

SU BİRİKMESİNİN BİTKİ VE TOPRAK ÜZERİNE ETKİSİ

İlkay YAVAŞ¹, Aydın ÜNAY², Serap ŞİMŞEK²

ÖZET

Su birikmesi, özellikle sulanan tarım alanlarında ve yüksek yağışa sahip bölgelerde bitki gelişimini ve verimini olumsuz yönde etkileyen bir problemdir. Bu aşamada, bitki ve topraktaki biyolojik ve kimyasal olaylar da değişmektedir. Su birikmesi sonucu meydana gelen zararların temel nedeni olarak besin ve su alımını etkileyen oksijen eksikliği gösterilmiştir. Bitkiler hücre bölünmesi, büyüme, besin maddesi alımı ve taşınması için oksijene ihtiyaç duymaktadırlar. Oksijen eksikliği metabolizmanın oksijenli koşullardan oksijensiz koşullara geçmesine neden olmaktadır. Genellikle su ile doymuş topraklarda oksijen seviyesi 48-96 saat içinde bitkiye zarar verecek seviyeye ulaşmaktadır. Azalan oksijen seviyesinde gelişen dokular hayatta kalabilmek için yüksek oranda toksik ürünler üretmektedirler. Çimlenen tohumlar ve çıkış yapan fideler yüksek metabolizma seviyelerinden dolayı su birikmesine oldukça duyarlıdır. Birçok serin iklim tahılı, baklagiller ve özellikle mısır gibi bitkiler gelişim noktaları toprak yüzeyine yakın olduğu 5-6 yapraklı dönemden önce, su birikimine daha duyarlı olma eğilimindedirler. Kışlık buğday dışında birçok tahıl ve mısır toprak sıcaklığı belirli bir sıcaklığı aştığında suya doymuş topraklarda 48 saatten fazla kalırsa ölebilmektedir. Bitkiler su birikmesi koşullarına arankima oluşumu, çözünebilir şekerlerin miktarındaki artış, daha fazla likolitik döngü, fermentasyon enzimlerindeki artış ve antioksidan savunma mekanizması ile adapte olmuşlardır.

Anahtar Kelimeler: Su birikmesi, bitki fizyolojisi, toprak kimyasal içeriği, adaptasyon

The Effects of Waterlogging on Plant and Soil

ABSTRACT

Waterlogging is a problem, which negatively affects plant growth and yield especially in irrigated area and high rainfed regions. In this stage, biological and chemical processes in plant and soil also have been changed. The main cause of damage under waterlogging is oxygen deprivation, which affect nutrient and water uptake. Plants need oxygen for cell division, growth and the uptake and transport of nutrients. Lack of oxygen shift the energy metabolism from aerobic conditions to anaerobic conditions. Generally, the oxygen level in a saturated soil reaches the point that is harmful to plant growth after about 48-96 hours. In an effort to survive, tissues growing under reduced oxygen levels use alternate metabolic pathways that produce by-products, some of which are toxic at elevated levels. Germinating seeds and emerging seedlings are very sensitive to waterlogging as their level of metabolism is high. Crops like winter cereals, legumes and especially maize tend to be more sensitive to waterlogging when their growing point is still below the surface of the soil (before the 5-6 leaf stage). With the exception of winter wheat, many of the cereals and maize can be killed if soils are saturated beyond 48 hours when soil temperatures exceed some degrees. Plants adapted to waterlogged conditions, have mechanisms to cope with this stress such as aerenchyma formation, increased availability of soluble sugars, greater activity of glycolytic pathway and fermentation enzymes and involvement of antioxidant defence mechanism to cope with the post hypoxia/anoxia oxidative stress.

Key Words: Waterlogging, plant physiology, soil chemical content, adaptation

GİRİŞ

Su birikmesi yeryüzü toplam alanının % 10'unu olumsuz etkileyebilen bir stres faktörüdür (FAO, 2002). Örneğin, dünya toplam buğday ekiliş alanı olan 70 milyon ha alanın % 15-20'sinde her yıl görülebildiği bildirilmiştir (Settler ve ark., 2009). Uzun süre devam eden mevsimsel yağış koşullarından dolayı şiddetli ürün kayıpları meydana gelmektedir. Suyun aşırı miktarda olması, birkaç saat içinde toprakta anoksi koşullar meydana getirmekte, kök gelişimini sınırlayarak, bitki büyümesini ve gelişmesini etkilemektedir (Liao ve Lin, 2001). Bu nedenle, topraktaki su birikmesi çeşitli bitki türlerinin canlılığını, büyümesini ve gelişmesini etkileyen

önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak gözenekleri tamamen su ile doyduğunda gaz difüzyonu azalmakta ve fitotoksik bileşikler birikmektedir. Bunun sonucu olarak oksijensiz koşullar ortaya çıkmaktadır. Genellikle su ile doymuş topraklarda oksijen seviyesi yaklaşık 45-96 saat sonra bitki gelişimi için zararlı olmaktadır. Tüm bu değişiklikler, bitkinin bu tür koşullar altında hayatta kalma kapasitesini etkilemektedir. Stomatal dayanıklılık artmakta, fotosentez ve kök hidrolik iletkenliği azalmakta ve fotosentez ürünlerinin taşınması azalmaktadır. Hipoksi/anoksi koşullara bitkinin en önemli adaptasyonu oksijenin sınırlı olduğu durumlarda yaygın olarak gözlenen biyokimyasal ve metabolik oluşumlardaki değişimdir.

¹Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, AYDIN, 09100, iyavas@adu.edu.tr

²Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, AYDIN, 09100, aunay@adu.edu.tr, serap.simsek@adu.edu.tr

Toprak ve Kök Çevresinde Meydana Gelen Değişimler

Toprak tamamen su ile doyduğunda, hava boşlukları dolmakta ve toprağın bazı fiziksel-kimyasal özelliklerinin değişmesine yol açmaktadır. Toprak redoks potansiyeli (Eh), topraktaki meydana gelen su birikmesi boyunca kimyasal değişikliklerin bir belirleyicisi olarak gösterilebilir. Toprak redoks potansiyeli, su birikmesi ile genellikle azalma göstermektedir. Bu sadece oksijen seviyesinin bir göstergesi değildir. Çünkü oksijen için rekabet artmakta ve farklı besin elementlerinin varlığını ve miktarını etkilemektedir. Fakat toprak redoks potansiyelindeki değişiklikler, Fe ve Mn gibi organik maddelerin varlığını da etkilemektedir. Hem kardeşlenme hem sapa kalkma döneminde meydana gelen su taşkını koşulları, toprağın Fe ve Mn içeriğini önemli bir şekilde artırmaktadır (Yavaş ve Ünay, 2012). Topraktaki azalma katyonların ve fosforun serbest kalmasını teşvik etmektedir. Ayrıca etanol, laktik asit, asetaldehit, asetik asit ve formik asit üretimini de artırmaktadır.

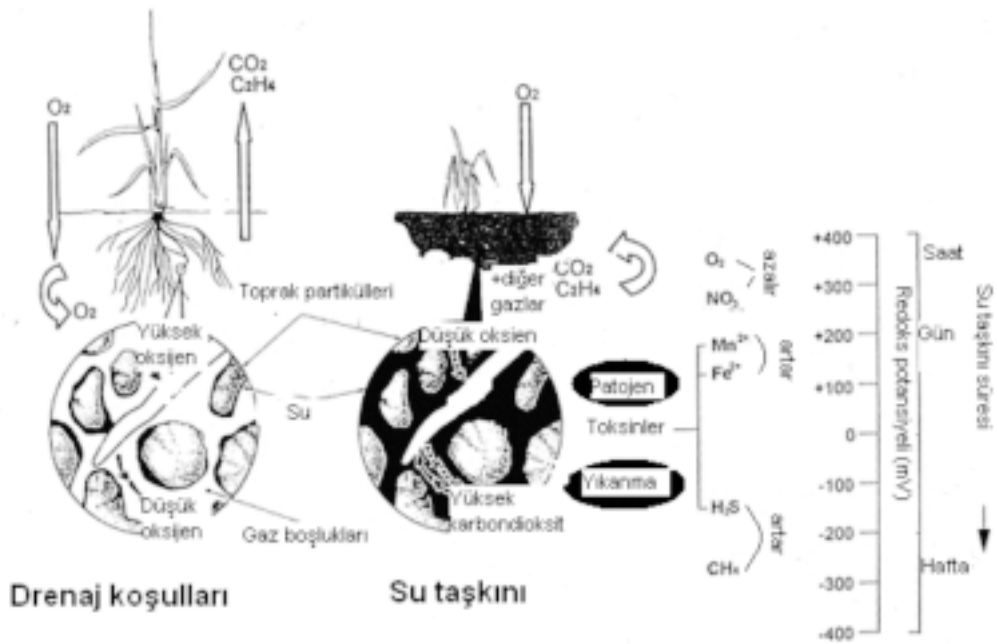
Diğer bir toprak kimyasal özelliği de, topraktaki su birikmesinden önemli bir şekilde etkilenen toprak pH'sıdır. Toprak pH'sı toprak redoks potansiyeli ile negatif ilişkilidir. Toprak pH'sı genellikle su birikmesine karşı artış eğilimindedir. pH'daki artış erken dönemde su birikmesi süresince karbonat ve bikarbonatın çözülmesi ile açıklanabilmektedir. Toprak pH'sı ayrıca organik maddeyi, mineralizasyonu, nitrifikasyonu ve ürenin hidrolizini etkilemektedir.

Hücrel metabolizma üzerinde sınırlı oksijenin etkisi, kök bölgesindeki oksijen miktarını dereceli olarak azaltmakta ve bitki metabolizması üzerinde değişen etkileri bulunmaktadır.

Su birikmesine maruz kalan topraklarda oksijensiz koşullar meydana gelmekte, kök çevresinde fermantasyon ürünlerinde artış gözlenmekte, CO₂ miktarı, metan ve uçucu yağ asitleri artmaktadır (Şekil 1).

Yüzeysel su birikintisi ve su göllenmesi ile her yıl yaklaşık olarak 400 mm'den fazla yağış alan bölgelerde bitki verimi önemli ölçüde azalmaktadır. Su birikmesi bitkiye erken dönemde (çimlenme, çıkış ve fide dönemi), sıcaklıkların arttığı ve bitki gelişiminin hızlı bir şekilde başladığı dönemde (tahıllarda sapa kalkma dönemi) önemli bir şekilde zarar vermektedir. Su birikmesi bitkide gelişimi yavaşlatmakta, tahıllarda kardeşlenmeyi ve baklagillerde ise nodül oluşumunu azalmaktadır (Şekil 2).

Su birikmesi bitkinin daha az su ve besin maddesi alması ile ilişkili olarak bitki köklerinin ölmesine neden olmaktadır. Yıkama ve denitrifikasyon bitkinin azot miktarını azaltmakta ve azot eksikliğine neden olmaktadır. Bu nedenle kış döneminde daha yaşlı olan yapraklarda sarılıklar meydana gelmekte ve azot eksiklikleri de bitkide var olan stresi artırmaktadır. Bu koşullar altında kök ve yaprak hastalıklarında da artış gözlenmektedir. Su birikmesi meydana gelen topraklarda bitki kök gelişimi sınırlanmakta ve yüzeysel kök gelişimi nedeniyle su birikmesi sonrası kuruyan topraklarda besin maddeleri alınmamaktadır. Toprağın tuz içermesi durumunda su birikmesi ile birlikte bitkilerin hızlı bir şekilde ölmesi söz konusudur. Birçok durumda, drenaj su birikmesi ve yüzeysel su göllenmesinin ortadan kaldırılması için en iyi yol olarak gözlenmektedir (Parent ve ark., 2008).



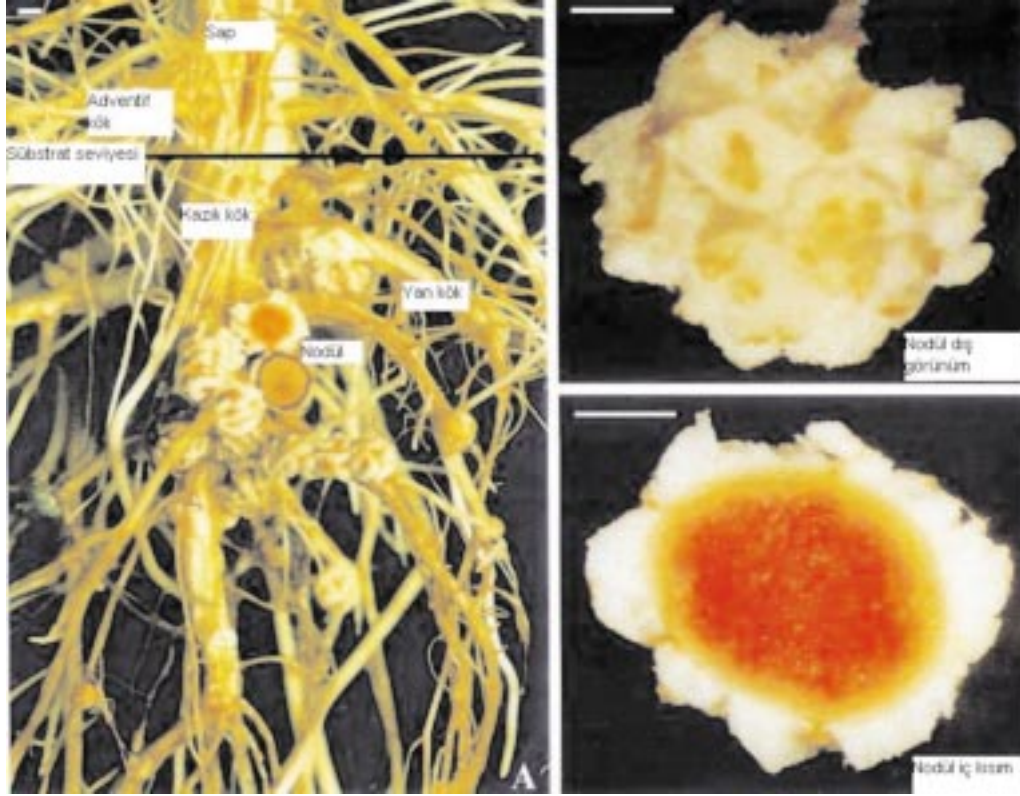
Şekil 1. Su birikmesinin toprak üzerindeki etkisi (Jackson, 2004'ten değiştirilerek)

Su Birikmesine Metabolik ve Fizyolojik Adaptasyon

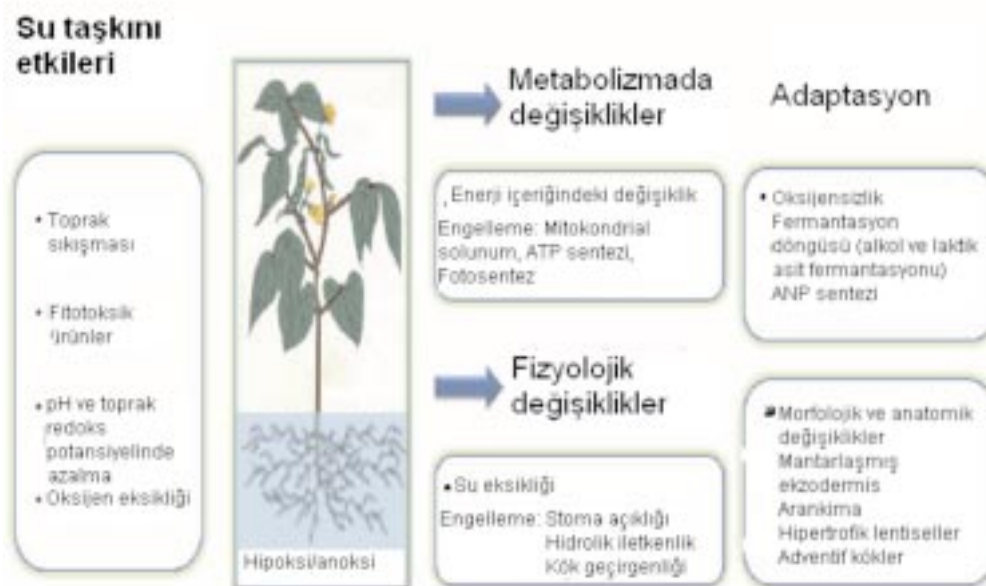
Toprağın su birikmesine doğrudan tepkisi hipoksi periyodudur. Oksijen seviyesindeki önemli azalışlar anoksi koşullara yol açmaktadır. Hücresel O₂ eksikliği hipoksi olarak tanımlanmakta ve O₂ miktarı

solunumu ve elektron akışını azaltarak, ATP üretimini de düşürmektedir. Böylelikle bitkiler oksijenli solunumdan oksijensiz solunuma geçmektedir. Anoksi koşullarında ise solunum tamamen engellenmektedir (Şekil 3).

Topraktaki su birikmesine bitkinin en erken



Şekil 2. V6-7 döneminde 21 günlük su birikmesine maruz bırakılan soyada kök (Thomas ve ark. (2005)'ten değiştirilerek).



Şekil 3. Su birikmesi boyunca rizosferde meydana gelen fiziksel-kimyasal olaylar ve bitkide meydana gelen değişimler (Parent ve ark. 2008'den değiştirilerek).

fizyolojik tepkisi, stomatal iletkenlikteki azalmadır. Toprakta su birikmesi sadece stomatal dayanıklılığı arttırmamakta ayrıca su alımını da sınırlamaktadır. Bu durum su eksikliğine neden olmaktadır.

Oksijen eksikliği genellikle su birikmesine hassas bitkilerde fotosentezin hızlı bir şekilde azalmasına yol açmaktadır. Diğer faktörler, örneğin yaprak klorofil içeriğinde azalma erken yaprak yaşlılıkları ve yaprak alanındaki azalma daha sonraki dönemlerde fotosentezin engellenmesine neden olmaktadır.

Düşük O₂ ayrıca hidrolik iletkenliği ve kök geçirgenliğinde azalmaya neden olmaktadır. Stres koşullarının uzaması, mezofilde fotosentez aktivitesini engellemekte ayrıca fotosentez ürünlerinin taşınmasında ve metabolik aktivitede azalmaya neden olmaktadır.

Bitki büyümesi ve gelişmesinde fotosentezde azalma sonucu, suyun taşınmasının engellenmesi ve hormon dengesindeki değişiklikler gibi fizyolojik işlev bozuklukları sonucu bitki metabolik aktivitesini koruyabilmek için karbonhidrat kaynaklarını kullanmaktadır. Çünkü başlangıçtaki karbonhidrat miktarı, birçok türde hipoksi/anoksi koşullara tolerans seviyesi ile ilişkilidir. Glikolitik döngü boyunca şekerleri kullanma kapasitesinin artması, çeltik fidelerine su birikmesi süresince daha uzun süre hayatta kalmayı sağlamaktadır. Oksijensiz koşullar altında hücrede fotosentez ürünlerinin varlığı, su birikmesi koşulları altında hayatta kalmak için sınırlı adımlardan biridir. Su birikmesi meydana gelen topraklar, yapraklardan köklere fotosentez ürünlerinin taşınmasını azaltma eğilimindedir. Sonuç olarak, fotosentezin devamlılığı ve köklerde çözünebilir

şekerlerin birikimi, su birikmesine önemli bir adaptasyon göstergesidir (Parent ve ark., 2008).

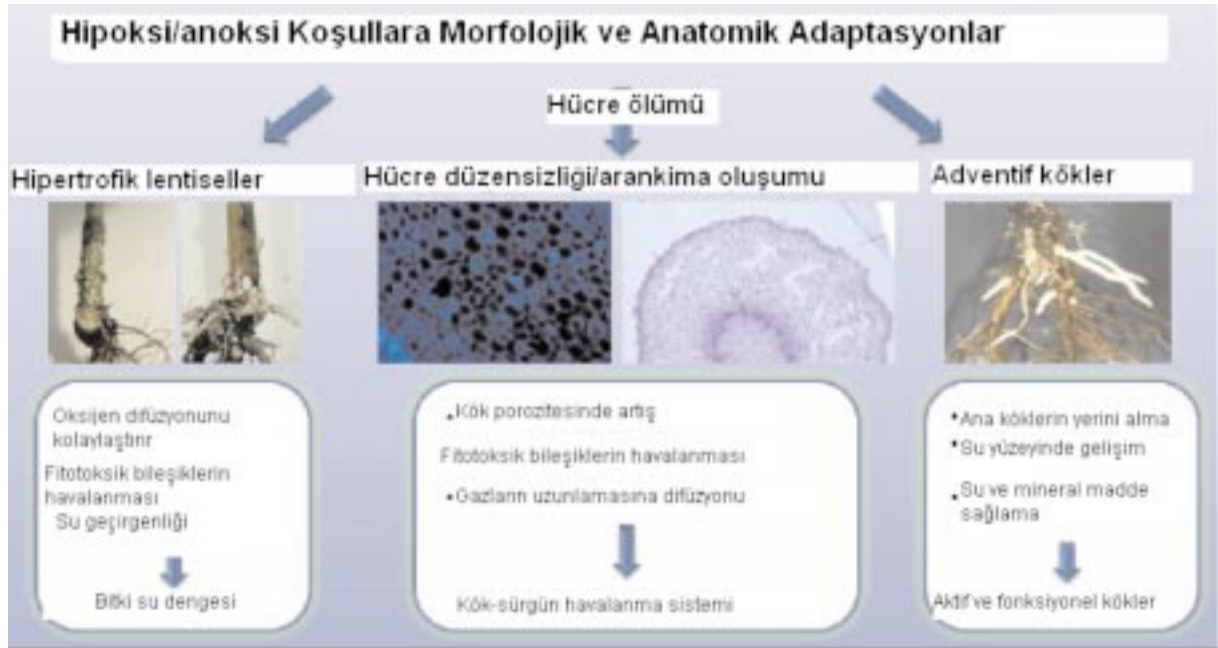
Su Birikmesine Morfolojik ve Anatomik Adaptasyon

Hipertrofik lentiseller, su birikmesi durumunda birçok ağaçsı türlerde meydana gelen yaygın anatomik bir değişikliktir. Oksin ve etilen üretimi ile ilişkilidir. Su birikmesine diğer önemli bir morfolojik adaptasyon ise adventif köklerin gelişimidir (Şekil 4). Bunlar fonksiyonel olarak ana köklerin yerini almıştır. Bu özelleşmiş köklerin oluşma nedeni, ana kökün sürgünlere gerekli olan su ve mineralleri sağlama yeteneğinde olmamasıdır. Su taşkınları nedeniyle meydana gelen oksijen eksikliği sürgün ve kök büyümesini de engellemekte, kuru madde birikimini azaltmakta ve tüm bunların sonucu verim azalmaktadır (Ünlü, 2005). Adventif köklerin oluşması, artan su birikmesine tolerans, adventif köklerin gelişimi ise etilen üretimi ile yakından ilişkilidir.

Su birikmesine bitkinin en önemli tepkilerinden birisi kök korteks bölgesinde arankima oluşumudur (Şekil 4).

Arankima, sadece bitki organları arasında gaz difüzyonunu sağlamakla kalmayıp ayrıca oksijen miktarını da korumaktadır. Bunun yanında arankima CO₂, etilen ve diğer zararlı uçucu ürünlerin kaybolmasını kolaylaştırmaktadır. Arankima oluşumu su birikmesine toleransın geliştirilmesinde önemli bir oluşumdur. Düşük oksijene bitkinin toleransı türler arasında değişiklik göstermektedir.

Arankima gelişimi, su birikmesine hem toleranslı hem de duyarlı olan çeşitlerde



Şekil 4. Su birikmesine bitkinin morfolojik ve anatomik adaptasyonu (Parent ve ark., 2008'den değiştirilerek).

gözlenebilmektedir. Mantarlaşmış ekzodermisin gelişimi, mısırdaki arankimanın gelişimi ile ilişkilidir. Bu durum kökte radyal oksijen kayıplarının azalmasına neden olmaktadır (Parent ve ark., 2008).

SONUÇ

Dünyada tarım alanlarının büyük bir kısmı su birikmesi stresinden zarar görmektedir. Bu nedenle su birikmesi stresine karşı bitkiler farklı dayanıklılık mekanizmaları göstermektedir. Bunlar arasında aşırı duyarlılık tepkimesi, aktif oksijen türlerinin üretilmesi, fitoaleksinlerin sentezlenmesi, bitki hücre duvarında yapısal değişiklikler, lignin, fenolik bileşikler ve proteinlerin birikimi, arankima ve adventif kök oluşumu yer almaktadır. Bu nedenle su birikmesi meydana gelen tarım alanlarında drenaj ile fazla suyu uzaklaştırarak, su birikmesini, yabancı otları, besin eksikliğini ve hastalıkları minimum seviyeye indirmek mümkündür. Ayrıca su birikmesine karşı dayanıklılık gösteren çeşitler seçilerek üretim yapılması gerekmektedir. Erken ekim ve geçici çeşitlerin seçilmesi su birikmesi zararlarından bitkilerin korunmasına da yardımcı olacaktır. Bitkiler su birikmesine maruz kalmadan önce, yüksek oranda N içeriği uygulanması yıkanma veya denitrifikasyon yolu ile kayıpları da azaltacaktır.

KAYNAKLAR

- FAO. 2002. Agriculture. Available online at:<http://www.fao.org/waicent/FAOINFO/AGRICULT/ag1/ag11/gaez/nav.html> (Accessed March 18, 2009)
- Jackson, M.B. 2004. The Impact of Flooding Stress on Plants and Crops. [Http://www.plantstress.com/Articles/waterlogging_i/waterlog_i.htm](http://www.plantstress.com/Articles/waterlogging_i/waterlog_i.htm).
- Liao, C., C. Lin. 2001. Physiological Adaptation of Crop Plants to Flooding Stress. Proc. Natl.Sci.Counc. 25(3):148-157.
- Parent, C., N. Capelli, A. Berger, M. Crevecoeur, J.F. Dat. 2008. An Overview of Plant Responses to soil Waterlogging. Plant Stress. 2(1):20-27.
- Setter, T.L., I. Waters, S.K. Sharma, K.N. Singh, N. Kulshreshtha, N.P.S. Yaduvanshi, P.C. Ram, B.N. Singh, J. Rane, G. McDonald, H. Khabaz-Saberi, T.B. Biddulph, R. Wilson, I. Barclay, R. McLean, M. Cakir. 2009. Review of wheat improvement for waterlogging tolerance in Australia and India: The importance of anaerobiosis and element toxicities associated with different soils. Ann.Bot. 103:221-235.
- Thomas, A.L., S.M.C. Guereiro, L. Sodek. 2005. Aerenchyma Formation and Recovery from Hypoxia of the Flooded Root System of Nodulated Soybean. Annals of Botany. 96(7):1191-1198.
- Ünlü, A.İ. 2005. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin su baskımına tolerans derecelerinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üni. Fen Bilimleri Ens. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 67 s. Hatay.
- Yavaş, I., A. Unay, Aydın, M. 2012. The Waterlogging Tolerance of Wheat Varieties in Western of Turkey. The Scientific World Journal (In Press).

Sorumlu yazar:

İlkay YAVAŞ

iyavas@adu.edu.tr

Geliş Tarihi : 20.09.2011

Kabul Tarihi : 20.12.2011

Copyright of Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty is the property of Adnan Menderes University and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.