İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇİM BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ VE YÖNETİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Sinem Zere Taşkın*

GİRİŞ

Son yıllarda küresel ölçekte etkisini giderek artıran iklim değişikliği, tarımsal üretim sistemleri ile birlikte yeşil alanların sürdürülebilirliğini de önemli ölçüde etkilemektedir. Atmosfer sıcaklıklarının artması, yağış rejimlerinde düzensizlikler, uzun süreli kuraklık dönemleri, ani ve şiddetli yağış olayları ile aşırı iklim olaylarının daha sık görülmesi, bitkisel üretimde yeni yönetim stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir (IPCC, 2021; Hatfield ve Prueger, 2015: 4). Bu süreçten yalnızca tarla bitkileri veya meyve-sebze üretim sistemleri değil, aynı zamanda kent peyzajında, rekreasyon alanlarında ve spor sahalarında yaygın olarak kullanılan çim alanlar da doğrudan etkilenmektedir (Beard ve Green, 1994: 452; Qian ve Engelke, 1999).

Çim bitkileri; parklar, bahçeler, spor sahaları, rekreasyon alanları, yol kenarları ve diğer kentsel yeşil alanlarda yaygın olarak kullanılan bitkisel örtülerdir. Estetik görünüm sağlamalarının yanı sıra toprak yüzeyini koruma, erozyonu azaltma, toz oluşumunu sınırlandırma, yüzey sıcaklığını düşürme, karbon tutumuna katkı sağlama ve kentsel yaşam kalitesini artırma gibi çok yönlü ekolojik işlevlere sahiptir. Özellikle yoğun kentleşmenin yaşandığı bölgelerde çim alanlar, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında ve mikroklimanın iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Beard ve Green, 1994: 452-456; Livesley vd., 2016: 119). Spor sahaları açısından değerlendirildiğinde ise çim bitkileri; oyun kalitesi, kullanıcı güvenliği ve yüzey dayanıklılığı bakımından vazgeçilmez bir unsurdur (Carrow ve Petrovic, 1992). Bu nedenle çim bitkilerinin korunması ve değişen iklim

*Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, sinemzere@uludag.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-2243-2993

koşullarına uyum sağlayacak şekilde yönetilmesi günümüzde daha fazla önem kazanmıştır.

İklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan yeni çevresel koşullar, çim alan yönetiminde kullanılan bakım uygulamalarının yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Artan sıcaklıklar, uzayan kuraklık dönemleri ve düzensiz yağış rejimleri bitkilerin su ve besin elementi alımını doğrudan etkileyerek büyüme, gelişme ve kalite parametrelerinde önemli değişimlere yol açabilmektedir (Fry ve Huang, 2004; Busey, 2003: 1899). Özellikle serin iklim çim türleri artan yaz sıcaklıklarından daha fazla etkilenirken, sıcak iklim çim türleri bazı bölgelerde daha avantajlı hale gelmektedir (Turgeon, 2011). Buna karşılık sıcak iklim türlerinde de kış dormansisi, renk kaybı ve düşük sıcaklık stresleri gibi farklı sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Huang vd., 2014). Bu durum, bölgesel iklim koşullarına uygun tür ve çeşit seçiminin önemini artırmaktadır.

Bu kapsamda hassas sulama teknikleri, kontrollü salınımlı gübreler, biyostimulant uygulamaları, uygun biçim yönetimi, stres toleransı yüksek çeşitlerin kullanımı ve yenilikçi ıslah çalışmaları öne çıkan stratejiler arasında yer almaktadır (Calvo vd., 2014; du Jardin, 2015). Özellikle bitki besleme programlarının iklim koşullarına göre yeniden planlanması, çim kalitesinin korunması ve çevresel etkilerin azaltılması bakımından kritik öneme sahiptir.

Bu bölümde, iklim değişikliğinin çim bitkileri üzerindeki temel etkileri ele alınacak; tür seçimi, gübreleme, sulama ve kültürel bakım uygulamaları yönetimi değerlendirilecektir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇİM BİTKİLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

İklim değişikliği, çim bitkilerinin büyüme, gelişme ve kalite özelliklerini doğrudan ve dolaylı yollarla etkileyen çok sayıda çevresel faktörde önemli değişimlere neden olmaktadır. Artan sıcaklıklar, düzensiz yağış rejimleri, uzayan kuraklık dönemleri ve ekstrem hava olaylarının sıklığındaki artış, çim bitkilerinde fizyolojik stresin artmasına ve performansın düşmesine yol açmaktadır (IPCC, 2021; Hatfield ve Prueger, 2015). Bu etkiler, özellikle kentsel alanlarda yoğun olarak kullanılan çim türlerinde hem estetik hem de fonksiyonel kayıplara neden olabilmektedir.

Sıcaklık Artışı

Küresel sıcaklık artışı, çim bitkilerinin büyüme dinamikleri üzerinde belirleyici bir faktördür. Serin iklim çim türleri, optimum büyüme sıcaklıklarının üzerine çıkıldığında fotosentez kapasitesinde azalma, solunum oranında artış ve karbon dengesinde bozulma göstermektedir (Fry ve Huang, 2004). Bu durum, yaz aylarında renk kaybı, seyrelme ve kalite düşüşü ile sonuçlanmaktadır.

Sıcak iklim çim türleri yüksek sıcaklıklara serin iklim çim türlerine göre daha toleranslı olmakla birlikte, aşırı sıcaklık koşullarında bu türlerde de stres belirtileri ortaya çıkabilmektedir. Özellikle yüksek gece sıcaklıkları, solunum kayıplarını artırarak karbon rezervlerinin tükenmesine neden olmakta ve bitki performansını olumsuz etkilemektedir (Huang vd., 2014).

Kuraklık ve Su Stresi

Kuraklık, iklim değişikliğinin çim bitkileri üzerindeki en belirgin etkilerinden biridir. Azalan yağış miktarı ve artan evapotranspirasyon, toprak neminin düşmesine ve bitkilerde su stresinin oluşmasına neden olmaktadır. Su stresi altında çim bitkilerinde stomatal kapanma gerçekleşmekte, fotosentez hızı düşmekte ve büyüme önemli ölçüde yavaşlamaktadır (Carrow, 1996).

Uzun süreli kuraklık koşulları, kök gelişiminin sınırlanmasına, sürgün yoğunluğunun azalmasına ve çim örtüsünün zayıflamasına yol açmaktadır. Ayrıca kuraklık, özellikle serin iklim çim türlerinde yaz dormansisini tetikleyerek estetik kayıpları artırmaktadır. Buna karşılık bazı sıcak iklim türleri daha derin kök sistemleri sayesinde su stresine karşı nispeten daha dayanıklı bir performans sergileyebilmektedir (Fry ve Huang, 2004).

Tür ve çeşit düzeyinde yapılan çalışmalar, çim bitkilerinde stres toleransının yalnızca türler arasında değil, aynı tür içindeki çeşitler arasında da önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Bermuda çiminde (*Cynodon* spp.) yapılan karşılaştırmalarda 'TifTuf', 'Tifway', 'Celebration' ve bazı deneysel genotipler arasında kuraklığa dayanım bakımından farklılıklar belirlenmiş; özellikle 'TifTuf'un daha yüksek kuraklık performansı, kök gelişimi, ozmotik düzenleme ve antioksidan metabolizma ile ilişkilendirilmiştir (Katuwal vd., 2020). Benzer şekilde, zoysia çiminde (*Zoysia* spp.) 'Lobo', 'Zeon', 'Empire' ve 'Meyer' çeşitlerinin kuraklık tepkilerinin farklılık gösterdiği; 'Lobo' ve 'Zeon' çeşitlerinde kuraklık dayanımının daha çok dehidrasyon toleransı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Simpson vd., 2024: 1, 8-10).

Tuzluluk Stresi

İklim değişikliği ile birlikte su kaynaklarının azalması ve düşük kaliteli sulama sularının kullanımının artması, toprak tuzluluğunun yükselmesine neden olabilmektedir. Tuzluluk stresi, çim bitkilerinde ozmotik dengenin bozulmasına, iyon toksisitesine ve besin elementi alımında dengesizliklere yol açmaktadır (Munns ve Tester, 2008: 651).

Özellikle *Paspalum vaginatum* gibi bazı sıcak iklim çim türleri tuzluluğa karşı yüksek tolerans gösterebilirken, birçok serin iklim çim türü tuzluluk stresine karşı daha hassastır (Qian ve Engelke, 1999). Bu durum, gelecekte tür seçiminin daha kritik hale geleceğini göstermektedir.

Aşırı Yağışlar ve Su Baskını

İklim değişikliği yalnızca kuraklık değil, aynı zamanda kısa sürede gerçekleşen aşırı yağış olaylarının artışı ile de karakterizedir. Bu durum, toprakta su doygunluğuna ve oksijen eksikliğine neden olarak kök solunumunu sınırlandırmaktadır.

Su baskını koşullarında kök sisteminin zarar görmesi, besin elementi alımının azalması ve kök çürüklüğü gibi hastalıkların artması söz konusu olmaktadır (Beard, 1973). Ayrıca yüzeyde oluşan su birikintileri, çim alanların kullanımını da doğrudan kısıtlamaktadır.

Soğuk Stresi ve Dormansi

İklim değişikliği, yalnızca sıcak dönemleri değil, aynı zamanda kış koşullarını da etkilemektedir. Düzensiz sıcaklık dalgalanmaları, don-çözülme döngülerinin artması ve ani soğuk hava olayları, çim bitkilerinde kış zararlarının artmasına neden olabilmektedir (Turgeon, 2011).

Sıcak iklim çim türlerinde kış dormansisi, çim renginin tamamen kaybolmasına ve uzun süreli estetik kayıplara yol açmaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliği ile birlikte dormansi süresi ve başlangıç-bitiş zamanlarında değişimler gözlenebilmektedir. Bu durum, özellikle ilkbahar yeşillenme sürecini doğrudan etkilemektedir.

Küresel sıcaklık artışı ile birlikte çim bitkilerinin ekolojik yayılış alanlarında da değişimler beklenmektedir. Hatfield (2017), artan hava ve kök bölgesi sıcaklıklarının sıcak iklim çim türlerinin daha kuzey enlemlere doğru yayılışını destekleyebileceğini ve serin-sıcak iklim çimleri arasındaki geçiş kuşağının kuzeye kayabileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Akdeniz geçiş

kuşağında sıcak iklim çim türlerine olan ilginin arttığı, bu türlerin özellikle düşük su tüketimi ve yüksek stres toleransı nedeniyle daha önce yaygın olarak kullanılmadıkları alanlarda da değerlendirilmeye başlandığı belirtilmektedir (Giolo vd., 2023). Bu durum, daha ılıman kış koşullarında sıcak iklim çim türlerinin dormansi süresinin kısalması, ilkbahar yeşillenmesinin daha erken başlaması ve aktif büyüme döneminin uzaması açısından önem taşımaktadır.

Hastalık ve Zararlı Dinamikleri

Artan sıcaklık ve nem koşulları, birçok bitki hastalığı ve zararlısının yaşam döngüsünü hızlandırarak yayılımını artırmaktadır. Özellikle fungal hastalıklar, yüksek nem, yaprak ıslaklığı ve uygun sıcaklık koşullarında daha hızlı gelişmekte ve çim kalitesinde ciddi kayıplara neden olabilmektedir (Smiley vd., 2005). İklim değişikliği; patojenlerin coğrafi yayılış alanlarını, hastalık şiddetini ve konukçu-patojen etkileşimlerini değiştirerek daha önce sınırlı düzeyde görülen bazı hastalıkların yeni bölgelerde önemli sorunlar haline gelmesine yol açabilmektedir (Singh vd., 2023).

Çim alanlarda özellikle dollar spot (*Clarireedia* spp.), kahverengi leke hastalığı (*Rhizoctonia* spp.), yaprak lekeleri ve çeşitli kök çürüklüğü etmenleri çevresel koşullardaki değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Sıcak ve nemli dönemlerin uzaması, bu hastalıkların görülme sıklığını ve oluşturdukları zararı artırabilmektedir. Bunun yanında, kuraklık, yüksek sıcaklık veya tuzluluk gibi çevresel streslere maruz kalan çim bitkileri hastalık etmenlerine karşı daha duyarlı hale gelmekte ve çim kalitesinde önemli kayıplar meydana gelebilmektedir (Chou vd., 2021; Powlen vd., 2024).

İklim değişikliği yalnızca hastalık etmenlerini değil, aynı zamanda çeşitli böcek ve diğer zararlı organizmaların popülasyon dinamiklerini de etkilemektedir. Artan sıcaklıklar bazı zararlı türlerin yaşam döngülerini hızlandırabilmekte, yılda verdikleri döl sayısını artırabilmekte ve yayılış alanlarının daha yüksek enlemlere doğru genişlemesine neden olabilmektedir. Bu durum, geçmişte sorun oluşturmadıkları bölgelerde yeni zararlı baskılarının ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (Deutsch vd., 2018).

ÇİM TÜRLERİ VE ADAPTASYON YETENEĞİ

İklim değişikliği ile birlikte artan sıcaklıklar, su kısıtları ve çevresel stres faktörleri, çim alanlarda kullanılan tür ve çeşitlerin yeniden değerlendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Geleneksel olarak kullanılan türlerin performansı değişen çevre koşullarına bağlı olarak farklılık

gösterebilmekte, bu durum ise uygun tür seçiminin çim yönetimindeki en kritik unsurlardan biri olduğunu ortaya koymaktadır (Turgeon, 2011).

Çim bitkileri genel olarak serin iklim ve sıcak iklim çim bitkileri olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir (Fry ve Huang, 2004).

Serin İklim Çim Bitkileri

Serin iklim çim bitkileri, genellikle 15-24°C sıcaklık aralığında optimum büyüme gösteren C3 bitkileridir. Bu grupta en yaygın kullanılan türler arasında *Lolium perenne* (Çok yıllık çim), *Festuca arundinacea* (Kamışsı yumak) ve *Poa pratensis* (Çayır salkım otu) yer almaktadır. Bu türler, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde hızlı büyüme ve yüksek estetik kalite sağlamaları nedeniyle özellikle serin ve ılıman iklim bölgelerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte, artan yaz sıcaklıkları ve kuraklık koşulları altında bu türlerin performansı önemli ölçüde düşmektedir (Huang vd., 2014).

Ayrıca serin iklim türlerinin kök sistemleri genellikle daha yüzeysel olduğundan, su stresine karşı dayanıklılıkları sınırlıdır. Bu nedenle iklim değişikliği ile birlikte bu türlerin kullanım alanlarının daralabileceği öngörülmektedir.

Sıcak İklim Çim Bitkileri

Sıcak iklim çim türleri, C4 fotosentetik mekanizmaya sahip olup 25-35°C sıcaklık aralığında optimum büyüme göstermektedir. Bu grupta yer alan başlıca türler arasında *Cynodon dactylon* (Bermuda çimi), *Zoysia* spp. ve *Paspalum vaginatum* (Kıyı yalancı darısı) bulunmaktadır.

Bu türler, yüksek sıcaklık ve kuraklık koşullarına karşı daha yüksek tolerans göstermeleri nedeniyle özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin belirgin olduğu bölgelerde önemli avantajlar sağlamaktadır. C4 metabolizması sayesinde daha yüksek su kullanım etkinliği ve fotosentetik verimlilik sergileyen sıcak iklim türleri, sınırlı su koşullarında dahi kabul edilebilir çim kalitesini sürdürebilmektedir (Fry ve Huang, 2004).

Bu bağlamda, özellikle *Paspalum vaginatum*, yüksek tuzluluk toleransı, sıcaklık dayanıklılığı ve düşük kaliteli sulama sularına uyum yeteneği ile öne çıkan bir türdür. Bu özellikleri sayesinde, kıyı bölgeleri ve tuzlu su kullanımının zorunlu olduğu alanlarda alternatif bir çim türü olarak önem kazanmıştır (Qian ve Engelke, 1999). Ayrıca uygun gübreleme ve bakım stratejileri ile bu türde yüksek kalite ve yoğunluk elde edilebilmektedir.

Bununla birlikte, sıcak iklim türlerinin en önemli dezavantajlarından biri kış dormansisidir. Düşük sıcaklıklarda büyümenin durması ve klorofil kaybına bağlı olarak çim alanların kahverengi bir görünüm alması, estetik açıdan sınırlayıcı bir faktör olabilmektedir (Turgeon, 2011).

Tür Seçiminde Yeni Eğilimler

İklim değişikliğinin etkilerinin artmasıyla birlikte çim türü seçiminde geleneksel yaklaşımlar yerini daha adaptasyon odaklı stratejilere bırakmaktadır. Günümüzde tür seçiminde aşağıdaki kriterler ön plana çıkmaktadır:

- Kuraklığa dayanıklılık
- Yüksek sıcaklık toleransı
- Tuzluluğa dayanıklılık
- Düşük su ve besin ihtiyacı
- Hızlı toparlanma yeteneği

Bu çerçevede, özellikle sıcak iklim çim türlerinin kullanımının daha geniş alanlara yayılması beklenmektedir. Bununla birlikte, serin iklim türlerinin tamamen terk edilmesi yerine, bu türlerde stres toleransı yüksek çeşitlerin geliştirilmesi de önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır (Huang vd., 2014).

Ayrıca son yıllarda, farklı türlerin birlikte kullanıldığı karışım sistemleri ve geçiş bölgelerinde mevsimsel adaptasyonu artırmaya yönelik uygulamalar da yaygınlaşmaktadır. Bu stratejiler, yıl boyunca daha stabil bir çim kalitesi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

ÇİM ALAN YÖNETİMİ: GÜBRELEME, SULAMA VE KÜLTÜREL UYGULAMALAR

İklim değişikliği koşullarında çim alanların sürdürülebilirliği, yalnızca tek bir yönetim uygulamasına değil, gübreleme, sulama, kültürel bakım ve uygun tür/çeşit seçiminin birlikte ele alındığı entegre bir yaklaşıma bağlıdır.

GÜBRELEME

Azot Yönetimi

Azot, çim bitkilerinde büyüme, renk ve genel kaliteyi belirleyen en önemli besin elementidir. Ancak iklim değişikliği koşullarında azot yönetimi daha hassas hale gelmiştir. Yüksek sıcaklıklar ve düzensiz yağışlar, azotun yıkanma ve volatilizasyon yoluyla kaybını artırabilir. Bu durum, hem çevresel riskleri

artırmakta hem de bitki besleme etkinliğini azaltmaktadır (Trenholm vd., 2012).

Optimum azot dozlarının belirlenmesi, çim kalitesinin korunması ve aşırı gübre kullanımının önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle sıcak iklim çim türlerinde, uygun doz ve zamanlama ile uygulanan azot, büyüme ve renk üzerinde belirgin iyileşmeler sağlamaktadır.

Kontrollü Salınımlı Gübreler

Kontrollü salınımlı gübreler, besin elementlerinin bitki ihtiyacına paralel olarak yavaş ve düzenli bir şekilde salınmasını sağlayarak besin kayıplarını azaltır. Bu gübreler, özellikle sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak çözünme hızlarını ayarlayabildiğinden, değişken iklim koşullarında daha stabil bir besleme imkânı sunmaktadır (Shaviv, 2001).

Organik Gübreler

Organik gübreler, toprak yapısını iyileştirmenin yanı sıra uzun vadeli besin elementi temini sağlar. Ayrıca toprak organik madde içeriğini artırarak su tutma kapasitesini yükseltmekte ve kuraklık stresine karşı dolaylı bir direnç sağlamaktadır. Bununla birlikte, organik kaynaklı gübrelerin besin elementi salınım hızlarının çevresel koşullara bağlı olması, dikkatli bir yönetim gerektirmektedir.

Biyostimulant Uygulamaları

Son yıllarda biyostimulantlar, çim bitkilerinde stres toleransını artırmak ve besin elementi kullanım etkinliğini geliştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikrobiyal içerikli biyostimulantlar, kök gelişimini teşvik ederek bitkinin su ve besin alım kapasitesini artırabilmektedir (Calvo vd., 2014; du Jardin, 2015).

Biyostimulantların çim bitkilerindeki kullanımına ilişkin çalışmalar, bu uygulamaların özellikle uygun dozlarda ve mineral gübreleme programlarıyla birlikte değerlendirildiğinde daha belirgin yararlar sağlayabildiğini göstermektedir. Nitekim farklı çim türlerinde yapılan çalışmalarda, mikrobiyal biyostimulant uygulamalarının çim rengi, genel kalite ve yüzey kaplama oranı üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiği bildirilmiştir (Youguo vd., 2004). Bununla birlikte, biyostimulantların etkisi kullanılan tür, uygulama dozu, çevre koşulları ve birlikte uygulanan gübreleme programına bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin *Poa pratensis* L. ve *Festuca rubra* L. karışımında yürütülen bir çalışmada, kimyasal gübrelemenin çim kalitesi ve kuru madde

üretimi üzerinde daha belirgin etki gösterdiği, mikrobiyal biyostimulantların tek başına etkisinin ise daha sınırlı kaldığı belirtilmiştir (Jiang, 2005).

Bu nedenle biyostimulantların çim alan yönetiminde mineral gübrelerin tamamen yerine geçen bir uygulama olarak değil, gübreleme etkinliğini artıran destekleyici bir yaklaşım olarak değerlendirilmesi daha doğru görünmektedir. *Paspalum vaginatum* Sw. üzerinde yapılan bir çalışmada da artan azot dozlarının bitki boyu, çim yoğunluğu, yaş ve kuru biyokütle, yaprak pigment içeriği, kök gelişimi, toplam karbonhidrat birikimi ile bitki dokularındaki N, P ve K konsantrasyonlarını artırdığı; bu etkilerin mikrobiyal biyostimulant ve kimyasal gübrelerin birlikte kullanıldığı uygulamalarda daha belirgin hale geldiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada, mikrobiyal biyostimulantların kimyasal azot kaynaklarıyla entegre edilmesinin gerekli azot dozunu yaklaşık %20-25 oranında azaltabileceği ifade edilmiştir (Hussein ve Arafa, 2009).

Bu bulgular, iklim değişikliği koşullarında biyostimulant uygulamalarının sürdürülebilir çim yönetimi açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Artan sıcaklıklar, düzensiz yağış rejimleri, kuraklık ve besin elementi kayıpları, çim alanlarda hem kaliteyi korumayı hem de girdi kullanımını daha hassas hale getirmektedir. Bu bağlamda biyostimulantlar, kök gelişimini destekleme, besin elementi kullanım etkinliğini artırma ve daha düşük gübre girdileriyle kabul edilebilir çim kalitesini sürdürme bakımından tamamlayıcı bir yönetim aracı olarak değerlendirilebilir.

Besin Elementi Kullanım Etkinliği

İklim değişikliği koşullarında besin elementi kullanım etkinliğinin artırılması hem ekonomik hem de çevresel açıdan öncelikli hedeflerden biridir. Uygun gübre formu, doğru zamanlama ve entegre uygulamalar sayesinde besin kayıpları azaltılabilir, bitki tarafından alınan besin miktarı artırılabilir ve gübre kullanımından kaynaklanan çevresel riskler sınırlandırılabilir (Dimkpa vd., 2020).

SULAMA YÖNETİMİ

Su Tasarrufu Stratejileri

Azalan su kaynakları, çim alan yönetiminde su tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir. Kısıntılı sulama uygulamaları, çim kalitesini minimum düzeyde etkileyerek su kullanımını azaltmayı amaçlamaktadır.

Sensör tabanlı akıllı sulama sistemleri, toprak nemi, iklim verileri ve evapotranspirasyon bilgilerine dayalı olarak sulama zamanını ve miktarını

düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Bu sistemler, gereksiz sulama uygulamalarını azaltarak su tasarrufu sağlayabilmekte ve çim alanlarda suyun daha etkin kullanılmasına katkıda bulunmaktadır. Nitekim akıllı sulama kontrol cihazlarının değerlendirildiği bir çalışmada, bu sistemlerin ev kullanıcılarının ortalama sulama uygulamalarına kıyasla daha düşük miktarda su uygulayabildiği bildirilmiştir (Evans vd., 2022: 415-416, 421-423).

Geri Kazanılmış Su Kullanımı

İklim değişikliği ile birlikte alternatif su kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır. Arıtılmış atık suların çim alan sulamasında kullanımı, özellikle içme suyu kaynaklarının sınırlı olduğu kurak dönemlerde su kaynaklarının korunmasına katkı sağlayabilecek bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Evanylo vd., 2010: 686). Ancak bu uygulama, çözünmüş tuzlar, sodyum, klor ve diğer iyonların birikimi nedeniyle bitki gelişimi, çim kalitesi ve toprak yapısı açısından dikkatli yönetilmelidir (Evanylo vd., 2010: 686-687).

KÜLTÜREL BAKIM UYGULAMALARI

Biçim Yüksekliği

Biçim yüksekliği, çim bitkilerinde fotosentetik yüzey alanı, kök gelişimi, karbonhidrat birikimi ve stres toleransı üzerinde doğrudan etkili olan temel kültürel bakım uygulamalarından biridir. Geleneksel çim yönetiminde biçim yüksekliği daha çok estetik görünüm ve kullanım amacı açısından değerlendirilirken, iklim değişikliği koşullarında bu uygulama kuraklık ve yüksek sıcaklık stresine karşı önemli bir adaptasyon aracı haline gelmiştir. Daha yüksek biçim uygulamaları, bitkide daha fazla yaprak alanı bırakılmasını sağlayarak fotosentez kapasitesini artırmakta, kök sisteminin daha güçlü gelişmesine katkıda bulunmakta ve böylece bitkinin topraktaki su ve besin elementlerinden daha etkin yararlanmasına olanak sağlamaktadır (Beard, 1973). Buna karşılık çok düşük biçim yüksekliği, yaprak alanını azaltarak karbonhidrat rezervlerinin zayıflamasına, kök gelişiminin sınırlanmasına ve çim bitkilerinin kuraklık ile sıcaklık stresine karşı daha duyarlı hale gelmesine neden olabilmektedir.

İklim değişikliği ile birlikte yaz sıcaklıklarının artması ve kurak dönemlerin uzaması, özellikle serin iklim çim türlerinde büyüme, renk, kaplama oranı ve genel çim kalitesi üzerinde baskı oluşturmaktadır. Yüksek sıcaklık koşullarında serin iklim çimlerinde kök canlılığının azalması, kardeşlenmenin zayıflaması, yapraklarda solma ve sararma gibi belirtiler

ortaya çıkabilmekte; bu durum çim alanların hem estetik hem de fonksiyonel değerini düşürmektedir (Sun vd., 2024: 1-2). Benzer şekilde, kuraklık ve sıcaklık stresinin çok yıllık çim gibi serin iklim türlerinde büyüme ve gelişmeyi sınırlandırdığı, bu nedenle bu türlerde stres yönetimine yönelik kültürel uygulamaların daha fazla önem kazandığı bildirilmektedir (Wang vd., 2024a: 1-2, 12). Bu bağlamda, sıcak ve kurak dönemlerde biçim yüksekliğinin bir miktar artırılması, bitki üzerinde oluşan stresi azaltarak çim örtüsünün sürekliliğini destekleyebilir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, biçim yüksekliğinin etkisinin yalnızca türlere göre değil, mevsimsel çevre koşullarına göre de değişebileceğini göstermektedir. Örneğin kamışsı yumakta yapılan bir çalışmada, serin ve nemli kış koşullarında daha düşük biçim yüksekliğinin, diğer dönemlerde ise daha yüksek biçim uygulamasının genel çim gelişimi, yeşil kaplama oranı ve hastalık baskısı açısından farklı sonuçlar oluşturabileceği bildirilmiştir (Wang vd., 2024b: 1323). Bu durum, iklim değişikliği koşullarında biçim yüksekliğinin sabit bir bakım uygulaması olarak değil, sıcaklık, yağış, sulama imkânı, tür/çeşit özelliği ve kullanım yoğunluğu dikkate alınarak yönetilmesi gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla biçim yüksekliği, çim alanlarda yalnızca görünümü düzenleyen bir işlem değil; su kullanım etkinliğini artıran, kök gelişimini destekleyen ve çevresel streslere karşı dayanıklılığı güçlendiren önemli bir iklim uyum stratejisi olarak değerlendirilmelidir.

Havalandırma ve Keçe Kontrolü

Havalandırma ve keçe kontrolü, çim alanlarda kök bölgesi sağlığının korunması ve çevresel streslere karşı dayanıklılığın artırılması açısından önemli kültürel bakım uygulamalarıdır. Toprak sıkışması, özellikle yoğun kullanılan spor sahaları, parklar ve rekreasyon alanlarında kök gelişimini sınırlandıran temel sorunlardan biridir. Sıkışma sonucunda toprak hacim ağırlığı artmakta, gözeneklilik azalmakta ve toprak matriksinde su ile besin elementlerinin hareketi sınırlanabilmektedir (Frene vd., 2024: 1). Sıkışmış topraklarda makroporların azalması, hava ve su hareketinin zayıflamasına ve kök bölgesinde oksijen miktarının düşmesine neden olabilmektedir (Frene vd., 2024: 4-5). Bu durum, köklerin daha derine ilerlemesini zorlaştırmakta, su ve besin elementi alımını azaltmakta ve çim bitkilerinin kuraklık, yüksek sıcaklık ve yoğun kullanım streslerine karşı duyarlılığını artırabilmektedir.

Keçe tabakası da çim alan yönetiminde dikkatle izlenmesi gereken bir diğer unsurdur. Keçe; ölü yaprak, sap ve köklerin yeşil vejetasyon ile toprak

yüzeyi arasında birikmesiyle oluşan organik bir tabakadır (Liang vd., 2017: 799). Keçe tabakası yağış veya sulama suyunu belirli ölçüde tutabilmekte; ancak bu durum suyun toprağa geçişi, yüzey akışı ve buharlaşma gibi yüzey hidrolojisi süreçlerini değiştirebilmektedir (Liang vd., 2017: 799-800). Bu nedenle keçe kontrolü, yalnızca çim kalitesinin korunması açısından değil, aynı zamanda sulama planlaması ve su yönetimi bakımından da önemli bir kültürel bakım uygulaması olarak değerlendirilmektedir (Liang vd., 2017: 809).

Güncel sürdürülebilir çim yönetimi yaklaşımlarında, havalandırma ve keçe kontrolü; su kullanım etkinliğini artıran, yüzey akışını azaltan, kök bölgesi oksijenlenmesini iyileştiren ve iklim değişikliğine bağlı stres koşullarına karşı çim alanların dayanıklılığını güçlendiren uygulamalar arasında değerlendirilmektedir (Liang vd., 2017: 803; Braun vd., 2023: 10-11).

Üstten Tohumlama

Sıcak iklim çim türleri, yaz döneminde yüksek sıcaklık ve su stresine karşı önemli avantajlar sağlamakla birlikte, düşük sıcaklıkların etkili olduğu kış aylarında dormansiye girerek renk kaybı gösterebilmektedir. Nitekim Akdeniz iklimi koşullarında sıcak iklim çim buğdaygillerinin en önemli sınırlayıcı yönlerinden birinin kış dormansisi olduğu ve bu türlerin kış döneminde yeşil renklerini koruyamamalarının kullanım olanaklarını sınırlandırdığı bildirilmektedir (Avcıoğlu ve Geren, 2012: 3). Bu durum özellikle Cynodon türleri gibi sıcak iklim çimlerinde sonbahar döneminden itibaren belirginleşebilmekte ve ilkbahar yeşillenmesine kadar çim alanın estetik kalitesini azaltabilmektedir. Kış döneminde yeşil görünümün korunması ve çim örtüsünün kullanım kalitesinin sürdürülmesi amacıyla sıcak iklim çim alanlarının serin iklim çim türleriyle üstten tohumlanması yaygın bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Longer, 1998: 72-75; Avcıoğlu ve Geren, 2012: 3). Türkiye'nin sıcak iklim özellikleri gösteren bölgelerinde Cynodon türleri, yüksek kaplama oranı, görsel çim kalitesi ve Akdeniz iklimine uyum özellikleri nedeniyle başarılı sıcak iklim çim türleri arasında değerlendirilmektedir (Avcıoğlu ve Geren, 2012: 5, 15).

Bu uygulamada tür seçimi, çimlenme hızı ve yüzey kaplama başarısı açısından büyük önem taşımaktadır. Nitekim çok yıllık çimin kamışsı yumağa göre daha hızlı geliştiği, çok yıllık çim oranı yüksek karışımlarda kaplama oranının arttığı ve bunu kamışsı yumak ile kırmızı yumak türlerinin izlediği belirtilmektedir (Oral ve Açıkgöz, 2002: 10). Bununla birlikte, kaliteli ve

dayanıklı bir çim örtüsü oluşturmak için yalnızca hızlı çimlenme değil, türlerin karışım içindeki uyumu da dikkate alınmalı; bu açıdan kamışsı yumak ve çok yıllık çimin ağırlıklı olduğu karışımların yüksek çim kalitesi sağladığı bildirilmektedir (Demiroğlu vd., 2010: 181). Dolayısıyla üstten tohumlama, özellikle sıcak iklim ve geçiş bölgelerinde kış dönemindeki renk kaybını azaltan, yüzey kaplamasını destekleyen ve yıl boyunca daha dengeli çim kalitesi elde edilmesine katkı sağlayan önemli bir kültürel bakım uygulamasıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel iklim değişikliği, çim bitkilerinin yetiştiriciliği ve yönetimi üzerinde giderek artan baskılar yaratmaktadır. Artan sıcaklıklar, su kısıtı, tuzluluk ve ekstrem hava olayları çim alanların hem estetik hem de fonksiyonel performansını doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, geleneksel çim yönetim yaklaşımlarının tek başına yeterli olmadığı, daha bütüncül ve uyum odaklı stratejilere ihtiyaç duyulduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

İklim değişikliğinin çim bitkileri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, özellikle sıcaklık ve su stresinin büyüme, fotosentez, kök gelişimi ve genel bitki sağlığı üzerinde belirleyici olduğu görülmektedir. Bu stres faktörleri, türler arasında farklı düzeylerde etki göstermekte olup, serin iklim çim bitkilerinde yüksek sıcaklık ve kuraklık koşullarına karşı daha hassas olduğu, buna karşılık sıcak iklim çim bitkilerinin bu koşullara daha iyi uyum sağlayabildiği belirlenmiştir. Ancak sıcak iklim çim bitkilerinde kış dormansisi ve soğuk stresi gibi farklı sınırlayıcı faktörler bulunmaktadır.

Bu doğrultuda, çim alanlarda tür ve çeşit seçimi, iklim değişikliğine uyum sürecinde en kritik karar noktalarından biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle sıcak iklim çim bitkilerinin kullanımının yaygınlaşması, su kullanım etkinliği ve stres toleransı açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, serin iklim bitkilerinde stres toleransı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve geçiş bölgelerine uygun karışım sistemlerinin oluşturulması da önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Uygulamada, bölgesel iklim verilerine dayalı tür ve çeşit seçimi yapılmalı; su kısıtı olan alanlarda kuraklık ve tuzluluk toleransı yüksek türlere öncelik verilmeli; sulama ve gübreleme programları ise sensör tabanlı izleme sistemleri, kontrollü salınımlı gübreler ve destekleyici biyostimulant uygulamalarıyla entegre şekilde planlanmalıdır.

Sonuç olarak, iklim değişikliği koşullarında çim bitkilerinin sürdürülebilir yönetimi; çevresel stres faktörlerinin doğru anlaşılması, uygun tür seçimi ve değişen koşullara uyum sağlayabilecek stratejilerin geliştirilmesiyle mümkün olacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmaların, özellikle stres toleransı mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına, adaptasyon yeteneği yüksek çeşitlerin geliştirilmesine ve bölgesel yönetim stratejilerinin optimize edilmesine odaklanması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Avcıoğlu, R., & Geren, H. (2012). Bazı sıcak iklim çim buğdaygillerinin Akdeniz iklimindeki performansları üzerinde araştırmalar. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute, 22*(1), 1-17. https://izlik.org/JA36GJ88EF

Beard, J. B. (1973). *Turfgrass: Science and culture*. Prentice-Hall.

Beard, J. B., & Green, R. L. (1994). The role of turfgrasses in environmental protection and their benefits to humans. *Journal of Environmental Quality, 23*(3), 452-460.

Braun, R. C., Straw, C. M., Soldat, D. J., Bekken, M. A. H., Patton, A. J., Lonsdorf, E. V., & Horgan, B. P. (2023). Strategies for reducing inputs and emissions in turfgrass systems. *Crop, Forage & Turfgrass Management, 9*, e20218. https://doi.org/10.1002/cft2.20218

Busey, P. (2003). Cultural management of weeds in turfgrass: A review. *Crop Science, 43*(6), 1899-1911.

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil, 383*(1-2), 3-41. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8

Carrow, R. N. (1996). Drought resistance aspects of turfgrasses. *International Turfgrass Society Research Journal, 8*, 133-148.

Carrow, R. N., & Petrovic, A. M. (1992). Effects of traffic on turfgrass. In D. V. Waddington, R. N. Carrow, & R. C. Shearman (Eds.), *Turfgrass* (Agronomy Monograph No. 32, pp. 285-330). ASA-CSSA-SSSA.

Chou, M.-Y., Shrestha, S., Rioux, R., & Koch, P. (2021). Hyperlocal variation in soil iron and the rhizosphere bacterial community determines dollar spot development in amenity turfgrass. *Applied and Environmental Microbiology, 87*(10), e0023721.

Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science, 361*(6405), 916-919.

Dimkpa, C. O., Fugice, J., Singh, U., & Lewis, T. D. (2020). Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency-Trends and perspectives. *Science of the Total Environment, 731*, 139113. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139113

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae, 196*, 3-14. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

Evans, S. R., Kopp, K., Johnson, P. G., Hopkins, B. G., Dai, X., & Schaible, C. (2022). Comparing smart irrigation controllers for turfgrass landscapes. *HortTechnology, 32*(5), 415-424. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04985-21

Evanylo, G., Ervin, E. H., Zhang, X., & Haering, K. C. (2010). Reclaimed water for turfgrass irrigation. *Water, 2*(3), 685-701. https://doi.org/10.3390/w2030685

Frene, J. P., Pandey, B. K., & Castrillo, G. (2024). Under pressure: Elucidating soil compaction and its effect on soil functions. *Plant and Soil, 502*, 1-24. https://doi.org/10.1007/s11104-024-06573-2

Fry, J., & Huang, B. (2004). *Applied turfgrass science and physiology*. John Wiley & Sons.

Giolo, M., Onofri, A., & Macolino, S. (2023). Establishment of warm-season turfgrasses in a Mediterranean transition zone under simulated waterlogging. *Agronomy Journal, 115*(5), 2384-2394. https://doi.org/10.1002/agj2.21430

Hatfield, J. L. (2017). Turfgrass and climate change. *Agronomy Journal, 109*(4), 1708-1718. https://doi.org/10.2134/agronj2016.10.0626

Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes, 10*, 4-10.

Huang, B., DaCosta, M., & Jiang, Y. (2014). Research advances in mechanisms of turfgrass tolerance to abiotic stresses: From physiology to molecular biology. *Critical Reviews in Plant Sciences, 33*(2-3), 141-189.

Hussein, M. M. M., & Arafa, M. S. A. (2009). Nitrogenous nutrition of paspalum turfgrass grown in sandy soil using chemical and biofertilizers. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 1*(3), 100-108.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

Jiang, Z. (2005). Macronutrient concentrations in turfgrass clippings and groundwater as affected by fertilizers. *International Turfgrass Society Research Journal, 10*, 944-951.

Katuwal, K. B., Schwartz, B., & Jespersen, D. (2020). Desiccation avoidance and drought tolerance strategies in bermudagrasses. *Environmental and Experimental Botany, 171*, 103947.

Liang, X., Su, D., Wang, Z., & Qiao, X. (2017). Effects of turfgrass thatch on water infiltration, surface runoff, and evaporation. *Journal of Water Resource and Protection, 9*(7), 799-810. https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.97053

Livesley, S. J., McPherson, E. G., & Calfapietra, C. (2016). The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality, 45*(1), 119-124.

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology, 59*, 651-681.

Oral, N., & Açıkgöz, E. (2002). *Çim alanlar için tohum karışımları*. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Yayınları.

Powlen, J. S., Kerns, J. P., Fidanza, M. A., & Bigelow, C. A. (2024). Brown patch severity of five tall fescue cultivars as influenced by summer nitrogen rates. *Crop Protection, 184*, 106790.

Qian, Y. L., & Engelke, M. C. (1999). Performance of five turfgrass species under linear gradient irrigation. *Crop Science, 39*(6), 1750-1757.

Shaviv, A. (2001). Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy, 71*, 1-49.

Simpson, E., Haverroth, E. J., Taggart, M., Andrade, M. T., Villegas, D. A., Carbajal, E. M., & Cardoso, A. A. (2024). Dehydration tolerance rather than avoidance explains drought resistance in zoysiagrass. *Physiologia Plantarum, 176*(6), e14622.

Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J. E., Liu, H., & Trivedi, P. (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology, 21*(10), 640-656.

Smiley, R. W., Dernoeden, P. H., & Clarke, B. B. (2005). *Compendium of turfgrass diseases* (3rd ed.). APS Press.

Sun, T., Zhang, X., Li, Y., & Huang, B. (2024). How do cool-season turfgrasses respond to high temperature: Progress and challenges. *Grass Research, 4*, Article 13.

Trenholm, L. E., Unruh, J. B., & Sartain, J. B. (2012). *Water and nutrient management for turfgrass*. University of Florida IFAS Extension.

Turgeon, A. J. (2011). *Turfgrass management* (9th ed.). Prentice Hall.

Wang, R., Zhang, X., Li, Y., & Chen, Z. (2024a). Drought and heat stress studies in perennial ryegrass: A bibliometric analysis 1994-2024. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 8*, 1458552.

Wang, R., Hamilton, Z. J., Mattox, C. M., McDonald, B. W., Schmid, C. J., & Kowalewski, A. R. (2024b). Mowing height and fertility regime effects on tall fescue turf in the Pacific Northwest. *HortScience, 59*(9), 1323-1327. https://doi.org/10.21273/HORTSCI17871-24

Youguo, W., Jixiong, S., Yuansu, W., & Yan, L. (2004). Effect of YNEC bio-fertilizer on the overwintering of four turfgrass species. *Pratacultural Science, 21*(1), 43-46.