

# TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

FİKİR KATEGORİSİ

**TAKIM ADI**

MENDEL İLE MOSELEY

**PROJE ADI**

KARBON MİKNATISLARININ OLUŞTURDUĞU MANYETİK ALANIN KLON MUSA ACUMINATA(MUZ) FİDELERİNDEKİ REJENERASYON VE MUTATİK ETKİSİ

**BAŞVURU ID**

68578

**KATEGORİ**

LİSE

## İçindekiler

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Manyetik alan, manyetik bir şeyin içindeki ve etrafındaki boşlukta manyetik kuvvetin nasıl dağıldığını tarif etmek için kullandığımız bir araçtır.

Manyetik alan çevrenin bir parçası olup enerji kaynağı rolüyle metabolizmayı etkiler ve meristem hücre bölünmesinde etkili olur. Manyetik alan, bitki özelliklerinden olan tohum çimlenmesi, sürgün gelişimi, yaş ağırlık, bitki boyu, bitki başına meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığına olumlu etkiler sağlamaktadır. (Aladjadiyan 2002, Rochalska ve Orzeszko-Rywka 2005, De Souza vd.2006, Baghel vd. 2016, Kataria vd. 2017'a, b).

MA'nın bitki gelişimi üzerine etkisi ile ilgili ilk araştırmalar Ssawostin (1930) tarafından yapılmıştır. Ssawostin MA'nın etkisine bağlı olarak buğday fidelerinin boylarında %100 bir artış olduğunu saptamıştır (Mericle et al. 1964). Yapılan diğer çalışmalarda ayçiçeği, tahıl ve soya gibi çeşitli bitkilerde verimin MA'dan olumlu bir şekilde etkilendiği ortaya konmuştur. (Bosica and Zeriü 1990; E -Ws et al. 1991; Phirke et al. 1996). Farklı şiddetlerdeki MA uygulamalarının tohum çimlenmesi, ürün verimi, solunum oranı, sıcaklık kaybı, tohumdaki kimyasal değişiklikler ve fide gelişim özellikleri üzerine etkileri inceleme konusu olmuştur. Değişik bitkilerde yapılan MA çalışmalarında, kontrole göre çimlenme yüzdelerinde bir artış olduğu saptanmıştır (Lebedev et al. 1975; Gubbels 1982; Atak ve ark. 2000). MA, bitkilerde kök büyümesi üzerine de etkilidir. Yapılan bir çalışmada mısır bitkisinin köklerine 5000 gauss MA uygulaması sonunda kontrole göre %25 daha fazla kök büyümesi olduğu gösterilmiştir (Kato 1988). Martinez ve arkadaşları (2002), buğday ile yaptıkları bir araştırmada farklı MA şiddetleri kullanmışlar ve MA şiddetlerinin artışına paralel olarak bitki boylarında ve bitki ağırlıklarında artış olduğunu saptamışlardır. Dardeniz ve Tayyar (2007) yaptıkları çalışmada, düşük frekanslı elektromanyetik alan (EMA)'ın Cardinal üzüm çeşidinde bazı köklenme ve vejetatif gelişim parametreleri üzerine olumlu etkileri olduğunu bulmuşlardır.

Bu çalışmada karbon mıknatısların *Musa acuminata* (muz)'nın grand naine çeşidi fideleri üzerinde oluşturduğu manyetik alanın rejenerasyon hızı ve mutatik etkilerini gözlemlemek hedeflenmiştir. Karbon mıknatısları ile oluşturulan manyetik alan içerisinde evrimini tamamlamamış, mutasyona açık *Musa acuminata* fidelerinin kontrollü in vitro ortamında, gelişimleri takip edilmiş ve kök- gövde boy uzunlukları ölçülmüştür. Manyetik alanın bitki fide mutasyonuna sebep olmadığı ve bitki rejenerasyonunda olumlu etkiler yarattığı gözlenmiştir.

### 2. Problem / Sorun:

Manyetik alanın canlı yaşamına etkisi konusu, oldukça dikkat çekici araştırma konularından birisi durumundadır. Son yıllarda birçok araştırmacı, yüksek kaliteli üretim materyali oluşturmak ve çeşitlerin yetersiz yönlerini geliştirmek amacıyla hem tek başına hem de diğer mutajenlerle birlikte manyetik alan kullanmaktadır. Canlılar kendi manyetik alanları yanında doğal olarak yaşadıkları çevrenin de manyetik alanları etkisi altındadırlar.

Bugüne kadar manyetik alan uygulamasının nasıl bir etki mekanizması ile çalıştığını anlamak için çeşitli çalışmalar yapılmasına karşın bu etkilerin tek bir hipotez ile açıklanamayacağı görüşü hakimdir. Hatta günümüzde, araştırmacıların bir kısmı MA uygulamalarının zararlı olabileceğini savunurken (Ramazani 2012, Peyvandi vd. 2013), bir

kısmı uygulamaların faydalarının olduğunu ileri sürmektedir (Kataria vd. 2017a, b, Podlesna vd. 2019). Bu konudaki fikir ayrılıklarının nedeni MA uygulamalarının canlı organizmalarla olan etkileşimi mekanizmasının henüz yeterince belirlenmemiş olmasıdır.

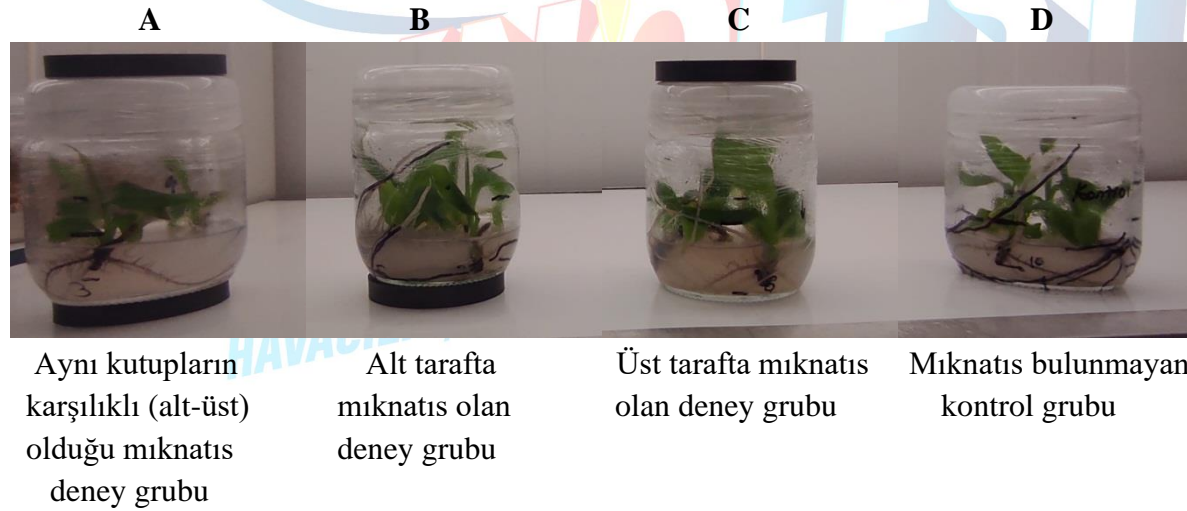
*Musa acuminata*, çok hızlı büyüyen gelişen bir meyve türüdür. Bitki büyümesi ve salkım oluşturabilmesi için fazla miktarda besin maddesine ihtiyaç duyar (Paydaş ve Gübbük, 1991). Muz yetiştiriciliğinde sadece organik gübre uygulaması yeterli değildir. Ek olarak mineral gübre uygulaması da yapılmalıdır. Mineral gübre olarak özellikle azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum verilmelidir. Bu minerallerin eksik ya da fazla verilmesi bitki kök-gövde, yaprak gelişimi, meyve verimi ve salkım oluşumunu olumlu ya da olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada in vitro ortamındaki Grand Nain muz çeşitlerine ait klonlar, karbon mıknatısları ile oluşturulan manyetik alanın etkisi altında incelenmiştir. MA uygulamasının *Musa acuminata* fideleri üzerindeki kök ve gövde uzunlukları, mutajenik ve renenerasyon etkisi araştırılmıştır.

### 3. Çözüm

Projemizden yararlanılarak manyetik alanların mutajik etkileri hakkında bilinçlenebilir ayrıca manyetik alanların uygun şartlarda kullanılmasıyla, ek hormonlar (oksinler, sitokinin) kullanmadan bitkileri daha kısa sürede kök ve gövde olarak uzatabiliriz.

Çalışmamızda manyetik alan etkisi olarak karbon mıknatısları uygun koşul ve kombinasyonlarda kullanılarak *Musa acuminata* fideleri in vitro ortamında gözlenmiştir. Denemelerde deney ve kontrol gruplarına uygun şekilde mıknatıslar yerleştirilmiştir (Şekil-1). Karbon mıknatısların 30 günlük deney ve kontrol grubundaki fide gelişimi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu sürede kök ve gövde uzunlukları ölçülmüştür.



**Şekil- 1:** 30 günlük deney ve kontrol grubundaki *Musa acuminata* fide gelişimleri

Yapılan çalışmalar haftada en az 2 gün kontrol edilmiş ve mutasyon yönündeki etkileri gözlemlenmek için yaprak şekli, boy uzunluğu gibi faktörlerde değerlendirilmiştir. Ancak herhangi bir şekil bozukluğuna rastlanmamıştır.

#### 4. Yöntem

Bu çalışmada *Musa acuminata* fideleri, in vitro ortamında 2000 lüks floresan lamba gün ışığı olarak 8 saat aydınlık, 16 saat karanlıkta, 24-25 santigrat derece sıcaklıkta, steril kavanoz içerisinde MS (mikro ve makro elementler) temel besi yeri kullanılarak, 3 deney grubu (A, B,C) ve 1 kontrol grubu (D) şeklinde büyütülmüştür. A deney grubu kavanozların alt ve üst bölgesine aynı kutuplar birbirine bakacak şekilde 2 adet mıknatıs, B deney grubuna kavanozun altına 1 adet mıknatıs, C deney grubuna ise kavanozun üstüne 1 adet mıknatıs yerleştirilmiştir. D kontrol grubuna herhangi bir mıknatıs yerleştirilmemiştir. (Şekil-1) Uygulamalardaki manyetik alanlar birbirinden etkilenmeyecek mesafelerdedir. Denemeler deney grubunda 3 defa, kontrol grubunda 4 defa tekrar edilmiştir.

Manyetik alanın *Musa acuminata* fidelerindeki rejenerasyonları ve mutatik etkisi Tablo- 1 de morfolojik olarak fide kök – gövde uzunlukları şeklinde görülmektedir.

Uygulamalar	Aynı kutupların karşılıklı olduğu deney grubu ( A )			Mıknatısın alt kısmında olduğu deney grubu ( B )			Mıknatısın üst kısmında olduğu Deney grubu ( C )			Herhangi bir mıknatısın bulunmadığı kontrol grubu ( D )			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fide numaraları	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fidenin ilk uzunluğu(cm) (19.02.2021)	3.2	2.5	2.2	3.7	3.7	3.7	3.4	3.5	3.5	2.3	2.5	2.5	2.2
Fidenin uygulama sonraki uzunluğu (cm) (19.03.2021)	4,5	3,7	3,7	5,9	5,9	5,5	5,7	5,6	5,8	3,6	4,2	4,4	3,5
Fidenin toplam kök uzunluğu (cm)	29,9	32,6	36,2	47,5	50,9	40	57,6	54,4	50,3	35,5	45,9	37,8	48,1
Uygulamalara göre 1 fidenin ortalama kök uzunluğu (cm)	32,9			46,1			54,1			41,1			
Fidenin ilk uzunluğuna göre(yalancı) gövdenin uzama oranı(%)	40,6	48	68,1	59,4	59,4	48,6	67,6	60	65,7	56,6	68	76	59
<b>Ort gövde uzama oranı :</b>	<b>52,3</b>			<b>55,8</b>			<b>64,4</b>			<b>64,9</b>			

**Tablo -1:** Manyetik alanın *Musa acuminata* fideleri üzerindeki kök - gövde uzunluk oranları



**Tablo – 1** incelendiğinde; manyetik alan, *Musa acuminata* fide gelişimleri kontrol grubuna göre, A deney grubunda ortalama gövde uzama %12,6 oranında; ortalama kök uzunluğu ise 8,2cm azalmıştır. C deney grubu gövde uzama oranı ile kontrol grubu arasında kayda değer bir fark olmayıp, kontrol grubuna göre, 1 fidenin ortalama kök uzunluğu 13cm daha uzun olmuştur.Çalışmalarda fidelerin boy ve kök uzunluklarında elde edilen artışların MA'nın hücre bölünmesini teşvik etmesinden kaynaklandığı üzerinde durulmuştur.

Deneyimizin bir diğer amacı da manyetik alanın *Musa acuminata* fidelerindeki rejenerasyon hızını incelemektir. Bunun için bitki fideleri besi ortamından alınıp 22.05.2021 tarihinde toprağa dikilmiştir. (Şekil-2)



A Grubu



B Grubu



C Grubu



D Grubu

**Şekil -2** : Besi ortamından çıkarılan deney ve kontrol grubundaki *Musa acuminata* fideleri

**Şekil -2** deki gruplar karşılaştırıldığında, C deney grubundaki bitkilerin rejenerasyon hızının yüksek olmasından dolayı yapraklarda sararma olduğunu, ancak toprağa aktadıktan 20 gün sonra, ortam koşullarının eşitlenmesiyle beraber, sarı yaprakların yeşile dönüştüğü gözlenmiştir.

Rejenerasyon hızı düşük olan B deney grubunda ise, yaprakların koyu yeşil olduğunu, ancak toprağa aktardıktan 20 gün sonra, ortam koşullarının eşitlenmesiyle beraber, koyu yeşil yaprakların olması gereken yoğunluktadaki yeşil yapraklara dönüştüğü görülmüştür.

## **5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü**

Projemiz için araştırdığımız literatür taramalarında manyetik alanın bitki büyümesi/gelişimi ve metabolizma üzerine etkileri gibi çok sayıdaki biyolojik etkilerini özetleyen bazı derleme niteliğindeki makaleler yayınlanmıştır (Galland ve Pazur 2005, Maffei 2014, Wolff vd. 2014, Silva ve Dobranszki 2016, Arujo vd. 2016, Kataria 2017, Nyakane ve Markus 2018). Ancak projemize benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Farklı kombinasyonlarda kullandığımız mıknatıs çalışmaları yoktur.

Yapmış olduğumuz çalışmada A deney grubu fide kök- gövde uzunluklarının kontrol grubuna göre azaldığı görülmüştür. Bu durum daha güçlü mıknatısların kullanılmasıyla bitki rejenerasyonunun daha fazla durdurabileceğini göstermiştir. Bu uygulamadan yola çıkarak ileriki nesiller için canlı bitkileri ve genetik kaynakların dondurma ya da herhangi bir kimyasal uygulama yapmadan stoklanabileceğini açıklamaktadır.

C deney grubunda kökün kontrol grubuna göre %31,6 fazla olması, bize köklenmesi zor olan bitkilerde oksin hormonunun kullanımını minimuma indirerek köklendirmeyi gerçekleştirmemize olanak sağlamıştır. Ayrıca C uygulamasındaki bitkiler kontrol grubundaki bitkilere göre rejenerasyon hızının artmasıyla birlikte daha erken yaşlanmaya başlamış ve etilen gazı (yaşlanmaya başlayan bitkilerde üretilen gaz) üretim miktarı artmıştır.

## **6. Uygulanabilirlik**

Projemizin C deney grubu uygulamasının bitki fide rejenerasyon hızını artırmasından yola çıkarak, besi yeri ortamı için kullanılacak kavanozların üst kısmına kapakla yaklaşık aynı boyutta ve kapağın üstüne mıknatısın oturabileceği bir plastik hazne koyup, mıknatıs buraya yerleştirilebilir. (Eğer mıknatısın ömrü biterse yerine başka bir mıknatıs konulabilir.)

Uygulama yapılırken dikkat edilmesi gereken tek nokta, mıknatısları teknolojik aletlerden uzak tutmak ve ona uygun deney koşulları hazırlamak gerekir.

## **7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması**

Yapmış olduğumuz çalışmada deney düzenekleri kurulmuş ve proje konumuz hakkında fikir vermesi adına sonuçlar elde edilmiştir. Proje deney maliyeti kullanımın yaygınlaşması adına ucuz yolla elde edilmiştir. Eğer projemiz kabul edilirse temmuz ayında aynı deney koşulları tekrar hazırlanacak ve TEKNOFEST gününe kadar deney grupları gözlemlenecek ve besi yeri içindeki bitki fideleri sergi alanında gösterilecektir. Hatta ilk yaptığımız denemeler şu an toprağa dikili haldedir ve onların da sergi alanına getirilmesi mümkündür.

Proje bütçesi sadece malzeme temini için gereklidir. Bu malzemeler aşağıdaki gibidir;

\*4 tane steril kavanoz ; 4 TL x 4 = 16 Türk lirası

\*4 tane MS besi yeri ; 1 TL x 4 = 4 Türk lirası

\*4 tane kömür mıknaatısı; 25 TL x 4 = 100 Türk lirası

\*13 tane muz fidesi; 2 TL x 13 = 26 Türk lirası

Proje bütçesi yaklaşık 150 Türk lirasıdır. Bu fiyatlar en ucuz, güvenilir ve çoğunlukla yerli sitelerden alınmıştır. Malzemelerin temininde de bu yerli siteler kullanılacaktır.

### 7.1. İş – Zaman Tablosu:

İşin Tanımı	AYLAR							
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Literatür Taraması	X	X	X	X	X			
Malzeme Temini			X	X	X			
Deney Gruplarının Hazırlanması			X	X				
Fide Gelişimi Takibi				X	X	X	X	X
Proje Ön Değerlendirme Rapor Yazımı					X			
Ön Eleme Sonuçları						X		
Proje Detay Rapor Hazırlanması							X	X

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Proje fikrimizin hedef kitle daha çok hızlı bitki yetiştirmek isteyen botanikçiler, çiftçiler, fidancılar olabilir. Örneğin, *Ophrys apifera* (arı orkidesi) uzun sürede çimlenip büyüyen bir bitkidir. Böyle bir süs bitki yetiştiriciliği yapan bir botanikçi projemizde uyguladığımız C deney düzeneğinin rejenerasyon hızı üzerindeki etkisi ile *Ophrys apifera* bitkisini daha kısa sürede büyütebilir.

### 9. Riskler

Proje uygulanırken başlıca şu problemler gözlenebilir:

- Projemizde güçlü mıknaatıslar kullanılacağı için kontrolsüz bir şekilde birbirine yaklaştırılan mıknaatıslar parmak kısılmalarına yol açabilir.
- Kontrolsüz bir şekilde birbirine yaklaştırılan mıknaatısların birbirleriyle çarpışması sonucunda, mıknaatısın kırılğan yapısı gereği, mıknaatıslar kırılabilir.



- Bitkilerin dikileceği MS besi yerinde bakteriyel ve mantar bulaşma olasılığı vardır. Ve bu durum bitkinin ölümüne sebep olabilir.
- Bitkisel kaynaklı endojen(içsel) bakteri ve mantar üreme durumu ve sonrasında bitkinin ölme riski vardır.
- Bitkilerin MS besi yerine transferi esnasında bitkiye ya da MS besi yerine elimizden veya steril olamamış aletlerden (pens, bisturi, steril kâğıt vb.) bakteri, mantar vb. bulaşma riski vardır.

Bu problemlere yönelik B planı olarak çözümler önerilebilir:

- Mıknatıslar dikkatli bir şekilde ve birbirine yaklaştırılmadan muhafaza edilmelidir.
- MS besi yeri önceden hazırlanıp bitki büyütme odasında 1 hafta bekletilebilir. Ardından bakteri ve mantar oluşumu görülmeyen ortamlara bitkiler aktarılabilir.
- Bitkisel kaynaklı endojen bakteri ya da mantarın oluşmaması için bitkiler iyi bir şekilde steril edilebilir.
- Transfer esnasında bakteri veya mantar bulaşma riskini en aza indirmek için eller iyi bir şekilde yıkanarak steril edilebilir. Transfer esnasında kullanılacak aletler de steril edilerek çok dikkatli kullanılabilir.

OLASILIK	Risk Yönetimi		
	Yüksek	Riske dair önlemler alınır ve risk gözlem altında tutulur.	Riske dair önlem alınır ve risk yönetimine başvurulur.
Orta	Risk kabul edilir ve gözlem altında tutulur.	Riske dair önlemler alınır.	Risk gözlem altında tutulur ve risk yönetimine başvurulur.
Düşük	Risk kabul edilir.	Risk kabul edilir fakat dikkatli davranılır.	Riske dair önlemler alınır ve risk gözlem altında tutulur.
<b>ETKİ</b>	Düşük	Orta	Yüksek

## 10. Kaynaklar

Aladjadjiyan, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of Zea mays. Journal of Central European Agriculture, 3(2); 89-94.

Arujo, S.S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D. and Balestrazzi, A. 2016. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. Frontiers in Plant Science, 7 (646); 1-12.



Atak Ç, Alikamanoğlu S, Danilov V, Rzakoulieva A, Yurttaş B, Topçul F (2000). Effect of magnetic field on Paulownia seeds. Com. J.I.N.R.Dubna, E19-2000-231, 1-14.

Baghel, L., Kataria, S. and Guruprasad, K.N. 2016. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. Bioelectromagnetics, 37, 455-470.

Bosica I, Zeri F (1990). Effect of electromagnetic field (EMF) treatment in the presence of nitrogen on cereal plant growth. Seed Abst., 013- 03315.

De Souza A., Garcia, D., Sueiro, L., Gilart, F., Porras, E. and Licea, L. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. Bioelectromagnetics, 27, 247–257.

Dardeniz A, Tayyar Ş (2007). Elektromanyetik alanın Cardinal üzüm çeşidi kalemlerinin vejetatif gelişimi üzerindeki etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (1): 23-28.

E WS, Lian CC, Zhang JL, Shi E (1991). Effects of magnetization on the main characters of soybean. Oilcrops of China 4:16-38.

Galland, P. and Pazur, A. 2005. Magnetoreception in plants. J. Plant. Res., 118, 371-389.

Gubbels GH (1982). Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after preseeding magnetic treatment. Can. J. Plant Sci. 62: 61- 64.

Kataria, S., Baghel, L. and Guruprasad, K.N. 2017a. Alleviation of adverse effects of ambient UV stress on growth and some potential physiological attributes in soybean (*Glycine max*) by seed pre-treatment with static magnetic field. Journal of Plant Growth Regulation, 36, 550-565.

Kataria, S., Baghel, L. and Guruprasad, K.N. 2017b. Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 10, 83-90.

Kataria, S. 2017. Role of reactive oxygen species in magnetoprimed induced acceleration of germination and early growth characteristics of seeds. Reactive Oxygen Species in Plants: Boon or Bane-Revisiting the Role of ROS. 75-88.

Kato R (1988). Effects of magnetic field on the growth of primary roots of *Zea mays*. Plant Cell Physiol. 29 (7):1215-1219.

Lebedev SI, Baranskii PI, Litvinenko LG, Shiyan LT (1975). Physiobiochemical characteristics of plants after presowing treatment with a permanent magnetic field. Fiziologiya Rastanii, 22 (1): 103- 109.

Maffei, M.E. 2014. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5(445); 1-15.

Martinez E, Carbonell VM, Florez M (2002). Magnetic biostimulation of initial growth stages of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Electromagnetic Biology and Medicine*, 21(1):43- 53.

Mericle RP, Mericle LW, Smith AE, Campbell WF, Montgomery DJ (1964). Plant growth responses, 183- 195 In: *Biological Effects of Magnetic Fields*. Plenum Press, Newyork.

Nyakane, N.E. and Markus, E.D. 2018. The effects of magnetic fields on plants growth: A comprehensive review. *International Journal of Food Engineering*, 5(1), 79-87.

Phirke PS, Kubde AB, Umbarkar SP (1996). The influence of magnetic field on plant growth. *Seed Sci. And Technol.*, 24: 375- 392.

Peyvandi, M., Khaledi, N.K. and Arbabian, S. 2013. The effects of magnetic fields on growth and enzyme activities of *Helianthus annuus* L. seedlings. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(3); 717-724.

Podleśna, A., Bojarszczuk, J. and Podleśny, J. 2019. Effect of pre-sowing magnetic field treatment on some biochemical and physiological processes in faba bean (*Vicia faba* L. spp. Minor). *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-8.

Paydaş, S., Gübbük, H., 1991. Muz Yapraklarında Optimum Makro ve Mikro Besin Maddesi Düzeyleri ile Bunların Noksanlığında Doğabilecek Simptomlar. *Derim*. 8 (3):138-143, 1991. Antalya.

Ramazani, V.F., Majd, A., Nejdassattari, T. and Arbabian, S. 2012. Study of effects of extremely low frequency electromagnetic radiation on biochemical changes in *Satureja bachtiarica* L. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 1(7); 77-82.

Rochalska, M. and Orzeszko-Rywka, A. 2005. Magnetic field treatment improves seed performance. *Seed Sci. and Tech.*, 33, 669-674.

Silva, J.A.T. and Dobranszki, J. 2016. Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*, 253, 231-248.

Wolff, S.A., Coelho, L.H., Karoliussen, I. and Jost, A.I.K. 2014. Effects of the extraterrestrial Environment on plants: recommendations for future space experiments for the MELiSSA higher plant compartment. *Life*, 4, 189-204.