



Makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) çeşitlerinin doku kültürü parametrelerine tepkisi

Response of some durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes on tissue culture parameters

Berk BENLİOĞLU^{id}, Nilüfer KOÇAK^{id}, Melehat AVCI BİRSİN^{id}

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar (Corresponding author): B. Benlioğlu, e-posta (e-mail): benliogluberk@hotmail.com

Yazar(lar) e-posta (Author e-mail): nkocak@ankara.edu.tr, mbirsin@yahoo.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 10 Temmuz 2019
Düzeltilme tarihi 28 Şubat 2020
Kabul tarihi 28 Şubat 2020

Anahtar Kelimeler:

Embriyo kültürü
Genotipik etki
Makarnalık buğday
Triticum durum
Rejenerasyon

ÖZ

Bu çalışmada Türkiye makarnalık buğday tarımında öneme sahip ve biyotik-abiyotik stres faktörlerine yüksek adaptasyon özelliklerinden dolayı ıslah programlarında ebeveyn olarak yararlanılan 13 makarnalık buğday genotipi (Altın 40/98, Ankara 98, Berkmen-469, Çeşit 1252, Eminbey, İmren, Kızıltan-91, Kunduru 414/44, Kunduru 1149, Meram 2002, Mirzabey 2000, Selçuklu 97, Yelken 2000) kullanılmıştır. Bu genotiplerin, kallus kültürü parametrelerine olan tepkileri belirlenerek biyoteknolojik karakterizasyonları yapılmıştır. Olgun embriyoların kullanıldığı çalışmada, steril koşullarda tohumlardan çıkartılan embriyolar 2 mg l⁻¹ 2,4-D ve MS mineral maddelerini içeren katı besin ortamında kültüre alınmıştır. Gelişen kalluslar, sürgün ve kök oluşturabilmeleri için hormon içermeyen MS ortamına transfer edilmiştir. 13 makarnalık buğday genotipinin olgun embriyoları karşılaştırıldığında; kallus ağırlığı, rejenerasyon kapasitesi ve kültür etkisi parametrelerinde genotipler arasındaki farkın P<0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Test edilen 13 makarnalık buğday genotipinden Berkmen-469, Kızıltan-91 ve Eminbey en yüksek rejenerasyon kapasitesi ve kültür etkisi değerlerinin oluşturarak, rejenerasyon yeteneği en yüksek kallusları meydana getirmişlerdir. Bu genotiplerin doğrudan gen aktarılabilme potansiyellerinin diğer genotiplere göre daha yüksek olduğu ve önümüzdeki dönemlerde biyoteknolojik yöntemlerle dayanıklı çeşit geliştirilmesine taban oluşturabilecek genotipler olduğu belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

Received 10 July 2019
Received in revised form 28 February 2020
Accepted 28 February 2020

Keywords:

Embryo culture
Genotypic effect
Durum wheat
Triticum durum
Regeneration

ABSTRACT

The research was carried out using 13 durum wheat genotypes Altın 40/98, Ankara 98, Berkmen-469, Çeşit 1252, Eminbey, İmren, Kızıltan-91, Kunduru 414/44, Kunduru 1149, Meram 2002, Mirzabey 2000, Selçuk 97, Yelken 2000 that are important in breeding programs as parents due to their tolerance against biotic-abiotic stresses and high adaptation features. Biotechnological characterization of these genotypes was made by determining their responses to callus culture parameters. The study used mature embryos, obtained from their seeds under sterile conditions that were cultured on agar solidified MS medium containing 2 mg l⁻¹ 2,4-D. The developed calli were transferred to MS medium without any hormones to form shoots and roots and were compared among themselves with significant difference among genotypes in the parameters of callus weight, regeneration capacity (%) and culture effect at the level of P<0.01. Berkmen-469, Kızıltan-91 and Eminbey had the highest regeneration capacity and culture effect values among 13 durum wheat genotypes that induced maximum callus regeneration. These genotypes were found to have higher genetic transformation ability and could form the basis for the development of resistant varieties with biotechnological methods in future.

1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde en fazla kültürü yapılan bitki olan buğday, insan beslenmesinin temelini oluşturmaktadır. Buğday; ekmek, makarna, bulgur, irmik, bisküvi gibi gıda maddelerinin üretiminde kullanılmaktadır. Adaptasyon sınırları geniş ve birim alan verimi daha yüksek olduğu için toplam buğday ekim alanların büyük bir kısmını ekmeçlik buğdaylar oluşturur. Makarnalık buğday ise daha özel iklim koşullarına gereksinim duyduğundan daha dar alanlarda üretilmektedir. Ülkemizde 2019 yılında yaklaşık 7.3 milyon ha olan toplam buğday ekim alanının 1.2 milyon ha'lık kısmını makarnalık buğdaylar kapsamaktadır. 2004 yılında 2.1 milyon ha olan makarnalık buğday ekim alanında son 15 yılda dramatik bir düşüş gerçekleşmiştir (TÜİK 2019). Türkiye makarnalık buğdayın gen merkezlerindedir ve ekolojik olarak kaliteli makarnalık buğday üretimine son derece uygundur (Bozkurt 2012). Dünya'nın önemli makarnalık buğday üretici ülkelerinden biri olan Türkiye makarna üretiminde de öncülüklerindedir ve 797.966 ton ile Dünya'da İtalya'dan sonra en fazla makarna ihracatı gerçekleştiren ülke konumundadır (FAO 2019).

Yeryüzünde ekim alanlarının marjinal sınırlara ulaşması, tarım alanlarının amaç dışı kullanılması, yanlış tarımsal uygulamalar ve erozyon sonucu tarım alanlarının verimsizleşmesi işlenen tarım alanlarını daraltmaktadır. Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak tarım alanlarının azalması, artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması için birim alan veriminin artırılması zorunludur. Bunun için ise; abiyotik ve biyotik streslere toleranslı ve kaliteli yeni çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Klasik bitki ıslahı yöntemlerinin uzun yıllar sürmesi ve yoğun iş gücü gerektirmesi yeni çeşitlerin geliştirilmesini sınırlandıran en önemli bir faktördür. Biyoteknolojik yöntemlerin gelişmesi klasik ıslahı yöntemlerinde zamandan büyük ölçüde kazanıma ve uygulamada karşılaşılan sorunların aşılmasına olanak sağlamıştır. Bilindiği gibi biyoteknolojik yöntemlerin ilk aşaması doku kültürüdür. Doku kültüründe temel amaç, sağlıklı ve yüksek oranda bitki rejenerasyonu ve hızlı çoğaltımın yapılabilmesidir. Biyoteknolojik tekniklerden yararlanılarak gen aktarmada önemli bir aşama olan kallus oluşumu ve bitki rejenerasyonunda başarı başta genotip olmak üzere kültür ortamının içeriği, eksplant kaynağı ve büyüme düzenleyicilerinin miktar ve yapısı gibi birçok faktöre bağlıdır (Tuberosa ve ark. 1988; Ahmet ve Adak 2007; Farshadfar ve ark. 2012a; Mahmood ve ark. 2012; Özgen ve ark. 2017; Miroshnichenko ve ark. 2019). Transgenik hatların transformasyonu ve gelişiminin başarılı olabilmesi için rejenerasyon yeteneği yüksek genotiplerin olması gereklidir (Swati ve ark. 2019). Buğday transformasyon çalışmalarında, doku kültüründe olumlu yanıt veren bir veya iki spesifik buğday genotipi kullanılmaktadır (Witrens ve ark. 1998). Bu genotipik bağımlılığı ortadan kaldırmak için buğday çeşitlerinin gen aktarılabilirliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de makarnalık buğday tarımında önemli, adaptasyon alanı geniş, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine toleranslı ve ıslah programlarında anaç olarak kullanılan 13 makarnalık buğday çeşidinin olgun embriyolarını kullanarak bu çeşitlerin kallus oluşumu ve bitki rejenerasyonu yeteneğini belirlemek ve olası gen aktarma çalışmaları için potansiyellerini saptamaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma 2018-2019 sezonunda yürütülmüştür. Materyal olarak Türkiye'de yetiştirilen ve genitör olarak önem taşıyan 13 adet makarnalık buğday çeşidinin (Altın 40/98, Ankara 98, Berkmen-469, Çeşit 1252, Eminbey, İmren, Kızıltan-91, Kunduru 414/44, Kunduru 1149, Meram 2002, Mirzabey 2000, Selçuklu 97, Yelken 2000) olgun embriyoları kullanılmıştır. Olgun tohumlar Türkiye Tohum Gen Bankası'ndan temin edilmiştir.

Olgun tohumlar sterilizasyon için %70'lik (v/v) alkolde 5 d temizlenmiş ve steril saf su ile yıkanmış, daha sonra %5'lik sodyum hipokloritte (NaClO) 30 d muamele edilip, birkaç kez steril saf su ile durulanmıştır. Yüze sterilizasyonu tamamlanan tohumlar 33°C'deki su banyosunda 2 saat bekletilerek yumuşatılmıştır. Kallus oluşumu için embriyolar; 2 mg l⁻¹ 2,4-D, MS (Murashige ve Skoog 1962), 20 g l⁻¹ sakkaroz ve 7 g l⁻¹ agar içeren besin ortamlarına kalkancık yukarı bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Petri kallus oluşumu için 25±1°C'de karanlıkta inkübatörlerde 15 gün bekletilmiştir. Bu süre sonunda kallus oluşum oranı ve kallus ağırlığı parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen kalluslar sürgün oluşumu için MS-0 besi ortamına aktarılarak 4 hafta 25±1°C'de 16 saat aydınlık (1500 lux)/8 saat karanlıkta bırakılmıştır (Özgen ve ark. 2017). Ardından rejeneren olan kalluslar daha iyi gelişebilmeleri için MS-0 ortam içeren jarlara aktarılmış ve 25±1°C'de 16 saat aydınlık (1500 lux) / 8 saat karanlıkta rejenerantların gelişmeleri sağlanmıştır. Bu süre sonunda rejeneren olan kalluslar sayılarak "Rejenerasyon Kapasitesi" ve "Kültür Etkisi" parametreleri saptanmıştır (Özgen ve ark. 1998).

Kallus oluşumu (%), kültürün 15. gününde her petride kallus oluşturan embriyoların sayısının toplam embriyo sayısına oranlanmasıyla; kallus ağırlığı (g) ise kültürün 15. gününde embriyolarda oluşan kallusların tartılmasıyla bulunmuştur. Rejenerasyon kapasitesi (%), rejeneren olan kallusların oluşan kallus sayısına oranlanmasıyla ve kültür etkisi (%) ise, rejeneren olan kallusların kültüre alınan embriyo sayısına oranıyla elde edilmiştir (Sayar ve ark. 1999).

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı kurulmuştur. Her uygulama için petri kaplarına 10'ar adet olgun embriyo yerleştirilmiştir. Elde edilen veriler JMP-12 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiş, çeşitler arasındaki farklılığın belirlenmesi için de Duncan testi yapılmıştır (Steel ve ark. 1980).

3. Bulgular ve Tartışma

Makarnalık buğdayda olgun embriyo kültüründe incelenen parametrelerden elde edilen verilerle yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre; kallus oluşumu bakımından istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmazken, kallus ağırlığı, rejenerasyon kapasitesi ve kültür etkisi parametrelerinde çeşitler arasındaki farklılık istatistiki olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Çeşitlerin incelenen parametrelerdeki ortalama değerleri ve çeşitler arasındaki farklılığın belirlenmesi için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Olgun embriyolardan kallus oluşumunun başlaması kültürün 4. gününde gerçekleşmiştir. Çeşitlerden, beyaz renkli, gevşek-sulu ve koyu krem renkli, kompakt-katı olmak üzere iki

Çizelge 1. Makarnalık buğday genotiplerinin doku kültürü parametrelerine tepkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Table 1. Variance analysis results for the durum wheat genotypes in response to tissue culture parameters.

Varyasyon Kaynakları	SD	F Değerleri			
		Kallus oluşumu	Kallus Ağırlığı	Rejenerasyon Kapasitesi	Kültür Etkisi
Genotip	12	0.649 ns	23.963**	5.425**	3.269**
Hata	26	-	-	-	-
Toplam	38	-	-	-	-

ns: istatistiki olarak önemli değil, **: P<0.01 düzeyinde önemli.

ns: not statistically significant, **: P<0.01 significantly different at the 0.01 probability level.

Çizelge 2. Makarnalık buğday genotiplerinin doku kültüründeki ortalama değerleri.

Table 2. The mean values of durum wheat genotypes in tissue culture.

Genotipler	Kallus Tipi	Kallus oluşumu (%)	Kallus Ağırlığı (g)	Rejenerasyon Kapasitesi (%) ¹	Kültür Etkisi (%) ²
Altın-40/98	L	100.0	1.180 a ³	66.6 fg	66.6 c-e
Ankara-98	L	100.0	1.306 a	70.0 d-g	70.0 c-e
Berkmen-469	C	96.7	0.494 g	100.0 a	96.7 a
Çeşit -1252	L	96.7	0.810 cd	85.9 a-d	80.0 a-d
Eminbey	C	96.7	0.744 de	86.3 a-c	80.0 a-d
İmren	C	96.7	0.632 e-g	68.50 e-g	66.7 c-e
Kızıltan-91	C	93.3	0.677 d-f	96.3 ab	90.0 ab
Kunduru -1149	L	100.0	0.890 bc	66.6 fg	66.6 c-e
Kunduru-414/44	C	96.7	0.558 fg	75.9 c-f	73.3 b-e
Meram-2002	L	96.7	0.924 bc	58.9 g	56.7 de
Mirzabey	L	100.0	0.973 b	63.3 fg	63.3 de
Selçuklu	L	96.7	0.798 cd	83.3 b-e	80.0 a-d
Yelken -2000	L	96.7	0.730 c-g	68.9 e-g	80.0 a-d
Ortalama		97.4	0.825	74.8	76.21

L: Gevşek ve sulu tip, C: Kompakt ve nodular tip, ¹: (Rejenerasyon kallus sayısı) / (Oluşan kallus sayısı) x 100, ²: (Rejenerasyon kallus sayısı) / (Kültüre alınan eksplant sayısı) x 100, ³: Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemsizdir.

L: Loose and fragile type, C: Compact and nodular type, ¹: Number of regenerable calli (Nodular calli with green spots) / number of calli induced x 100, ²: (Number of regenerable calli) / (Number of embryos cultured) x 100, ³: The average values assigned the same letters are statistically insignificant.

formda kallus oluşumu gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Kültürün 15. gününde çeşitlerin kallus oluşumu ve kallus ağırlıkları hesaplanmıştır ve kallusların ortalama çapları 5-6 mm olarak ölçülmüştür. Denemelerde kullanılan çeşitlerin hepsi yüksek oranda kallus oluşturmuş olup ortalamaları %93.3 ve %100 arasında değişmiştir (Çizelge 2).

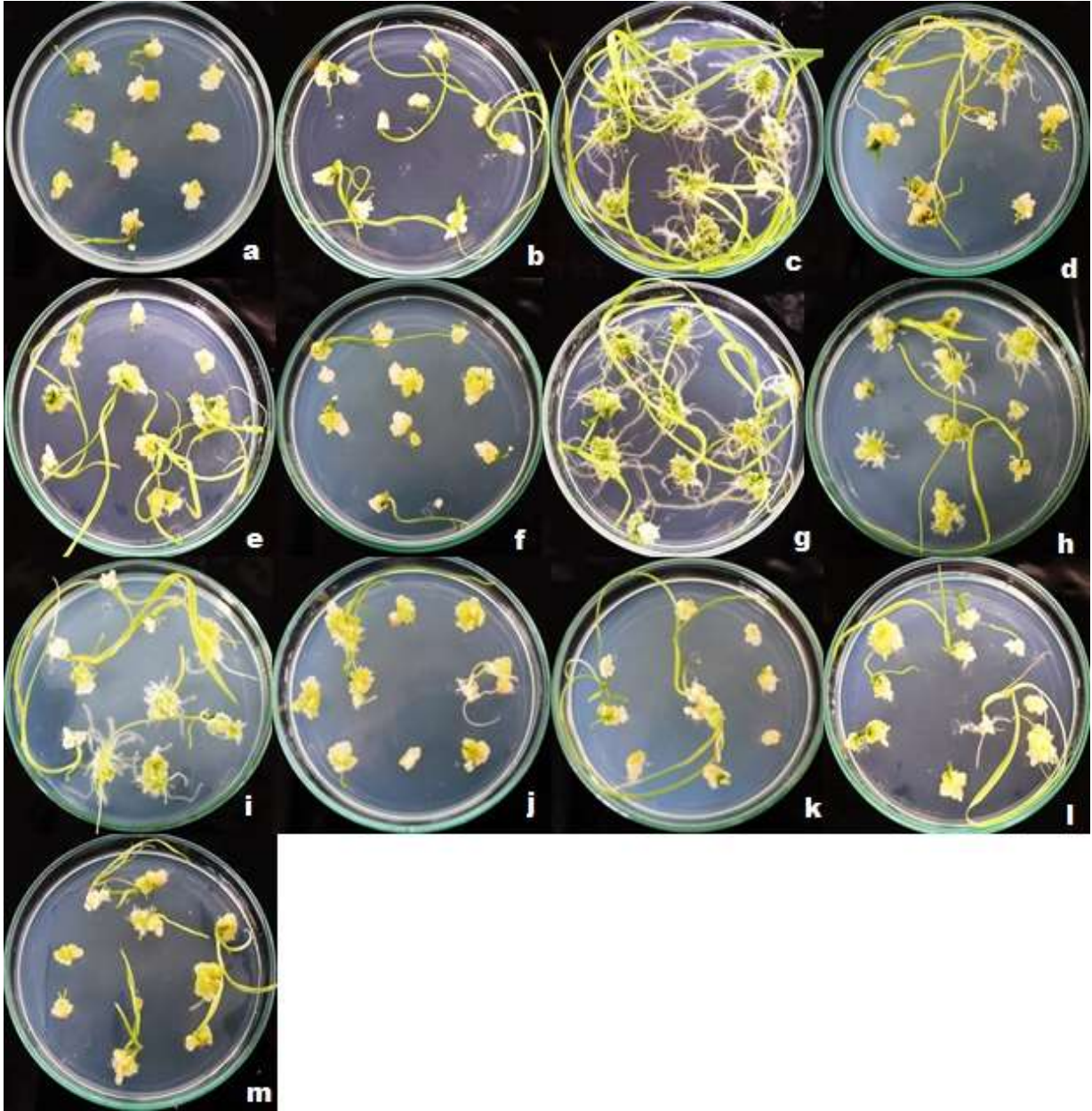
Kallus ağırlığı bakımından; çeşitlerin ortalaması 0.825 g olarak hesaplanmıştır. Ankara-98, 1.306 g ile en yüksek ağırlığı oluştururken, Berkmen-469 çeşidi ise 0.494 g ile en az ağırlığına sahip olmuştur. Duncan sınıflandırmasına göre çeşitler 5 farklı sınıf oluşturmaktadır (Çizelge 2). Çeşitlerin oluşturdukları kallus miktarına genotipik etkinin yüksek olduğu elde edilen sonuçlar ile anlaşılmaktadır.

Kültür başlangıcından 15 gün sonra rejenerasyon ortamına aktarılan kalluslarda, 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyod koşullarında 2-3 gün içerisinde yeşil noktacıklar oluşmaya başlamıştır (Şekil 1). Rejenerasyon kapasiteleri bakımından çeşitler karşılaştırıldığında; en yüksek rejenerasyon kapasitesinin %100 ile Berkmen-469 çeşidinde, en düşük rejenerasyonun ise %66.6 ile Altın-40/98 çeşidinde olduğu görülmektedir. Çeşitlerin ortalama rejenerasyon kapasitesi ise %74.8 olarak hesaplanmıştır. Çeşit ortalamalarının karşılaştırıldığı Duncan testinde ise beş farklı grup ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Genotiplerin rejenerasyon yeteneklerinin oluşturdukları kallus tipine bağlı olarak değişiklik gösterdiği, krem renkli ve katı kallusların daha fazla rejenerasyon olduğu belirlenmiştir. Bu veriler; rejenerasyon kapasitesinin genotipe bağlı olarak önemli oranda değiştiğini göstermektedir. Bulgularımız; ekmeclik buğdayda (Özgen ve ark. 2001; Zale ve ark. 2004; Ahmet ve Adak 2007; Farshadfar ve ark. 2012a;

Farshadfar ve ark. 2012b; Delporte ve ark. 2014; Aadel ve ark. 2016; Malik ve ark. 2017; Jasdeep ve ark. 2019), makarnalık buğdayda (Özgen ve ark. 1996; Bajji ve ark. 2000; Gonzales ve ark. 2001; Pellegrineschi ve ark. 2004; Grigoryeva ve Shletser 2006; İbrahim 2012; Hakam ve ark. 2014), arpada (Przetakiewicz ve ark. 2003), yulafta (Birsin ve ark. 2001) ve tritikalede (Birsin ve Özgen 2004) yapılan doku kültürü çalışmalarında rejenerasyon kapasitesinin genotipten önemli ölçüde etkilendiğini gösteren sonuçlarla uyumludur.

Kültür etkisine göre makarnalık buğday çeşitleri karşılaştırıldığında; en düşük oranın %66.6 ile Altın-40/98 çeşidinde, yüksek oranın ise %96.7 ile Berkmen-469 çeşidinde olduğu görülmektedir. Çeşitlerin ortalamaları %76.2 olarak hesaplanmıştır. Duncan gruplandırmasında çeşitler 7 gruba ayrılmıştır. Kültür etkisinin genotipten etkilendiğini gösteren bulgularımız; buğdayda (Özgen ve ark. 2001; Birsin ve ark. 2001; Haliloğlu 2002; Ahmet ve Adak 2007) tritikalede (Birsin ve Özgen 2004) ve aegilopsda (Özgen ve ark. 2017) yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Makarnalık buğdayın olgun embriyolarının kullanıldığı çalışmada doku kültürü parametrelerinden elde edilen veriler arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'te görüldüğü gibi; karakterler arasındaki en yüksek ilişki ($r = 0.889^{**}$ ve $P < 0.01$) rejenerasyon kapasitesi ile kültür etkisi parametreleri arasında ortaya çıkmıştır. Rejenerasyon kapasitesi ile kültür etkisi arasında pozitif ve önemli ilişki olduğunu gösteren bulgularımız, yulafta ($r = 0.678$) (Birsin ve ark. 2001) ve buğdayda ($r = 0.857$) (Acar 2006) elde edilen sonuçlarla



Şekil 1. Makamalık buğday çeşitlerinin olgun embriyo kültüründeki rejenerantları (a: Altın 40/98, b: Ankara-98, c: Berkmen-469, d: Çeşit-1252, e: Eminbey, f: İmren, g: Kızıltan-91, h: Kunderu-1149, i: Kunderu 414/44, j: Meram-2002, k: Mirzabey-2000, l: Selçuklu-97 ve m: Yelken-2000).

Figure 1. Regenerants of durum wheat varieties in mature embryo culture (a: Altın 40/98, b: Ankara-98, c: Berkmen-469, d: Çeşit-1252, e: Eminbey, f: İmren, g: Kızıltan-91, h: Kunderu-1149, i: Kunderu 414/44, j: Meram-2002, k: Mirzabey-2000, l: Selçuklu-97 ve m: Yelken-2000).

Çizelge 3. İncelenen parametreler arasındaki korelasyon katsayısı değerleri.

Table 3. Correlation coefficient values between the examined parameters.

Karakterler	Karakterler arasındaki Korelasyon Katsayısı			
	1	2	3	4
(1) Kallus oluşumu (%)	-	0.339*	-0.239	-0.131
(2) Kallus Ağırlığı (g)	-	-	-0.422*	-0.405*
(3) Rejenerasyon Kapasitesi (%)	-	-	-	0.889**
(4) Kültür Etkisi (%)	-	-	-	-

*, **: istatistikî önemlilik derecesi sırasıyla; P<0.01 ve P<0.05.

*, **: Significantly different from zero at P<0.01 and P<0.05 probability, respectively.

benzerlik göstermektedir. Kallus oluşumu ile kallus ağırlığı arasındaki önemli pozitif ($r= 0.339^*$) ilişki, kallus ağırlığı ile rejenerasyon kapasitesi ($r= -0.422$) ve kallus ağırlığı ile kültür etkisi ($r= -0.405$) parametreleri arasında ise istatistik olarak ($P<0.05$) önemli ve negatif ilişki tespit edilmiştir. Kallus oluşumu ve kallus ağırlığı arasındaki önemli ve olumlu ilişkiyi gösteren bulgularımız, ekmeklik buğdayda ($r= 0.662$) (Ahmet ve Adak 2007), yulafta ($r= 0.870$) (Birsin ve ark. 2001), tritikalede ($r= 0.950$) (Birsin ve Özgen 2004) ve mısırdada (Akinyosoye ve ark. 2014) ve aegilopsda ($r= 0.820$) (Özgen ve ark. 2017) yapılan çalışmalarla örtüşmektedir.

4. Sonuçlar

Sonuç olarak; makarnalık buğdayda olgun embriyoların doku kültürü parametrelerine tepkisini belirlemek için yapılan bu çalışmada, kallus oluşumu, kallus ağırlığı, bitki rejenerasyonu ve kültür etkisi üzerinde genotipin önemli ölçüde etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Genetik mühendisliği teknikleri

ile buğdaya gen aktarma çalışmalarında başarı iyi ve etkili bir rejenerasyon sistemi gerektirmektedir. Olgun embriyo kültürü buğdaya gen aktarma çalışmalarında yeterli rejenerasyon kapasitesi sağlayabilecektir. Bu nedenle, yıl boyunca kolayca bulunabilen olgun embriyolar, buğday doku kültüründe etkili bir eksplant kaynağı olarak kullanılabilir.

Ayrıca denemelerde kullanılan makarnalık buğday çeşitlerinden doku kültürü koşullarında rejenerasyon yeteneği en yüksek olan çeşitlerin sırasıyla; Berkmen-469, Kızıltan-91 ve Eminbey (Şekil 1 ve Şekil 2) olduğu belirlenmiştir. Bu çeşitler, genom düzenleme bileşenlerini veya transgenik dizileri kodlayan yapıların sağlanması için ana hedef olan embriyogenik kallus üretme ve rejenerasyon olabilmeye konusunda kayda değer bir yetenek göstermiştir ve doğrudan gen aktarılabilir potansiyellerinin diğer makarnalık buğday çeşitlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu çeşitlerin biyoteknolojik yöntemlerle dayanıklı çeşit geliştirilmesine taban oluşturabilecek çeşitler olduğu yorumu yapılabilmektedir.



Şekil 2. Makarnalık buğday çeşitlerinin rejenerantları (a: Berkmen-469, b: Kızıltan-91 ve c: Eminbey).

Figure 2. Regenerants of durum wheat cultivars (a: Berkmen-469, b: Kızıltan-91 ve c: Eminbey).

Kaynaklar

- Aadel H, Ahansal K, Udupa SM, Gaboun F, Abdelwahd R, Douira A, İraqi D (2016) Effect of genotypes and culture media on embryogenic callus induction and plantlet regeneration from mature and immature bread wheat embryos. *Agricultural Research* 33: 61-69.
- Acar H (2006) Kışlık buğdayın (*Triticum sp.*) in vitro koşullarda vernalizasyonu. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ahmet H, Adak MS (2007) Irak'ta yetiştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde kallus oluşumu ve bitki rejenerasyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi* 13: 285-292.
- Akinyosoye ST, Adetumbi JA, Amusa OD, Olowolafe MO, Olasoji JO (2014) Effect of seed size on in vitro seed germination, seedling growth, embryogenic callus induction and plantlet regeneration from embryo of maize (*Zea mays L.*) seed. *Nigerian Journal of Genetics* 28(2): 1-7.
- Bajji M, Lutts S, Kinet JM (2000) Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol-induced water deficit in callus cultures issued from durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars differing in drought resistance. *Journal of Plant Physiology* 156(1): 75-83.
- Birsin MA, Önde S, Özgen M (2001) Callus induction and plant regeneration from mature embryos of oat (*Avena sativa L.*). *Turkish Journal of Biology* 25: 427-434.
- Birsin M, Özgen M (2004) A comparison of callus induction and plant regeneration from different embryo explant of Triticale. *Cellular & Molecular Biology Letters* 9: 353-361.
- Bozkurt M (2012) Türkiye dünya durum buğdayı üretiminde üçüncü. *Ekmek, Bisküvi ve Makarna Sektörü İhtisas Dergisi* 1: 74-75.

- Delporte F, Pretova A, Du Jardin, P, Watillon B (2014) Morphohistology and genotype dependence of in vitro morphogenesis in mature embryo cultures of wheat. *Protoplasma* 251: 1455-1470.
- FAO (2019) Plant production statistics. 19 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim 20 Şubat 2019.
- Farshadfar E, Jamshidi B, Cheghamirza K, Hashemzadah H (2012a) Evaluation of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using immature embryo culture. *Annals of Biological Research* 3(1): 330-338.
- Farshadfar E, Jamshidi B, Cheghamirza K, Teixeira da Silva JA (2012b) Evaluation of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using in vivo and in vitro techniques. *Annals of Biological Research* 3(1): 465-476.
- Gonzales JM, Friero E, Jouve N (2001) Influence of genotype and culture medium on callus formation and plant regeneration from immature embryos of *Triticum turgidum* desf. cultivars. *Plant Breeding* 120: 513-517.
- Grigoryeva LP, Shletser IA (2006) Screening wheat cultivars for morphogenesis ability in immature embryo culture in vitro. *Biologia* 3: 64-66.
- Hakam N, Udupa SM, Gaboun F, Rabha A, Ibriz M, Iraqi D (2014) Effect of genotypes and culture media on embryogenic callus induction and plantlet regeneration from mature embryos of durum wheat. *Romanian Agricultural Research* 31: 121-128.
- Haliloğlu K (2002) Wheat immature embryo culture for embryogenic callus induction. *Journal of Biological Sciences* 2(8): 520-521.
- İbrahim AS (2012) An efficient regeneration system via somatic embryogenesis in some Egyptian durum wheat cultivars mediated high-throughput transformation of durum wheat using *Agrobacterium tumefaciens*. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 8(3): 369-384.
- Jasdeep P, Avijit T, Varsha S, Harinder V, Sanjay S (2019) Cultivar specific response of callus induction and plant regeneration from mature embryos in different elite Indian wheat. *Research Journal of Biotechnology* 14(2): 1- 8.
- Mahmood IA, Razaqand Z, Khan U (2012) Evaluation of tissue culture responses of promising wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and development of efficient regeneration system. *Pakistan Journal of Botany* 44(1): 277- 284.
- Malik K, Birla D, Yadav H, Sainger M, Chaudhary D, Jaiwal PK (2017) Evaluation of carbon sources, gelling agents, growth hormones and additives for efficient callus induction and plant regeneration in Indian wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using mature embryos. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 20(3): 185-192.
- Miroshnichenko DN, Klementyeva AA, Salina EA, Dolgov SV (2019) Evaluation of in vitro plant regeneration efficiency in Siberian wheat cultivars. *Current Challenges in Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics and Biotechnology* 24: 126-128.
- Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Özgen M, Türet M, Özcan S, Sancak C (1996) Callus induction and plant regeneration from immature and mature embryos of winter durum wheat genotypes. *Plant Breeding* 115: 455-458.
- Özgen M, Türet M, Altınok S, Sancak C (1998) Efficient callus induction and plant regeneration from mature embryo culture of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Plant Cell Reports* 18(3-4): 331-335.
- Özgen M, Türet M, Avcı M (2001) Cytoplasmic effects on the tissue culture response of callus from winter wheat mature embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 64: 81-84.
- Özgen M, Avcı Birsin M, Benlioğlu B (2017) Biotechnological characterization of a diverse set of wheat progenitors (*Aegilops* sp. & *Triticum* sp.) using callus culture parameters. *Plant Genetic Resources: Characterization & Utilization* 15(1): 45-50.
- Pellegrineschi A, Brito RM, Mclean S, Hoisington D (2004) Effect of 2,4- Dichlorophenoxyacetic acid and NaCl on the establishment of callus and plant regeneration in durum and bread wheat. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 77: 245-250.
- Przetakiewicz A, Orczyk W, Nadolska-Orczyk A (2003) The effect of auxin on plant regeneration of wheat, barley and Triticale. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 73: 245-256.
- Sayar MT, Birsin MA, Ulukan H, Özgen M (1999) Effect of seed size on the tissue culture response of callus from mature embryos of wheat species. *Wheat Information Service* 89: 1-6.
- Steel RG, Torrie JH, Dickey DA (1980) Principles and procedures of statistics: a biometrical approach (Vol. 633). New York, USA: McGraw-Hill, New York.
- Swati S, Priya AK, Manoj KY (2019) Development of drought tolerant wheat through mutagenic and plant tissue culture tools. *International Research Journal of Biological Sciences* 1: 4-12.
- Tuberosa R, Rauaglia S, Lucchese C (1998) Callus induction and plant regeneration in Italian cultivars of bread wheat. *Agricultural Medicine* 18: 361-365.
- TUİK (2019) "Bitkisel Üretim İstatistikleri". <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim 20 Şubat 2019.
- Witizens B, Brettell RI, Murray FR, McElroy D, Li Z, Dennis ES (1998) Comparison of three selectable marker genes for transformation of wheat by microprojectile bombardment. *Functional Plant Biology* 25(1): 39-44.
- Zale JM, Wier HB, Kidwell KK, Steber CM (2003) Callus induction and plant regeneration from mature embryos of a diverse set of wheat genotypes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 76: 277-281.