



The effect of magnetic field application on chemical composition in *Fagus orientalis* Lipsky. seed

Nezahat TURFAN^{*1}, Esra Nurten YER², Sezgin AYAN², Burcu HASDEMİR³, Aybaba HANÇERLİOĞULLARI⁴

¹ Kastamonu Univ. Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Kastamonu, Turkey

² Kastamonu University Faculty of Forestry, Department of Forestry, Kastamonu, Turkey

³ Kastamonu University Institute of Sciences Forest Engineering, Kastamonu, Turkey

⁴ Kastamonu Univ. Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, Kastamonu, Turkey

Abstract

Previous studies have shown that magnetic field (MF) can affect the germination process in some seeds of agricultural crops and influence on some seed characteristics. Therefore, in the present study, the effects of MF applications on the seed of *Fagus orientalis* were investigated. The unstratified seed were exposed to different treatment periods as 20, 60 and 120 min. and varied MF intensities as 200 and 400 mT. Accordingly, total protein, glucose, fructose, sucrose, starch content and α -amylase activity level, in the seeds were investigated. MF applications had affected total protein, α -amilaz activity level, glucose, fructose, sucrose, and starch contents at significant levels. MF had negative effects on soluble protein content and α -amylase activity level in the seeds. Soluble starch content increased as the MF treatment progressed, except the treatment of 200 mT at 20 min. as well control treatment.

Key words: magnetic field, germination, Oriental beech, seed, stress factors

----- * -----

Magnetik alan uygulamalarının doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) tohumunun kimyasal içeriğine etkisi

Özet

Önceki çalışmalar magnetik alanın, bazı tarımsal ürün tohumlarının çimlenme sürecini etkileyebileceğini ve bazı tohum karakterleri üzerine etkileri olduğunu göstermiştir. Bu sebeple bu çalışmada; magnetik alan uygulamalarının doğu kayını tohumları üzerine etkileri araştırılmıştır. Katlama ön işlemine tabi tutulmayan tohumlar; farklı sürelerde (20, 60, 120 dakika) ve 200 ile 400 mT yoğunluktaki magnetik alan uygulamasına maruz bırakılmıştır. Magnetik alan uygulamasına maruz bırakılan tohumlarda; toplam protein, glukoz, fruktoz, sukroz, nişasta içeriği ve α -amilaz aktivite seviyesi analiz edilmiştir. Magnetik alan uygulamaları, toplam protein, α -amilaz aktivite seviyesi, glukoz, fruktoz, sukroz ve nişasta içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir. Magnetik alan uygulaması, tohumdaki çözünebilir protein içeriği ve α -amilaz aktivite seviyesini negatif etkilemiştir. 200 mT yoğunluk ve 20 dakika süreli magnetik alan uygulaması hariç, diğer magnetik alan işlemlerinde çözünebilir nişasta içeriği artmıştır.

Anahtar kelimeler: magnetik alan, çimlenme fizyolojisi, Doğu kayını, tohum, stres faktörleri

1. Giriş

Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) 1,7 milyon ha yayılış alanı ile Türkiye ormanlarında en geniş yayılışa sahip dördüncü türdür (Anonim, 2006). Doğu kayınının dikey yayılışı Balkan'larda 10-800 m'ler arasındadır. Türkiye'de ise, Karadeniz Bölgesi'nin vadi içlerinde 1500-1700 m'ye ve Ege Bölgesi dağlarında ise 2000 m'ye kadar çıkmaktadır. Doğu kayını; Türkiye'deki geniş yayılış alanı ile hem ekolojik ve silvikültür açıdan önemli yer tutmakta, hem de ağaç servetinin yıllık etası ile ekonomiye önemli katkı sağlamaktadır. Ayrıca, Doğu kayını, Milli Ağaç Islahı Programı'na dahil olan geniş yapraklı tek ağaç türüdür (Saatçioğlu, 1969; Atay, 1987; Atalay, 1992).

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +903662801933; Fax.: +903662154969; E-mail: nturfan@kastamonu.edu.tr

Manyetik alan (MA), bir abiyotik çevre faktörü olarak, bitki tohumlarının dormasisinin kırılmasında, çimlenmesinde, bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olan etkileri ve bu etkilerin uygulamada kullanılabilmesi üzerine yürütülen çalışmalar, uzun zamandan beri yapılmaktadır (Garcia ve Arze, 2001; Eşitken, 2006; De Souza vd., 2006; Pintilie vd., 2006; Agustrina vd., 2012).

Değişik bitki türü ve çeşitleri ile yapılan çalışmalarda, MA uygulamalarının, bitkilerde çiçek sayısı, verimi (Matsuda vd., 1993; Danilov vd., 1994; Samy, 1998), çimlenme yüzdesi ve hızına (Amaya vd., 1996; Namba, 1996; Namba vd., 1998; Torres vd., 1999; Novitsky vd., 2001; Aladjadjiyan and Teodora, 2003; Podlesny vd., 2005; Criveanu ve Taralunga, 2006; Vashist ve Nagarajan, 2010; Pourakbar ve Hatami, 2012), topraktan mineral maddelerin alınmasına ve taşınmasına, fide büyüme hızına (Florez vd., 2007; Vashisth ve Nagarajan, 2010; Agustrina vd., 2012), α -amilaz aktivitesi dahil olmak üzere diğer proteolitik ve hidrolitik enzimlerin aktivitelerine (Pintilie vd., 2006; Atak vd., 2007; Pourakbar, 2013), klorofil içeriğine (Novitsky vd., 2001; Atak vd., 2007) ve genç bitkilerde parankimatik hücrelerin, iletim demetlerinin ve stoma hücrelerinin boyutlarını olumlu yönde etki sağladığı rapor edilmiştir (Agustrina vd., 2012). Ayrıca, yapılan çalışmalarda; MA uygulamalarının, çimlenme kapasitesi, süresi ve oranı, fide gelişimi, protein sentezi, enzim aktivitesi, nükleik asit içeriği, solunum hızı, fotokimyasal aktivite gibi fizyolojik ve kimyasal işlevler, taze ve kuru ağırlık, kök ve gövde boyu, bitkinin meyve verimi ve ortalama meyve ağırlığı gibi morfolojik özelliklerini de olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir (Lebedev vd., 1975; Namba vd., 1995; Phirke vd., 1996; Levin ve Ernst, 1997; Aladjadjiyan and Teodora, 2003; Stange vd., 2002; Eşitken, 2002; Rochalska ve Orzeszko 2005; De Souza vd., 2006; Pourakbar, 2013).

MA uygulamalarının bitki büyüme ve gelişmesi üzerine etkili olmadığı (Magnusson, 1984) ya da olumsuz yönde etki ettiği de ifade edilmektedir (Dunlop ve Schmidt, 1965). Bu nedenle, MA uyarımının doğasına ilişkin araştırmaların yürütülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkilerin MA'ya cevapları MA'ın sıklığına, maruz kalma süresine, tohum hazırlama yöntemlerine, türe ve tohumların özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir (Dhawi vd., 2009).

Tohum kalitesi, plantasyon ormancılığının başarısı için hayati öneme sahiptir. Tohumun kimyasal içeriği ise en önemli kalite markörüdür (Güney vd., 2013). Tohumun kimyasal içeriğini oluşturan bileşikler, fotosentez ve onun uzantısı olan biyosentez tepkimelerinde üretilmektedir. Yaprak gibi ömenli kaynaklarda sentezlenen şekerlerin bir kısmı floem aracılığıyla sentezlendikleri yerler olan ve havuz olarak nitelendirilen köklere, gelişmekte olan yapraklara, meyvelere, tohuma, rizom ve soğan gibi depo organlara taşınırlar. Sentez ürünlerin kalan kısmı da solunum reaksiyonlarında parçalanarak ATP üretimi, büyüme ve gelişmede kullanılacak karbon iskeletleri, aminoasitler, nükleotidler, porfirin pigmentleri, lipitler, steroller, karotenoitler, antosiyaninler, alkaloidler, hormonlar ve çeşitli aromatik bileşiklerin öncülerini oluştururlar (Plaxton, 1996; Dennis ve Blakeley, 2000).

Tohumun kimyasal içeriği, tohumda biriken depo maddelerine ve bunların miktarlarına bağlıdır. Bu yönüyle orman ağaçlarının tohum depo maddelerinin kimyasal içeriği üzerine MA uygulamalarının etkileri ve özellikle de α -amilaz enzim aktivitesi değişimi gibi konular yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada fizyolojik derin dormansi gösteren Doğu kayını tohumlarına (Yılmaz, 2005; Gezer ve Yücedağ, 2006; Rezaei vd., 2011; Ertekin vd., 2015) yapılan farklı MA uygulamalarının tohumun kimyasal içeriğine (protein, nişasta, çözünebilir şeker vb.) ve α -amilaz aktivitesine olan etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

orientalis Lipsky) tohumları kullanılmıştır. Tohumlar herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan 200 ve 400 mT olmak üzere farklı MA şiddetine 20, 60 ve 120 dk süreyle maruz bırakılmıştır. Kontrol ve uygulama grubuna ait tohumlarda protein, nişasta, glukoz, fruktoz ve sukroz içeriği belirlenmiş ve α -amilaz enzim aktivitesi ölçülmüştür.

2.1. Tohumların çözünebilir protein içeriğinin belirlenmesi

Tohumların çözünebilir protein içeriği Bradford (1976) yöntemine göre biraz değiştirilerek belirlenmiştir. Yaklaşık 0,5 gr tohum 5 mL 50 mM KH_2PO_4 (pH 7) tamponu ile özütlenmiştir. Eppendorf tüplerinde +4°C'de 15,000 rpm'de 20 dakika süreyle santrifüjlenen örneklerden 10 μL alınarak üzerine 2,5 mL Coomassie Brilliant Blue G-250 (CBB) ilave edilmiştir. Bu haldeki örnekler 10 dakika inkübe edildikten sonra UV-vis spektrofotometrede 595 nm'de BSA ile hazırlanan standart grafik yardımıyla absorbanları ölçülmüş ve tohum protein içeriği mg/g taze ağırlık (TA) belirlenmiştir.

2.2. Tohumların glukoz, fruktoz, sukroz ve nişasta içeriğinin belirlenmesi

Glukoz, fruktoz ve sukroz miktarının belirlenmesi anthron ayracı kullanılarak Pearson vd. (1976) yöntemine göre yapılmıştır. 1 g örnek 50 ml %80'lik etanolde, +4 °C'de 24 saat inkübe edilmiş ve süzülümüştür. Süzüntü glikoz tayini için ayrılırken, kalan posa +4 °C'de 24 saat 50 ml saf suda inkübe edilmiş ve tekrar süzülümüştür. Bu süzüntü de fruktoz tayini için kullanılırken kalan posa +4 °C'de 24 saat 15 ml perklorik asit ile inkübe edilerek süzülümüştür ve elde edilen son süzüntü de sakkaroz tayini için kullanılmıştır. Süzüntülerin evaporasyonda (60°C su banyosunda) etanolü uçurulmuştur. 2 ml örnek üzerine 4 ml anthron ayracı eklenerek 10 dk sıcak suda bekletilmiş ve oda sıcaklığına

soğutmuştur. Spektrofotometrede glikoz ve früktoz örneğinin 630, sakkaroz örneğinin ise 620 nm’de absorbansları kaydedilmiştir. Glikoz standartlarından elde edilen eğriden glikoz ve toplam nişasta miktarı, früktoz standart eğrisinden früktoz ve sakkaroz standart eğrisinden de sakkaroz miktarı belirlenmiştir (mg/g doku). Nişasta miktarı (toplam karbohidrat), glikoz standart eğrisinden elde edilen denklemden toplam karbohidrat miktarları belirlenmiştir.

2.3. α -Amilaz enzim aktivitesinin belirlenmesi

α -amilaz enzim aktivitesi mg protein başına hidrolizlenen nişasta miktarı olarak, BSA’nın standart olarak kullanıldığı Bradford (1976) yöntemine göre hesaplanmıştır.

2.4. İstatistiki analiz

Denemeler, üç tekrarlı yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki analizleri, SPSS for Windows 20.0 Evaluation Version istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve uygulama grupları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile analiz edilmiştir. Varyans analizi sonrası $P<0,05$ önemlilik değerinde farklılıkları belirlemek için Tukey çoklu testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

Ön işleme tabi tutulmamış Doğu kayını tohumlarına uygulanan farklı süre ve şiddetlerdeki MA uygulamasının, tohumlardaki toplam protein içeriği, α -amilaz aktivitesi, glukoz, fruktoz, sukroz ve nişasta içeriğine etkilerine ilişkin veriler Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’e göre; MA uygulamalarının toplam protein içeriği, α -amilaz aktivitesi, glukoz, fruktoz, sukroz ve nişasta içeriklerine etkileri, MA’nın şiddeti ve süresine bağlı olarak istatistiki olarak ($P<0.05$) farklılık göstermiştir.

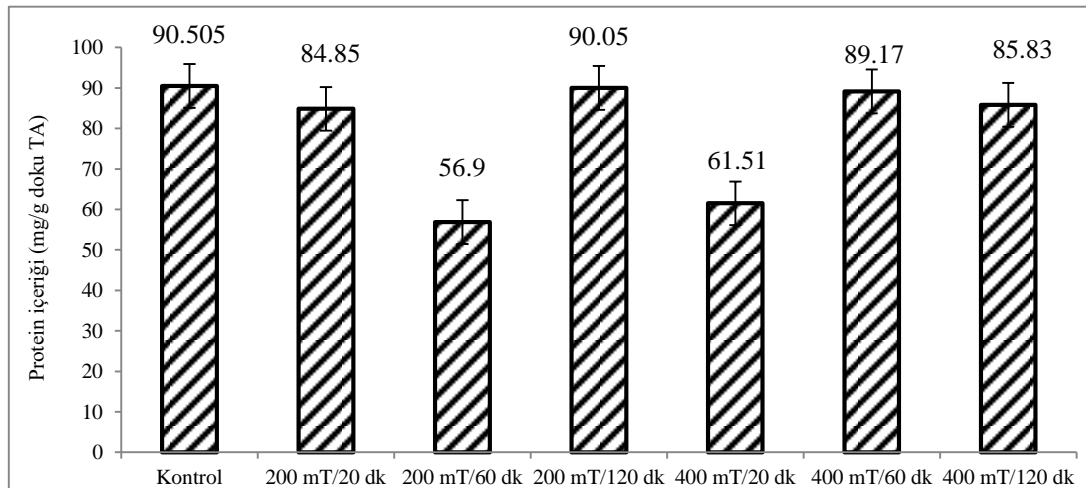
Tablo 1. MA’nın farklı uygulama süresi ve şiddetinin tohumun çözünebilir şeker ve nişasta içeriği ile α -amilaz aktivitesine olan etkisi¹

Şiddet (mT)	Süre (dk)	Protein*	Glukoz**	Fruktoz**	Sukroz**	Nişasta***	α -Amilaz****
Kontrol		90.505±0.027 ^e	30.58±0.24 ^c	7.65±0.0605 ^c	37.4±0.003 ^d	91.16±0.0004 ^b	21.7±0.007 ^e
200	20	84.85±0.0405 ^c	-185.2±0.503 ^a	-46.3±0.19 ^a	38.13±0.0034 ^f	-550.05±0.002 ^a	7.57±0.0053 ^c
	60	56.9±0.0405 ^a	54.31±0.43 ^d	13.58±0.11 ^d	37.26±0.002 ^c	159.84±0.0011 ^d	5.63±0.007 ^a
	120	90.05±0.027 ^f	230.44±0.19 ^f	57.61±0.046 ^f	37.06±0.003 ^b	688.04±0.002 ^f	9.56±0.00405 ^f
400	20	61.52±0.027 ^b	249.8±0.37 ^e	62.44±0.092 ^e	38.36±0.0055 ^e	746.72±0.005 ^e	7.15±0.007 ^c
	60	89.18±0.027 ^e	-43.7±0.37 ^b	-10.93±0.092 ^b	30.93±0.004 ^a	132.37±0.001 ^c	7.48±0.027 ^d
	120	85.83±0.027 ^d	58.43±0.32 ^e	14.61±0.08 ^e	37.9±0.005 ^c	173.57±0.002 ^e	7±0.0015 ^b

¹İstatistiksel olarak $p<0.05$ güven düzeyi ile anlamlı farklılık vardır (Tukey Testi); *mg/g TA; ** μ g/g TA; *** μ g/g TA; **** EU/mg Protein

3.1. Çözünebilir protein içeriği değişimleri

Tohumların toplam çözünebilir protein içeriği MA’nın artan süre ve şiddetine bağlı olarak kontrole kıyasla istatistiki olarak belirgin bir azalma göstermiştir. Kontrole kıyasla en düşük protein içeriği değeri MA uygulamalarının 200 mT 60 dk (%37,14) ve 400 mT 20 dk (%32) dozlarında belirlenmiştir ($P<0.05$) (Tablo 1, Şekil 1).



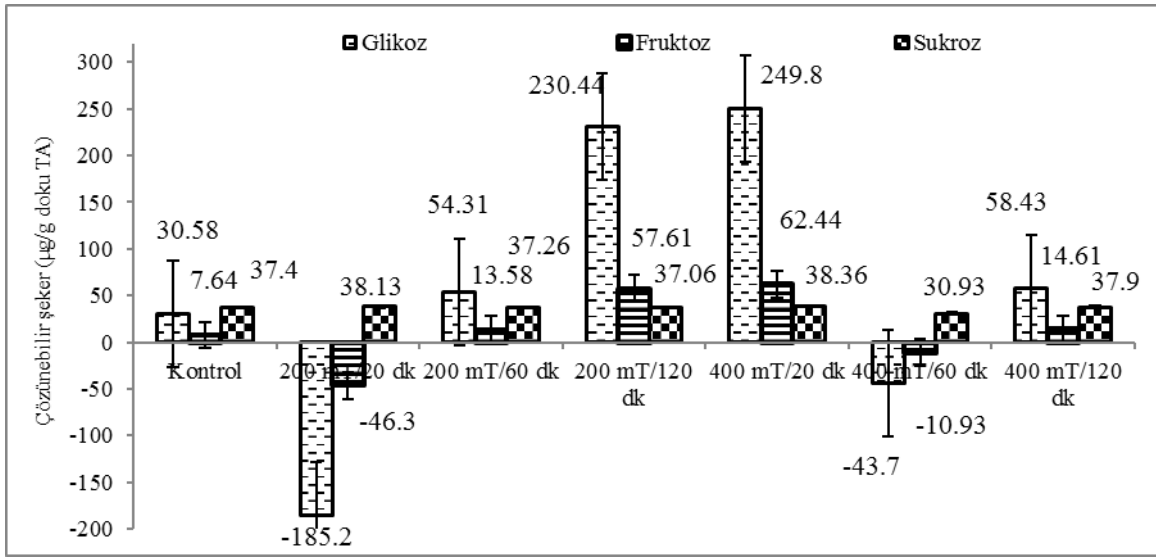
Şekil 1. Farklı süre ve şiddetlerdeki MA uygulamasının tohum toplam çözünebilir protein içeriğine etkisi

3.2. Çözünabilir şeker içeriği (glukoz, fruktoz ve sukroz) değişimleri

Tohumların glukoz içeriği 200 mT'de 20 dk ve 400 mT'de 60 dk MA uygulamalarında negatif olarak belirlenmiştir. Kontrole kıyasla en yüksek glukoz içeriği 400 mT'de 20 dk (8,17 kat) ve 200 mT'de 120 dk (7,54 kat) süreyle olan MA uygulamalarında bulunmuştur (Tablo 1, Şekil 2, $P<0.05$).

Tohumların fruktoz içeriğindeki değişim glukoz değerleriyle benzerlik göstermiştir. 200 mT'de 20 dk ve 400 mT'de 60 dk MA uygulamalarında fruktoz içeriği negatif olarak belirlenmiştir. Kontrole kıyasla en yüksek fruktoz içeriği 400 mT'de 20 dk (8,17 kat) ve 200 mT'de 120 dk (7,54 kat) MA uygulamalarında kaydedilmiştir (Çizelge 1, Şekil 2, $P<0.05$).

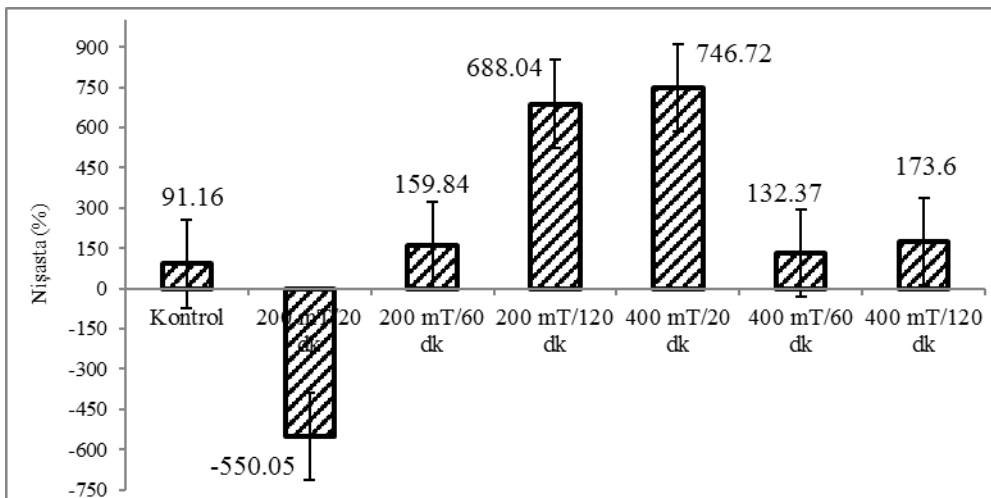
Tohumların sukroz içeriği, MA uygulamalarından istatistiki olarak önemli olmakla birlikte, glukoz ve fruktoz içeriklerinde olduğu gibi yüksek değişimler saptanmamıştır. Kontrole kıyasla en düşük sukroz içeriği ve 400 mT'de 60 dk (%17,3) süreyle olan MA uygulamasında, en yüksek sukroz içeriği ise 400 mT'de 20 dk süreyle olan MA uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 1, Şekil 2).



Şekil 2. Farklı süre ve şiddetlerdeki MA alan uygulamasının çözünabilir şeker içeriğine etkisi

3.3. Toplam çözünabilir nişasta içeriği değişimleri

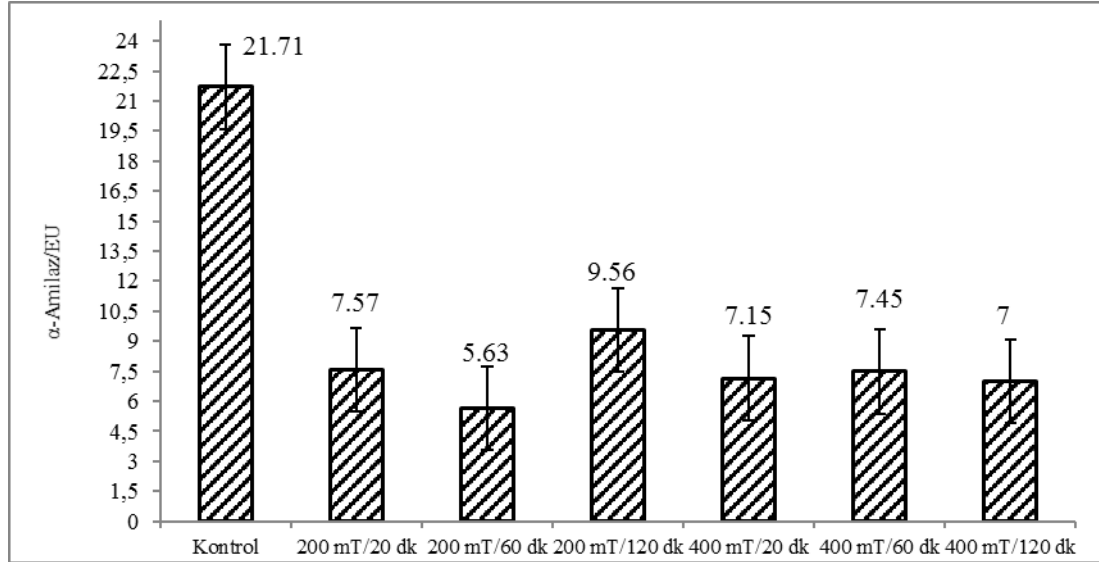
Nişasta (%) içeriği, 200 mT'de 20 dk MA uygulaması hariç, diğer uygulama gruplarında kontrole kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Kontrole kıyasla en yüksek nişasta içeriği 400 mT'de 20 dk (8,2 kat), 200 mT'de 120 dk (7,55 kat), 400 mT'de 120 dk (%90,41), 200 mT'de 60 dk (%75,35) ve 400 mT'de 60 dk (%45,21) süreyle olan MA uygulamalarında belirlenirken, en düşük nişasta içeriği ise 200 mT'de 20 dk (6 kat) süreyle olan MA uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 1, Şekil 3, $p<0.05$).



Şekil 3. Farklı süre ve şiddetlerdeki MA alan uygulamasının toplam nişasta içeriğine etkisi

3.4. Tohumların α -Amilaz enzim aktivitesi değişimleri

Tohumların toplam α -amilaz (EU/mg Protein) enzim aktivitesi tüm uygulama gruplarında kontrole kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. MA uygulamaları kontrole kıyasla α -amilaz aktivitesini sırasıyla 200 mT'de 60 dk uygulamasında 3,86 kat, 400 mT'de 120 dk uygulamasında 3,1 kat, 20 dk'da 3 kat ve 60 dk'da 3,1 kat, 200 mT'de 20 dk uygulamasında 2,87 kat ve 120 dk'da 2,27 kat azaltmıştır (Tablo 1, Şekil 4, $P<0.05$). Mevcut analizler doğrultusunda 400 mT MA uygulamaları genel olarak tohumların enzim aktivitesini daha çok düşürdüğü söylenebilir.



Şekil 4. Farklı süre ve şiddetlerdeki MA uygulamalarının α -amilaz enzim aktivitesine üzerine etkisi.

4. Sonuçlar ve tartışma

Farklı süre ve şiddetlerde manyetik alan uygulamasının; Doğu kayını tohumlarının α -amilaz enzimi aktivitesi, toplam çözünür protein miktarı, nişasta, sukroz, fruktoz ve glukoz içeriği üzerine etkileri araştırıldığı bu çalışmada; MA uygulamalarının Doğu kayını tohumlarının kimyasal içeriği üzerine genel olarak olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir. Protein içeriğine göre, 200 mT'de 60 dk ve 400 mT'de 120 dk MA uygulamaları α -amilaz aktivitesi ve nişasta içeriğine göre tüm tüm uygulamalarda, glukoz ve fruktoz değerlerine göre, 200 mT'de 20 dk ve 400 mT'de 60 dk MA uygulamaları, sukroz değerlerine göre, 400 mT'de 60 dk ve tüm veriler esas alındığında ise 200 mT'de 60 dk ve 400 mT'de 60 dk MA uygulamaları, Doğu kayını tohumlarının kimyasal içeriği ve enzim aktivitesini en çok etkileyen uygulamalar olduğu belirlenmiştir.

Endosperm ve kotelidonların nişasta, lipit ve protein içeriği çimlenme, dormansi, embriyonun büyümesi ve gelişmesi gibi fizyolojik olayları kontrol eder. Bu bileşiklerin tohumda bulunma oranı, bitkinin genetik yapısı, bitkinin yaşı, iklim, yükselti, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, floemin metabolitleri taşıma kapasitesi ve hızı, tohumun gelişme safhası ve metabolitler için rekabet gücü gibi etmenlere bağlı olarak değişmektedir (Zimmermann, 1975; Dornbos ve Mullen, 1992; Prasad vd., 2000; 2002; Minchin ve Lacoite, 2005; Porch, 2006; Garcia vd., 2006; Hammond ve White, 2008; Güney vd., 2013). Bitkilerde büyüme ve gelişmenin, fotosentez ve solunum metabolizmasının dengesine bağlı olarak gerçekleştii bilinmektedir (Roper vd., 1988). Aktif büyümenin baskın olduğu erken safhada katabolizma hızlı olduğu, gelişmenin ilerlediği olgunlaşma fazında ise katabolizma ve anabolizmanın dengelendiği fakat, gelişmenin tamamen tamamlandığı ve yaşlanmanın başladığı evrede ise katabolizmanın düştüğü, anabolizmanın ise arttığı bildirilmiştir (Komrnink ve Kruger, 1984; Krugger, 1997; Hamilton vd., 2001; Hammond ve White, 2008). Bilindiği gibi çimlenme, bitki büyüme ve gelişim safhasının birinci basamağını oluşturmaktadır. Bu safhada tohumda bulunan organik bileşiklerin solunum reaksiyonları ile yıkıma uğramasıyla oluşan ATP ve metabolitler embriyonun büyüme ve gelişmesinde, azot, kükürt, karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Nitekim birçok araştırmacı çimlenmenin erken safhalarında solunum hızının yükseldiğini ve buna bağlı olarak da hücrelerde glikoz ve fruktoz miktarında artış olduğunu bildirmişlerdir (Bewley and Black, 1994; Bewley, 1997; Subbarao vd., 1988; Ficher, 1989; Holdsworth vd., 1999; Debeaujon ve Koornneef, 2000; Guglielminetti vd., 2000; Kaneko vd., 2002).

Çalışmada; farklı süre ve şiddetlerde manyetik alan uygulanmış, katlama işlemine maruz bırakılmamış tohumların, toplam çözünebilir protein içeriği, tüm uygulama gruplarında kontrole kıyasla düşük bulunmuştur (Tablo 1, Şekil 1). Bu sonuçların, sadece MA uygulamalarından kaynaklanmadığı, olasılıkla kayın tohumlarının yağ içeriğinin protein miktarından daha fazla olmasından, soğuk şoku uygulamasının yapılmamasından ve MA'nın proteinlerin hidrolizinden sorumlu enzimlerin aktivasyonunu baskılamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen bu bulgular, Doğu kayını tohumunun kimyasal içeriğini ilgili yapılan diğer çalışmalar ile uygunluk

göstermektedir. Ayaz vd. (2011) Doğu kayın tohumlarının %45 yağ asidi, %22,5 protein, Yılmaz (2005) ise, %48,69 yağ ve %29,04 protein içerdiğini rapor etmişlerdir.

Glukoz, nişasta sentezinde ve hücre solunumun başlangıç tepkimelerinde rol oynayan bileşiktir (Plaxton, 1996; Zeaaman vd., 2007; Winter ve Huber, 2000). Glukoz, çimlenme üzerine etkisini ABA ile birlikte yürütmektedir (Dekkers vd., 2004; Gibson, 2005). Bununla birlikte tohum çimlenmesinde ABA ile glukoz, fruktoz, sukroz ve mannoz gibi şekerler arasındaki ilişki henüz netlik kazanmamıştır (Arenas-Huertero vd., 2000). Bu çalışmada, 200 mT 20 dk ve 400 mT 60 dk MA uygulamalarında glukoz değeri negatif bulunmuştur. Glukoz miktarına ilişkin elde ettiğimiz değerler yapılan farklı çalışmalar ile örtüşmektedir (To vd., 2002; Price vd., 2003; Rolland vd., 2006; Dekkers ve Smeekens, 2007). *Arbidopsis thaliana* tohumlarının doku kültürü ortamında çimlendirme çalışmalarında, yüksek derişimlerde (300 mM) glukoz uygulamasının tohumlarında ABA birikimine neden olduğu ve tohum çimlenmesini engellediği, aksine düşük derişimlerde (27,8 mM) glukoz uygulamalarının ABA sentezini uyardığı ve buna bağlı olarak da çimlenmeyi baskılamadığı belirlenmiştir. ABA'nın şekerle, lipit ve protein gibi tohum depo kaynaklarının birikimini ve metabolizmasını engellediğini de rapor edilmiştir (Jang ve Sheen, 1997; Garcarrubio vd., 1997; Finkelstein ve Lynch, 2000; To vd., 2002; Price vd., 2003; Rolland vd., 2006; Dekkers ve Smeekens, 2007). Jang vd. (1997) ise 110 mM'dan düşük derişimlerdeki glukoz miktarının çimlenmeyi etkilediğini ve hipokotil uzunluğu ile glukoz miktarı arasında negatif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Fruktoz, glukoz gibi nişasta sentezinde rol oynayan bir bileşiktir. Ayrıca, fotosentezde fikse edilen her bir karbonun kloroplastlarda nişastaya mı yoksa sitozolde sukroza mı dönüştürüleceği fruktoz tarafından kontrol edilmektedir. Eğer sitozolde fruktoz miktarı yüksek ise sukroz içeriği düşüktür (Huber, 1986; Schulz, 1994; Huber ve Huber, 1996; Barker vd., 2000; Nielsen vd., 2004; Minchin ve Lacomte, 2005; Stitt, 2007; Hammond ve White, 2008). Yürütülen bu çalışmada, fruktoz miktarı 200 mT'de 20 dk ve 400 mT'de 60 dk süreyle olan uygulamalarında negatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 400 mT'de 20 dk ve 200 mT'de 60 ve 120 dk olarak verilen MA uygulamalarında ise fruktoz içeriği kontrol ve diğer uygulamalara göre yüksek bulunmuştur (Çizelge 1, Şekil 3). Fruktoz miktarının yüksek olduğu uygulama gruplarında sukroz içeriğinin düşük, nişasta içeriğinin yüksek olması yukarıda adı geçen araştırmacıların (Hammond ve White 2008; Geigenberg vd., 2002; Huber ve Huber, 1996) çalışmalarıyla ile uygunluk göstermektedir.

Sukroz, glukoz ve fruktoz moleküllerinin kondenzasyonu (dehidrasyonu) ile sentezlenen, fotosentez, solunum, çimlenme olayları ve hücre içi ozmotik basıncın düzenlenmesinde rol oynayan önemli bir bileşiktir (Kimberly, 1998; Francisco Arenas-Huertero, 2000; Rita vd., 2005; Pintilie vd., 2006; Atak vd., 2007). Bu çalışmada; sukroz içeriği 200 mT'de 120 dk ve 400 mT'de 60 dk düşük, 200 mT'de 120 dk ve 400 mT'de 20 dk uygulamalarında yüksek derişimlerde bulunmuştur. Nişastanın içeriğinin düşük olduğu derişimlerde glukoz ve sukroz içeriği değerlerinin düşük, fruktoz içeriği değerlerinin ise yüksek olması ise, nişastanın enzimatik parçalanma sürecinin yavaş ilerlemesinde kaynaklanmış olabilir. Nişastanın parçalanmasından α -amilaz, lipitlerin yıkımından ise lipazlar sorumludur. Lipitlerin önce yağ asitlerine sonra da sukroza dönüşmesi farklı enzimlerle kontrol edilmektedir (Lin vd., 1983; Rahamatalla vd., 2001; To vd., 2002). Kayın tohumlarında yağların yıkımından sorumlu lipaz enziminin MA uygulamasından olumsuz etkilenmesi sukroz miktarının düşük olmasında katkısı olabilir. Ayrıca, 200 mT'de 20 dk MA uygulamasının tohum nişasta içeriği değerini diğer uygulama ve kontrol grubuna göre negatif göstermiştir. Bunun yanında diğer uygulamalarda nişasta içeriği değerleri kontrol grubuna göre yüksek bulunmuştur. Bu sonuç glukoz, fruktoz ve sukroz içeriğindeki değişiminden kaynaklanmaktadır. Nişasta, glukoz ve fruktoz monomerlerinden sentezlenmektedir. Bu nedenle çalışmada glikoz konsantrasyonunun düşük olduğu uygulamalarda nişasta içeriği düşük, fruktoz konsantrasyonunun yüksek olduğu uygulamalarda ise yüksek çıkmaktadır. Çünkü çimlenmenin erken safhalarında solunum hızının artması, nişastanın ve sukrozun yıkımını uyardmakta ve böylelikle glikoz ve fruktoz birikimine neden olmaktadır (Krugger, 1997; Bewley ve Black, 1994; Bewley, 1997; Finscher, 1989).

α -Amilaz, nişasta moleküllerini basit şekerlere kadar parçalayan enzimdir (Bewley, 2001; Rita vd., 2005; Xu vd., 2010). Vanisth ve Nagaraja (2010), mısır tohumlarının suyun almasıyla birlikte α -amilaz enzim aktivitesini uyarıldığını ve uyarımın nişastanın daha basit şekerlere parçalandığını rapor etmişlerdir. Palmiano ve Juliano (1972), pirinç bitkisi tohumlarında α - ve β -amilaz enzimi aktivitelerinin çimlenme esnasında arttığını ve bu artışla birlikte mevcut nişastanın büyük çoğunluğunun glukoz, az bir kısmının ise maltoz gibi indirgen şekerlere ve sukroz gibi indirgen olmayan şekerlere parçalandığını belirlemişlerdir. Nomura vd., (1969) ise endospermdeki glukozun skutelluma taşınarak orada sukroza dönüştürüldüğünü belirtmişlerdir. MA uygulamalarının, tohumlardaki α -amilaz ve diğer hidrolitik enzimlerin aktivitelerini uyardığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Palmiano ve Juliano, 1972; Pintilie vd., 2006; Atak vd., 2007; Vashist ve Nagarajan, 2010; Pourakbar ve Hatami, 2012). Oysa mevcut çalışmada, kontrol grubundaki tohumlarının α -amilaz enzimi aktivitesinin diğer tüm uygulamalara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 200 mT'de 60 dk ve 400 mT'de 120 dk yapılan MA uygulamasının α -amilaz enzimi aktivitesi değerleri sırasıyla 3,8 ve 3 kat daha az bulunmuştur (Çizelge 1, Şekil 2, $P < 0.05$). Çalışmada α -amilaz aktivitesi sonuçları bu alanda yapılan diğer çalışma verileri ile uygunluk göstermektedir. Tohumların α -amilaz aktivitesi düşüklüğü, MA'nın bir abiyotik faktör olarak olumsuz etkisinden ve tohumun farklı kimyasal içeriğinden kaynaklanabilir (dormansi durumu, su içeriği, hasat durumu, nişastanın polimerizasyon durumu vb.). Bununla birlikte, farklı hasat yılları, değişik saklama koşulları ve popülasyonlara ait tohumlarla gerçekleştirilecek ileri çalışmalar ile Doğu kayını tohumlarında manyetik alan uygulamalarının etkilerinin belirlenmesine yönelik daha kesin ve açıklayıcı sonuçlar sağlanabilecektir.

Teşekkür

Katkılardan dolayı Karadeniz Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ahmet Faik AYAZ ve Erzincan Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Ayşe AK'a şükranlarımızı sunarız. Proje dışı bir çalışma olarak yürütülen ve hazırlanan bu makale, KÜBAP-01/2013-17, KÜBAP-01/2013-59 ve KÜBAP-01/2014-21 projelerinin imkanları kullanılarak yürütülmüştür.

Kaynaklar

- Agustrina, R., T. T. Handayani, S. Wahyuningsih, dan O. Prasetya. 2012. Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Bawah Perlakuan Medan Magnet 0,2 mT. In the Proceedings of the 2012. SNSMAIP III, pp: 277-281.
- Ak, A., Yücel, E., Ayan, S. 2012. Relationship between Seed Germination and Catalase Enzyme Activity of *Abies* taxa from Turkey, Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty, 12 (3) Special Issue; 185-188.
- Aladjadjian, A., Teodora, Y. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). Journal Central European Agriculture. Vol. 4. No. 2. p131-137.
- Amaya, J.M., Carbonell, M.V., Martinez, E. & Raya, A. 1996. Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Hort. Abst. 68, 1363.
- Anonim, 2006. Orman Varlığımız, Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, OGM Matbaası, Ankara, Mart 2006, 152 pp.
- Arenas-Huertero, F., Arroyo, A., Zhou, L., Sheen, J., León, P. 2000. Analysis of *Arabidopsis* glucose insensitive mutants, *gin5* and *gin6*, reveals a central role of the plant hormone ABA in the regulation of plant vegetative development by sugar, Genes Dev. 2000 Aug 15; 14(16): 2085–2096.
- Atak, C., Celik, O., Olgun A., Alikamanoglu, S., Rzakoulieva, A. 2007. Effect of Agnetic Field on Peroxidase Activities of Soybean Tissue Culture. Biotechnol. & Biotechnol. EQ. 21 (2): 166-171.
- Atalay, İ. 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Transferi Yönünden Bölgelere Ayrılması. Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü, Yayın No: 5, Ankara, 209 s.
- Atay, İ. 1987. Doğal Gençleştirme Yöntemleri I-II, İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.Ü Yayın No: 3461, F.B.E Yayın No: 1, İstanbul, 290 s.
- Ayaz, F. A., Glew, R. H., Turna, I., Güney, D., Chuang, L. T., Chang, Y.C., Andrews, R., Power, L., Presley, J., Torun, H., Sahin, N. 2011. *Fagus orientalis* (Oriental beechnut) seeds are a good source of essential fatty acids, amino acids and minerals. Food 5: 48–51.
- Barker, L., Kuehn, G., Weise, A., Schulz, A., Gebhart, C., Hirner, B., Hellman, H., Schulze, W., Ward, J. M. and Frommer, W. B. 2000. SUT2, a putative sucrose sensor in sieve elements. Plant Cell., 12:1153-1164.
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell, 9,1055±1066.
- Bewley, J.D., Black, M. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. 2nd edn. New York, NY:Plenum.
- Bewley, J.D. 2001. Seed Germination and Reserve Mobilization. J Derek Bewley, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. Encyclopedia of Life Sciences & 2001 Nature Publishing Group / www.els.net.
- Bradford, M.M. 1976. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, Anal. Biochem. 72: 248-254, doi:10.1016/0003-2697(76) 90527-3.
- Criveanu, H.R., Taralunga, G. 2006. Influence of magnetic fields of variable intensity on behaviour of some medicinal plants. Journal of Central European Agricultura. Vol 7 (4): 643-648.
- Danilov, V., Bas, T., Eltez, M. & Rizakulyeva, A. 1994. Artificial magnetic field effects on yield and quality of tomatoes. Acta Hort.366, 279-285.
- De Souza, A., Garcı, D., Sueiro, L., Gilart, F., Porras, E., Licea, L. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. Bioelectromag 27:247-257.
- De Souza, A., D. Garcıa, L. Sueiro, L. Licea, Porras, E. 2005. Pre-sowing magnetic treatment of tomato Seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. Spanish Journal of Agricultural Research. 3(1), 113-122.
- Debeaujon, I., Koornneef, M. 2000. Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination is determined both by testa characteristics and by embryonic abscisic acid. Plant Physiol. 122, 415±424.
- Dekkers, B. J. W., Schuurmans, A. M. J., Smeekens, S. C. M. 2004. Glucose delays seed germination in *Arabidopsis thaliana*. Planta V218:579-588.
- Dekkers, B.J. W., Smeekens, S. 2007. Sugar and abscisic acid regulation of germination and transition to seedling growth. In: Bradford K, Nonogaki H (eds) Seed development, dormancy and germination. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Dennis, D. T., and Blakeley, S. D. 2000. Carbohydrate metabolism. In Biochemistry and Molecular Biology of Plants, B. Buchanan, Wgruis-sem and R Jones (eds) American Society of Plant Physiologist, Rockville MD, PP:630-674.
- Dhawi, F., Al-Khayri, J.M., & Hassan, E. 2009. Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Res J Agric Biol Sci 5,161-166.
- Dornbos, D. L., Mullen, R. E. 1992. Soybean seed protein and oil concentration and fatty-acid composition adjustments by drought and temperature. J. Am. Oil Chem. Soc. 69, 228–231.
- Dunlop, D.W., Schmidt, B.L. 1965. Biomagnetics II. Anomalies found in the root of *Allium cepa* L. Hort. Abst. 36, 563.
- Ertekin, M., Kırdar, E., Ayan, S. 2015. Effects of tree ages, exposures and elevations on some seed characteristics of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). SEEFOR - South-east European Forestry, 6 (1) 15-23.
- Eşitken, A. 2002. Serada yetiştirilen çilekte manyetik alan uygulamasının etkileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (1): 25-27.
- Eşitken, P.E. 2006. Elektromagnetik Alanın Lens *Culinaris medik* (Mercimek) Üzerinde Sitotoksik Etkileri, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Finkelstein, R.R., Lynch, T.J. 2000. Abscisic acid inhibition of radicle emergence but not seedling growth is suppressed by sugars. *Plant Physiol* 122:1179-1186.
- Fincher, G.B. 1989. Molecular and cellular biology associated with endosperm mobilization in germinating cereal grains. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 40: 305-346.
- Florez, M., Carbonell, M.V., Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. *Environ Exp Botany* 59:68-75.
- Francisco Arenas-Huertero, A. A., Zhou, L., Sheen, J., León, P. 2000. Analysis of *Arabidopsis* glucose insensitive mutants, gin5 and gin6, reveals a central role of the plant hormone ABA in the regulation of plant vegetative development by sugar. *Genes Dev*, 14 (16), 2085-2096.
- Garcia, F., Arze, L. I. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: Theoretical considerations, *Bioelectromagnetics*, Vol. 22, No. 8, pp. 589-595.
- Garcia, I.S., Souza, A., Barbedo, C.J., Dietrich, S.M., Figueiredo-Ribeiro, R.C.L. 2006. Changes in soluble carbohydrates during storage of *Caesalpinia echinata* LAM. (Brazilwood) seeds, an endangered leguminous tree from the Brazilian Atlantic Forest. *Braz. J. Biol.* 66: 739-745.
- Garcia, A., Legaria, J.P., Covarrubias, A.A. 1997. Abscisic acid inhibits germination of mature *Arabidopsis* seeds by limiting the availability of energy and nutrients. *Planta* 203: 182–187.
- Geigenberger, P., Kolbe, A., Tiessen, A. 2005. Redox regulation of carbon storage and partitioning in response to light and sugars. *J Exp Bot*, 56: 1469-1479.
- Gezer, A., Yücedağ, C. 2006. Forest tree seeds and techniques of seedling propagation from seed originated. Suleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Pub. No: 56, Isparta, Turkey, 140 p.
- Gibson, S.I. 2005. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8:93 – 102 .
- Guglielminetti, L., Busilacchi, H.A., Alpi, A. 2000. Effect of anoxia on α -amylase induction in maize caryopsis. *J. Plant Res.*, 113:185-92.
- Güney, D., Bak, Z. D., Aydınoğlu, F., Turna, İ., Ayaz, F. A. 2013. Effect of geographical variation on the sugar composition of the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). *Turk J Agric For*: 7: 221-230.
- Hamilton J.G., Zangerl A.R., Delucia E.H., Berenbaum, M.H. 2001. The carbon-nutrient balance hypothesis: Its rise and Fall. *Ecology Letters* 4: 86-95.
- Hammond, J.P., White, P. J. 2008. Sucrose transport in the phloem. Integrating root responses to phosphorus starvation. *Journal Experimental Botany* 59:109-113.
- Holdsworth, M., Kurup, S., McKibbin, R. 1999. Molecular and genetic mechanisms regulating the transition from embryo development to germination. *Trends Plant Sci.* 4, 275±280.
- Huber, S. C. 1986. Fructose 2,6 biphosphate as a regulatory metabolites in plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol Biol.* 37:233-246.
- Huber, S. C., Huber, J. L. 1996. Role and regulation of sucrose-phosphate synthase in higher plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol Biol.* 47:431-444.
- Jang, J. C., Leon, P., Zhou, L., Sheen, J. 1997. Hexokinase as a sugar sensor in higher plants. *Plant Cell* 9: 5-19.
- Jang, J. C., Sheen, J. 1997. Sugar sensing in higher plants. *Trends Plant Sci* 2:208-214.
- Kaneko, M. Itoh H, Ueguchi-Tanaka M, Ashikari M, Matsuoka M. 2002. The α - amylase induction in Endosperm during Rice Seed Germination Is Caused by Gibberellin Synthesized in Ephemelium. *Plant Physiology*. 168: 1264-1270.
- Kimberly, L., Falk, R.H.B., Chengbin Xiang, David J. O. 1998. Metabolic Bypass of the Tricarboxylic Acid Cycle during Lipid Mobilization in Germinating Oilseeds. *Plant Physiology*, 117, 473-481.
- Komrnink, E., Kruger, N.J. 1984. Inhibition by metabolic intermediates of pyrophosphate: fructose 6-phosphate phosphotransferase from germinating castor bean endosperm. *Z Pflanzenphysiol* 114, 443-453.
- Kruger, R. 1997. Carbohydrate synthesis and degradation. In *Plant Metabolism*, 2nd ed, DT Dennis, Turpin D.H., Lefebvre D.D., Layzell D.B., Longman, Singapore, pp:83-104.
- Lebedev, S.I., Baranskil, P.I., Litrimenko, L.G., Shiyani, L.T. 1975. Physiobiochemical characteristics of plants after presowing treatment with a permanent magnetic field. *Soviet Plant Physiology*. 22. 84–89.
- Levin, M., Ernst, S. G. 1997. Applied DC magnetic fields cause alterations in the time of cell divisions and developmental abnormalities in early sea urchin embryos. *Bioelectromagnetics* 18:255–263.
- Lin, Y. H., Wimer, L. T., Huang, A.H.C. 1983. Lipase in the lipid bodies of corn scutella during seedling growth. *Plant Physiol* 73: 460- 463.
- Magnusson, M. 1984. Magnetic treatment of the nutrient solution for tomatoes and the influence of a magnetic field on water and plants. *Rapport Ins For Tradgardsvetenskap, Sveriges, Lant Bruksuniversite*, 30: 42.
- Matsuda, T., Asou, H., Kobayashi, M., Yonekura, M. 1993. Influences of magnetic fields on growth and fruit production of strawberry. *Acta Hort.* 348, 378-380.
- Minchin, P.E., Lacoite, A. 2005. New understanding of phloem physiology and possible consequences for modelling long-distance carbon transport. *New Phytologist* 166:771-779.
- Namba, K. 1996. Effects of alternating magnetic field on plant growth. *Sci. Reports Fac. Agric. Okayama Univ.* 85, 115-117.
- Namba, K., Mohri, M., Sasao, S., Shibusawa, S. 1998. Effects of impulse electromagnetic field on plant germination. *ASAE Annual International Meeting*, Orlando, Florida, USA, 12-16 July.
- Namba, K., Sasao, A., Shibusawa, S. 1995. Effect of magnetic field on germination and plant growth. *Acta Hort* 399:143–145.
- Nielsen, T. H., Rung, J.H., Villadsen, D. 2004. Fructose 2,6-bisphosphate: A traffic signal in plant metabolism. *Trends in Plant Science* 9:556-563.
- Nomura, T., Kono, Y., Akazawa, T. 1969. Enzymic mechanism of starch breakdown in germinating rice seeds. II. Scutellum as the site of sucrose synthesis. *Plant Physiology* 44, 765-769.
- Novitsky, Y.I., Novitskaya, G.V., Kocheshkova, T.K., Nechiporenko, G.A., Dobrovolskii, M.V. 2001. Growth of green onions in a weak permanent magnetic field. *Russian Journal of Plant Physiology*. 8:709-716.

- Palmiano, E. P., Juliano, B. O. 1972. Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant Physiology* 49, 751–756.
- Pearson, D., Melon, H.K., Ronald, S. 1976. *Chemical analysis of Food*, 8th edition. Churchill Livingstone. Pp 5-63.
- Phirke, P.S., Kubde, A. B., Umbarkar, S. P. 1996. The influence of magnetic field on plant growth. *Seed Sci Technol* 24:375-392.
- Pintilie, M., Oprica, L., Surleac, M., Dragutivan, S., Creanga, D.E. 2006. Enzyme Activity in Plants Treated with magnetic solution. *Rom. Journ. Phys.*, Vol. 51, Nos. 1–2, P. 239-244.
- Plaxton, W. C. 1996. The organisation and regulation of plant glycolysis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* Pp:47:185-214.
- Podlesny, J., Misiak, L.E., Podlesna, A., Pietruszewski, S. 2005. Concentration of free radicals in pea seeds after pre-sowing treatment with magnetic field. *International Agrophysics*. Vol 19. No.3. pp 243-249.
- Porch, T. G. 2006. Application of stress indices for heat tolerance screening of common bean. *J. Agron. Crop Sci.* 192, 390–394.
- Pourakbar, L. 2013. Effect of Static Magnetic Field on Germination, Growth Characteristics and Activities of Some Enzymes in Chamomile Seeds (*Matricaria chamomilla* L.). *International Journal of Agronomy and Plant Production*. Vol., 4 (9), 2335-2340.
- Pourakbar, L., Hatami, S. 2012. Exposure of *Satureia hortensis* L. Seeds to Magnetic Fields: Effect on Germination Growth characteristic, and activity of Some enzymes. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. Vol 8. No. 21: 191-198.
- Prasad, P. V. V., Boote, K. J., Allen, Jr, L. H., and Thomas, J. M. G. 2002. Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Global Change Biol.* 8, 710–721.
- Prasad, P. V. V., Craufurd, P. Q., and Summerfield, R. J. 2000. Effect of high air and soil temperature on dry matter production, pod yield and yield components of groundnut. *Plant Soil* 222, 231–239.
- Price, J., Li, T.C., Kang, S. G., Na, J. K., Jang, J.C. 2003. Mechanisms of glucose signaling during germination of *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 132 : 1424 – 1438.
- Rahamatalla, A.B., Babiker, E.E., Krishna, A.G. 2001. Changes in fatty acids composition during seed growth and physicochemical characteristics of oil extracted from four safflower cultivars. *Plant Foods Human Nut* 56: 385-395, 2001.
- Rezaei, A., Nasery, B., Yazdian, F., Mhedayati, Ma. 2011. A study of gibberalic acid effect on oriental beech (*Fagus orientalis* L.) nuts dormancy removal. In: Wagner S, Fahlvik N, Fischer H (eds) *Proceedings of The 9th IUFRO International Beech Symposium organized by IUFRO working party 1.01.07 "Ecology and Silviculture of Beech"* Dresden/Göttingen, Germany, 12-17 September 2011. Institute for Silviculture and Forest Protection, Dresden, Germany, pp 61-63.
- Rita T. T., Knorpp, C., Glimelius, K. 2005. Modified sucrose, starch, and ATP levels in two alloplasmic male-sterile lines of *B. napus*. *Journal of Experimental Botany*, 56(414), 1245–1253.
- Rochalska M, Orzeszko-Rywka, A. 2005. Magnetic field treatment improves seed performance. *Seed Sci Technol* 33:669-674.
- Rolland, F., Baena-Gonzalez, E., Sheen, J. 2006. Sugar sensing and signaling in plants: Conserved and novel mechanisms. *Annu Rev Plant Biol* 57:675-709.
- Roper, T.R., J.D. Keller, W.H. Loeschner, Rom, C.R. 1988. Photosynthesis and carbohydrate partitioning in sweet cherry: Fruiting effects. *Physiol. Plant.* 72:42-47.
- Saatçioğlu, F. 1969. *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1429, O.F Yayın No: 138, İstanbul, 323 s.
- Samy, C.G. 1998. Magnetic seed treatment. I. Influence on flowering, siliquae and seed characteristics of cauliflower. *Orissa J. Hort.* 26, 68-69.
- Schulz, A. 1994. Phloem transport and differential unloading in pea seedlings fluorescence microscopy. *Protoplasma*, 166:153-164.
- Stange, B. C., Rowland, R. E., Rapley, B. I., Podd, J. V. 2002. ELF magnetic fields increase amino acid uptake into *Vicia faba* L. roots and alter ion movement across the plasma membrane. *Bioelectromagnetics* 23:347–354.
- Stitt, M., Gibon, Y., Lunn, J. E., Piques, M. 2007. Multilevel genomics analysis of carbon signalling during low carbon availability: Coordinating the supply and utilisation of carbon in a fluctuating environment. *Funct Plant Biol* 34:526-549.
- Subbarao, K.V., Datta, R. and Sharma, R. 1988. Amylases synthesis in scutellum and aleurone layer of maize seeds. *Phytochemistry*, 49:657- 666.
- To, J.P., Reiter, W.D., Gibson, S. I. 2002. Mobilization of seed storage lipid by *Arabidopsis* seedlings is retarded in the presence of exogenous sugars. *BMC Plant Biol* 2: 4.
- Torres, S, Porrás Leon, E., Fernández C., R. 1999. Effects of magnetic treatment of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) seeds on germination and seedling growth. *Hort. Abst.* 70, 68-92.
- Vashisth, A., Nagarajan; S. 2010. Characterization of Water distribution and Activities of Enzymes during Germination in Magnetically-exposed Maize (*Zea mays* L.) Seeds. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*. Vol 47. pp. 311-38.
- Winter, H., Huber, S. C. 2000. Regulation of Sucrose Metabolism in Higher Plants: Localisation and Regulation of Activity of Key Enzymes. *Critical Review Plants Sciences* 19:31-67.
- Xu, F., Tan, X., Wang, Z. 2010. Effects of Sucrose on Germination and Seedling Development of Brassica Napus. *International Journal of Biology*. 2(1).
- Yılmaz, M. 2005. The researches on the physiology of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) seeds. PhD thesis, Istanbul University, Faculty of Forestry, Istanbul, Turkey, 170 p.
- Zeaaman, S.C., Smith, S.M., Smith, A.M. 2007. The diurnal metabolism of leaf starch. *Biochemical Journal* 401:13-28.
- Zimmermann, M. H., Ziegler, H. 1975. List of sugars and sugar alcohols in sieve-tube exudates. In (Zimmermann M.H., Milburn., JA (eds) *Encyclopedia of plant physiology*, Springer Verlag, Hridelberg, Vol, 1, 480-503.

(Received for publication 27 April 2016; The date of publication 15 August 2016)