



Araştırma Makalesi/Research Article

Adi Fiğın Çimlenmesi ve Fide Özelliklerine Düşük Sıcaklık ve Aşırı Su Uygulamalarının Etkisi

Halil İbrahim Erkovan^{1*} Şule Erkovan² Mehmet Kerim Güllap² Ali Koç¹

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Eşkisehir, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu yazar: erkovan@ogu.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.09.2017

Kabul Tarihi: 13.11.2017

Öz

Serin iklim kuşağında ilkbaharda düşük sıcaklık ve aşırı nem tohum çimlenmesi ile fide gelişimini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Bu çalışma serin iklim bölgelerinde ilkbahar aylarında sık rastlanılan düşük sıcaklık ve aşırı nemin fiğ bitkisinin çimlenmesi ve fide özellikleri üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Düşük sıcaklığın tohum çimlenmesini geciktirdiği, aşırı nem ise önce artırmakla birlikte daha sonra azalmasına sebep olduğu kaydedilmiştir. Düşük sıcaklık bitki boyu, sürgün kuru madde üretimi, süzük elektriksel iletkenliği ve pH'sını olumsuz yönde etkilemiştir. Aşırı su uygulaması ise kök kuru madde üretimi ile bitki süzümü pH üzerine bir etkisi söz konusu olmamıştır. Haftada 2 aşırı su uygulaması sürgün kuru madde üretimi hariç incelenen diğer özellikleri olumlu olarak etkilemiştir. Düşük sıcaklık ve su interaksyonu ise kök süzüklerinde ölçülen pH hariç önemli bulunmuştur. Sonuç olarak düşük sıcaklık ve aşırı nem önemli bir stres kaynağı olduğu, başarılı bir tesis için toprak sıcaklığının 9°C ve toprakların yeterince havalanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Düşük sıcaklık, Aşırı nem, Çimlenme, Fide özellikleri

Effect of Low Temperature and Excess Water Application on Germination and Seedling Characteristics of Common Vetch

Abstract

Low temperature and excess water in the spring are the most important factors affecting seed germination and seedling growth under cool climate. This study was conducted to determine the effect of low temperatures and excess water on germination and seedling characteristics of common vetch. The results showed that the low temperature delayed seed germination and excess water caused it to increase firstly and then decrease. Low temperature negatively affected plant height, shoot dry matter production, leachate electrical conductivity (EC) and leachate pH. Excess water had not effect on root dry matter production and root leachate pH. Except for shoot dry matter production, 2 times per week excess water application positively affected investigated parameters. Low temperature and excess water interactions are significant all parameters except for root leachate pH. As a result of this study, low temperature and excess water were a stress source, therefore soil temperature should reach about 9°C and provide proper aeration condition for a successful establishment in the spring at the cool climate.

Keywords: Low temperature, Excess water, Germination, Seedling characteristics

Giriş

Adi fiğ ülkemizde ve dünyada ot, tohum ve yeşil gübre amacıyla üretilen tek yıllık baklagillerin başında gelmektedir. Fiğ bitkisinin tercih edilmesinde tek yıllık olmasının yanı sıra ot ve tohum veriminin yüksek olması önemli bir rol oynamaktadır. Bitkinin hem otu (%12-22) hem de tohumu (%25-35) ham protein içermesi nedeniyle çiftlik hayvanları için iyi bir protein kaynağıdır (Açıkgöz, 2001). Fiğ bitkisini önemli kılan bir başka özelliği ise havanın serbest azotunu fikse etmesi ve bırakmış olduğu kök artıkları ile toprak özelliklerinin iyileşmesine yardımcı olmasıdır. Yetiştirildiği bölgenin iklim özelliklerine göre yılın bütün mevsimlerinde ekimi yapılabilmektedir. Ancak soğuk iklimlerde kış zararı nedeniyle ilkbaharda ekimi tavsiye edilmektedir. Bitki serin iklim şartlarında iyi bir büyüme performansı göstermektedir. Buna karşın yetiştirme periyodunun kısa olduğu kışları soğuk yazları serin geçen bölgelerde ise verimi nispeten düşüktür. Bu olumsuzluğun etkisini hafifletmek için erken ekim bir çözüm olabilir. Ancak düşük sıcaklık ve aşırı nem bu konudaki en önemli problemidir.

Sıcaklık tohum çimlenmesi ve fide performansını belirleyen en önemli çevresel faktörlerin başında gelmektedir. Çimlenme sıcaklık, nem, ışık vb. çevresel faktörlerin kontrolünde gelişen komplike bir fizyolojik işlemdir. Çevresel etkiler birlikte veya ayrı ayrı etki yaparak enzim aktivasyonunu başlatıp çimlenmenin başlamasını gerçekleştirmektedirler (Baskin ve Baskin, 2001).



Çoğu serin iklim bitki türünde çimlenme 2°C’da başlamakta sıcaklık artışına bağlı olarak çimlenme hızı da artmaktadır (Grime ve ark., 1981). Ancak optimum çimlenme serin iklim türlerinde 15-20°C, sıcak iklim türlerinde ise 25-30°C arasında değişim göstermektedir (Fenner ve Thompson, 2005). Fakat düşük sıcaklığa tepki de türler arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır (Baskin ve Baskin, 2001). Çimlenme oranının değişen sıcaklıklara göstermiş olduğu tepki, sıcaklık ışık etkileşimine bağlı olarak farklılık sergileyebilmektedir (Thompson ve Grime, 1983; Probert, 2000). Bu yüzden mevsime bağlı olarak düşük sıcaklıkta çimlenme farklılık arz edebilmektedir. Zira ilkbaharda düşük sıcaklık ve yüksek nem ortamında ışık uyarıcı etki yapmaktadır (Grime ve ark., 1981).

Enzim aktivasyonunun başlaması ve diğer fazlara geçişin yönlendirilebilmesi için su çimlenmede hayati bir öneme sahiptir. Enzim aktivasyonu ve çimlenme hızı sıcaklık ile su interaksyonunun çimlenme süresindeki etkinliğinin bir sonucudur. Çimlenme üç aşamada meydana gelmektedir. Bu aşamalardan ilki su emme, ikincisi embriyonun uyarılması ve üçüncüsü ise büyümenin ortaya çıkmasıdır. Tohumun bünyesine su emme ile başlayan bu süreç bitki türü, tohumun büyüklüğü ve sıcaklığa bağlı olarak 0-50 saat arasında değişim göstermektedir (Fenner ve Thompson, 2005). Baklagiller familyasına dahil türlerde ise bu süre tohumun büyüklüğüne göre azalmaktadır. Nitekim *Trifolium* sp. türlerinde 16 saat olan süre (Jansen, 1994), *Phaseolus* sp. türlerinde 9 saate düşmektedir (Hong ve Ellis, 1992). Bu süre sonunda başlayan hareket çimlenmenin sorunsuz devam ettiğinin bir göstergesidir. Bir sonraki aşama büyüme olup fide aşamasına geçişin başlangıcıdır. Su emme döneminde oluşabilecek stres tolere edilebilirken daha sonraki evrelerde oluşan stres ölümcül sonuçlara neden olabilmektedir (Fenner ve Thompson, 2005).

Fiğ bitkisi serin iklim bölgelerinde kışa dayanamaması nedeniyle ilkbaharda ekilmektedir. Bu bölgelerde kışın yağın kar nedeniyle toprak nemli ve su ile doymuş vaziyette, sıcaklık ise düşüktür. Toprakların su ile doygunluğuna ilave olarak ilkbahar ayları yağışlı geçmektedir. Sıcaklıklar düşük olduğu için buharlaşma yavaş seyretmekte, toprak nemi yalnızca alt tabakalara sızarak uzaklaşabilmektedir. Bu şartlar altında bitki türlerinin ekimleri zor ve karşılaşılabilecek olumsuzluklar tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışma ilkbaharda erken ekilen fiğ bitkisinin düşük sıcaklık ve farklı nem seviyelerinde tohumlarının çimlenmesi ve fide özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Deneme Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında kontrollü şartlardaki büyütme kabinlerinde 2015 yılında Aralık ayı süresince yürütülmüştür. Karaelçi çeşidi fiğ tohumları 20 x 20 cm büyüklüğünde toprakla dolu toplam 60 saksıya 25’er adet ekilmiştir. Araştırmada 3 farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C), 4 farklı aşırı su uygulaması (haftada 1, haftada 2, haftada 3 ve haftada 4) 5 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 30 gün süreyle yürütülmüştür. Deneme toprağı kumlu tınlı tekstüre sahip olup, organik madde içeriğı %1,43, toprak PH’sı 7,55 ve EC 110 µmhos/cm’dir. Toprakların ilkbahardaki su seviyesini taklit edebilmek amacıyla saf su ile topraklar doymun hale getirilmiştir. Takip eden dönemde haftada 1, 2, 3 ve 4 olacak şekilde aşırı su uygulaması yapılmıştır. Saksılara gübre uygulanmamış ve deneme süresince saksılar yalnızca saf su uygulanmıştır. Ekimden sonra başlamak üzere her gün çimlenen tohumlar kaydedilmiştir.

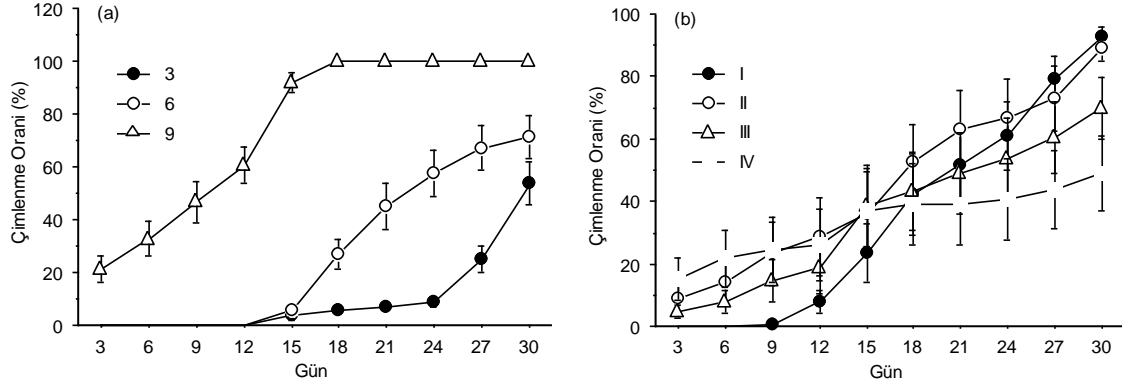
Deneme sonunda saksılardan rastgele seçilen 10 fiğ bitkisi topraktan çıkarılıp kökleri saf suda yıkandıktan sonra fide (toprak seviyesinden fidenin ucuna kadar) ve kök (toprak seviyesinden kökün ucuna kadar) uzunlukları ölçülmüştür. Fide ve kök uzunluğu ölçümünden sonra örnekler 70°C’de sabit ağırlığa gelene kadar fırında kurutulmuştur. Kurutulan fide ve kök örnekleri hassas terazide tartılıp 10’a bölünerek bitki başına kuru madde üretimleri (g/bitki) belirlenmiştir. Yine benzer olarak seçilen 10 fiğ bitkisi topraktan çıkarıldıktan hemen sonra deiyonize su ile yıkanıp fide ve kökler 20 ml deiyonize suya bırakılarak karanlık şartlarda 25°C’da 24 saat bekletilmiştir. Elde edilen süzükte elektriksel iletkenlik (EC) metre ($mS^{-1} g^{-1}$) ve pH metre kullanılarak ölçümler yapılmıştır (Anand ve ark., 2011). Elde edilen veriler Statview istatistik paket programında General Linear Model temelinde varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır (Sas Institute, 1998).

Sonuçlar

Düşük sıcaklık ve nem seviyelerinde fiğ bitkisi tohumlarının çimlenme oranı ile çimlenmenin ne zaman başladığı Şekil 1a ve 1b’de görülmektedir. Çimlenme 9°C’da 3. günde başlarken, 3 ve

6°C’da 12. güne kadar uzamıştır. Tohumların 9°C’da 18. günde tamamı çimlenirken, diğer sıcaklıklardaki çimlenme oranı %40’dan daha düşük olmuştur. Denemenin sonunda bile 3 ve 6°C sıcaklıklarda çimlenme oranı %70 seviyesinin altında kalmıştır (Şekil 1a).

Haftada bir su uygulaması tohum çimlenmesini ertelerken, diğer su uygulamaları etki etmemiş ve 3. günde çimlenme başlamıştır. Ancak deneme sonunda haftada 1 su uygulaması en yüksek çimlenmenin olduğu uygulama olurken, bunu sırasıyla haftada 2, 3 ve 4 su uygulamaları takip etmiştir. Başka bir ifadeyle çimlenme başlangıcında aşırı su uygulamasının etkisi pozitif olurken, ilerleyen zamanda aşırı su uygulaması negatif etki yapmıştır. Toplam çimlenme oranı en fazla aşırı su uygulamasında %40 seviyesinin altında kalmıştır (Şekil 1b).



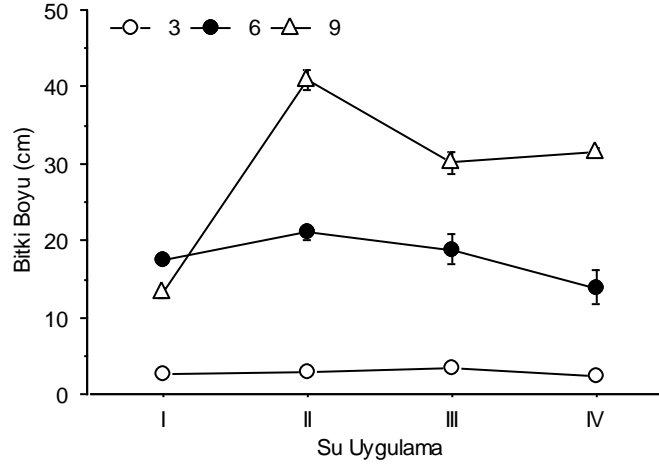
Şekil 1. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) (a) ve su (b) uygulamalarının adi fiğın çimlenme oranına etkileri (%).

Artan sıcaklık ve su uygulaması fide boyu üzerine olumlu etki yapmış ve bu etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.001$). En düşük sıcaklık olan 3°C’da 2,79 cm olan fide uzunluğu, 9°C’da 28,95 cm olarak bulunmuştur. En yüksek bitki boyu haftada 2 aşırı su (21,60 cm) uygulamasında olurken, su uygulamasındaki artış bitki boyunda kısalma ile sonuçlanmıştır (Çizelge 1). Düşük sıcaklıklarda su uygulamasının etkisi uygulamalar arasında benzer olurken, 9°C’da uygulamalar arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum sıcaklık x su interaksyonunun önemli olmasında etkili olmuştur (Şekil 2).

Çizelge 1. Farklı sıcaklık ve su uygulamalarının adi fiğın çimlenmesi ve fide özellikleri üzerine etkileri.

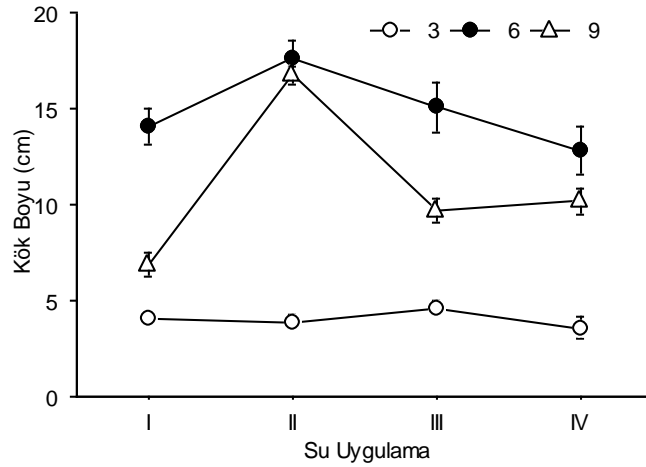
	Bitki Boyu	Kök Boyu	Sürgün Kuru Madde	Kök Kuru Madde	Bitki EC	Kök EC	Bitki pH	Kök pH
Sıcaklık (T)								
3°C	2,79 C	4,04 C	0,386 B	0,248 B	36,63 C	158,94 C	4,79 C	5,40 C
6°C	17,82 B	14,88 A	0,102 C	0,095 C	249,25 B	369,44 B	5,08 B	5,60 B
9°C	28,95 A	10,87 B	0,684 A	0,551 A	682,38 A	641,06 A	5,56 A	5,98 A
Ortalama	16,52	9,93	0,391	0,298	322,75	389,81	5,14	5,66
Su Uyg. (S)								
I	11,12 C	8,31 C	0,318 B	0,216	135,67 C	245,33 C	5,11	5,51 B
II	21,60 A	12,75 A	0,363 B	0,372	440,58 A	551,92 A	5,17	5,71 A
III	17,42 B	9,80 B	0,378 B	0,334	390,33 A	360,50 B	5,11	5,77 A
IV	15,93 B	8,87 BC	0,505 A	0,269	324,42 B	401,50 B	5,17	5,65 AB
Ortalama	16,52	9,93	0,391	0,298	322,75	389,81	5,14	5,66
T	**	**	**	**	**	**	**	**
S	**	**	**	öd	**	**	öd	*
T x S	**	**	**	**	**	**	**	öd

öd: önemli değil, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$. Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar önemlidir.



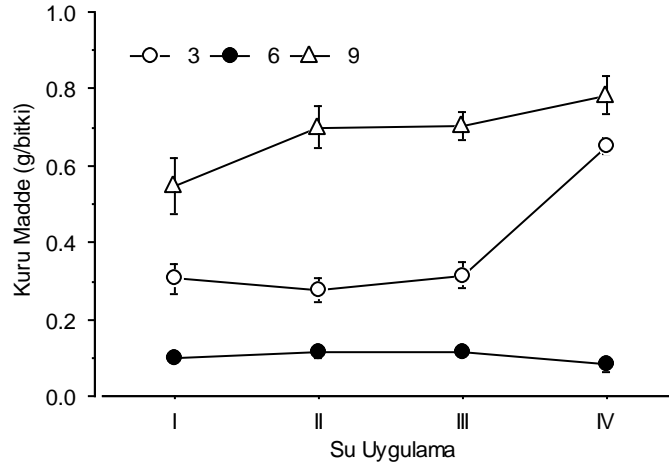
Şekil 2. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında bitki boyundaki değişim (cm).

Ortalama 9,93 cm olan kök uzunluğu sıcaklık, su ve bunların interaksyonları %1 seviyesinde önemli olmuştur (Çizelge 1). Kök uzunluğu 3°C'da (4,04 cm) en düşük, 6°C'da (14,88 cm) artmış ve 9°C'da (10,87 cm) tekrar azalmıştır. Su uygulamasında da benzer durum gözlemlenmiştir. En düşük kök uzunluğu haftada 1 su uygulamasında, en yüksek kök uzunluğu ise haftada 2 su uygulamasında belirlenmiştir. Haftada 2 su uygulamasından sonra su uygulamasındaki artış ile birlikte kök uzunluğu azalmıştır (Çizelge 1). Kök uzunluğu 6°C ve 9°C'da haftada 2 su uygulamasında en uzun, diğer su uygulamalarında ise 6°C'da en uzun olmuştur. Aynı uygulamalarda ortaya çıkan farklılıklar sıcaklık x su interaksyonunun kaynağını oluşturmuştur (Şekil 3).



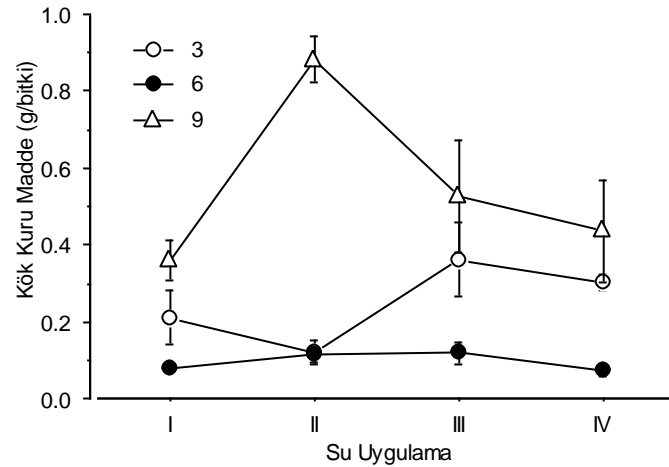
Şekil 3. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında kök uzunluğundaki değişim (cm).

Kuru madde üretiminde sıcaklık, su ve bunların interaksyonu istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Ortalama kuru madde üretimi 0,391 g/bitki olup, en yüksek kuru madde üretimi 9°C sıcaklıkta (0,684 g/bitki) elde edilmiştir. Kuru madde üretimi haftada 4 su uygulamasında 0,505 g/bitki en yüksek olmuştur. Diğer uygulamalar arasında ise farklılık istatistiki olarak önemli olmamıştır. Kuru madde üretimi sıcaklık ve su uygulamasından etkilenmiştir. Örneğin kuru madde üretimi 3°C sıcaklıkta haftada 4 su uygulamasında en yüksek seviyeye ulaşırken, 6°C sıcaklıkta haftada 4 su uygulamasında en düşük kuru madde üretimi elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar sıcaklık x su interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Şekil 4).



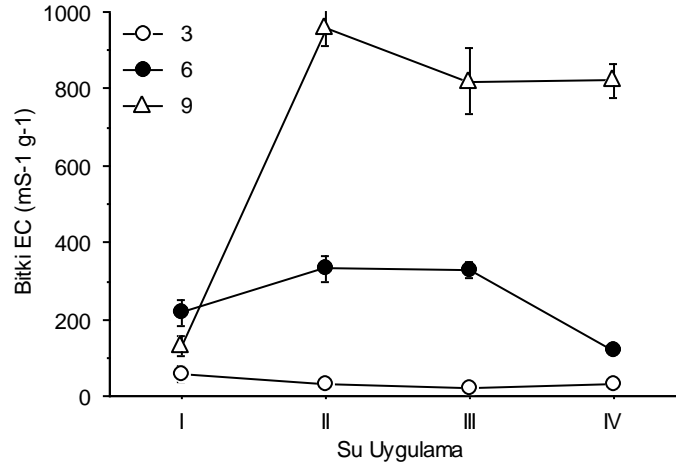
Şekil 4. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında kuru madde üretimindeki değişim (gr/bitki).

Sıcaklık ve sıcaklık x su interaksyonunun kök kuru madde üretimine etkisi önemli olurken ($p<0,001$), su uygulamasının etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 1). Ortalama kök kuru madde üretimi 0,298 g/bitki olup, 3, 6 ve 9°C sıcaklıkta sırasıyla 0,248, 0,095 ve 0,551 g/bitki elde edilmiştir. Kök kuru madde üretimi sıcaklık ve su uygulamalarına farklı tepki göstermiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık sıcaklık x su interaksyonu önemli çıkmasında etkili olmuştur (Şekil 5).



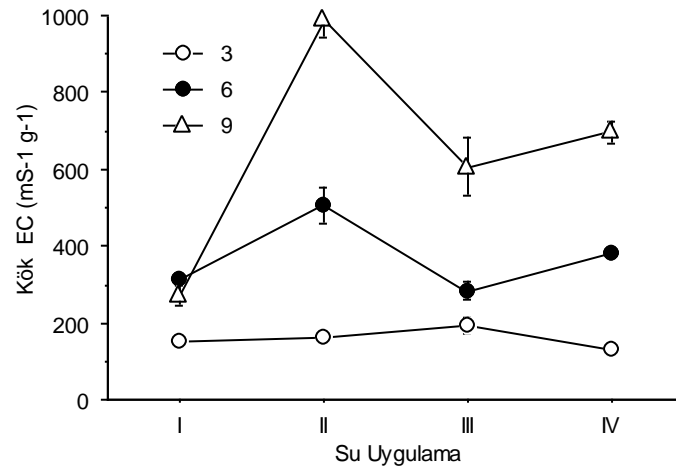
Şekil 5. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında kök kuru madde üretimindeki değişim (gr/bitki).

Elektriksel iletkenlik sıcaklık ve su uygulamalarına göre değişim göstermektedir (Çizelge 1). Bitki süzüğünde elektriksel iletkenlik ortalama $322,75 \text{ mS}^{-1} \text{ g}^{-1}$ olup, sıcaklık uygulaması ile $36,63 - 682,38 \text{ mS}^{-1} \text{ g}^{-1}$, su uygulaması ile $135,67 - 440,58 \text{ mS}^{-1} \text{ g}^{-1}$ arasında değişmiştir ($p<0,01$) (Çizelge 1). Örneğin 3°C sıcaklıkta su uygulamasının önemli etkisi görülmezken, 6°C sıcaklıkta haftada 1 aşırı su uygulamasından başlayıp haftada 3 aşırı su uygulamasına kadar artış haftada 4 aşırı su uygulamasında ise azalma kaydedilmiştir. Diğer bir sıcaklık uygulaması olan 9°C'da ise haftada 2 aşırı su uygulamasında en yüksek elektriksel iletkenlik ölçülmüştür. Uygulamalar arasında oluşan farklılık sıcaklık x su interaksyonunun önemli çıkmasında etkili olmuştur (Şekil 6).



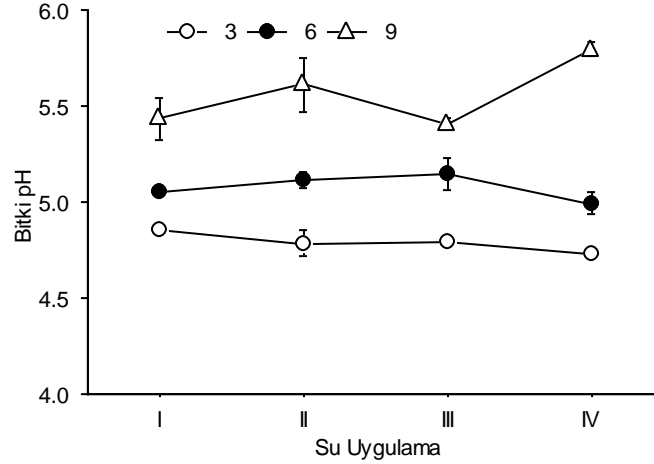
Şekil 6. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında bitki elektriksel iletkenliğindeki değişim ($mS^{-1} g^{-1}$).

Kök süzüğünde elektriksel iletkenlik üzerine sıcaklık, su uygulaması ve bunların interaksyonu önemli etkiye sahip olmuştur ($p<0,01$) (Çizelge 1). Sıcaklık uygulamasında en yüksek elektriksel iletkenlik $641,06 mS^{-1} g^{-1}$ ile 9°C'da tespit edilmiştir. Su uygulamasında ise $551,92 mS^{-1} g^{-1}$ ile haftada 2 aşırı su uygulamasında belirlenmiştir. Kök süzüğünde elektriksel iletkenlik 6 ve 9°C sıcaklık uygulamasında haftada 2 aşırı su uygulamasında artmış, haftada 3 aşırı su uygulamasında azalmış ve haftada 4 aşırı su uygulamasında tekrar artmıştır. En düşük sıcaklık 3°C sıcaklıkta ise haftada 3 aşırı su uygulamasına kadar kısmi olarak artmış ve haftada 4 aşırı su uygulamasında azalmıştır. Bu durum sıcaklık x su interaksyonunun önemli çıkmasına sebep olmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında kök elektriksel iletkenliğindeki değişim ($mS^{-1} g^{-1}$).

Sürgün bitki süzüğünde ortalama pH 5,14 olmuş ve uygulamalar arasında önemli farklılıklar kaydedilmiştir ($p<0,001$). Ancak su uygulamasının etkisi istatistiki olarak önemli olmamıştır (Çizelge 1). Artan sıcaklıkla birlikte pH derecesi de artmıştır. Ölçülen pH değerleri sıcaklık ve suyun etkisiyle farklılık gösterdiği için sıcaklık x su interaksyonu önemli çıkmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Farklı sıcaklık (3, 6 ve 9°C) ve su uygulamalarında bitki pH derecesindeki değişim.

Kök süzüğünde pH üzerine hem sıcaklık hem de su uygulamasının istatistik olarak %1 seviyesinde önemli bulunurken, sıcaklık x su interaksyonu önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1). En düşük pH derecesi 3°C sıcaklıkta ölçülmüş ve sıcaklık artışı ile birlikte kök süzüklerinde pH artmıştır. Haftalık 2 ve 3 aşırı su uygulaması kök süzüklerinde pH'yı ortalamanın (5,66) üzerine çıkarmıştır. Diğer uygulamalarda ise ortalamaya göre daha düşük çıkmıştır.

Tartışma

Araştırma sonuçları, düşük sıcaklık ve su uygulamalarının tohum çimlenmesi ile fide özelliklerini etkilediğini ortaya koymuştur. Çimlenme 2-30°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında meydana gelebilmektedir. Ancak düşük sıcaklıkta çimlenme yavaşlamakta ve sonuçta çimlenme süresi uzamaktadır (Grime ve ark., 1981). Denemede 9°C sıcaklık uygulaması 3 ve 6°C sıcaklık uygulamaları ile karşılaştırıldığında çimlenme hızını ve oranını artırmıştır. Su emme ile başlayan çimlenme süresi çevre, tohum büyüklüğü ve tohum kabuğunun geçirgenliğine bağlı olarak değişmektedir (Hong ve Ellis, 1992; Jansen, 1994). Bitki türlerinin özelliklerine göre hızlı çimlenen tohumlarda çimlenmenin başlayabilmesi için su varlığı, yavaş çimlenen tohumlarda ise su kıtlığı önemli olmaktadır (Elberse ve Breman, 1990). Hızlı çimlenen ve yetiştiriciliği yaygın olan fiğ tohumları yeterli su bulunduğunda çimlenme başlamaktadır. Ancak aşırı su ilerleyen dönemlerde çimlenmenin yavaşlamasına ve tohumların çimlenme yeteneklerini kaybetmesi ile sonuçlanmaktadır. Kültür bitkileri ve yabancı türler ile yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Leopold, 1980; Grime ve ark., 1981; Miedema ve ark., 1987; Schütz, 2000; Biligetu ve ark., 2011; Fu ve ark., 2017).

Sıcaklık ile su bitki çimlenmesinden başlayıp olgunlaşma ve depolama şartlarında dahi etkili olan çevresel faktörlerin başında gelmektedir (Baskin ve Baskin, 2001). Sıcaklık bitki türlerinin genetik potansiyelleri ile çevresel faktörlerin izin verdiği ölçüde optimum büyüme sıcaklıklarına kadar bitki gelişmesini teşvik etmektedir. Düşük sıcaklıkta ve artan su uygulamasında fide uzunluğu azalmıştır. Düşük sıcaklık ve aşırı su uygulaması morfolojik ve fizyolojik olarak etki etmektedir. Bunun bir sonucu olarak bitki istenen gelişimini yapamamaktadır. Kök gelişimi ise hem soğuğa hemde kuraklık şartlarına toprak üstü aksama göre daha iyi adapte olabilmektedir. Başka bir ifadeyle toprak altı üretim toprak üstü üretime göre stres şartlarına daha dayanıklıdır. Araştırma sonuçlarından anlaşılacağı gibi 6°C sıcaklıkta ve haftada 2 aşırı su uygulamasında kök uzunluğu diğer uygulamalara göre daha fazla olmuştur. Sıcaklık ve su interaksyonu düşük sıcaklık veya aşırı su uygulaması etkisini azaltması nedeniyle toprak üstü ve toprak altı gelişimi tepkilerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık ve su uygulaması ile ilgili yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Sowinski ve ark., 2005; Bertamini ve ark., 2005; Biligetu ve ark., 2011; Fu ve ark., 2017).

Sıcaklık ve su uygulaması ile kuru madde üretimi artmaktadır. Kök kuru madde üretimi ise sıcaklık artışı ile üretimi artarken, su uygulamasının önemli etkisi olmamıştır. Sıcaklık membran geçirgenliği ve cytosolic enzim faaliyetlerini düzenleyerek optimum büyüme sıcaklığına kadar bitkilerin kuru madde üretimini teşvik etmektedir (Bradford, 2002; Tlig ve ark., 2008). Aşırı su uygulaması ise toprak üstü kuru madde üretimini artırırken kök kuru madde üretiminde önemli



olmamıştır. Düşük sıcaklıkta bitkiler soğuğa uyum sağlayabilmesi için daha yavaş gelişmektedirler. Bunun bir sonucu olarak kuru madde üretimleri azalmaktadır. Toprak üstü üretim suyun varlığı ile artarken, toprak altı üretim kuraklık ile toprak üstü üretime göre daha fazla artmaktadır (Bradford, 1995; Bradford, 2002; Fenner ve Thompson, 2005). Ancak sıcaklık ve su miktarı arasındaki ilişkiler düşük sıcaklıkta benzer olurken, artan sıcaklıklarda hem toprak üstü hemde kök kuru madde üretimi farklılık göstermektedir (Sowinski ve ark., 2005; Bertamini ve ark., 2005). Nitekim bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Bitkide membran geçirgenliği direncinin bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik hem toprak üstü hemde toprak altı organlarından elde edilen süzükte sıcaklıkla birlikte artmıştır. Buna ilave olarak yürütülen araştırmada optimum sınır olarak kabul edilebilecek haftada 2 aşırı su şartlarında da en yüksek elektriksel iletkenlik kaydedilmiştir. Düşük sıcaklıklar membran geçirgenliğini azaltmaktadır (Leopold, 1980). Başka bir ifadeyle fotosentez oranında artışa paralel olarak dokulardan sızan madde miktarı artmakta ve elektriksel iletkenlik artmaktadır. Stres şartlarında elektriksel iletkenlik azalma göstermektedir. Bu çalışmada da su uygulaması artışı ile artan strese bağlı olarak elektriksel iletkenlik azalmıştır. Nitekim Bramlage ve ark. (1978), Leopold (1980), Leopold (1981) gibi araştırmacılar da benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Suda çözülebilen organik bileşikler ve değişebilir katyonların artışına bağlı olarak pH değişmektedir. Toprak altı ve toprak üstü organlardan elde edilen süzük pH'sı sıcaklıkla birlikte artış göstermiştir. Toprak üstü aksamda ölçülen pH su uygulamaları arasında benzer etki olurken, köklerde ölçülen pH su uygulaması ile artış göstermiştir. Süzüklerde ölçülen pH bitki gelişimine paralel olarak değişim göstermektedir (Cassiolato ve ark., 2002). Bitki gelişimi veya stres şartlarındaki artışa bağlı olarak artmaktadır.

Sonuç olarak, düşük sıcaklık çimlenme fide gelişimi üzerine olumsuz etki etmektedir. Bu olumsuz etki çimlenme ve fide gelişimini yavaşlatmaktadır. Serin iklim bölgelerinde kurulacak tesislerde düşük sıcaklık ve aşırı suyun olumsuz etkileri dikkate alınmasında fayda vardır. Başarılı bir fide tesisi için toprak sıcaklığının 9°C civarına çıkması ve toprağın kısmen de olsa havalanmasına dikkat edilmelidir. Zira bu çalışma sonuçları düşük sıcaklık ve aşırı suyun fide gelişimini olumsuz etkilediğine dikkat çekmektedir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 2001. Yem Bitkileri. III. Baskı, U.Ü. Güçlendirme Vakfı Yay. No: 182. 584 s. Bursa.
- Anand, A., Bhardwaj, J., Nagarajan, S., 2011. Comparative evaluation of seed coat dormancy breaking treatments in *Stylosanthes seabra*. Grass and Forage Sci. 66: 272-276.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2001. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, CA, USA 666 s.
- Bertamini, M., Muthuchelian, K., Rubinigg, M., Zorer, R., Nedunchezian, N., 2005. Photoinhibition of photosynthesis in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling). effect of chilling nights. Photosynthetica. 43(4): 551–557.
- Biligetü, B., Schellenberg, M.P., McLeod, J.G., 2011. The effect of temperature and water potential on seed germination of poly-cross side-oats grama (*Bouteloua curtipendula* Michx. Torr.) population of Canadian prairie. Seed Sci. & Technol. 39: 74-81.
- Bradford, K.J., 1995. Water Relations in Seed Germination. Seed Development and Germination. Marcel Decker Inc. 351-396 pp. New York.
- Bradford, K.J., 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science. 50: 248-260.
- Bramlage, W.J., Leopold, A.C., Parrish, D.J., 1978. Chilling stress to soybeans during imbibition. Plant Physiol. 61: 525-529.
- Cassiolato, M.E., Miyazawa, M., Meda, A.R., Pavan, M.A., 2002. A laboratory to estimate the efficiency of plant extract to neutralize soil acidity. Brazilian Archives of Biology and Technology. 45(2): 183-187.
- Elberse, W.T., Breman, H., 1990. Germination and establishment of Sahelian rangeland species. II. Effects of water availability. Oecologia. 85: 32-40.
- Fenner, M., Thompson, K., 2005. The Ecology of Seeds. Cambridge University Press 250 s. New York,
- Fu, J.J., Liu, J., Yang, L.Y., Miao, Y.J., Xu, Y.F., 2017. Effects of low temperature on seed germination, early seedling growth and antioxidant systems of the wild *Elymus nutans*. J. Agric. Sci. Tech. 19: 1113-1125.
- Grime, J.P., Mason, G., Curtis, A.V., Rodman, J., Band, S.R., Mowforth, M.A.G., Neal, A.M., Shaw, S., 1981. A comparative study of germination characteristics in a local ora. Journal of Ecology. 69: 1017-1059.



- Hong, T.D., Ellis, R.H., 1992. The survival of germinating orthodox seeds after desiccation and hermetic storage. *Journal of Experimental Botany*. 43: 239-247.
- Jansen, P.I., 1994. Hydration-dehydration and subsequent storage effects on seed of the self-regenerating annuals *Trifolium balansae* and *T. resupinatum*. *Seed Science and Technology*. 22: 435-447.
- Leopold, A.C., 1980. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiol*. 65: 1096-1098.
- Leopold, A.C., Musgrave, E.M., Williams, K.M., 1981. Solute leakage resulting from leaf desiccation. *Plant Physiol*. 68: 122-1225.
- Miedema, P., Post, J., Groot, P.J., 1987. The Effects of Low Temperature on Seedling of Maize Genotypes. Pudoc. 124 s. Wageningen.
- Probert, R.J., 2000. The Role of Temperature in Seed Dormancy and Germination. In *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd edn: CABI, pp. 261-292 Wallingford.
- SAS Institute. 1998. *Statistical Analysis System Institute: StatView Reference Manual*. SAS Institute, Cary, NC.
- Schütz, W., 2000. Ecology of seed dormancy and germination in sedges (*Carex*). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 3: 67-89.
- Sowinski, P., Rud Inska-Langwald, A., Adamczyk, J., Kubica, I., Fronk, J., 2005. Recovery of maize seedling growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature. *J. Plant Physiol*. 162(1): 67–80.
- Thompson, K., Grime, J.P., 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology*. 20: 141-156.
- Tlig, T., Gorai, M., Neffati, M., 2008. Germination responses of diplotaxis harra to temperature and salinity. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 203: 421-428.