

Orta Kelkit Vadisi Ceviz (*Juglans regia* L.) Genotiplerinde Meyve Özelliklerine Dayalı Çeşitliliğin Çok Değişkenli Analizlerle İncelenmesi

Ahmet SÜMBÜL

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Suşehri Timur Karabal Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Sivas, Türkiye

asumbul3188@gmail.com (Sorumlu yazar)

Özet

Bu çalışmada, Orta Kelkit Vadisinde tohumdan yetişen ceviz genotiplerinin meyve ve yaprakçık özellikleri çok değişkenli analizler ile değerlendirilmiştir. Genotiplerin meyve ve yaprakçık özellikleri geniş bir varyasyon göstermiştir. Ceviz ıslahında önemli kalite kriterlerinden olan özelliklerden, kabuklu meyve ağırlığı 5.57-16.73 g arasında, kabuk kalınlığı 1.02-2.04 mm arasında, iç meyve ağırlığı 2.64-8.16 g arasında ve iç meyve oranı %40.46-%64.33 arasında belirlenmiştir. Genotiplerin çeşitliliğini ortaya koymak için kullanılan temel bileşen analizi (TBA) ve heatmap hiyerarşik kümeleme analizi, genotipleri meyve özelliklerine göre ayırt etmede etkili olmuştur. TBA'ne göre, üç temel bileşen (eigen değeri $\geq 1,00$) toplam varyasyonun %66,82'sini açıklamıştır. Heatmap hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarına göre genotipler iki ana gruba ayrılmıştır. Ceviz genotiplerine ait çalışma sonuçları gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterici niteliktedir.

Anahtar kelimeler: *Juglans regia* L., Temel bileşen analizi, Heatmap analizi, Genetik çeşitlilik, Morfolojik özellikler.

Investigation of Diversity Based on Fruit Characteristics in Middle Kelkit Valley Walnut (*Juglans regia* L.) Genotypes with Multivariate Analysis

Abstract

In this study, fruit and leaflet characteristics of walnut genotypes grown from seed at the Middle Kelkit Valley were evaluated with multivariate analysis. Fruit and leaflet characteristics of genotypes showed wide variation. Among the important quality criteria in walnut breeding, nut weight ranged from 5.57 to 16.73 g, shell thickness ranged from 1.02 to 2.04 mm, kernel weight ranged from 2.64 to 8.16 g and kernel ratio ranged from 40.46% to 64.33%. Principal component analysis (PCA) and heatmap hierarchical clustering analysis, used to reveal the diversity of genotypes, were effective in distinguishing genotypes according to fruit characteristics. According to PCA, three principal components (eigen value ≥ 1.00) explained 66.82% of the total variation. According to the results of heatmap hierarchical clustering analysis, genotypes were divided into two main groups. The study results on walnut genotypes provide guidance for future studies.

Key words: *Juglans regia* L., Principal component analysis, Heatmap analysis, Genetic diversity, Morphological characteristics.

Giriş

Türkiye, dünyadaki biyoçeşitlilik merkezlerinin (İran-Turan, Akdeniz ve Avrupa-Sibirya) kesişim noktasında bulunduğu için bitki genetik kaynakları açısından dünyada özel bir konuma sahiptir ve birçok meyve türünün anavatanıdır (Sümbül vd. 2023). Bu meyve türlerinden biride *Juglans* cinsi içerisinde yer alan cevizdir (*Juglans spp.*)'dir. Dünya üzerinde bilinen 21 ceviz türü vardır. Anadolu cevizi, İran cevizi ve İngiliz cevizi olarak tanımlanan *Juglans regia* L., dünya üzerinde en çok üretimi yapılan ceviz türüdür (Şen, 1986). Ceviz, ağacı, meyvesi, yaprağı ve kerestesi ile hem çeşitli sektörlerde ham madde sağlamakta hem de çeşitli şekillerde işlenerek gıda sektöründe kullanılmasıyla insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Monoik çiçek yapısına sahip olan cevizlerde dikogami görülmektedir. Bu nedenle cevizlerde

görülen açık tozlaşma, ceviz ıslahında yeni çeşitler elde etmek için uygun fırsatlar sağlayan önemli bir genetik çeşitlilik kaynağı meydana getirmektedir (Cosmulescu ve Botu, 2012). Tür içindeki zengin çeşitlilik üstün özelliklere sahip bireylerin seçilmesinde kolaylıklar sağlamaktadır. Ceviz germplazm kaynaklarının araştırılması ve değerlendirilmesi gelecekte yapılacak ıslah programları için önemlidir. Farklı coğrafi bölgelerdeki geniş genetik çeşitlilik, ıslah programlarında kullanılabilecek genotipleri seçme fırsatı sunarak genetik erozyonu önler (Rezaei vd., 2018). Germplazm kaynaklarının farklı özelliklerinin belirlenmesi ıslah açısından yararlı genetik kaynakların seçilmesinde fayda sağlar (Uzun vd., 2017). Genetik çeşitlilik içeren germplazmalarının tanımlanması ve korunması, istenen özelliklere

sahip bir gen havuzunun oluşturulmasını sağlayabilir. Bu durum araştırmacıların gelecekte daha hassas ve hızlı bir ıslah süreci yürütmesine olanak tanıyabilir (Vahdati vd., 2019). Islah programlarında zamandan tasarruf sağlamak ve istenilen özelliklerde yeni çeşitler elde etmek için uygulanan en önemli strateji, çeşitlilik ve orijin merkezlerindeki germplazmalarının taranmasıdır. Nitekim ceviz germplazmaları üzerine Hindistan (Shah vd., 2021), Türkiye (Gerçekcioğlu vd., 2020; Bayazit vd., 2024), İran (Einollahi ve Khadivi, 2024) ve Pakistan (Hussain vd., 2016) ve İtalya (Poggetti vd., 2017) gibi birçok ülkede çalışmalar yürütülmüştür.

Ceviz yetiştiriciliğinde genetik materyalin orijinal olması ve bu materyallerin genetik ilişkilerinin ortaya konulması oldukça önemlidir (Yıldız vd., 2021). Morfolojik tanımlayıcılar genellikle germplazm çeşitliliğini değerlendirmek için faydalıdır. Genetik kaynakları değerlendirme ve tanımlamadaki ilk adım, farklı büyüme koşulları için üstün genotiplerin seçilebilmesi için morfolojik tanımlayıcılar kullanmaktır (Shah vd., 2023). Bu nedenle morfolojik karakterler, ümitvar genotiplerin seçilmesi ve sınıflandırılması için bir seçenek olarak düşünülmektedir (Skender vd., 2020).

Ülkemizde, cevizlerde açık tozlaşmanın yaygın olarak görülmesinden ve tohumdan yetiştirilmesinden (Orhan vd., 2020) kaynaklı olarak geniş bir genetik zenginlik vardır. Türkiye'nin sahip olduğu bu genetik zenginlik ıslah çalışmaları için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Orta Kelkit Vadisinde (Suşehri, Akıncılar, Koyulhisar ve Şebinkarahisar) tohumdan yetişen ceviz popülasyonu içerisinde meyve kalitesi bakımından üreticiler tarafından tercih edilen ceviz genotiplerinin çeşitliliği çok değişkenli analizler ile açıklanmıştır.

Materyal ve Yöntem **Bitki materyali**

Çalışmanın materyalini Orta Kelkit Vadisinde (Koyulhisar, Suşehri, Şebinkarahisar ve Akıncılar ilçeleri) tohumdan yetişen ceviz popülasyonu içerisinde meyve kalite özellikleri bakımından bölge halkı tarafından tercih edilen genotipler oluşturmuştur. Çalışmada, Koyulhisar (G1, G2, G3, G4, G5 ve G6), Suşehri (G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13 ve G14), Şebinkarahisar (G15, G16, G17, G18, G19, G20, G21, G22 ve G23) ve Akıncılar (G24, G25, G26, G27, G28 ve G29) yörelerinden toplanan toplam 29 adet ceviz genotipi değerlendirmeye alınmıştır.

Meyve analizleri

Çalışma kapsamında, yöre halkı ile görüşmeler neticesinde verimlilik, meyve iriliği, meyve tadı ve kabuk kalınlığı açısından üstün ve farklı olan 29 adet

ceviz genotipinden meyve örnekleri alınmıştır. Hasat kriteri olarak meyvelerin yeşil kabuklarının büyük oranda kabuktan ayrılması kabul edilmiştir. Analizler üç tekerrürlü olarak planlanmış ve analizler her tekerrürde 30 adet meyvede gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında, meyve örnekleri ağacın farklı yönlerinden alınmıştır. Toplanan meyve örnekleri hızla dış kabuklarından ayrılmıştır. Bu örnekler doğal kuruma sağlanması amacıyla gölgede saklanmıştır. Kurutma işlemi tamamlanan meyvelerde gerekli ölçümler yapılmıştır. Kabuklu meyve ve iç meyve ağırlığı ölçümleri ± 0.01 gr hassasiyetli hassas terazi kullanılarak yapılmıştır. Kabuklu meyve eni, kabuklu meyve boyu, kabuklu meyve yüksekliği ve kabuk kalınlığı değerleri 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. İç meyve oranı, iç meyve ağırlığının kabuklu meyve ağırlığına oranlanması ile % olarak hesaplanmıştır. Cevizlerin kabuk ve iç renk ölçümleri (L^* , a^* ve b^*) el tipi renkölçer ile yapılmıştır.

Yaprak analizleri

Genotipin yaprak özelliklerini belirlemek için üç tekerrürlü ve her tekerrürde 30 adet yaprak olacak şekilde örnekleme yapılmıştır. Yapraklar büyümesini tam olarak tamamladığı eylül ayının başında rastgele olarak toplanmıştır. Genotiplerin yaprak eni ve yaprak boyu yaprakçıklarda cetvel yardımıyla belirlenmiştir.

Verilerin analizi

Genotiplere ait verilerin istatistiksel analizi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey Testi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmada incelenen özelliklerin etkinliğini ve genotiplerin çeşitliliğini ortaya koyabilmek için TBA ve heatmap hiyerarşik kümeleme analizi JMP Pro 17 istatistiksel paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Heatmap hiyerarşik kümeleme analizi Öklid uzaklık katsayılarına dayalı Ward yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Meyve özellikleri

Varyans analizi sonuçlarına göre, ceviz genotiplerinin meyve özellikleri önemli farklılıklar göstermiş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Ceviz genotiplerinin kabuklu meyve ağırlığı 5.57 g (G2) - 16.73 g (G13) arasında değişiklik göstermiştir. Kabuklu meyve ağırlığı bakımından G14 (15.12 g), G23 (14.59 g), G9 (13.87 g) ve G3 (13.51 g) ön plana çıkan diğer genotipler olmuştur. İç meyve ağırlığı 2.64 g (G2) - 8.16 g (G3) arasında değişiklik göstermiştir. G23 (8.10 g) ve G13 (7.97 g) diğer en yüksek iç meyve ağırlığına sahip genotiplerdir. İç meyve oranı %40.46 (G8) - %64.33 (G27) arasında

değişmiştir. G28 (%63.28), G22 (%62.04), G29 (%60.48), G3 (%60.41) ve G15 (%60.16) genotipleri iç meyve oranı ile ön plana çıkan diğer genotipler olmuştur.

Çizelge 1. Ceviz genotiplerinin meyve ve yaprak özellikleri

Table 1. Fruit and leaf characteristics of walnut genotypes

Genotip	Kabuklu Meyve Ağırlığı (g)	Kabuklu Meyve Eni (mm)	Kabuklu Meyve Boyu (mm)	Kabuklu Meyve Yüksekliği (mm)	Kabuk Kalınlığı (mm)	İç Meyve Ağırlığı (g)	İç Meyve Oranı (%)	Yaprakçık Eni (cm)	Yaprakçık Boyu (cm)
G1	8.48±0.35 l	28.11±1.10 i-k	30.95±1.13 k	31.70±0.40 gh	1.33±0.03 h-k	4.68±0.40 kl	55.14±2.41 e-g	5.16±0.47 k	12.25±0.58 lm
G2	5.57±0.33 n	24.16±0.05 p	33.07±0.52 h-j	26.33±0.52 o	1.37±0.09 g-k	2.64±0.31 q	47.35±2.66 m	5.95±0.10 c-e	12.11±0.35 m
G3	13.51±0.24 c	34.08±0.93 a	39.20±1.50 ab	35.29±0.61 d	1.26±0.06 j-m	8.16±0.27 a	60.41±0.91 b-d	5.17±0.10 jk	12.44±0.49 k-m
G4	7.59±0.23 m	26.08±0.64 m-o	31.20±1.13 k	27.87±0.40 n	1.46±0.01 e-h	3.72±0.28 op	49.03±2.23 k-m	5.77±0.21 e-g	13.44±0.38 g-i
G5	10.73±0.72 f	28.36±0.56 ij	31.87±0.42 i-k	32.65±0.83 fg	1.71±0.10 bc	5.76±0.13 g-i	53.77±2.88 f-i	6.54±0.12 b	14.49±0.50 c-f
G6	8.79±0.36 kl	28.76±0.61 h-j	34.38±1.08 f-h	30.46±0.12 ij	1.61±0.03 cd	4.28±0.15 l-n	48.68±0.38 lm	6.35±0.09 b	12.46±0.26 j-m
G7	12.05±0.49 e	32.15±0.67 cd	36.14±0.77 de	33.14±0.57 ef	1.37±0.05 g-k	6.79±0.29 cd	56.33±0.66 ef	5.90±0.06 c-f	12.59±0.47 j-m
G8	10.36±0.85 f-h	32.69±1.18 bc	31.87±1.12 i-k	35.38±0.74 cd	1.70±0.17 bc	4.19±0.38 l-o	40.46±0.96 n	5.69±0.48 e-h	13.24±0.60 h-j
G9	13.87±0.40 c	34.14±1.64 a	39.97±2.11 a	38.75±1.18 a	1.55±0.07 d-f	7.44±0.40 b	53.68±2.43 f-i	5.63±0.10 e-i	14.11±0.23 e-g
G10	7.65±0.19 m	26.76±0.32 l-n	29.18±0.12 l	28.36±0.47 mn	1.38±0.03 g-j	3.96±0.24 n-p	51.77±2.28 h-k	7.38±0.35 a	15.00±0.41 bc
G11	7.55±0.16 m	24.93±0.33 op	28.20±1.18 lm	28.18±0.12 mn	1.52±0.02 d-g	3.57±0.17 p	47.33±1.39 m	5.66±0.22 e-i	10.64±0.14 n
G12	9.49±0.66 i-k	29.06±1.00 g-i	31.06±2.09 k	32.39±0.60 fg	1.22±0.08 k-m	5.28±0.41 ij	55.64±0.48 ef	5.54±0.17 f-i	10.97±0.29 n
G13	16.73±0.13 a	33.40±1.12 ab	40.81±0.75 a	36.74±0.84 b	2.04±0.16 a	7.97±0.12 a	47.65±0.53 m	5.53±0.05 g-j	11.93±0.53 m
G14	15.12±0.72 b	32.66±0.26 bc	37.88±0.62 bc	36.26±0.35 bc	1.76±0.06 b	7.88±0.53 ab	52.12±1.08 g-j	6.38±0.16 b	12.22±0.62 lm
G15	9.41±0.31 i-k	28.32±0.11 ij	33.95±1.03 gh	30.04±0.33 jk	1.16±0.04 l-n	5.66±0.13 g-i	60.16±1.62 cd	5.16±0.31 k	14.12±1.55 d-g
G16	12.77±0.18 d	32.07±0.49 cd	36.42±0.45 c-e	31.31±0.07 h	2.03±0.17 a	6.31±0.20 d-f	49.45±1.23 j-m	6.23±0.24 bc	14.86±0.31 b-e
G17	7.18±0.34 m	27.10±0.59 k-m	27.44±0.61 m	29.42±1.27 kl	1.15±0.08 l-n	4.13±0.22 m-o	57.44±0.65 de	5.88±0.32 c-g	12.03±0.25 m
G18	8.85±0.18 kl	27.78±0.08 j-l	31.66±0.74 jk	30.02±0.55 jk	1.27±0.09 i-l	4.98±0.26 jk	56.28±2.33 ef	6.56±0.04 b	14.28±0.10 c-f
G19	7.56±0.38 m	25.86±0.14 no	28.85±0.50 lm	26.36±0.16 o	1.60±0.04 c-e	3.86±0.07 n-p	51.20±3.58 i-l	5.31±0.35 i-k	13.17±0.47 h-k
G20	9.66±0.25 h-j	31.90±0.80 cd	37.28±1.49 cd	33.92±0.52 e	1.48±0.07 d-g	4.99±0.24 jk	51.65±1.24 h-l	6.39±0.17 b	13.22±0.45 h-k
G21	11.63±0.40 e	30.26±0.36 e-g	36.94±0.82 cd	30.78±0.86 h-j	1.42±0.13 f-i	6.44±0.27 de	55.44±3.45 ef	5.40±0.15 h-k	13.87±0.29 f-h
G22	9.76±0.40 g-j	31.01±0.78 de	33.64±0.87 gh	33.21±0.60 ef	1.14±0.04 l-n	6.06±0.55 e-g	62.04±3.21 a-c	5.68±0.24 e-h	13.23±0.49 h-k
G23	14.59±0.13 b	33.81±0.47 ab	40.17±0.15 a	33.63±0.40 e	1.50±0.03 d-g	8.10±0.18 a	55.54±0.76 ef	5.81±0.04 e-g	14.21±0.62 c-g
G24	12.32±0.21 de	31.92±0.36 cd	34.93±0.97 e-g	32.49±0.35 fg	1.61±0.06 cd	6.94±0.21 c	56.34±0.78 ef	6.21±0.14 b-d	14.50±0.32 c-f
G25	10.46±0.33 fg	30.47±0.17 ef	34.15±0.31 gh	31.34±0.25 hi	1.47±0.11 d-h	5.78±0.19 gh	55.28±2.05 ef	5.94±0.31 c-e	13.01±0.36 i-l
G26	9.86±0.46 g-i	26.39±0.61 mn	35.86±1.11 d-f	27.55±0.56 n	1.62±0.22 b-d	5.36±0.17 h-j	54.35±0.89 f-h	5.81±0.10 e-g	16.43±0.23 a
G27	9.08±0.73 j-l	29.59±0.32 f-h	33.33±0.42 g-i	30.43±0.31 ij	1.02±0.06 n	5.85±0.62 f-h	64.33±1.86 a	5.72±0.04 e-h	14.92±0.35 b-d
G28	8.82±0.69 kl	29.13±1.33 g-i	33.31±1.13 g-j	30.06±0.31 jk	1.04±0.08 n	5.57±0.33 g-i	63.28±1.27 ab	5.93±0.15 c-e	15.43±0.08 b
G29	7.62±0.24 m	26.76±0.94 l-n	31.23±0.88 k	28.98±0.71 lm	1.12±0.07 mn	4.61±0.18 k-m	60.48±1.45 b-d	5.86±0.19 d-g	15.00±0.36 bc
LSD	0.71	1.21	1.66	0.96	0.15	0.50	3.08	0.37	0.80

*Aynı sütunda ve satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (Tukey çoklu karşılaştırma testi, p<0.05).

Ceviz ıslah programında meyve ağırlığı ve boyutları bakımından yüksek değerlere sahip genotiplere yoğun bir ilgi vardır. Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda meyve ağırlığı, iç meyve ağırlığı ve meyve oranı sırasıyla 5.10 - 20.08 g 3.56

- 8.97 g ve %34.48 - %63.20 arasında değişiklik göstermiştir (Yaviç vd., 2017; İpek vd., 2019; Sütyemez vd., 2019; Varol vd., 2020; Gerçekcioğlu vd., 2020; Çiçek vd., 2020; Ünver vd., 2023; Bayazit vd., 2024). Ceviz genotiplerin kabuklu meyve

ağırlığı, iç meyve ağırlığı ve iç meyve oranı sırasıyla İran'da yapılan çalışmada 6.19 - 16.06 g, 2.84 - 7.97 g ve %34.41 - %59.18 (Einollahi ve Khadivi, 2024), Pakistan'da yapılan çalışmada 6.93 - 18.12 g, 3.37 - 5.68 g ve %27.28 - %56.88 (Hussain vd., 2016), Bosna-Hersek'de yapılan çalışmada 5.86 - 16.25 g, 1.66 - 5.07 g ve %26.96 - %48.25 (Skender vd., 2020) ve Kazakistan'da yapılan çalışmada 6.21 - 15.18 g, 2.36 - 6.64 g ve %33.55 - %71.01 (Akça vd., 2020) arasında değişiklik göstermiştir. Ceviz ıslahında meyve özellikleri ticari anlamda önemli bir parametredir. Ceviz için ideal kabuklu meyve ağırlığı 12.00 - 18.00 g, iç meyve ağırlığı 6.00 - 10.00 g ve iç meyve oranı e az %50.00 olarak kabul edilmektedir (Khadivi-Khub, 2014). İç meyve oranı cevizlerde ekonomik performansının bir göstergesi olarak kabul edildiği (Bayazit ve Sümbül, 2012) için iç meyve oranı ıslah çalışmaları ön plana çıkan kriterdir. Çalışma kapsamında incelenen genotiplerin yaklaşık %76'sının iç meyve oranı %50'den fazladır. Bu sonuç çalışma alanındaki genotiplerin ıslah çalışmalarında kullanılabilecek genetik zenginliğe sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmadaki genotiplerin kabuklu meyve eni 24.16 mm (G2) - 34.14 mm (G9) arasında, kabuklu meyve boyu 27.44 mm (G17) - 40.81 (G13) arasında ve kabuklu meyve yüksekliği 26.33 mm (G2) - 38.75 mm (G9) arasında değişim göstermiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Ceviz genotiplerinde kabuklu meyve eni, kabuklu meyve boyu ve kabuklu meyve yüksekliği sırasıyla Yaviç vd. (2017) tarafından 26.53 - 32.57 mm, 32.01 - 41.45 mm ve 25.02 - 31.10 mm arasında, Öztürk ve Öztürk (2019) tarafından 24.02 - 31.07 mm, 27.85 - 55.52 mm ve 23.43 - 28.84 mm arasında, Gerçekcioğlu vd. (2020) tarafından 30.18 - 42.14 mm, 37.91 - 45.95 mm ve 31.42 - 38.90 mm arasında ve Ünver vd. (2023) tarafından 31.84 - 34.06 mm, 36.70 - 46.36 mm ve 32.95 - 37.21 mm arasında belirlenmiştir. Genotiplerin kabuk kalınlıkları 1.02 mm (G27) - 2.04 mm (G13) arasında değişim gösterirken G28 (1.04 mm) diğer en düşük kabuk kalınlığına sahip genotip olmuştur. Önemli bir seleksiyon kriteri olan kabuk kalınlığı önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda Sütyemez vd. (2019) tarafından 0.85 - 1.85 mm, Varol vd. (2020) tarafından 2.00 - 4.53 mm Başak vd. (2022) tarafından 1.04 - 1.59 mm ve Ünver vd. (2023) tarafından 1.03 - 2.22 mm olarak belirlenmiştir. Ceviz genotiplerinin kabuk kalınlığı İran'da Einollahi ve Khadivi (2024) tarafından 0.88 - 2.60 mm arasında, İtalya'da Poggetti vd. (2017) tarafından 0.40 - 2.30 mm arasında ve Macaristan'da Bujdosó ve Cseke (2021) tarafından 1.37 - 1.89 mm arasında tespit edilmiştir. Kabuk kalınlığı, kabuğun iç meyveden ayrılmasının kolaylığını etkiler ve

kabuğun ayrılması ne kadar kolay olursa cevizin ticari kalitesi de o kadar iyi olur (Sharma ve Sharma, 2001). Cevizlerde 0.70 - 1.50 mm arasındaki kabuk kalınlığı aranan bir özelliktir (Arzani vd. 2008). Bu açıdan çalışmadaki genotiplerin %62'si kabuk kalınlık özelliği bakımından ıslah kriterlerine uymaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen genotiplerin kabuk ve iç meyve renkleri arasında geniş varyasyonlar tespit edilmiştir (Çizelge 2). Genotiplerin kabuk renk değerlerinden L değeri 50.46 (G21) - 63.40 (G27), a* değeri 4.22 (G17) - 27.25 (G20) ve b* değeri 14.83 (G29) - 36.69 (G8) arasında değişim göstermiştir. İç meyve renk değerlerinden L değeri 37.42 (G8) - 61.24 (G26), a* değeri 2.76 (G24) - 45.21 (G8) ve b* değeri 27.27 (G8) - 42.92 (G12) arasında değişim göstermiştir. Ceviz renginin parlaklığı, cevizin kalitesini ve pazar değerini belirleyen önemli kriterlerden biri olarak ıslah çalışmalarında kullanılan önemli bir özelliktir (Rezaei vd., 2018). İç ceviz renginin açık olması önemli kalite kriterlerindendir. Cevizlerin iç meyve renkleri genotip ve çevrenin etkisine göre değişiklik göstermektedir. Cevizlerin iç meyve renkleri genetik faktörlerin etkisinde olsa da havanın bağıl neminin ve sıcaklığın yüksek oluşu iç meyve renginin koyulaşmasına yol açmaktadır (Şen, 2011; Bayazit vd., 2024).

Çalışma kapsamında ceviz genotiplerinin meyve özellikleri ile literatürde bildirilen sonuçlar arasında benzerlikler olduğu gibi farklılıklarda gözlemlenmiştir. Cevizlerde meyve özelliklerinin ağaç yaşından etkilenmediği bilinse de (Sharma ve Sharma, 2001) genotip, çevre ve bunların etkileşimleri cevizlerde meyve kalitesini güçlü bir şekilde etkilemektedir (McGranahan ve Leslie, 1991).

Yaprak özellikleri

Ceviz genotiplerinin yaprakçık özellikleri önemli farklılıklar göstermiş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Genotiplerin yaprakçık eni 5.16 cm (G1) - 7.38 cm (G10) ve yaprakçık boyu 10.64 cm (G11) - 16.43 cm (G26) arasında değişim göstermiştir. Yapılan bir çalışmada yaprak eni 20.41 - 32.90 cm ve yaprak boyu 29.20 - 49.60 cm arasında belirlenmiştir (Einollahi ve Khadivi, 2024). Başka bir çalışmada yaprak eni 19.30 - 40.60 cm ve yaprak boyu 25.70 - 61.80 cm (Kavosi ve Khadivi, 2021) arasında belirlenirken diğer bir çalışmada yaprak eni 15.00 - 34.33 cm ve yaprak boyu 29.75 - 42.00 cm (Skender vd., 2020) arasında belirlenmiştir.

Çizelge 2. Ceviz genotiplerinin kabuk ve iç meyve renk değerleri**Table 2.** Nut and kernel fruit color values of walnut genotypes

Genotip	Kabuk L değeri	Kabuk a değeri	Kabuk b değeri	İç Meyve L değeri	İç Meyve a değeri	İç Meyve b değeri
G1	61.63±1.51bc	20.88±3.79d-f	31.67±1.58b	51.35±0.97c-e	20.97±0.44b-d	33.18±1.33f-h
G2	51.15±0.29ij	13.55±1.95j-l	20.15±0.34n	50.38±0.32e-h	14.10±1.05lm	31.29±2.41h-m
G3	50.92±0.10j	24.00±1.14bc	27.85±0.48d-f	50.69±0.17d-g	16.18±0.62j-l	31.40±1.01h-m
G4	61.40±0.99bc	11.18±2.15lm	31.69±2.36b	50.91±0.02d-g	21.98±0.17bc	30.62±0.36i-n
G5	51.58±0.81ij	20.18±2.84e-g	24.97±1.62i-l	50.40±0.05e-h	18.01±1.93f-j	32.66±1.74g-j
G6	52.45±0.21i	17.63±0.50g-i	23.21±0.49lm	51.43±0.75cd	22.08±1.67b	29.98±1.56k-n
G7	57.47±0.08de	18.71±2.78f-h	31.34±0.23b	50.88±0.14d-g	20.17±1.55b-e	29.37±1.59m-o
G8	60.57±0.95c	23.18±2.65b-d	36.69±1.60a	37.42±0.42i	45.21±1.50a	27.27±0.53o
G9	51.66±0.77ij	22.08±0.93c-e	27.16±0.53d-h	50.20±0.26f-h	14.68±1.95k-m	35.03±2.79c-f
G10	51.05±0.03j	24.77±0.60ab	26.55±0.53e-j	50.87±0.09d-g	19.19±0.34d-h	31.54±0.98h-l
G11	57.90±1.05d	18.36±1.65f-h	31.44±1.42b	56.78±0.54b	4.46±0.30qr	33.25±1.81f-h
G12	56.40±1.10ed	9.89±1.22mn	30.97±2.03bc	49.49±0.10h	5.60±0.13q	42.92±1.10a
G13	51.03±0.23j	20.06±0.97e-h	25.95±0.81f-k	50.22±0.10f-h	11.58±1.55no	35.44±1.74c-e
G14	50.94±0.19j	22.41±1.66b-e	27.02±1.01d-i	50.89±0.11d-g	18.67±0.81e-i	30.55±0.87j-n
G15	54.32±0.65h	12.29±0.17k-m	25.51±1.24g-k	50.10±0.14gh	10.97±1.16o	35.08±0.88c-f
G16	50.65±0.23j	15.61±1.43ij	26.85±1.32d-j	50.78±0.14d-g	17.62±1.00g-j	29.54±0.48l-n
G17	56.01±0.67fg	4.22±1.05o	25.69±0.24f-k	50.80±0.57d-g	16.10±0.58j-l	32.70±1.28g-i
G18	51.65±0.49ij	20.76±1.13d-f	24.78±2.33j-l	51.62±0.93cd	17.49±1.19h-j	28.97±0.93no
G19	61.82±0.74bc	13.40±0.22j-l	24.33±1.28kl	51.95±1.04c	19.93±1.18c-f	32.27±0.63g-j
G20	51.11±0.13ij	27.25±0.59a	28.38±0.96de	51.60±0.91cd	13.29±1.68mn	29.47±1.15l-n
G21	50.46±0.05j	15.12±1.54ij	27.60±1.67d-g	50.40±0.05e-h	16.71±1.53i-k	34.00±1.20d-g
G22	58.62±0.39d	14.65±1.03jk	31.46±1.15b	50.22±0.05f-h	14.13±1.10lm	36.46±0.95bc
G23	54.93±0.83gh	15.51±0.66ij	29.00±0.81cd	51.17±0.57c-f	19.69±1.91d-g	28.80±1.27no
G24	58.74±1.00d	17.57±1.37hi	31.39±1.13b	60.44±2.20a	2.76±1.48r	35.93±1.00cd
G25	61.05±1.54bc	13.97±0.56jk	25.16±2.07h-l	50.69±0.06d-g	18.66±1.04e-i	32.68±0.76g-j
G26	58.58±1.60d	4.34±0.82o	21.84±1.24mn	61.24±0.65a	8.47±1.61p	38.21±0.43b
G27	63.40±1.41a	7.43±0.69n	14.87±1.49o	50.71±0.12d-g	17.43±1.04h-j	31.97±0.68g-k
G28	61.31±0.53bc	14.08±1.42jk	16.72±1.17o	50.80±0.14d-g	20.50±1.78b-e	33.74±0.25e-g
G29	62.03±1.01b	13.60±1.27j-l	14.83±1.57o	50.28±0.24f-h	14.85±1.46k-m	35.53±2.07c-e
LSD	1.35	2.57	2.18	1.01	2.09	2.14

*Aynı sütunda ve satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (Tukey çoklu karşılaştırma testi, $p < 0.05$).

Temel bileşen analizi (TBA)

TBA, incelenen özellikler arasındaki değişimi ve ilişkileri ortaya çıkarmak için kullanılan etkili bir istatistiksel yöntemdir. Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan TBA, veri setindeki en önemli nitelikleri belirlemek için ve çeşitli bitki türlerinin çeşitliliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. TBA'nın sahip olduğu üstün özelliği nedeniyle ıslah ve popülasyon genetiği çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ceviz genotiplerinin meyve ve yaprak özelliklerinin TBA sonuçlarına göre on beş temel bileşen oluşmuş ve dört temel bileşende eigen değeri 1'den büyük olarak tespit edilmiştir. İlk üç temel bileşen toplam varyansın %66.82'sini açıklamıştır. Bu sonuç ilk üç temel bileşende önemli olan özelliklerin ceviz genotipleri arasında en fazla çeşitliliğe sahip olduğunu ve ceviz genotiplerinin farklılaşması üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu göstermektedir. İlk üç temel bileşende incelenen özelliklerin etkileri farklılık göstermiştir. Toplam varyansın %34.43'ünü açıklayan birinci temel bileşende meyve özellikleri (meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, meyve yüksekliği ve iç meyve ağırlığı) yüksek etki göstermiştir. Toplam varyansın %20.08'ini açıklayan ikinci temel bileşene iç meyve ağırlığı, iç meyve oranı ve iç meyve renk değerleri (L, a* ve b*) yüksek etki göstermiştir. Toplam varyansın %12.31'ini açıklayan üçüncü temel bileşene ise

kabuk kalınlığı, kabuk L renk değeri, iç meyve L ve a* renk değerleri ve yaprak eni yüksek etkiye sahip olmuştur (Çizelge 3, Şekil 1). TBA ceviz genotiplerinin çeşitliliği ve morfolojik özellikler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmıştır. Ceviz üzerine yapılan çalışmalarda ilk üç temel bileşenin toplam varyansın Rezaei vd. (2018) % 42.90'nını, Skender vd. (2020) %78.20'sini, Kavosi ve Khadivi (2021) %35.67'sini, Soveili ve Khadivi (2023) %48.41'ini ve Einollahi ve Khadivi (2024) %28.25'ini açıkladığını bildirmişlerdir. Çalışma sonuçları arasındaki farklılıklar genotiplerin ve çalışmalarda incelenen parametrelerin farklılığından kaynaklanabilir.

Heatmap hiyerarşik kümeleme analizi

Heatmap hiyerarşik kümeleme analizi, çalışma kapsamında incelenen parametrelerin ve genotiplerin birlikte değerlendirilerek çeşitliliği ortaya koyan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biridir. İncelenen ceviz genotiplerinin meyve ve yaprak özelliklerine göre sınıflandırılması için heatmap hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır (Şekil 2). Heatmap hiyerarşik kümeleme analizinde maviden kırmızıya doğru değişen renk yoğunluğu genotiplere ait özelliklerin değerlerinde ki yüksekliği göstermektedir. Heatmap hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda genotipler iki ana gruba ve her grup iki alt gruba ayrılmıştır. G8

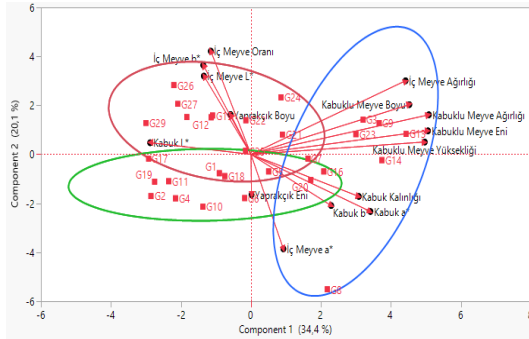
genotipi diğer genotiplerden ayrı bir şekilde A1 grubunu oluşturmuştur. G3, G7, G9, G13, G14, G16 ve G23 genotipi ise A2 grubunu oluşturmuştur. A1 grubunda tek başına bulunan G8 genotipi kabuklu meyve eni, kabuklu meyve yüksekliği, kabuk kalınlığı, kabuk renk değerleri (L, a* ve b*) ve iç meyve a* renk değeri özellikleri yönünden yüksek değerlere sahip olmuştur. B grubunda yer alan

genotipler ise incelenen özellikler açısından farklı etkiler göstermiştir. İncelenen özellikler iki ana gruba ve her grup kendi içerisinde iki alt gruba ayrılmıştır. A grubunda iç meyve oranı, yaprak boyu, iç meyve L ve iç meyve b* renk değerleri yer alırken diğer özellikler B grubunda yer almıştır.

Çizelge 3. Ceviz genotiplerine ait özelliklerin temel bileşen analizi

Table 3. Principal component analysis of the characteristics of walnut genotypes

Özellikler	TBA1	% Cont.	TBA2	% Cont.	TBA3	% Cont.	TBA4
Kabuklu Meyve Ağırlığı	0.41	16.47	0.17	2.86	0.02	0.03	-0.01
Kabuklu Meyve Eni	0.40	16.30	0.10	1.01	-0.18	3.38	0.07
Kabuklu Meyve Boyu	0.36	13.04	0.21	4.51	0.04	0.19	0.10
Kabuklu Meyve Yüksekliği	0.40	15.71	0.05	0.28	-0.17	2.98	-0.05
Kabuk Kalınlığı	0.25	6.05	-0.18	3.22	0.37	13.45	-0.13
İç Meyve Ağırlığı	0.35	12.43	0.31	9.89	-0.07	0.42	0.07
İç Meyve Oranı	-0.09	0.84	0.44	19.42	-0.25	6.19	0.24
Kabuk L*	-0.23	5.29	0.05	0.25	-0.41	16.41	-0.03
Kabuk a*	0.27	7.43	-0.24	5.95	0.11	1.22	0.06
Kabuk b*	0.18	3.34	-0.22	4.78	-0.07	0.46	-0.43
İç Meyve L*	-0.11	1.15	0.33	11.19	0.45	20.59	-0.11
İç Meyve a*	0.07	0.55	-0.40	16.27	-0.37	13.72	0.29
İç Meyve b*	-0.11	1.18	0.38	14.52	0.02	0.02	-0.34
Yaprakçık Eni	0.00	0.00	-0.17	2.97	0.45	20.25	0.39
Yaprakçık Boyu	-0.05	0.22	0.17	2.89	0.08	0.67	0.59
Eigen değeri	5.16		3.01		1.85		1.74
Varyans	34.43		20.08		12.31		11.57
Toplam Varyans	34.43		54.51		66.82		78.39



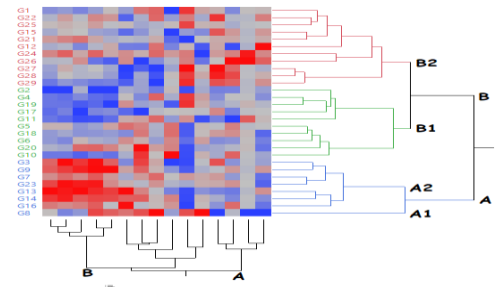
Şekil 1. Ceviz genotiplerinde incelenen özelliklere ait iki boyutlu temel bileşen analizi grafiği

Figure 1. Two-dimensional principal component analysis chart of the characteristics examined in walnut genotypes

Sonuç

Bu çalışma, zengin ceviz popülasyonuna sahip Orta Kelkit Vadisinde tohumdan yetişen ceviz genotiplerinin çeşitliliğini çok değişkenli analizler ile değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında meyve ve yaprak özellikleri bakımından ceviz genotiplerinin geniş varyasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları ceviz genotipleri arasındaki çeşitliliğin ıslah çalışmalarında kullanılabilecek düzeyde olduğunu göstermiştir. Ceviz ıslah programlarında

önemli ticari özelliklerden olan kabuklu meyve ağırlığı, iç meyve ağırlığı, iç meyve oranı, iç meyve rengi ve kabuk kalınlığı bakımından G3, G7, G9, G14, G15, G21, G22, G23, G24, G27, G28 ve G29 genotiplerinin üstün olduğu ve ıslahçılar tarafından kullanılabileceği belirlenmiştir. Çalışmada genotiplerin çeşitliliğini ortaya koymak için kullanılan TBA ve heatmap hiyerarşik kümeleme analizi hem türleri hem de genotipleri özelliklerine göre ayırt etmede etkili olmuş ve gelecek çalışmalarda başarılı şekilde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.



Şekil 2. Ceviz genotiplerinde incelenen özelliklere ait heatmap hiyerarşik kümeleme analizi

Figure 2. Heatmap hierarchical clustering analysis of the traits examined in walnut genotypes

Kaynaklar

- Akça Y, Yuldaşulu YB, Murad E, Vahdati K, 2020. Exploring of walnut genetic resources in Kazakhstan and evaluation of promising selections. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 7(2): 93-102.
- Arzani K, Mansouri-Ardakan H, Vezvaei A, Roozban MR, 2008. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia*) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 36(3): 159-168.
- Başak İ, Özer G, Muradoğlu F, 2022. Morphometric traits and iPBS based molecular characterizations of walnut (*Juglans regia*) genotypes. *Genetic Resources and Crop Evolution* 69(8): 2731-2743.
- Bayazit S, Sumbul A, 2012. Determination of fruit quality and fatty acid composition of Turkish walnut (*Juglans regia*) cultivars and genotypes grown in subtropical climate of eastern Mediterranean region. *International Journal of Agriculture and Biology* 14(3).
- Bayazit S, Çalışkan O, Sütyemez M, 2024. Bazı Ceviz Çeşitlerinde Meyve ve Kimyasal Özelliklerin Ekolojilere Göre Değişimi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences* 14(1): 71-81.
- Bujdoso G, Cseke K, 2021. The Persian walnut (*Juglans regia*) assortment of Hungary: Nut characteristics and origin. *Scientia Horticulturae* 283: 110035.
- Cosmulescu S, Botu M, 2012. Walnut biodiversity in south-western Romania resource for perspective cultivars. *Pak J Bot.* 44(1): 307-311.
- Çiçek M, Gülsoy E, Aslantaş R, 2020. The determination of promising genotypes in native walnut (*Juglans regia*) populations of Hani (Diyarbakır) district. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(2): 520-525.
- Einollahi F, Khadivi A, 2024. Morphological and pomological assessments of seedling-originated walnut (*Juglans regia*) trees to select the promising late-leaving genotypes. *BMC Plant Biology* 24(1): 253.
- Gerçekcioğlu R, Gültekin N, Uğur Y, 2020. Chemical Properties of Selected Walnut (*Juglans regia*) Genotypes From The Hekimhan Region. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)* 37(1): 1-8.
- Hussain I, Sulatan A, Shinwari ZK, Raza G, Ahmed K, 2016. Genetic diversity based on morphological traits in walnut (*Juglans regia*) landraces from Karakoram Region-I. *Pak. J. Bot.* 48(2): 653-659.
- Ipek M, Arıkan Ş, Pırlak L, Eşitken A, 2019. Phenological, Morphological and Molecular Characterization of Some Promising Walnut (*Juglans regia*) Genotypes in Konya. *Erwerbs-Obstbau* 61(2).
- Khadivi-Khub A, 2014. Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut for morphological characters in Markazi province from Iran. *Brazilian journal of Botany* 37(3): 273-281.
- Kavosi H, Khadivi A, 2021. The selection of superior late-leaving genotypes of Persian walnut (*Juglans regia*) among seedling originated trees based on pomological characterizations. *Scientia Horticulturae* 288: 110299.
- McGranahan G, Leslie C, 1991. Walnuts (*Juglans*). *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops* 290: 907-974.
- Orhan E, Eydurhan SP, Poljuha D, Akin M, Weber T, Ercisli S, 2020. Genetic diversity detection of seed-propagated walnut germplasm from Eastern Anatolia using SSR markers. *Folia horticulturae* 32(1): 37-46.
- Öztürk B, Öztürk A, 2019. Determination of fruit characteristics of some walnut genotypes grown in Ladik (Samsun/Turkey). 3. In *International Conference Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Science (ICAFOP)* (April pp. 16-18).
- Poggetti L, Ermacora P, Cipriani G, Pavan F, Testolin R, 2017. Morphological and carpological variability of walnut germplasm (*Juglans regia*) collected in North-Eastern Italy and selection of superior genotypes. *Scientia Horticulturae* 225: 615-619.
- Rezaei Z, Khadivi A, ValizadehKaji B, Abbasifar A, 2018. The selection of superior walnut (*Juglans regia*) genotypes as revealed by morphological characterization. *Euphytica* 214: 1-14.
- Sharma OC, Sharma SD, 2001. Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut (*Juglans regia*) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh. *Scientia Horticulturae* 88(2): 163-171.
- Shah RA, Bakshi P, Sharma N, Jasrotia A, Itoo H, Gupta R, Singh A, 2021. Diversity assessment and selection of superior Persian walnut (*Juglans regia*) trees of seedling origin from North-Western

- Himalayan region. Resources, Environment and Sustainability 3: 100015.
- Shah RA, Bakshi P, Jasrotia A, Itoo H, Padder BA, Gupta R, Dolkar D, 2023. Morphological to molecular markers: Plant genetic diversity studies in Walnut (*Juglans regia*) A Review. Erwerbs-Obstbau 65(5): 1499-1511.
- Skender A, Kurtovic M, Drkenda P, Becirspahic D, Ebrahimi A, 2020. Phenotypic variability of autochthonous walnut (*Juglans regia*) genotypes innorthwestern Bosnia and Herzegovina. Turkish Journal of Agriculture and Foretry 44(5): 517-525.
- Soveili S, Khadivi A, 2023. Selecting the superior late-leafig genotypes of Persian walnut (*Juglans regia*) using morphological and pomological evaluations. BMC Plant Biology 23(1): 379.
- Sümbül A, Yildiz E, Nadeem MA, 2023. Elucidating the genetic variations among Turkish grape varieties using morphological and molecular markers. Genetic Resources and Crop Evolution 70(5): 1349-1361.
- Sütyemez M, Demir Mİ, Özcan A, Bükücü ŞB, 2019. Kahramanmaraş Afşin İlçesi ceviz (*Juglans regia*) popülasyonu içerisinde ümitvar genotiplerin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 22: 92-98.
- Şen SM, 1986. Ceviz yetiştiriciliği. Eser Matbaası, s:229, Samsun.
- Şen SM, 2011. Ceviz yetiştiriciliği, besin değeri, folklorü. ÜÇM Yayıncılık.
- Uzun A, Coşkun ÖF, Yaman M, Pınar H, Paris K, 2017. Identification of genetic similarities among walnut (*Juglans regia*) genotypes selected from Central Anatolia Region of Turkey with SRAP markers.
- Ünver H, Sakar E, Sülüsoğlu M, 2023. Determination of morphological differences between Düzce province walnut genotypes. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 10(4): 952-959.
- Vahdati K, Arab MM, Sarikhani S, Sadat-Hosseini M, Leslie CA, Brown PJ, 2019. Advances in Persian walnut (*Juglans regia*) breeding strategies. Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops 4: 401-472.
- Varol E, Gülsoy E, Aslantaş R, 2020. Ümitvar ceviz (*Juglans regia*) genotiplerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma: Türkiye, Kars-Kağızman Yöresi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi 7(1): 17-22.
- Yaviç A, Çelik F, Kazankaya A, Doğan A, 2017. Çatak (Van) Ekolojisinde Yetiştirilen İlkbahar Geç Donlarından Zarar Görmeyen Ceviz (*Juglans regia*) Genotiplerinin Seleksiyonu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 22(2): 146-152.
- Yildiz E, Pınar H, Uzun A, Yaman M, Sumbul A, Ercisli S, 2021. Identification of genetic diversity among Juglans regia L. genotypes using molecular, morphological, and fatty acid data. Genetic Resources and Crop Evolution 68: 1425-1437.