

**Atf İçin:** Yaralı Karakan F, Ergun Çetin B, 2022. Virüsten Ari Sarımsak Tohumluğu (*Allium sativum* L.) Üretiminde Meristem Kültürü: Besin Ortamı, Sıcaklık ve Kemoterapi Uygulamalarının Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1): 30-40.

**To Cite:** Yaralı Karakan F, Ergun Cetin B, 2022. Meristem Culture in Production of Virus Free Garlic (*Allium sativum* L.): The Effect of Nutrient Medium, Thermotherapy and Chemotherapy. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(1): 30-40.

## Virüsten Ari Sarımsak Tohumluğu (*Allium sativum* L.) Üretiminde Meristem Kültürü: Besin Ortamı, Sıcaklık ve Kemoterapi Uygulamalarının Etkisi

Faika YARALI KARAKAN<sup>1\*</sup> Berna ERGUN ÇETİN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Sarımsak yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi etkileyen en önemli etmenlerinden biri olan ve kimyasal mücadelesi olmayan virüs hastalıkları, diğer hastalık etmenlerine göre daha yıkıcı sonuçlara neden olmaktadır. Genel olarak sarımsak viral kompleksi (GVC) olarak adlandırılan *Allexivirus*, *Potyvirus*, *Potexvirus*, *Carlavirus* ve *Tospovirus* cinslerine ait virüsler sarımsakta zarar yapmaktadır. Virüs hastalıklarının önlenmesinde en etkili yol virüslerin kontrol altına alınmasıdır. Bu amaçla virüsten ari sarımsak tohumluğu kullanılması başlangıç bulaşmasını engellediği için hastalığın yayılmasını da önleyebilmektedir. Virüssüz sarımsak bitkilerinin geleneksel agronomik sistemler aracılığıyla üretilmesi maliyetli ve zordur. Bu sorunların üstesinden gelmek için, *in vitro* koşullarda meristem kültürü yoluyla çoğaltılması, özellikle termoterapi ve kemoterapi gibi uygulamalarla birleştirildiğinde kısa sürede virüssüz sarımsak tohumluğu üretmek için umut verici bir yöntemdir. Bu çalışmada sarımsakta virüsten ari tohumluk üretiminde kullanılan meristem kültürünün uygulandığı, besin ortamının, kültür öncesi veya sırasında yapılan sıcaklık ve kemoterapi gibi ön uygulamaların etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sarımsak, *Allium sativum* L., Meristem kültürü, LYSV, OYDV

### Meristem Culture in Production of Virus Free Garlic (*Allium sativum* L.): The Effect of Nutrient Medium, Thermotherapy and Chemotherapy

**ABSTRACT:** Virus diseases, which are one of the most important factor affecting yield and quality in garlic cultivation and without chemical control, cause more devastating results than other disease factors. Viruses of the genus *Allexivirus*, *Potyvirus*, *Potexvirus*, *Carlavirus* and *Tospovirus* are problematic in garlic production and the viruses are collectively called as Garlic Viral Complex (GVC). The most effective way to prevent viral diseases is to control viruses. For this purpose, the use of virus-free garlic can prevent the spread of the disease, as it prevents the initial contamination. Producing virus-free garlic plants through conventional agronomic systems is expensive and difficult. To overcome these problems, *in vitro* propagation of virus-free plants by meristem culture is a promising method to produce virus-free garlic in a short time, especially when combined with applications such as thermotherapy and chemotherapy. In this study, the application of meristem culture and the effects of pre-treatments used in the production of virus-free garlic, such as nutrient medium, thermotherapy and chemotherapy applied before or during the culture was investigated.

**Keywords:** Garlic, *Allium sativum* L., Meristem culture, LYSV, OYDV

<sup>1</sup>Faika YARALI KARAKAN ([Orcid ID: 0000-0002-2176-8663](https://orcid.org/0000-0002-2176-8663)), Berna ERGUN ÇETİN ([Orcid ID: 0000-0002-6399-0916](https://orcid.org/0000-0002-6399-0916)), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Faika YARALI KARAKAN, e-mail: faikayarali@gmail.com

## GİRİŞ

*Alliaceae* familyası *Allium* cinsinde yer alan ve antik çağlardan beri insanoğlunun yetiştirdiği en eski kültür bitkilerinden biri olan sarımsak (*Allium sativum* L.), yemeklerde tatlandırıcı olarak kullanılması yanı sıra binlerce yıldır çeşitli hastalıkların tedavisinde de kullanılan bir tıbbi bitkidir (Avato ve ark., 1998; Akan, 2014; Petropoulos ve ark., 2018; Sehitoglu ve ark., 2018; Junior ve ark., 2020). Sarımsağın sağlık açısından başvuru bir kaynak olması eşsiz aroması, allisin (allil2-propenethiosülfinat veya dialliltiyosülfinat), oligosakkaritler, uçucu yağlar, steroidal glikozitler, antosiyaninler, flavonoidler, lektinler, prostaglandinler, pektin, adenosin ve vitaminler gibi tıbbi ve nutrasötik özelliklere biyoaktif bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Muller ve ark. 2000; Tapiero ve ark., 2004; Lanzotti, 2006; Gimenez ve ark., 2016; Manjunathagowda ve ark., 2017; Akan ve Tuna Gunes, 2021).

Diploid ( $2n=16$ ) kromozom sayısına sahip olan sarımsak sterildir ve generatif yolla tohum meydana getiremez (Pooler ve Simons, 1993; Taskin ve ark., 2013; Ghaemizadeh ve ark. 2014; Pramesh ve Baranwal, 2015; Mahajan, 2016; Manjunathagowda ve ark., 2017). Bu nedenle sarımsak antik çağlardan beri vejetatif olarak dişlerle (klonal) çoğaltılmakta, böylelikle klonlar üreticiler ve toplayıcılar arasında sık sık değiştirilmektedir (Barandiaran ve ark., 1999; Beşirli ve ark., 1999; Roksana ve ark., 2002; Benke ve ark., 2018; Yulianingsih ve ark., 2019). Bu şekilde yapılan üretim klonlarda fenotipik varyasyonların yanı sıra farklı iklimlere adapte olabilen varyasyonların da ortaya çıkarmasının yanı sıra (Barandiaran ve ark., 1999), uzun süre tarlada muhafaza edilen sarımsaklarda, verim ve kalite kayıplarına (Jones ve Mann 1963; Rabinowitch 2004; Perotto ve ark., 2010; Ghaemizadeh ve ark., 2014; Debebe, 2017), vejetatif olarak bulaşan virüslerin çoğalmasına (Walkey ve Antill, 1989; Conci ve Nome, 1991; Conci ve ark., 2005; Parrano ve ark., 2012; Vieira ve ark., 2014, Gimenez ve ark., 2016) ve genotiplerin yok olmasına neden olmaktadır (Asha Devi ve ark., 2007).

Sarımsak yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi etkileyen en önemli hastalık etmenlerinden biri virüs hastalıklarıdır. Virüs hastalıklarının kimyasal mücadelesi olmadığı için diğer hastalık etmenlerine göre daha yıkıcı sonuçlara neden olmaktadır. Genel olarak sarımsak viral kompleksi (GVC) olarak adlandırılan *Allexivirus*, *Potyvirus*, *Potexvirus*, *Carlavirus* ve *Tospovirus* cinslerine ait on altı virüsün sarımsakta zarar yaptığı bildirilmiştir (Manjunathagowda ve ark., 2017). Bu virüsler sarımsak bitkilerinin yapraklarında mozaikleşme, kloritik çizgilenme, beneklenme, kıvrılma, bitki gelişiminde gerileme ve bodurlaşmaya bağlı olarak, küçük baş ve diş oluşumuna neden olduğundan üretimde kayıplara, ürünün kalitesinin ve pazar değerinin düşmesine neden olmaktadır (Conci ve Nome, 1991; Patena ve ark., 2005; Pramesh ve Baranwal, 2015; Gimenez ve ark., 2016; Ayed ve ark., 2018; Murkute ve Gawande, 2018; Yulianingsih ve ark., 2019). *Carlavirus* cinsinde yer alan *Garlic common latent virus* (GarCLV veya GCLV) ve *Shallot latent virus* (SLV), *Allexiviruses* cinsinde yer alan akarlar vasıtasıyla bulaşan mozik virüsleri ve *Potyvirus* cinsinde yer alan *Onion yellow dwarf virus* (OYDV) ve *Leek yellow stripe virus*, (LYSV) sarımsakta yaklaşık % 40-60 oranında, *Allexiviruses* cinsinde yer alan virüslerin ise yaklaşık % 14-30 oranında verim kaybına sebep olabildikleri bildirilmiştir (Perez ve ark., 2006; Ghaemizadeh ve ark., 2014; Manjunathagowda ve ark., 2017). Bununla beraber Potyvirus ve Carlavirusların sarımsaklarda karışık enfeksiyon şeklinde kendini gösterdiği farklı çalışmalarla ortaya konmuştur (Pena-Iglesias ve Ayuso, 1983, Walkey ve ark., 1987; Bertaccini ve ark., 2004; Fidan, 2010; Taskin ve ark., 2013; Haque ve Hattori, 2017; Manjunathagowda ve ark., 2017).

Virüs hastalıklarının önlenmesinde en etkili yol virüslerin kontrol altına alınmasıdır. Bu amaçla virüsten ari sarımsak tohumluğu kullanılması başlangıç bulaşmasını engellediği için hastalığın yayılmasını da önleyebilmektedir (Yulianingsih ve ark., 2019). Virüssüz sarımsak bitkilerinin geleneksel agronomik sistemler aracılığıyla üretilmesi, viral vektörlerin olmadığı bir bölgede gerçekleştirilmesi gerektiğinden dolayı maliyetli ve zordur. Bu sorunların üstesinden gelmek için, virüssüz bitkilerin *in vitro* koşullarda çoğaltılması, özellikle termoterapi ve kemoterapi gibi uygulamalarla birleştirildiğinde kısa sürede virüssüz sarımsak tohumluğu üretmek için umut verici bir yöntemdir (Conci ve Nome, 1991; Robert ve ark., 1998; Roksana ve ark., 2002; Bertaccini ve ark., 2004; Pramesh ve Baranwal, 2015; Manjunathagowda ve ark., 2017; Yulianingsih ve ark., 2019). Yapılan çalışmalar meristem kültürünün *in vitro*'da virüsten ari bitki elde etmede diğer kültür şekillerinden daha başarılı olduğunu ortaya çıkartmıştır (Walkey ve ark., 1987; Verbeek ve ark., 1995; Robert ve ark., 1998; Taskin ve ark., 2013; Pramesh ve Baranwal, 2015; Gimenez ve ark., 2016; Haque ve Hattori, 2017; Manjunathagowda ve ark., 2017; Ayed ve ark., 2018; Murkute ve Gawande, 2018; Yulianingsih ve ark., 2019).

Bu çalışmada sarımsakta virüsten ari tohumluk üretiminde kullanılan meristem kültürünün uygulanaşı, besin ortamının, kültür öncesi veya sırasında yapılan sıcaklık (termoterapi) ve kemoterapi gibi ön uygulamaların etkileri incelenmiştir.

### Meristem Kültürü

Meristem kültürü, vejetatif olarak çoğaltılan türlerde virüsten ari bitki elde etmede oldukça yaygın kullanılan *in vitro* bir tekniktir. Meristem kültürü yoluyla virüs eliminasyonunun temeli, virüslerden daha hızlı bölünme yeteneğine sahip olan meristematik hücrelerin virüs içermemesine dayanmakta, böylece bu yolla meydana gelen bitkiler de virüslerden ari olmaktadır (Manjunathagowda ve ark., 2017). Meristem kültürü, meristem izolasyonu, besin ortamı ve *in vitro* kültürden önce/sonra yapılan uygulamalar gibi aşamalardan oluşmaktadır (Nome ve ark., 1981; Ghaemizadeh ve ark., 2014; Pramesh ve ark., 2015). Sarımsakta meristematik dokulardan ilk bitkiler Messiaen ve ark., (1970) tarafından elde edilmiştir.

Meristemlerin izole edileceği sarımsak dişlerinin ve meristematik dokuları içeren eksplantların sterilizasyonunda araştırmacılar tarafından farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemler Çizelge 1'de verilmiştir. Meristemler, sterilizasyon işlemi tamamlanan dişlerden steril kabin içerisinde binoküler mikroskop altında bistüri yardımıyla izole edilmektedir (Verbeek ve ark., 1995; Taskin ve ark., 2013). Meristem kültürü yoluyla bitki rejenerasyonu, meristemin boyutu ile yakından ilgili olup, elde edilen virüsten ari bitki oranı, izole edilen meristemin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Bu nedenle meristem kültürü çalışmalarında genellikle bir, iki veya üç yaprak primordiyumuna sahip (Verbeek ve ark., 1995; Bruna, 1997; Robert ve ark., 1998), 0.1 mm (Manjunathagowda ve ark., 2017) ile 0.3- 0.8 mm (Walkey ve ark., 1987; Haque ve ark., 2003; Zahedi ve ark., 2010; Pramesh ve Baranwal, 2015; Gimenez ve ark., 2016) çapındaki meristem eksplantları kullanılmaktadır. İzole edilen meristemler sürgün gelişimi için, steril koşullarda besin ortamıyla doldurulmuş tüplere aktarılarak; sıcaklığı, ışık yoğunluğu ve gün uzunluğu ayarlanmış iklim odalarında kültüre alınmaktadır (Şekil 1). İklim odalarının sıcaklığı 23±2 °C (Robert ve ark., 1998; Walkey ve ark., 1987), 24 °C (Manjunathagowda ve ark., 2017), 25 °C (Conci ve Nome, 1991; Verbeek ve ark., 1995; Taskin ve ark., 2013; Debebe, 2017), 25 ± 2°C (Roksana ve ark., 2002; Pramesh ve Baranwal, 2015) arasında değişirken; ışık yoğunluğu 40 Wm<sup>-2</sup> (Walkey ve ark., 1987), 1500 lüks (Verbeek ve ark., 1995), 2000-3000 lüks (Roksana ve ark., 2002; Taskin ve ark., 2013), 3500 lüks (Bertaccini ve ark., 2004), 5000 lüks (Conci ve Nome, 1991), 16000 lüks (Manjunathagowda ve ark., 2017), 35 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Pramesh ve

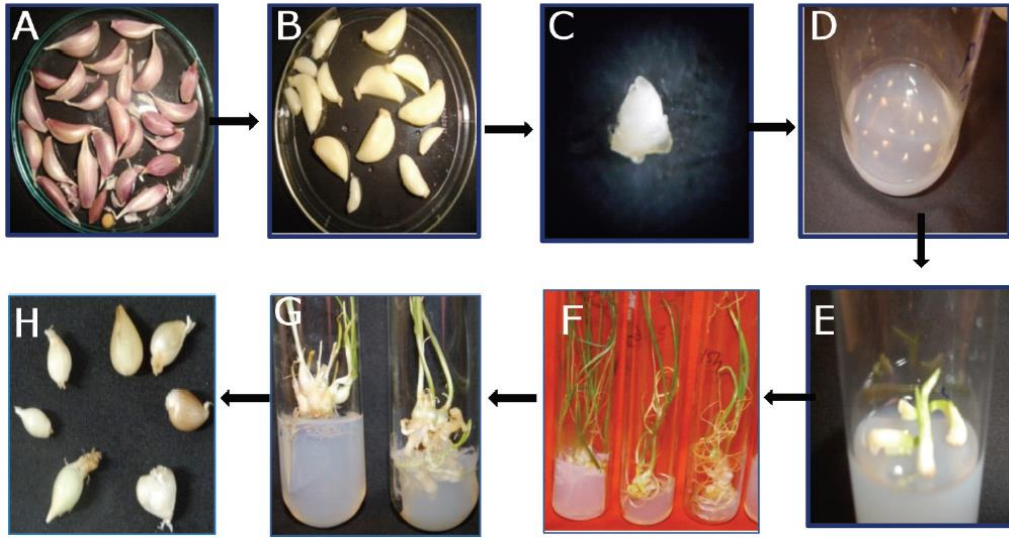
Baranwal, 2015), 46-55  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Robert ve ark., 1998); fotoperiyot ise 16/8 saat (Walkey ve ark., 1987; Moriconi ve ark., 1990; Conci ve Nome, 1991; Verbeek ve ark., 1995; Robert ve ark., 1998; Taskin ve ark., 2013; Pramesh ve Baranwal, 2015; Debebe, 2017), 14/16 saat (Roksana ve ark., 2002) ve 18/6 saat (Manjunathagowda ve ark., 2017) arasında değişmektedir.

Kültürün başlatılmasından 6-8 hafta sonra bitkicikler ortaya çıkmaya başlamaktadır (Conci ve Nome, 1991). Meristemlerden gelişen *in vitro* bitkilerde yapılan virüs testleriyle kültürün başarısı belirlenmektedir.

Meristem kültürü yoluyla elde edilen bitkilerin dış ortam koşullarına alıştırmalarında steril toprak veya toprak/kum karışımı ile doldurulmuş saksı veya polietilen torbalar kullanılmakta, gerekli tüm kültürel işlemlerin yapılacağı büyütme odalarına, sera veya tarla koşullarına transfer edilen ve dış ortam koşullarına alıştıran bitkilerin hayatta kalma oranları gözlemlenmektedir (Roksana ve ark., 2002; Kim ve ark., 2006a). Yapılan çalışmalarda *in vitro* bitkilerin dış ortam koşullarında büyümelerini sürdürmeleri ve canlı kalmaları üzerinde baş büyüklüğünün etkili olduğu, baş büyüklüğü 5 mm'den büyük olan bitkilerin 8 haftalık kültürden sonra % 80 oranında canlılığını sürdürdüğü bildirilmiştir (Kim ve ark., 2006a).

### Çizelge 1. Meristem kültüründe kullanılan sterilizasyon yöntemleri.

Sarımsak dışlerinin sterilizasyonu	Kaynak
%25'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 15 dakika bekletilerek ardından 4-5 defa steril su ile yıkanır.	(Kurul, 2010)
%25'lik sodyum hipoklorit içerisinde 20 dakika bekletildikten sonra 4-5 kez steril su ile yıkanır.	(Taskin ve ark., 2013)
%70'lik etil alkole daldırıldıktan sonra birkaç damla Twin-80 içeren %2.4'lük sodyum hipoklorit çözeltisinde bekletilerek 3 defa steril su ile yıkanır.	(Robert ve ark., 1998)
%70'lik etil alkol içerisinde 10 saniye tutulduktan sonra %1.5'lik sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek 5'er dakika boyunca iki defa steril sudan geçirilir.	(Verbeek ve ark., 1995)
%2'lik sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 20 dakika bekletildikten sonra üç defa steril su ile yıkanır.	(Debebe, 2017)
%95'lik etil alkolde 30 saniye bekletilir.	(Roksana ve ark., 2002)
%70'lik etil alkol içerisinde 30 saniye tutulduktan sonra 2 damla/100 ml Twin-20 içeren %2'lik sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 20 dakika bekletilerek en az iki dakika boyunca üç defa steril sudan geçirilir.	(Haque ve ark., 2003)
Musluk suyu altında 30 dakika yıkandıktan sonra 10 dakika boyunca %0.2 (v/v) Tween-20 içeren %2 (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde bekletilerek distile su ile beş defa yıkanır.	(Pramesh ve Baranwal, 2015)
<b>Meristematik kısımları içeren eksplantlarının sterilizasyonu</b>	
Meristemler %70'lik etil alkol çözeltisinde 1 dakika bekletildikten sonra, 20 dakika boyunca NaOCl içerisinde tutulur.	(Conci ve Nome, 1991)
%70'lik etanol içerisinde 1 dakika %0,5 aktif klor içeren sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 20 dakika bekletilir.	(Gimenez ve ark., 2016)
3-4 mm büyüklüğündeki meristem eksplantları %70'lik etanolde 1 dakika bekletilir.	(Pramesh ve Baranwal, 2015)



**Şekil 1.** Meristem kültürünün aşamaları: A-B: Meristemlerin izole edileceği sarımsak dişleri, C: İzole edilen meristem, D: Sürgün oluşumu, E: Sürgün gelişimi, F: Köklenme, G: Baş oluşumu, H: Mikro başlar (Pramesh ve Baranwal, 2015).

### Meristem Kültürü Üzerine Etki Eden Faktörler

#### Besin ortamının bileşimi

Meristem kültürü ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle MS (Murashige ve Skoog, 1962), B<sub>5</sub> (Gamborg ve ark., 1968), BDS (Dunstan ve Short, 1977) ve LS (Linsmaier ve Skoog, 1965) besin ortamları ve bu ortamların modifiye edilmiş şekilleri kullanılmaktadır (Walkey ve ark., 1987; Verbeek ve ark., 1995; Bruna, 1997; Peiwen ve ark., 1997; Roksana ve ark., 2002; Kim ve ark., 2006b; Luciani ve ark., 2006; Haque ve Hattori 2017; Manjunathagowda ve ark., 2017). Çizelge 2’de sarımsakta yapılan meristem kültürü çalışmalarında kullanılan besin ortamları ve büyümeyi düzenleyici maddeler görülmektedir. Besin ortamına ilave edilen büyümeyi düzenleyici maddeler ve çeşitli kimyasalların sarımsakta yapılan meristem kültürü çalışmalarında sürgün ve baş oluşturma üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Bu maddeler besin ortamına tek başlarına ilave edilebileceği gibi kombinasyonlar halinde de kullanılabilir. İndüksiyon ortamında oksin ve sitokinlerin birlikte kullanılması, çoğaltma ortamındaki sürgün gelişimini de etkilemektedir (Robert ve ark., 1998). Bunun yanı sıra özellikle kinetin, IBA ve GA<sub>3</sub> çoğaltma oranının korunmasında da etkilidir (Pei-Wen ve ark., 2000). Besin ortamlarına ilave edilen oksin-sitokin kombinasyonlarının, sitokinlerin tek başına kullanıldığı besin ortamlarına göre daha başarılı olduğu bildirilse de sitokinlerin ve oksinlerin tek başlarına kullanılmalarının da meristemden bitki gelişimini sağlamada etkili olduğu yapılan çalışmalarda ortaya çıkarılmıştır (Verbeek ve ark., 1995; Roksana ve ark., 2002). Nitekim; meristemden bitki rejenerasyonu için en iyi ortamın 2 mg L<sup>-1</sup> BA, 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA içeren MS ortamı olduğu (Taskin ve ark., 2013), besin ortamına ilave edilen 2,4-D’nin eksplantlarda kallus oluşumunu artırdığı (Luciani ve ark., 2006), 0.1 mg L<sup>-1</sup> NAA ve 0.1- 0.5 mg L<sup>-1</sup> BA’nın farklılaşma, bitki gelişimi ve yaprak sayısı üzerine olumlu etkide bulunduğu (Zahedi ve ark., 2010) bildirilmiştir. Bu bulguların aksine, büyümeyi düzenleyici maddelerin meristemden sürgün gelişimi üzerine etkisinin olmadığı ve en yüksek rejenerasyon oranının büyümeyi düzenleyici madde içermeyen ortamdan elde edildiği de rapor edilmiştir (Haque ve ark., 2003). Besin ortamının katı veya sıvı oluşu da sürgün gelişimi üzerine etki etmektedir. Bu amaçla Roksana ve ark., (2002) tarafından yapılan çalışmada, sıvı ortamda sürgün gelişiminin daha erken başladığı; sıvı ortamlar arasında en hızlı sürgün gelişiminin 0.5 mg L<sup>-1</sup> 2iP ve 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA içeren ortamdan elde edildiği tespit edilmiştir.

Besin ortamında karbon kaynağı olarak genellikle sakkarozun % 3'lük dozunun kültürün başarısında etkili olduğu bildirilmiştir (Verbeek ve ark., 1995; Roksana ve ark., 2002; Taskin ve ark., 2013; Pramesh ve Baranwal, 2015; Manjunathgowda ve ark., 2021).

Besin ortamının pH'sı ortamda bulunan tuzların çözünürlüğü, enzim ve katalizör aktivitesi dolayısıyla ortamdaki besin maddelerinin ve büyümeyi düzenleyici maddelerin eksplant tarafından kullanılması üzerine etki yapmaktadır (Yaralı ve Yanmaz, 2013). Sarımsakta meristem kültürü ile ilgili yapılan çalışmalarda besin ortamının pH değerinin 5.7 ile 6.2 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Walkey ve ark., 1987; Verbeek ve ark., 1995; Roksana ve ark., 2002; Pramesh ve Baranwal, 2015).

**Çizelge 2.** Sarımsakta meristem kültüründe kullanılan besin ortamları ve büyümeyi düzenleyici maddeler

Besin ortamı	Büyümeyi düzenleyici maddeler	Kaynak
B5	Hormonsuz	(Walkey ve ark., 1987)
	3 mg L <sup>-1</sup> 6-BA, 0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA, 0.5 mg L <sup>-1</sup> Kinetin	(Peiwen ve ark., 1997)
	0.5 mg L <sup>-1</sup> 2iP, 0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA	(Barandiaran ve ark., 1999)
BDS	0.045 µM 2,4-D, 0.045 µM BA	(Luciani ve ark., 2006)
LS	0.2 mg L <sup>-1</sup> NAA, 5 mg L <sup>-1</sup> 2-iP	(Kim ve ark., 2006a- 2006b)
	0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA, 0.1 mg L <sup>-1</sup> Kinetin	(Moriconi ve ark., 1990)
MS	3.0 mg L <sup>-1</sup> 2-iP ve 0.3 mg L <sup>-1</sup> α-NAA	(Conci ve Nome, 1991)
	0.1 mg L <sup>-1</sup> IAA, 0.1 mg L <sup>-1</sup> Kinetin	(Choi ve ark., 1992)
	0.5 mg L <sup>-1</sup> IAA, 5 mg L <sup>-1</sup> BA	(Yasseen ve ark., 1994)
	0.5 mg L <sup>-1</sup> IAA, 10 mg L <sup>-1</sup> BA	(Verbeek ve ark., 1995)
	0.1 µM NAA, 8 µM BA, 0.1 µM NAA	(Robert ve ark., 1998)
	2.5 mg mL <sup>-1</sup> Kinetin, 2.5 mg mL <sup>-1</sup> BA, 2.5 mg mL <sup>-1</sup> 2-iP	(Torres ve ark., 2000)
	1 µM IAA ve 1 µM BA	(Roksana ve ark., 2002)
	0.1 mg L <sup>-1</sup> 2-iP, 0.1 mg L <sup>-1</sup> IBA	(Haque ve ark., 2003)
	0.5 mg L <sup>-1</sup> 2iP ve 0.25 mg L <sup>-1</sup> NAA	(Bertaccini ve ark., 2004)
	1 FM NAA, 10 FM BA	(Zahedi ve ark., 2010)
	0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA, 0.5 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> , 0.5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	(Taskin ve ark., 2013)
	0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA, 0.1-0.5 mg L <sup>-1</sup> BA	(Gull ve ark., 2014)
	2 mg L <sup>-1</sup> BA, 0.5 mg L <sup>-1</sup> IBA	(Pramesh ve Baranwal, 2015)
	1.5 mg L <sup>-1</sup> Kinetin	(Haque ve Hattori 2017)
	0.4 mg L <sup>-1</sup> Kinetin, 2 mg L <sup>-1</sup> IAA	(Benke ve ark., 2018)
1.0 µM NAA ve 10.0 µM BA	(Murkute ve Gawande, 2018)	
0,5 mg L <sup>-1</sup> 2,4-D, 0.1 mg L <sup>-1</sup> BAP	(Karjadi ve Gunaeni, 2021)	
1 mg L <sup>-1</sup> Kinetin, 0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA	(Manjunathgowda ve ark., 2021)	
2 mg L <sup>-1</sup> IAA, 2 mg L <sup>-1</sup> Kinetin, 0.012 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>		
0.1 mg L <sup>-1</sup> NAA, 1 mg L <sup>-1</sup> BAP		

### Sıcaklık (termoterapi) uygulamaları

Virüs eliminasyonun etkinliğini arttırmak ve virüsten ari bitki materyali elde etmek için meristem kültürü ile birlikte termoterapi uygulamaları da kullanılmaktadır. Termoterapi uygulamalarıyla virüs eliminasyonunun etkinliği sıcaklığa ve uygulama süresine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; Bruna (1997), tarafından yapılan bir araştırmada elde edilen canlı bitki yüzdesinin termoterapi uygulanan gün sayısına bağlı olarak değiştiği; 48 günlük uygulamada % 95 olan canlı bitki oranının, 75 günlük uygulama sonunda % 62'ye kadar düştüğü bildirmiştir. Yapılan araştırmalarda 37 °C'de 35 gün yapılan termoterapi uygulamasıyla % 90 (Torres ve ark., 2000), 38 °C'de 21 günlük uygulamada % 85, 60 günlük uygulamada %84 (Walkey ve ark., 1987; Debebe, 2017), 36 °C'de 36 gün yapılan uygulamada % 90 (Ghaemizadeh ve ark., 2014) ve 33 °C'de yapılan 25 günlük uygulamada ise %50 oranında virüs eliminasyonunun sağlandığı bildirilmiştir.

Termoterapi uygulamalarının etkinliğinin sarımsak genotipine bağlı olarak da değişiklik gösterdiğini bildiren Zahedi ve ark., (2010), İran ticari sarımsak popülasyonunda yaptıkları çalışmada,

termoterapi uygulamasının başarı yüzdesinin çeşitlere göre % 73 ve % 61 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Yüksek sıcaklıkta yapılan uzun süreli uygulamalar virüs eliminasyonu için daha faydalı olmasına rağmen, uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalan eksplantlarda sürgün rejenerasyonunda ve bunu takiben canlı bitki elde etmede olumsuzluklar yaşanabilmektedir (Ghaemizadeh ve ark., 2014). Uygulama sıcaklığının yükseltilmesinin olumsuz sonuçlar verdiğini ifade eden Conci ve Nome (1991), 50 °C'de 5, 15, 20 dakika boyunca yapılan termoterapi uygulamalarının meristemlerden sürgün gelişimini azalttığını, 55 °C'de 10 dakikadan uzun süren uygulamaların sürgün gelişimine engel olduğunu ve 36 °C'de uzun süreli (60 gün) termoterapi uygulamasının ise canlı bitki sayısını azalttığını bildirmiştir. Benzer sonuçlara ulaşılan başka bir çalışmada da, sürgün rejenerasyonun termoterapi uygulamasıyla azaldığı, termoterapi uygulanmayan bitkilerde eksplant başına 9.3 olarak belirlenen sürgün sayısının termoterapi uygulanan bitkilerde 1.0- 2.2 arasında değiştiği ortaya çıkartılmıştır (Robert ve ark., 1998). Yulianingsih ve ark. (2019), tarafından yapılan çalışmada ise, 4 hafta süre ile 25 °C, 28 °C ve 31 °C sıcaklıkta yapılan termoterapi uygulamalarının etkili olmadığı, GCLV'nin termoterapiden sonra mikro sürgünlerde % 64 ile % 91 oranında tespit edildiği bildirilmiştir.

### Kemoterapi uygulamaları

Meristem kültürü yoluyla virüssüz bitki elde edebilmek amacıyla başvurulmuş kemoterapi uygulamaları ile ilgili çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Kemoterapi uygulamalarının etkinliğinin sarımsak genotipleri arasında farklılık gösterdiği ve virüs eliminasyonun 25 mg L<sup>-1</sup> ribavirin uygulamasıyla başarıyla gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Kudelkova ve ark., 2016). Bertaccini ve ark., (2004), tarafından yapılan çalışmada ise besin ortamına ilave edilerek uygulanan ribozom önleyici proteinlerin (RIP) PAP-II virüs eliminasyonunda % 100 başarı sağladığı tespit edilmiştir.

### SONUÇ

Sarımsak yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi etkileyen en önemli hastalık etmenleri arasında olan ve kimyasal mücadelesi olmayan virüs hastalıkları diğer hastalık etmenlerine göre daha yıkıcı sonuçlar ortaya çıkartmaktadır. Bu virüsler üretimde meydana gelen kayıpların yanı sıra, ürünün kalitesinin ve pazar değerinin de düşmesine neden olmaktadır. Virüs hastalıklarının önlenmesinde en etkili yol virüslerin kontrol altına alınmasıdır. Bu amaçla kullanılan ve *in vitro* bir teknik olan meristem kültürü, laboratuvar koşullarında virüsten ari sarımsak tohumluğu üretiminde ümitvar görülmektedir. Yapılan araştırmalar meristem kültürü ile üretilen virüssüz sarımsak klonlarının daha kaliteli ve daha yüksek verim değerine sahip olduğunu ortaya çıkartmıştır. Meristem kültüründe en fazla tercih edilen besin ortamı MS besin ortamıdır. Oksin, sitokin ve gibberellinler gibi büyümeyi düzenleyici maddeler *in vitro*'da sürgün ve baş oluşumunu teşvik etmek amacıyla besin ortamlarına tek başlarına veya kombinasyonlar halinde eklenmektedir. Virüs eliminasyonunun etkinliğini artırmak amacıyla meristem kültürü ile birlikte termoterapi ve kemoterapi uygulamaları da kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda ve uzun süreli uygulamalar virüs eliminasyonu için daha faydalı olmasına rağmen, uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalan eksplantlarda sürgün rejenerasyonunda ve bunu takiben canlı bitki elde etmede olumsuzluklar yaşandığı çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir. Kemoterapi uygulamalarında ise ribavirin ve ribozom önleyici proteinlerin virüs eliminasyonu üzerinde etkisi başarılı bulunmuştur. Bu çalışma, ekonomik değeri yüksek sebze türlerinden biri olan sarımsakta, virüsten ari tohumluk elde etmede yaygın olarak kullanılan meristem kültürü çalışmalarında araştırmacılara yol gösterici nitelik taşımaktadır.

### Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Akan S, 2014. Sarımsak Tüketiminin İnsan Sağlığına Yararları. Akademik Gıda Dergisi, 12(2):95-100.
- Akan S, Tuna Gunes N, 2021. Potential Effects of Storage Period, Warehouse Locations, and Methyl Jasmonate in Long-Term Stored Garlic Bulbs. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45(1): 79-90.
- Asha Devi A, Khar A, Lawande KE, 2007. Genotypic Response of Short Day Garlic (*Allium sativum* L.) Accessions to Shoot Multiplication. Journal of Spices and Aromatic Crops, 16: 15-21.
- Avato P, Miccolis V, Tursi F, 1998. Agronomic Evaluation and Essential Oil Content of Garlic (*Allium Sativum* L.) Ecotypes Grown in Southern Italy. Advances in Horticultural Science, 12: 201-204.
- Ayed C, Bayoudh C, Rhimi A, Mezghani N, Haouala F, Dridi BAM, 2018. *In Vitro* Propagation of Tunisian Local Garlic (*Allium Sativum* L.) from Shoot-Tip Culture. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 1(2):75-86.
- Barandiaran X, Martin N, Alba C, Rodriguez-Conde MF, Pietro AD, Martin J, 1999. An Efficient Method for The *In Vitro* Management of Multiple Garlic Accessions. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, 35: 466-469.
- Benke AP, Shelke P, Mahajan V, 2018. Three Step Protocol for Regeneration of Plantlets in Indian Garlic Varieties Using Root Meristem. Indian Journal of Agricultural Research, 52(1): 66-70.
- Bertaccini A, Botti S, Tabanelli D, Dradi G, Fogher C, Previati A, Dare F, 2004. Micropropagation and Establishment of Mite-Borne Virus-Free Garlic (*Allium sativum*), Proc. XXVI IHC-Transplant Production and Stand Establishment, Eds. S. Nicola, J. Nowak and C.S. Vavrina, Acta Hort. 631, ISHS.
- Beşirli G, Yanmaz R, Güçlü D, 1999. Sarımsak Yetiştiriciliğinde Diş İriliğinin Baş İriliği ve Verime Etkisi, Türkiye III. Bahçe Bitkileri Kongresi, 08-12 Eylül 2003, Ankara.
- Bruna A, 1997. Effect of Thermotherapy and Meristem-Tip Culture on Production of Virus-Free Garlic in Chile. Acta Horticulture, 433: 631-634.
- Choi SY, Oh JY, Kim JS, Lim JH, Choi DJ, Lee SB, Choi DU, 1992. Meristem Culture of Garlic (*Allium Sativum* L.) Effects of Growth Regulators Through *In Vitro* Multi-Propagation of Garlic (*Allium sativum*). Research Reports of The Rural Development Administration (Korea Republic), 34 (2): 24-29.
- Conci VC, Nome SF, 1991. Virus Free Garlic (*Allium sativum* L.) Plants Obtained by Thermotherapy and Meristem Tip Culture. Journal of Phytopathology, 132: 186-192.
- Conci VC, Perotto MC, Cafrune E, Lunello P, 2005. Programme for Intensive Production of Virus-Free Garlic Plants. The IVth International Symposium on Edible *Alliaceae* (Ganggsu, L., Ed.). Acta Horticulturae, 688: 195-200.
- Debebe A, 2017. Comparison of Meristem Culture and Heat Therapy to Clean Garlic (*Allium Sativum* L.) Infecting Virus In Ethiopia. Ethiopian Journal of Agricultural Sciences, 27(3): 1-8.
- Dunstan DI, Short KC, 1977. Improved Growth of Tissue Cultures of The Onion, *Allium cepa*. Physiol Plant, 41: 70-72.



- Fidan H, 2010. Sarımsak, Soğan ve Pırasadaki Virüs Hastalıklarının Saptanması ve Taşköprü 56 Sarımsak Tipinin En Yaygın Virüse Karşı Reaksiyonunun Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi.
- Gamborg OL, Miller RA, Ojima K, 1968. Nutrient Requirements of Suspension Cultures of Soybean Root Cells. *Experimental Cell Research*, 50: 151-158.
- Ghaemizadeh F, Dashti F, Khodakaramian G, Sarikhani H, 2014. Combination of Stem-Disc Dome Culture and Thermoherapy to Eliminate Allexiviruses and *Onion Yellow Dwarf Virus* from Garlic (*Allium sativum* cv. Hamedan). *Arch Phytopathol Plant Protect*, 47: 499-507.
- Gimenez MD, Yanez-Santoz AN, Paz RC, Quiroga MP, Marfil CF, Conci VC, Garcia-Lampasona SC, 2016. Assessment of Genetic and Epigenetic Changes in Virus-Free Garlic (*Allium Sativum* L.) Plants Obtained by Meristem Culture Followed by *In Vitro* Propagation, *Plant Cell Reports*, 35: 129-141.
- Gull I, Noreen A, Aslan MS, Athar MA, 2014. Comparative Effect of Different Pythohormones on The Micropropagation of *Allium Sativum*. *Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 47(1-2): 121-124.
- Haque MS, Hattori K, 2017. Detection of Viruses of Bangladeshi and Japanese Garlic and Their Elimination Through Root Meristem Culture. *Progressive Agriculture*, 28(2): 55-63.
- Haque MS, Wada T, Hattori K, 2003. Shoot Regeneration and Bulblet Formation from Shoot and Root Meristem of Garlic Cv Bangladesh Local. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2(1): 23-27.
- Jones HA, Mann LK, 1963. *Onions and Their Allies*, 285, Leonard Hill, London.
- Junior PSPC, Cardosa FP, Martins AD, Buttros VHT, Pasqual M, Dias DR, Schwan JD, 2020. Endophytic Bacteria of Garlic Roots Promote Growth of Micropropagated Meristems. *Microbiological Research*, 241: 126585.
- Karjadi AK, Gunaeni N, 2021. The Influence of Variety and Explant Size on Garlic (*Allium Sativum* L) Proliferation Using Murashige and Skoog Media. *Earth and Environmental Science*, 653: 012-062.
- Kim KS, Jang YS, Nam SS, Choi IH, Bang JK, 2006a. Multiple Shoot Regeneration and Bulblet Formation Through Meristem Culture of Garlic (*Allium sativum* L.) ‘Godang’. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 24(1): 37-42.
- Kim KS, Song YS, Jang YS, Nam SS, Choi IH, Bang JK, 2006b. Production of Virus-free Bulblets of Garlic (*Allium sativum* L.) by Meristem-Tip Culture of Immature Vegetative Bulbils. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 24(4): 441-446.
- Kudelkova M, Ondruikova E, Saskova H, 2016. Elimination of *Garlic Common Latent Virus* by Meristem Culture and Chemotherapy. *Acta Horticulture*, 1113: 233-238.
- Kurul M, 2010. Sarımsakların Meristem Kültürü ile Çoğaltılması ve Virüsten Arınmadaki Etkinliğinin Real-Time PCR ile Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Lanzotti V, 2006. The Analysis of Onion and Garlic. *Journal of Chromatography A*, 1112: 3-22.
- Linsmaier EM, Skoog F, 1965. Organic Growth Factor Requirements of Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 18: 100-127.
- Luciani GF, Mary AK, Pellegrini C, Curvetto NR, 2006. Effects of Explants and Growth Regulators in Garlic Callus Formation and Plant Regeneration. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 87:139-143.

- Mahajan R, 2016. *In Vitro* and Cryopreservation Techniques for Conservation of Snow Mountain Garlic. In *Protocols for In Vitro Cultures and Secondary Metabolite Analysis of Aromatic and Medicinal Plants*, (Jain SM ed.). Humana Press, p: 335-346, New York.
- Manjunathagowda DC, J Gopal Archana R, Asiya KR, 2017. Virus-Free Seed Production of Garlic (*Allium sativum* L.): Status and Prospects. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6): 2446-2456.
- Manjunathagowda DC, Jayaswalla K, Singha M, Sagarb R, Chaturvedib P, Janhavic V, 2021. Thermotherapy of Cloves for *In-Vitro* Mericlone Production for Healthy and Sustainable Management of Garlic (*Allium Sativum* L) Germplasm. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 20(1): 1-5.
- Messiaen CM, Marrov J, Quiot JB, Leclant F, Leroux JP, 1970. Etude Dans Le Sud-Est De La France D' Un Schéma De Sélection Sanitaire De L' Ail Et De L' Échalote. *Comptes Rendus De La 7 Conf. De Pathologie Des Plantes*. C.N.R.A. Montfavet, France. (13) (PDF) Biotechnological Tools For Garlic Propagation And Improvement, 101-103.
- Moriconi DN, Conci VC, Nome SF, 1990. Rapid Multiplication of Garlic (*Allium sativum* L.) *In Vitro*. *Phyton*, Buenos Aires, 51(2): 145-151.
- Muller NTG, Fortes GRL, Nascimento GC, Daniels J, 2000. Meristem Isolation of Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars Sao Marcos and Sao Valentim. *Hortscience*, 35(3): 449.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassay With Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15: 473-497.
- Murkute AA, Gawande SJ, 2018. Production of Virus Free Planting Material Through Meristem Culture in Short Day Garlic Cultivars Bhima Omkar and Bhima Purple. *Journal of Environmental Biology*, 39: 286-290.
- Nome SF, Abril A, Racca R 1981. Obtaining Virus-Free Garlic (*Allium sativum* L.) Plants by Apical Meristem Culture. *Phyton (Buenos Aires)*, 41(1/2):139-151.
- Parrano L, Afunian M, Pagliaccia D, Douhan G, Vidalakis G, 2012. Characterization of Viruses Associated with Garlic Plants Propagate from Different Reproductive Tissues From Italy and Other Geographic Regions. *Phytopathologia Mediterranea*, 51: 549-565.
- Patena LF, Dolores L M, Bariring1 AL, Alcachupas AL, Laude NP, Barg E, Green SK, Barba R, 2005. Improved Technique for Virus Elimination in and Production of Certified Planting Materials of Garlic (*Allium sativum* L.). *Proc. IS on Hort. in Asian-Pacific Region, Acta Hort.*, 694.
- Pei-Wen PX, Srinives P, Liang YC, 2000. Rapid Multiplication of Virus-Free Garlic by Inflorescence Meristem Culture and Induction of Multi-Bulbils. *Thai Journal of Agricultural Science*, 33 (1/2): 11-20.
- Pena-Iglesias A, Ayuso P, 1983. Characterisation of Spanish Garlic Viruses and Their Elimination By *In Vitro* Shoot Apex Culture. *Acta Horticulture*, 127: 183-193.
- Perez ML, Cordova RZ, Barboza CE, Ramirez MR, Ramirez LJ, Ruiz CS, Silva RL, 2006. First Report of Leek Yellow Stripe Virus in Garlic in The State of Guanajuato, Mexico. *Plant Disease*, 90: 1458-1458.
- Perotto MC, Cafrune EE, Conci VC, 2010. The Effect of Additional Viral Infections on Garlic Plants Initially Infected With Alexiviruses. *European Journal of Plant Pathology*, 126: 489-495.
- Petropoulos SA, Fernandes A, Ntatsi G, Petrotos K, Barros L, Ferreira CFR, 2018. Nutritional Value, Chemical Characterization and Bulb Morphology of Greek Garlic Landraces. *Molekules*, 23(319): 1-14.

- Pooler MR, Simon PW, 1993. Garlic Flowering in Response to Clone, Photoperiod, Growth Temperature and Cold Storage. *Horticultural Science*, 28: 1085-1086.
- Pramesh D, Baranwal VK, 2015. Production of Virus-Free Garlic (*Allium sativum* L.) Through Meristem Tip Culture After Solar or Hot Air Treatment of Cloves. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(2): 180-186.
- Rabinowitch HD, 2004. Fertility Restoration Results in Unleashing Ancient Diversity in Garlic. V. Sebze Tarımı Sempozyumu, 21 - 24 Eylül 2004, Çanakkale.
- Robert U, Zel J, Ravnikar M, 1998. Thermotherapy in Virus Elimination from Garlic: Influences on Shoot Multiplication from Meristems and Bulb Formation *In Vitro*. *Scientia Horticulturae*, 73: 193-202.
- Roksana R, Alam MF, Islam R, Hossain MM, 2002. *In vitro* Bulblet Formation from Shoot Apex in Garlic (*Allium sativum* L.). *Plant Tissue Culture*, 12(1): 11-17.
- Sehitoglu MH, Yarali Karakan F, Kizilkaya B, Öztöpez RO, Gulcin I, 2018. Investigation of Antioxidant Properties and Bioactive Composition of *Allium tuncelianum* ((Kollman) Ozhatay, Matthew & Siraneci) And *Allium sativum* L. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8: 213-221.
- Tapiero H, Townsend D, Tew K, 2004. Organosulfur Compounds from *Alliaceae* in The Prevention of Human Pathologies. *Biomed Pharmacother*, 58: 183-193.
- Taskin H, Baktemur G, Kurul M, Buyukalaca S, 2013. Use of Tissue Culture Techniques for Producing Virus-Free Plant in Garlic and Their Identification Through Real-Time PCR. *Scientific World Journal*, 2013: 1-5.
- Torres AC, Fajardo TV, Dusi AN, Resende RO, Buso JA, 2000. Shoot Tip Culture and Thermotherapy in Recovering Virus Free Plants of Garlic. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 18(3): 192-195.
- Verbeek M, Dijk P, Peter MA, Well A, 1995. Efficiency of Eradication of Four Viruses From Garlic (*Allium Sativum*) by Meristem-Tip Culture. *European Journal of Plant Pathology*, 101:231-239.
- Vieira RL, Silva ALD, Zaffari GR, Feltrim AL, 2014. *In Vitro* Morphogenesis of Garlic Plants: The Role of Growth Regulators in Bulb Induction and Development. *Biologia Cienc. Rural*, 44(3): 439-445.
- Walkey DGA, Antill DN, 1989. Agronomic Evaluation of Virus-Infected Garlic (*Allium sativum*). *Journal of Horticulture Science*, 64: 3-60.
- Walkey DGA, Weeb MJW, Bolland CJ, Miller A, 1987. Production of Virus-Free Garlic (*Allium sativum* L.) and Shallot (*A. ascalonicum* L.) by Meristem-Tip Culture. *Journal of Horticultural Science*, 62 (2): 211-220.
- Yaralı F, Yanmaz R, 2013. *Allium* Türlerinin Islahında Haploidi Tekniğinden Yararlanma. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (2): 45-52.
- Yasseen MY, Splittstoesser WE, Litz RE, 1994. *In Vitro* Shoot Proliferation and Production of Sets From Garlic and Shallot. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 36: 243-247.
- Yulianingsih R, Hidayat SH, Dinarti D, 2019. Elimination of Garlic Common Latent Virus from Garlic Through Meristem Culture and Thermotherapy. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1): 12-28.
- Zahedi B, Mosahebi G, Zamani Z, Kashi A, 2010. Elimination of Potyviruses from Two Commercial Iranian Garlic (*Allium Sativum* L.) Populations Through Thermotherapy and by Meristem Tip Culture. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 41(2): 345-352.