



Derleme makale

Bağcılıkta sensör teknolojisi kullanımı ve yakınsal algılama uygulamaları^a

Nilay TAŞDELEN OK^{1*}, Ersin KARACABEY²

¹ Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 45125, Yunusemre, Manisa

² Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 45125, Yunusemre, Manisa

* Sorumlu yazar (Corresponding author): nilayege.tasdelen@gmail.com

Makale alımı (Received): 09.07.2024 / Kabul (Accepted): 27.08.2024 /Yayınlanma (Published): 31.12.2024

ÖZ

Bağcılık tarımsal üretimde en yoğun kültürel uygulama ve bakım işleminin yapıldığı yetiştiricilik şekillerinden birisidir. Hastalık ve zararlı takibi, sulama, gübreleme vb. uygulamaların zamanında ve en uygun yöntemle yapılması verim ve kalite açısından büyük önem taşımaktadır. Bu uygulamaların etkili şekilde gerçekleştirilebilmesi için yenilikçi teknolojilerden faydalanılması günümüz koşullarında bir zorunluluk haline gelmeye başlamıştır. Sensör teknolojisi, hassas tarım gibi yaklaşımların önemli bir parçası olup, bu tarz teknolojiler hem mevcut durumun belirlenmesine hem de uygulama aşamasına destek sağlamaktadır. Bu yenilikçi teknolojilerin kullanımı aynı zamanda sürdürülebilir tarım yaklaşımı içerisinde değişen iklim koşulları ve üretim zorlukları ile mücadelede önemli bir araç olma potansiyeline sahiptir. Bu makale kapsamında gerek verim-kalite özelliklerinin izlenmesinde ve gerekse yetiştirme tekniğine yönelik uygulamalarda kullanılan sensör tiplerinin ve bunların üretime sağlayabileceği katkıların tanıtılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda toprak ve iklim değerlerinin izlenmesi, bitki gelişimine yönelik parametrelerin takibi, üzümde özgü kalite değerlerinin ortaya konulmasında mevcut durum ve ileriye dönük uygulama olanakları incelenmiştir. Özellikle son yıllarda yapılan spesifik çalışmalar kapsamlı şekilde taranarak bunların üretici ve sektör paydaşlarına önerilerle birlikte özetlenmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Galleria mellonella*, GPx, GST, moleküler kenetlenme

© Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

^a **Atf bilgisi / Citation info:** Taşdelen Ok N, Karacabey E (2024). Bağcılıkta sensör teknolojisi kullanımı ve yakınsal algılama uygulamaları. Ahi Ziraat Der/J Ahi Agri 4(2): 107-117

Use of sensor technology and proximal sensing applications in viticulture

ABSTRACT

Viticulture is one of cultivation types in which the most intense cultural practices and maintenance are carried out in agricultural production. It is of great importance in terms of efficiency and quality that applications such as disease and pest monitoring, irrigation, fertilization, etc. are carried out on time and with the most appropriate method. In order to carry out these applications effectively, using innovative technologies has become a necessity in today's conditions. Sensor technology is an important part of approaches like precision farming and such technologies allow to determine the current situation and also to provide a decision support system during the implementation phase. The use of such innovative technologies also has the potential to be an important tool in struggling with changing climate conditions and production challenges within the sustainable agriculture approach. Within the scope of this article, it is aimed to introduce the sensor types used both in monitoring yield-quality characteristics and in applications related to cultivation techniques and to introduce the contributions which can make to production. In this context, the current situation and future application possibilities in monitoring soil and climate values, monitoring parameters for plant development and determining grape-specific quality values were examined. It is aimed to comprehensively review specific studies, especially in recent years, and summarize them with recommendations for growers and sector stakeholders.

Keywords: Precision farming, technology, grape

© Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture

Giriş

Türkiye bağcılıkta üretim alanı ve miktarı bakımından dünyada önemli bir yere sahiptir. Bağcılık üzümün farklı değerlendirme şekilleri ve katma değer ürünleriyle ekonomik olarak oldukça önemli bir üretim şeklidir. Bu nedenle üretim işlemlerinin teknolojik gelişmelere paralel olarak sürdürülebilirlik ve ekonomik olarak rekabet edebilirlik açısından tekniğine uygun olarak en etkili şekilde yapılabilmesi gerekmektedir. İklim değişikliği, toprak ve su kaynaklarındaki kirlenmeler bu gerekliliği daha da fazla arttırmaktadır. Bu şartlar altında üretim süresince daha fazla hastalık ve zararlı etmenleriyle karşılaşma, asma için yeterli besin seviyelerinin karşılanamaması gibi pek çok sorun ortaya çıkmaktadır.

Tarımsal üretimde çoğu ürünün yetiştirilmesinde olduğu gibi bağcılıkta da mekanizasyon ve yeni üretim teknolojilerinin kullanılması, verim ve kalitenin korunması anlamında oldukça önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim periyodunda yoğun işgücüne ihtiyaç duyulması ve bakım işlemlerinin fazlalığı teknoloji kullanımını gerektirmektedir. Günümüzde bağlarda mekanizasyon, toprak işlemeden, hasat, budama, yaprak dökme, sürgün konumlandırma, yetiştirme sezonu boyunca sürgün ve salkım seyreltmeye kadar farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Sun vd. 2022).

Yeni ve gelişen teknolojiler, bağcılık ve şarapçılığın geleceğinde kritik bir rol oynama potansiyeline sahiptir. İklim değişikliği, artan ortam sıcaklıkları, yağışlardaki değişkenlik ve iklimsel risklerdeki artış bağcılığın ve şarap sektörünün geleceğini tehdit etmektedir. Ayrıca vejetasyon döneminde sel, don, yangın gibi iklim anormalliklerinin artması üzüm verimini ve şarap kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle bağcılığın ve şarapçılığın geleceğinde risk seviyelerinin azaltılmasında yapay zeka destekli teknolojik uygulamaların kullanılması büyük önem taşımaktadır (Yazar Coşkun ve Karacabey 2023).

Hassas tarım, girdi ve süreç optimizasyonları yoluyla daha yüksek verim elde etmek için farklı, birbirine bağlı unsurlar içerir. Bu, üretimle ilgili çok çeşitli verilerin toplanmasını, bunların uygun şekilde işlenmesini ve son olarak karar verme ve toplanıp işlenen verilere bağlı olarak uygulamayı kapsamaktadır (Mizik, 2023). Hassas tarımın temel amacı, pestisit, su ve gübre gibi kaynakların yetersiz ve aşırı kullanımıyla ilişkili olumsuz etkileri ve çevre bozulmasını en aza indirirken üretim verimliliğini iyileştirmek ve artırmaktır. Analiz ve karar alma için verilerin yönetimi ve toplanmasında WSN (Kablosuz Sensör Ağı), IOT (Nesnelerin İnterneti), akıllı algoritmalar, hava durumu modellemesi, mobil cihazlar (GPS/GNSS/GPRS) ve robotik sistemler gibi teknolojilerden faydalanılmaktadır (Njoroge vd. 2018).

Günümüzde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile LAI (Yaprak Alanı İndeksi), Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve diğer bitki örtüsü indeksleri belirlenerek bağdaki değişkenlikler ortaya koyulabilmektedir. Bunun yanı sıra yakınsal sensörler kullanılarak birçok bitki ve toprak özelliği takip edilebilmektedir.

Bu takip sürecinin temel amacı bağ içerisinde maksimum miktarda coğrafi referanslı bilginin elde edilmesidir. Bitki büyüme ortamını karakterize eden farklı parametreleri izlemeyi amaçlayan geniş bir sensör yelpazesi, hassas bağcılıkta, coğrafi konumlu verilerin uzaktan ve yakından izlenmesi için kullanılmaktadır (Matese ve Di Gennaro, 2015).

Kullanılan Sensör Tipleri ve Yetiştiriciliğe Yönelik Uygulamalar

Bağcılıkta bitki verim ve kalitesi ile toprak özelliklerinin takibinde uzaktan ve yakınsal algılama yöntemlerine göre farklı tipte sensörler kullanılmaktadır. Uzaktan algılama ile bağın takibinde uygu görüntüleri, hava taşıtları, insansız hava araçları kullanılarak uygun kamera ve sensörler yardımıyla veri toplama işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bilindiği gibi uzaktan algılama tekniği, yayılan, yansıyan veya iletilen elektromanyetik radyasyonun ölçümleri yoluyla bir sensörden belirli bir mesafeye konumlandırılan ürün veya nesnelere hakkında niteliksel ve niceliksel bilgi elde eden platformları tanımlamaktadır. Bu kapsamda uydu sistemlerinin kullanımı, hassas bağcılıkta iyi bir izleme aracını temsil etmektedir (Ferro ve Catania 2023).

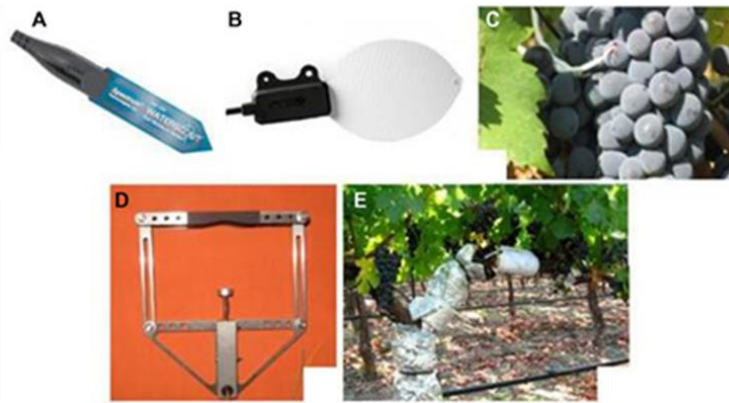
Günümüzde uydu sistemlerinin bağın takibinde kullanımı çok farklı amaçlara yönelik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmalardan birinde Cogato vd. (2019) Güney Avustralya'daki bir bağda yüksek sıcaklıkların asmalar üzerindeki etkilerini tespit etmek için uydu tabanlı uzaktan algılamanın etkinliğini incelemiştir. Çalışmada orta ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) değerlerini, çevresel faktörler ve vejetasyon indisleri arasındaki ilişkileri belirleyerek sulanan üzüm bağlarında

asmalarda ısı stresinin tespiti için orta çözünürlüklü görüntülerin etkinliğini ortaya koymuşlardır.

Uydu tabanlı sistemlerin bağıcılıkta kullanım alanlarından birisi de üzümdeki olgunlaşmasının uydu görüntülerini kullanarak takip edilmesidir. Bağda üzümün olgunlaşma durumunu izlemek için yetiştirme dönemi boyunca birçok kez örnek alınması gerekmektedir. Meyers vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada uydu görüntülerini kullanarak NDVI değerleri ile fiziki örnek sayısını azaltarak meyve olgunlaşma ve kalitesinin belirlenip belirlenemeyeceğini araştırmıştır. Çözünebilir şekerler, pH, titre edilebilir asitlik ve toplam antosiyaninlerin ikili karşılaştırmalarında yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Uydu görüntülerini kullanarak bağda geç don zararlanma durumunu değerlendirme imkanı da bulunmaktadır. Cogato vd. (2020) kuzey İtalya üzüm bağlarında meydana gelen geç don olayının ardından hasarı ve iyileşme sürecini değerlendirmek için uydu tabanlı uzaktan algılamanın potansiyelini değerlendirmiştir. İki yıllık bir veri setinde (2018-2019) normalize edilen çeşitli bitki örtüsü endeksleri (VI), eşleştirilmemiş iki örnek kullanılarak dondan etkilenen bir alan ve bir kontrol alanı üzerinden karşılaştırılmıştır. Elde ettikleri sonuçlarla Sentinel-2 uydusundan elde edilen orta çözünürlüklü multispektral verilerin donma hasarı değerlendirmesi ve kurtarma yönetimi için uygun maliyetli bir araç olabileceğini belirtmişlerdir.

Bu makalede asıl yoğunlaşılacak konu olan yakınsal algılama uygulamalarında, hareketli araçlar tarafından gerçekleştirilen sürekli ölçümler için veya bir operatör tarafından yapılan hassas yer gözlemleri için birçok araç kullanılabilir. Bağınsal yakınsal izlenmesinde kablosuz sistemlerde kullanılan bazı sensör tipleri Şekil 1’de verilmiştir (Matese ve Di Gennaro 2015).



Şekil 1. Bağda yakınsal algılamada kullanılan bazı sensör tipleri

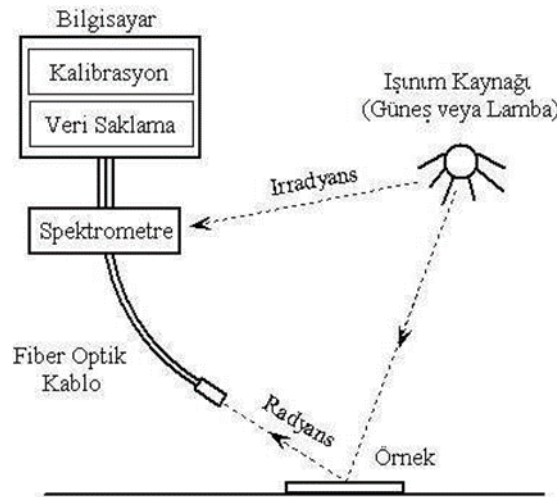
A. Toprak nemi (Spectrum Technologies Aurora, IL, USA). (B) Yaprak ıslaklığı (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA). (C) Üzüm sıcaklığı. (D) Dendrometre (GMR Strumenti SAS Scandicci, Italy). (E) Özsü akış ölçümü (Fruition Sciences Inc., Montpellier, France).

Yakınsal algılama sensörleri yapılan uygulamaya göre radyometrik, spektrometrik gibi farklı yöntemlere göre sınıflandırılabilir (Ammoniacci vd. 2021) (Tablo 1).

Tablo1. Uygulamaya bağı olarak yakınsal algılama sensörleri

Sensör Tipi	Uygulama
Radyometrik Florometre	Asma canlılığı/stres değerlendirmesi/klorofil içeriği, azot içeriği, yaprak alanı indeksi, su stresi
Jeofiziksel Spektroradyometre	Toprak bileşimi ve yapısı
Florometre Spektrofotometre	Üzüm kalitesi ve olgunluk değerlendirmesi

Yukarıda verilen yöntemlerin önemli bir parçası olan spektroradyometreler, güneş ışınımı veya yapay ışınım (lamba) altında hedef nesneden yansıyan ışınımı kaydeden çok spektrumlu elektro optik algılama sistemleridir. Uzaktan algılama, yapay veya doğal (güneş) bir ışınım kaynağı tarafından nesnelere gönderilen ve daha sonra nesnelere yansıyan elektromanyetik ışınımın ölçülmesi esasına dayanır. Ölçülen yansıma değeri, toprak veya bitki özellikleri ile ilişkilendirilir. Spektroradyometre, temel olarak, fiber optik kablo, spektrometre ve bilgisayardan oluşur (Keskin 2007) (Şekil 2).

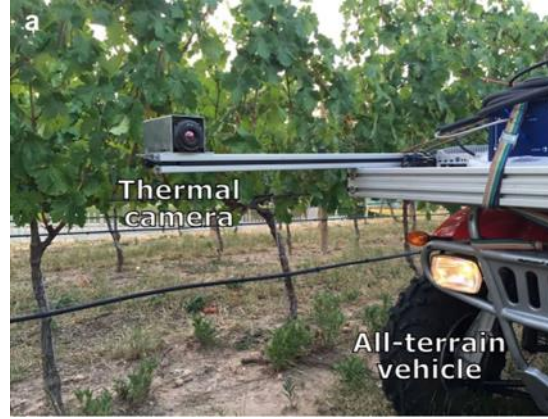


Şekil 2. Spektroradyometrelerin yapısı

Spektrometreler ile ölçülebilen VIS (400-750 nm) ve NIR (750-2500 nm) spektral dalga boyları, çok sayıda uygulamaya sahip oldukları için tarımsal üretim sistemlerinde çok önemlidir. Birçok organik bileşik, görünür aralıkta elektronik geçişler geçirerek renk gibi özellikleri değiştirir. Sonuç olarak, bu spektral bölge asma yaprakları ve meyvesindeki pigmentleri değerlendirmek için sıklıkla kullanılır. Toprak özellikleri de spektroskopi tabanlı teknolojiler kullanılarak değerlendirilebilir (Sapaev vd. 2023).

Bağda su kullanım durumunun izlenmesine yönelik çalışmalar asmanın su içeriği ve toprak nem değerlerinin ölçülmesi olarak 2 ana gruba ayrılabilir. İlk grupta yer alan uygulamalardan birisi yakınsal algılama tekniklerinden termal görüntüleme yöntemiyle asma su kullanım durumunun tespittir. Bağcılıkta su durumu verimi ve ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Hassas

bağcılıkta doğru sulama yönetimi için yeni teknolojilerin ve metodolojilerin uygulanması gerekmektedir. Buna yönelik olarak Gutiérrez vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada bağın su durumunun değerlendirilmesi ve haritalanması için hareket halindeki bir termal görüntüleme uygulamasını geliştirmiştir. Scholander basınç odası kullanılarak bağ su durumu referans metodu olarak doğrulama için gövde su potansiyelini kullanmışlardır. Ürün su stresi indeksi ve stomal iletkenlik indeksini hesaplayarak gövde su potansiyeli ile ilişkilendirmiş ve 0.71'e kadar tahminleme katsayısı elde etmişlerdir. Bu duruma göre hareket halindeki bir araçla yapılacak termal görüntülemenin bağın su durumunu değerlendirme ve haritalama için uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 3).



Şekil 3. Hareketli arazi aracında termal görüntüleme

Bağda su kullanım durumunun izlenmesine yönelik ikinci gruptaki çalışmalar sensörler yardımıyla toprak nem içeriğinin belirlenerek sulama programlarının oluşturulmasını içermektedir. Torres vd. (2017) buna yönelik olarak toprağın su potansiyelini ve içeriğini ölçmek için kablosuz sensör ağlarını kullanarak sulama yönetimi ve canlı malçların asma üzerindeki etkilerini doğrulamak için uygun bir bilgi edinme amacıyla bir çalışma yürütmüş ve WEB hizmetleriyle birlikte WSN'lerin ve Bulut Bilişim teknolojilerinin kullanımının, sulama prosedürünü kontrol etmek ve ürün girdilerini verimli bir şekilde kullanmak için esnek ve çok etkili araçlar olduğu belirtmiştir.

Temel tarımsal parametrelerin mekansal değişkenliğinin tesis ölçeğinde tahmin edilmesi, hassas tarım uygulamalarının geliştirilmesi ve izlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Parsel içi değişkenliklerin daha da arttığı bağcılıkta bu durum oldukça önemlidir. Bu amaçla Abdelghafour vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada yakınsal görüntüleme yoluyla bitki ölçeğinde kanopi yapısının tanımına yapmışlardır. Görüntülerin elde edilmesi amacıyla 5 MPx RGB kamera, jeoreferanslama için GNSS alıcı ve destek sistemiyle olan mesafenin ölçümü için ultrasonik sensör kullanarak asmanın farklı kısımlarının değişik fenolojik aşamalardaki sınıflandırmasını yüksek doğruluk oranıyla yapmıştır.

Bağda optimum hasat zamanının belirlenmesi amacıyla da yakınsal algılama sensörleri kullanılabilir. Trought ve Bramley (2011) bağda gelişimin haritalanması amacıyla yüksek çözünürlüğe sahip bir yakınsal algılama sensörü kullanmıştır. Yapılan ölçümleri suda çözünebilir kuru madde, pH ve titre edilebilir asit analizleriyle ilişkilendirmiş ve yöntemin bağda hasat zamanına karar vermede yardımcı araç olabileceğini belirtmişlerdir.

Üzüm tanesinde bulunan antosiyanin, fenolik madde gibi bileşiklerin yakınsal algılama sensörleriyle tahminlenmesi mümkün olabilmektedir. Ghozlen vd. (2010) tanedeki bileşiklerin optik sensörler yardımıyla belirlenmesine yönelik olarak yürüttüğü çalışmada özellikle antosiyanin birikimini izleyerek üzümün olgunlaşma zamanını tespit etmeye çalışmıştır. Hem laboratuvardaki tane örneklerinde hem de bağdaki salkımlarda yapılan ölçümler sonucunda geliştirdikleri modelin olgunlaşma takibinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Asmada bitki besin maddelerinin takip edilmesi amacıyla yapılacak laboratuvar analizlerinin azaltılması amacıyla sensör sistemlerinin kullanılmasına yönelik çalışmalar da yürütülmektedir. Diago vd. (2016) yaptıkları çalışmada asma yaprağındaki klorofil, flavonol ve azot içeriğinin bağdaki konumsal değişikliğinin değerlendirilmesine yönelik olarak hem manuel hem de hareket halinde kullanılan floresan sensörlerin kalibrasyonunu yapmıştır. Bitkinin gelişme ve beslenme durumunu izleme için sensörlerin kullanımıyla optimum bağ yönetimi için karar alma sürecinin desteklenebileceğini belirtmişlerdir.

Bağda hastalık ve zararlıların sensör sistemleri yardımıyla takip edilmeleri de önemli konulardan birisidir. Bu uygulamalar erken uyarı sistemlerinin bir parçasını oluşturabilmektedir. Daglio vd. (2022) “Flavescence doree” ve Esca hastalıklarının tespitinde optik sensörlerin kullanılabilirliğini araştırmıştır (Şekil 4). Elde ettikleri sonuçlara göre, optik sensörle karakterize edilen hastalıklı bitkilerde sağlıklı olanlara göre daha düşük NDVI ve NDRE değerleri kaydedildiğini, VIS/NIR parametresinde ise bunun tersinin gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bu tip sensörlerin daha genel kapsamlı uygulama olanağı için farklı üzüm çeşitlerinde denemelerin yapılmasını önermişlerdir.

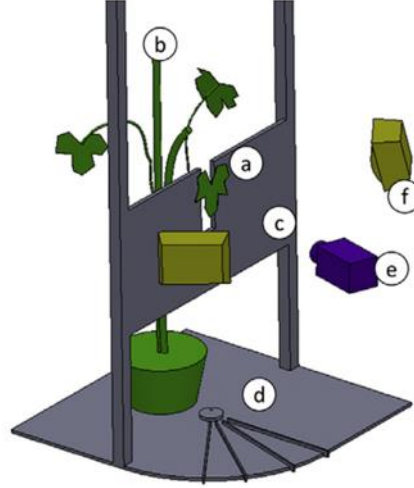


Şekil 4. Hastalık tespitinde optik sensör kullanımı

Bağ alanlarında en yaygın görülen hastalıklardan birisi olan küllemenin hiperspektral görüntüleme yöntemi ile tespitine yönelik bir çalışma Pérez-Roncal vd. (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 15'i sağlıklı ve 15'i enfekte olmak üzere 30 Carignan Noir üzüm salkımı, laboratuvar ölçekli bir HSI sistemi (900-1700 nm spektral aralık) kullanılarak analiz edilmiş ve %85.33'lük bir doğruluk oranı ile külleme tespiti yapılmıştır.

Bağ alanlarında külleme hastalığının yakınsal optik algılama yoluyla belirlenmesine yönelik bir çalışma Oberti vd. (2014) tarafından yürütülmüş ve belirli bir açıdan gerçekleştirilen algılama ölçümleri yoluyla, özellikle erken-orta semptomlar için tespit hassasiyetinin nasıl

iyileştirilebileceğini araştırmıştır. Bir multi-spektral kamerayı farklı açılarda kullanarak yansıma değerlerini ölçmüşlerdir (Şekil 5). Tacın 40-60° aralığında bir görüş açısıyla taranarak hastalığın erken-orta aşamalarda tespit edilebilirliğinin önemli ölçüde iyileştirilebileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 5. Multi-spektral kamera ile ölçümler

a. Görüntülenen yaprak b. Örnek bitki c. Ayarlanabilir zemin d. Dönebilir tutucu levha e. Multispektral kamera f. Yayıllı ışık kaynağı

Yukarıda bahsedilen izleme yöntemlerinin dışında bağda çevresel ve iklimsel bazı parametrelerin sensörler yardımıyla takip edilerek bağ yönetimindeki süreçlerde karar mekanizmasını desteklemesi de mümkündür. Shanmuganathan vd. (2008) hava durumunu, atmosferik ve çevresel faktörleri izlemenin yanı sıra bitki tepkilerini algılamak için üzüm bağları içindeki kritik konumlara yerleştirilmiş sensörler ve vericilerden oluşan sistemin bağ yönetimine destek sağlayabileceğini belirtmiştir. Catania vd. (2013) ise bağın bulunduğu alanın makroklimasının bağdaki taç mikroklimasından oldukça farklı olabileceği ve bu nedenle taç mikroklimasının kablosuz sensör ağlarıyla takip edilmesinin yapılacak kültürel işlemlerde maliyette düşüş ve etkinliğinde artış sağlayabileceğini belirtmiştir.

Bağda iklim ve bitki özelliklerinin teknolojik imkanlarla takibinin yanı sıra toprakta elektriksel iletkenlik, nem içeriği ve tuzluluk gibi bazı parametrelerin sensörler yardımıyla toplanarak sulama ve gübreleme gibi uygulamalara yardımcı olacak bilginin üretilmesi mümkün olabilmektedir. Bu tür ölçümler için çoğunlukla elektriksel direnç sensörleri (invaziv) veya elektromanyetik indüksiyon sensörleri kullanılmaktadır (Kartsiotis vd. 2021).

Sonuç ve Öneriler

Hassas tarım uygulamaları kapsamında bağcılıkta teknoloji kullanımı verim ve kalite üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yoğun işgücü gerektiren bir üretim şekli olan bağcılıkta yetiştirmenin farklı dönemlerinde mekanizasyon olanaklarından etkili şekilde faydalanılsa da üretimde sensör ve veri işleme yazılımlarının kullanımına yönelik çalışmalar halen devam etmektedir. Bu çalışmalar uzaktan ve yakından algılama olmak üzere iki ana grup altında incelendiğinde

uzaktan algılama sistemlerinin bazı indisler kullanılarak toprak ve ürüne ait önemli bilgileri üreticiye sağlayabildiği görülmektedir. Ancak bitki ve toprak özellikleriyle ilgili elde edilen bilgilerin karar destek mekanizmalarıyla birlikte daha etkili şekilde kullanılabilmesi amacıyla yakınsal algılama sensörlerinin kullanımı son yıllarda ilgi çeken bir konu haline gelmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde yakınsal algılama sensörlerinin bazı kısıtlamaları olsa da bitkide su stresi, besin içeriği, hastalık durumu gibi önemli konularda yüksek doğruluk oranına sahip bilgi sağlayabildiği görülmektedir. Bu bilgilerin doğru yazılımlar kullanılarak işlenmesi üretici bazında uygulama mekanizmasının çalıştırılmasına imkan sağlamaktadır. Bununla birlikte erken uyarı mekanizması olarak da kullanılabilir. Özellikle besin elementi içeriği, hastalık durumu gibi özelliklerin sensörler yardımıyla takibinde güneş ışınımı vb. çevresel etmenler doğru yansıma değerlerinin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Yansıma değerlerinin değerlendirilmesinde spektrometre gibi sistemlerin küçük dalga boyu aralıklarında tarama yapmasıyla yüksek doğruluk değerlerine ulaşılabildiği görülmektedir. Ancak yapılan çalışmaların önemli bir kısmında daha genele yansiyacak sonuçların elde edilebilmesi amacıyla daha fazla çeşit ile çalışılması gerektiği belirtilmektedir. Bunu sağlayabilmek için büyük veri hacimlerinde çalışılması gerekmektedir.

Bağda bitki özelliklerinin sensör teknolojileri yardımıyla takibinin yanısıra toprağın nem, tekstür, tuzluluk gibi önemli özellikleri hakkında bilgi sağlanması ve bu bilgilere bağlı olarak sulama uygulamalarının gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Diğer konularda olduğu gibi bu amaçla kablosuz sensör ağlarının karar destek sistemi olarak kullanılmasına yönelik çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bitki ve toprak özelliklerinin yakınsal algılama sistemleriyle takibiyle birlikte asmanın bulunduğu alanda sıcaklık, bağıl nem, yağış miktarı gibi iklim parametrelerinin sensörler yardımıyla toplanması yapılacak kültürel uygulamaların optimum şekilde planlanmasını sağlamaktadır. Dış çevreye ait iklim parametreleriyle birlikte asma tacının içerisinden sensörler yardımıyla verilerin toplanması uygulama kararlarının verilmesini kolaylaştırmaktadır. Tüm bu sistem getirileri düşünüldüğünde sensör ve yazılım teknolojilerinin parametre bazında doğruluk oranlarının geliştirilmesiyle yüksek maliyetlerine karşın ekonomik ve etkili şekilde kullanılabilceği ortaya çıkmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makalenin hiçbir yazarı için bilinen ya da olası bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

Abdelghafour F, Rosu R, Keresztes B, Germain C, Da Costa J P (2019). A Bayesian framework for joint structure and colour based pixel-wise classification of grapevine proximal images. *Computers and Electronics in Agriculture*. 158: 345-357

Ammoniacci M, Kartsiotis S.-P, Perria R, Storchi P (2021). State of the art of monitoring technologies and data processing for precision viticulture. *Agriculture* 11, 201

-
- Catania P, Vallone M, Re G L, Ortolani M (2013). A wireless sensor network for vineyard management in Sicily (Italy). *Agric Eng Int: CIGR Journal* 15(4): 139-146
- Cogato A, Meggio F, Collins C, Marinello F (2020). Medium-resolution multispectral data from sentinel-2 to assess the damage and the recovery time of late frost on vineyards. *Remote Sensing* 12, 1896
- Cogato A, Pagay V, Marinello F, Meggio F, Grace P, Migliorati D A M (2019). Assessing the feasibility of using sentinel-2 imagery to quantify the impact of heatwaves on irrigated vineyards. *Remote Sensing* 11, 2869
- Daglio G, Cesaro P, Todeschini V, Lingua G, Lazzari M, Berta G, Massa N (2022). Potential field detection of Flavescence dorée and Esca diseases using a ground sensing optical system. *Biosystems Engineering* 215(2022): 203-214
- Diago M P, Rey-Carames C, Moigne M L, Fadaili E M, Tardaguila J, Cerovic Z G (2016). Calibration of non-invasive fluorescence-based sensors for the manual and on-the-go assessment of grapevine vegetative status in the field. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 22(3): 438-449
- Ferro M V, Catania P (2023). Technologies and innovative methods for precision viticulture: a comprehensive review. *Horticulturae* 2023, 9, 399.
- Ghozlen N B, Cerovic Z G, Germain C, Toutain S, Latouche G (2010). Non-destructive optical monitoring of grape maturation by proximal sensing. *Sensors* 10(11): 10040-10068
- Gutiérrez S, Fernández-Navales J, Diago M, Iñiguez R, Tardaguila J (2021). Assessing and mapping vineyard water status using a ground mobile thermal imaging platform. *Irrigation Science* 39:457–468
- Kartsiotis S P, Ammoniaci M, Perria R, Storchi P (2021). State of the art of monitoring technologies and data processing for precision viticulture. *Agriculture* 2021, 11, 201
- Keskin M (2007). Spektrometreler ve tarımda kullanım alanları. *Tarımsal Mekanizasyon* 24. Ulusal Kongresi, 5-6 Eylül, Kahramanmaraş, 326-332
- Matese A, Di Gennaro S F (2015). Technology in precision viticulture: a state of the art review. *International Journal of Wine Research* 2015(7): 69-81
- Meyers J M, Dokoozlian N, Ryan C, Bioni C (2020). A new, satellite ndvi-based sampling protocol for grape maturation monitoring. *Remote Sensing* 12, 1159
- Mizik T (2023). How can proximal sensors help decision-making in grape production?. *Heliyon* 9(2023) e16322
- Njoroge B M, Fei T K, Thiruchelvam V (2018). A research review of precision farming techniques and technology. *Journal of Applied Technology and Innovation* 2(1): 22-30

-
- Oberti R, Marchi M, Tirelli P, Calcante A, Iriti M, Borghese A N (2014). Automatic detection of powdery mildew on grapevine leaves by image analysis: Optimal view-angle range to increase the sensitivity. *Computers and Electronics in Agriculture* 104(2014): 1-8
- Pérez-Roncal C, López-Maestresalas A, Lopez-Molina C, Jarén C, Urrestarazu J, Santesteban L G, Arazuri S (2020). Hyperspectral imaging to assess the presence of powdery mildew (*erysiphe necator*) in cv. carignan noir grapevine bunches. *Agronomy* 10, 88
- Sapaev J, Fayziev J, Sapaev I, Abdullaev D, Nazaraliev D, Sapaev B (2023). Viticulture and wine production: challenges, opportunities and possible implications. *E3S Web of Conferences*, 452, 01037
- Shanmuganthan S, Ghobakhlou A, Sallis P (2008). Sensors for modeling the effects of climate change on grapevine growth and wine quality. 12th WSEAS International Conference on CIRCUITS, 22-24 July, pp. 315-320
- Sun Q, Ebersole C, Wong D P, Curtis K (2022). The impact of vineyard mechanization on grape and wine phenolics, aroma compounds, and sensory properties. *Fermentation* 2022, 8, 318
- Torres R, Ferrara G, Soto F, López J A, Saanchez F, Mazzeo A, Pérez-Pastor A, Domingo R (2017). Effects of soil and climate in a table grape vineyard with cover crops. irrigation management using sensors networks. *Ciência Téc. Vitiv.* 32(1): 72-81
- Trought M C T, Bramley R G V (2011). Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: Characterising spatial and temporal changes in fruit composition and juice quality in the vineyard. *Aust. J. Grape Wine R.*, 17, 79–89
- Yazar Coşkun E, Karacabey E (2023). Current approaches in viticulture mechanization. *Viticulture Studies (VIS)* 3(2): 65 – 71