

e_d = Dış ortam havasındaki gaz bileşenlerinin derişimi (kg/m³)

Diğer taraftan sera içi bağıl nemin uzun dönemde %80'lerin üzerine çıkması, özellikle geceleri fungal hastalıkların hızlı bir şekilde yayılmasına neden olur. Sera içi buhar basınç dengesinin ayarlanması transpirasyonu düzenlediği gibi hastalık problemlerini de azaltır. Geceleri, seralar ısıtılmazsa iç ve dış sıcaklık neredeyse birbirine eşit olur ve bu durumda dış rutubet yüksekse sera içi neminin düşürülmesi kolay değildir.

Işık ya da daha spesifik olarak PAR (Fotosentezik etkili radyasyon-photosynthetically active radiation) seralarda üretim için önemli bir diğer parametredir ve güneş radyasyonundan sağlanabilir. Yapay aydınlatma maliyeti nedeniyle ancak çok özel büyüme koşullarında kullanılabilir.

Görünür spektrumun 400 – 700 nm dalga boyundaki kısmı fotosentezle doğrudan ilişkilidir. Fotosentez etkili ışınım foton sayısına karşılık gelir. Fotonun 1 molü Avagadro (6.023x10²³) sayısına eşittir. PAR $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ birimiyle ölçüldüğünden,

1 μmol foton/m²s 6.023x10¹⁷ foton/m²s olarak tanımlanır.

Yazın öğle saatinde bulutsuz bir günde 1000 W/m² olarak ölçülen toplam güneş ışınımı 2020 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ fotosentez etkili foton akı yoğunluğuna (PPF) sahiptir.

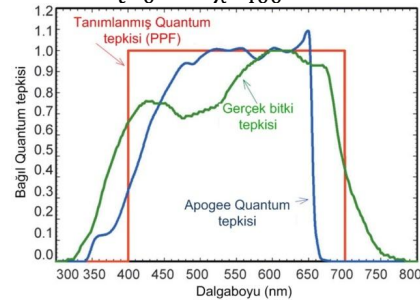
Bitki büyümesi ve gelişiminde güneş ışınımının aşağıdaki özellikleri bilinmelidir:

1. Işınım şiddeti: Birim zamanda birim alana düşen radyant enerji miktarıdır.
2. Spektral dağılım: Görünür ışınım fotosentez ve bitki büyümesini etkiler.
3. Güneşlenme süresi: Yeterli güneşlenme süresi bitki büyümesi ve kalitesinde etkilidir.

Sera içinde yıl boyunca başarılı bir üretim yapabilmek için 100-250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ seviyesindeki ışık yoğunluğunun yeterli olacağı tespit edilmiştir.

Bitki üstüne gelen fotosentez etkili ışık akısı toplamı zaman (t) ve dalga uzunluğuna (λ) göre tanımlanır:

$$I_p = \int_{t=0}^{86400} \int_{\lambda=400}^{700} \text{PAR} d\lambda dt$$



Şekil 9 Apogee PAR sensörünün bağıl tepkisi

Kosinüs tepkisi	45° zenit açısı ±1% 75° zenit açısı ±5%
Mutlak hassasiyet	±5%
Duyarlılık	5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}/1 \text{ mV}$
Sensör çıkışı	0 - 400 mV
Yinelenebilirlik	±1%
Çalışma koşulları	Sıcaklık: -25 .. +55 °C, Bağıl nem: 0 – 100%
Sıcaklık tepkisi	0.1 %/°C

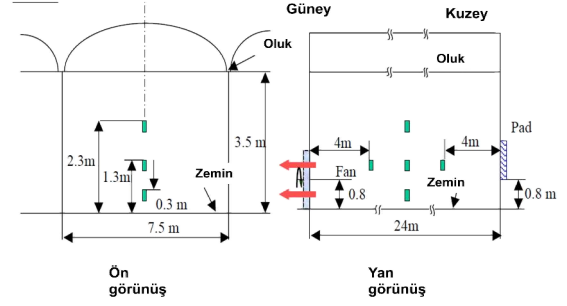
Tablo 1: Apogee PAR sensörünün teknik özellikleri

Diğer taraftan gölgeleme sistemi ise sera dışı ışık yoğunluğunun çok fazla olduğu durumda ya da büyüme sürecinin ışık yoğunluğunun azaltılarak yavaşlatılmasının istendiği durumlarda kullanılır.

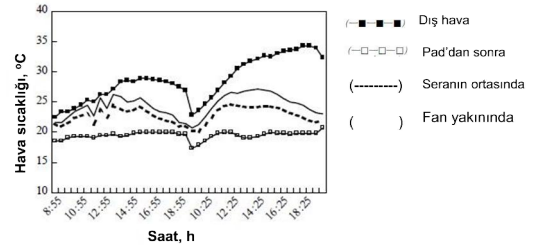
Sera içerisinde kontrol edilmesi gereken ve üretim miktarını direkt etkileyen bir parametrede CO₂ konsantrasyonudur. Gün içerisinde yapılan doğal havalandırma sera içerisine CO₂ transferi sağlasa da, bitkilerin fotosentez için sürekli CO₂'e ihtiyaç duymaları nedeniyle sera içindeki oran her zaman için dışarıdan düşüktür. İyi yalıtılmış bir serada en yüksek konsantrasyon 200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ düzeylerinde iken bu oran dış atmosferde 360 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ düzeyindedir. Seralardaki bitki yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle CO₂ oranının atmosferin 2-3 katı kadar olmalıdır.

Seralarda doğal havalandırma ve zorlanmış havalandırma sistemi sıcaklık problemini bütünüyle çözemez. Sera dışı sıcaklığın çok yükseldiği durumlarda gölgeleme sistemi ile beraber kullanılan fan-pad sistemi ile sera içerisinde soğutma sağlanabilir. Ancak fan-pad sistemi zorlanmış hava koşulu ve düşük ortam nemi ister. İlk kurulum ve işletme maliyeti fazladır. Bu nedenle doğal havalandırma

sistemleri ile kullanılacak fogging sistemler daha uniform sera sıcaklığı sağlayabilmenin yanında, bitki transpirasyonunu düşürmesi, su buharı açığını azaltması ve yaprak sıcaklığını düşürmesi sayesinde etkili soğutma sağlayabilmektedir.



Şekil 10 Sera Fan Pad sisteminin yerleşimi



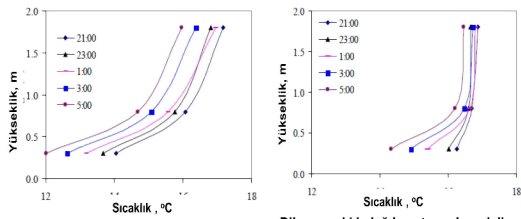
Şekil 11 Seranın değişik bölgelerindeki sıcaklık farklılığı

Güneş radyasyonunun yüksek ve çevre sıcaklığının çok yüksek olmadığı durumlarda, güneşin ısıtma etkisi gölgeleme kullanılarak azaltılarak doğal havalandırmanın etkinliği artırılabilir. İdeali güneş radyasyonunun sera içerisine girmeden dışarıdan yapılan gölgeleme ile engellemektir. İçeriden yapılan gölgelemeler, havalandırma etkinliğini düşürmesi ve fotosenteze etkili güneş radyasyonunun geri yansıtılması nedeniyle pek istenmez. Ancak, güneş radyasyonunun azaltılması diğer taraftan seradan uzaklaştırılması gereken fazla ısının da azalmasını sağlar. Sonuç olarak, seralar uzun periyotta gölgeleme yapmadan üretim gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle gerektiği zaman serilip ihtiyaç duyulmadığı anlarda kısa sürede toplanan sistemler kullanılmalıdır. Son zamanlarda plastik teknolojisindeki gelişmeler infra

red güneş radyasyonunu yansıtıran PAR'ın geçirilmesine olanak sağlar.

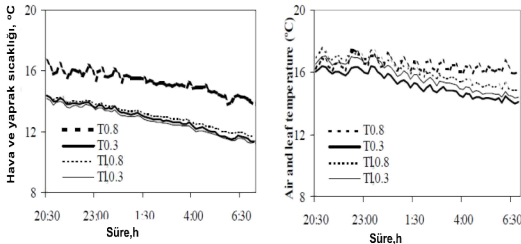
Diğer taraftan seralarda özellikle geceleri kullanılan termal perdeler sera içerisinde ve bitki çevresinde daha homojen bir hava sıcaklığı oluşmasını sağlarken, sera içi ve bitki çevresinde 2-3 °C kadar artış sağlanabilmektedir. Özellikle ısıtılmayan seralarda kullanılan termal perdeler dış sıcaklık ile sera içi sıcaklığı arasındaki farkı 4 °C'ye kadar değiştirebilmektedir.

Figures



Dikey sıcaklık dağılımı, termal perdesiz

Dikey sıcaklık dağılımı, termal perdeli



Zamana bağlı bitki ve hava sıcaklıkları, termal perdesiz

Zamana bağlı bitki ve hava sıcaklıkları, termal perdeli

Şekil 12 Sera içerisinde Termal perdeli ve perdesiz sıcaklık dağılımları

Sera içerisinde kurulacak olan otomasyon sistemi tasarlanırken ve uygulanırken; sera mikro ikliminin farklı farklı bölgelerde değişken olduğu göz önüne alınarak tek bir çatı altında olan iklimlendirmenin birden çok bölümlere ayrılması gereklidir. Söz konusu iklim kontrol sistemleri bu esnada merkezi bir Pc yazılımının yanı sıra tüm iklim kontrol sistem ve cihazları iletişim içerisinde olması gereklidir. İklim kontrol cihazı tümleşik bir sensör ile ortamın sıcaklığı ve nemini ölçmektedir. Ölçülen değerler sıcaklık ve nem değerlerine göre konfigüre edilen parametrelerle karşılaştırılarak seradaki ısıtıcı, soğutucu (fan-pad), pencereler ve sisleme sistemi denetlenmektedir. Gölgeleme sistemi sera

içerisine giren ışık şiddetine göre kontrol edilirken, gece koşulları için enerji tasarrufu amacıyla kapanmaktadır. Sera içerisinde oluşan yüksek nem koşulunda egzoz fanlar aracılığı ile sıcaklık ve dış koşullar gözetilerek sera içerisinden yüksek nem uzaklaştırılmaktadır. Sera içerisinde bulunan sirkülasyon fanlarının kontrol şekli ise gece ve gündüz ayrı olarak zamana, sıcaklığa ve neme göre kontrol etmektedir.



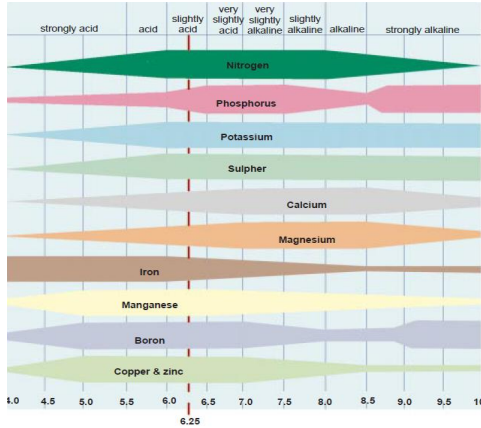
Şekil 13 İklim Kontrol Cihazı

2. SULAMA VE GÜBRELEME SİSTEMİ

Seralarda, meyve bahçelerinde, golf ve futbol sahalarında, açık alan sebzeçiliğinde ve özellikle topraksız tarımın uygulandığı yetiştiricilik şeklinde, sulama suyu ile birlikte hazırlanmış olan stok çözeltilerden belirli bir reçeteye göre gübreleme işleminin yapılmasına fertigasyon denmektedir. Günümüz modern işletmelerinde fertigasyon işlevini yerini getirmek üzere, sulama ve gübreleme sistemleri vasıtasıyla bitkinin ihtiyaç duyduğu su ile bitki besin elementi olan makro ve mikro elementleri reçete doğrultusunda sulama suyuna dozajlanmaktadır.

Sulama ve gübreleme sistemlerinde kimyasalların karışabilirlik durumuna göre Sera Mühendisinin sera iklimi, bitkinin yetiştirme periyodu ve diğer fizyolojik durumlar göz önüne alınarak hazırlanmış olduğu stok çözelti tanklarında oluşturulan stok çözelti ve pH ayarlamada kullanılan asit tanklardan istenilen iletkenlik/miktar ve hidrojen iyonu konsantrasyonun da dozajlanmaktadır.

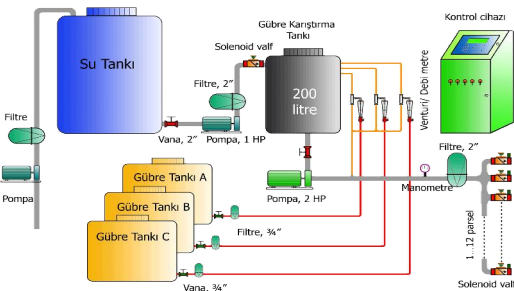
Bitki besin maddelerinin alımı pH ve tuzluluk miktarlarında değişkenlik göstermektedir.



Şekil 14 Farklı pH seviyelerinde besin maddelerinin bitki tarafından alımı

Sulama ve gübreleme sisteminin tanklarda oluşturulan stok çözeltiyi sulama suyuna istenilen düzeyde dozajlaması çok önemlidir. Çünkü oluşturulan çözeltilerdeki katyon ve anyon dengesi bir bitkiye alınan besinlerdeki pozitif yüklü iyonların toplam sayısının negatif yüklü iyonların sayısı ile eşit olmak zorundadır. Denge olmaz ise; bitki elektriksel olarak yüklenecektir. Bu durum bir bitki besin maddesinin alınırken diğer bitki besin maddesinin alımını engelleyecek dolayısı ile sağlıklı bir bitki gelişimi söz konusu olamayacaktır.

Sulama ve gübreleme sistemlerinde sulama suyunun sıcaklığı, final çözeltinin elektriksel iletkenliği ve pH'ı ile yetiştirme ortamının sıcaklığı, iletkenliği ve pH'ının yanı sıra drenaj çözeltisinin de iletkenlik ve pH değişkenliği ölçülmekte ve kontrol edilmektedir.



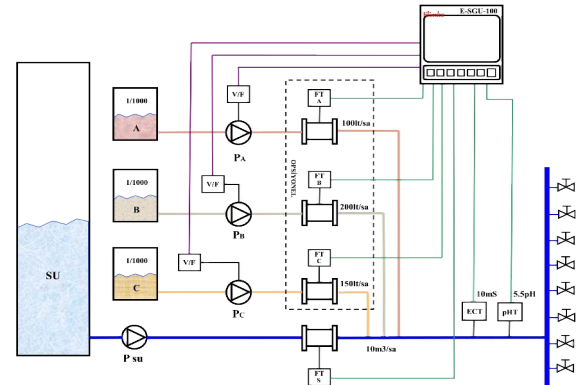
Şekil 15 venturi prensibi ile çalışan in-line sulama ve gübreleme sisteminin şematik gösterimi



Şekil 16 Miks tank Tip Sulama ve Gübreleme Sistemi



Şekil 17 Mekanik Diyaframlı Dozaj Pompalı yüksek Seviye de hassas sulama ve gübreleme sistemi

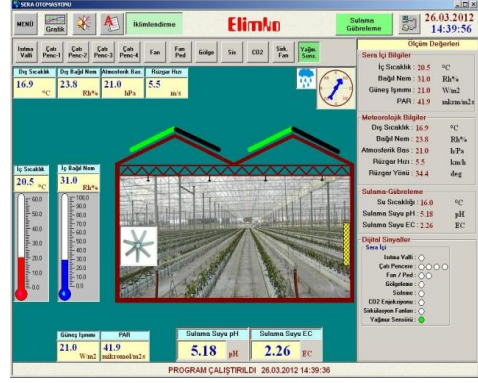


Şekil 18 Mekanik diyafram dozaj pompalı ve debimetrelü yüksek hassasiyetli sulama ve gübreleme ünitesi şematik gösterimi

Fertigasyon işlevi bu makinelerle zamana, miktara ve Ec&pH kontrollü olarak gerçekleştirmenin yanı sıra; yetiştirme ortamına düşen radyasyon miktarına göre de işlevini yerine getirebilmektedir.

Sulama ve gübreleme sistemleri genel olarak venturi prensibi, manyetik dozaj pompalı ve mekanik diyaframlı dozaj pompası olmak üzere farklı metodlarla çalışmaktadır. Venturi prensibi ile çalışan sistemlerde sistem giriş ve çıkışında fark basıncının oluşturulması ve sabit su

basıncının sağlanması gereklidir. Dozaj pompalı sistemlerde ise fark basıncın oluşturulması ve sabit basıncın sağlanması gerekli şekilde bir zorunluluk yoktur. Kalibre edilmiş pompalar yardımıyla istenilen miktar ve düzeyde dozajlama gerçekleştirilmektedir. Sisteme ayrıca manyetik bir debimetre eklendiğinde ise buradan alınan geri besleme ile değişebilecek debiye göre daha kesin ve doğru bir gübreleme yapılabilmektedir.



Şekil 19 Sera Pc yazılımı

Sulama ve gübreleme üniteleri dozajlama yöntemi ne olursa olsun servis verdiği alan büyüklüğü ve tercih edilen yöntemlere göre miks tank, in-line ve by-pass olmak üzere 3 farklı şekilde hizmet vermektedir.

Sulama ve gübreleme sistemleri merkezi bir bilgisayar programı ile kontrol edilebilmekte ve tüm işlemler kayıt altına alınarak strateji belirlenmesine olanak sağlanmaktadır. Gelişmiş sulama ve gübreleme sistemleri kontrol cihazları ise 4gb hafızaya sahip olmakla birlikte tüm kayıtları doğrudan kendi hafızasında tutmakta ve bu verileri trend bar grafik olarak izleyebilmenin yanı sıra USB flash disk ile tüm verileri yedekleyerek alabilme olanağı sunmaktadır. Cihazın Ethernet ve modbus RS485 iletişim özellikleriyle uzaktan kontrolü ve izlenebilmesi de mümkün olmaktadır.

Sera otomasyonu içerisinde kullanılan pc programı yazılımı visual studio.net ortamında visual CE++ kullanılarak native kodlarla yazılmaktadır. Yazılım oluşturulurken çok görevli olarak tasarlanması gereklidir..(multitreading). İletişim içinse standart modbus RTU protokolü kullanılmıştır. Kullanıcı arayüzü olarak standart windows arayüz komponentleri kullanılarak kolay kullanım olanağı sunmuş bulunmaktadır.

3. SONUÇ

Ülkemizde modern olarak tanımladığımız seraların otomatik kontrol sistemleri veya otomasyonları tamamı yurt dışından ithal edilmiş edilemeye de devam edilmektedir. Yurtiçinde sera otomasyonu ve kontrol sistemleri ile uğraşan firmalar bulunmaktadır fakat bu firmalar seranın tüm girdilerinin ve çıktılarının kontrolü şeklinde değil tek tek birbirinden bağımsız ve birbirinin sonuçlarından faydalanamayan, sonuçları okuyamayan ve çözümler üretemeyen bağımsız cihazlar ile yapmaktadırlar. Ülkemizde imal edilen sera otomasyonu cihazları teknolojik yapısı ve kullanırlığı bakımından son derece basittir. Sera konusunda çalışan birçok firmada kendisi üretmek yerine yurtdışından ithal etmekte ve mumsellik hizmeti vererek iç pazara hizmet etmektedirler.

Akıllı sera; proseslerinde gelişmiş sensör ağını kullanarak gerçek zamanlı ölçüm yapabilen, verileri saklayabilen, çevre birimleri ile dış hava koşullarındaki değişime enerji ekonomisini gözeterek şekilde adapte olabilen, bitkinin kök bölgesindeki isteklerine gübre ve su tasarrufu yapacak şekilde karar verebilen, bitki gelişimini, böcek ve hastalık belirtilerini monitörleyebilen, sera iklimini, bitki besinini toplam yönetim kavramı çerçevesinde stratejik olarak yöneten seradır. Akıllı sera otomasyonun Ülkemiz ve uluslararası pazarlarda kullanılabilir nitelikte, kullanıcı çeşitliliği sağlayan, sera donanımlarındaki farklılıklara göre esnek,

çok fonksiyonlu, kolay kurulabilen akıllı sera kontrol sistemlerinin ve yazılımlarının geliştirilmesi bu çalışmayla amaçlanmış ve başarıya ulaşmıştır. Bu kontrol sistemleri sera büyüklüğüne, sensör ve iletişim (Ethernet, RS485, CAN, Bluetooth, Zigbee) mikroişlemci, PLC ve endüstriyel bilgisayar alt yapısına göre esnek bir şekilde uygulamaya aktarılmıştır.

Yapılan çalışma ve araştırmalar neticesinde;

Azalan masraflar:

- Üretimde kullanılan iş gücü masrafları(% 65)
- Genel masraflar (% 74)
- Elektrik kullanımı (% 20)
- Yakıt tüketimi (% 30)
- Su kullanımı(% 30)
- Gübre kullanımı(% 30)
- İlaç kullanımı (% 35)
- İş gücü verimliliği % 15 ve daha fazla düzeylerde artmıştır.

Bu tür sistemlerin ülkemizde de üretilebilmesi, binlerce sera üreticisinin bu sistemleri satın alabilecek duruma gelmesini sağlayacaktır. Böylece üretici hem istediği ürünü yetiştirebilecek hem de yaşam standardı ve bilgi birikimi artacaktır. Ülkemizde de gelişmiş ülkelerdeki gibi daha modern bir seracılık anlayışı oluşacaktır.

KAYNAKLAR

[1]Yağcıoğlu, A., 1999. Sera Mekanizasyonu, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları: 59/1 Bornova/İzmir, S:14

[2]Hermisan, 2004. İspanyol Sera Otomasyonu Yazılım ve Geliştirme Firması Dökümanları, İspanya

[3]Durmaz, N., 1994. Seralarda Havalandırma Kapaklarının Kademeli ve Otomatik Olarak

Açılıp Kapatılması Üzerine Bir Çalışma, (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Ü. Fen Bilimleri

Enstitüsü, Antalya

[4] Çolak, A., “Isıtılmayan Bir Cam Serada Sera İçi Sıcaklık,Çiğlenme Sıcaklığı ve Bağıl Nem Deseni Üzerine Bir Araştırma”, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39(3):105-112, ISSN 1018-8851, 2002.

[5] Fang, X., Junqiang, S., Jiaoliao, C., “Rough Sets Based Fuzzy Logic Control for Greenhouse Temperature”, Mechatronic and Embedded Systems and Applications, Proceedings of the 2nd IEEE/ASME International Conference, pp. 1-5, 2006

[6] Dayıoğlu,M. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Sera Mekanizasyonu ders notları 2011

[7] Dayıoğlu, M.A., Silleli, H., (2002) “Bilgisayar Kontrollü Sera Otomasyonu” Türktarım Dergisi, Sayı 144, 28-31, Ankara, Mart-Nisan

[8] Dayıoğlu, M.A., H. Silleli, (2000) “Sera Bioklimasının Otomasyonu İçin Bilgisayar Tabanlı Veri Algılama Sisteminin Geliştirilmesi” TÜBİTAK TARP Sempozyumu, 26-27 Ekim, Ankara