

Alternatif Silaj Bitkilerinin AHP-TOPSIS Yöntemi Kullanarak Değerlendirilmesi

Emre ŞAHİN^{1,2,a}, Erdal ÇAÇAN^{3,b}, Doğan ÖZEN^{4,c}

¹Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Bingöl, TÜRKİYE,

²Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veterinerlik Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, TÜRKİYE,

³Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE,

⁴Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Veterinerlik Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, TÜRKİYE

ORCID: ^a0000-0001-7625-1883, ^b0000-0002-9469-2495, ^c0000-0003-1943-2690

Sorumlu Yazar

Emre ŞAHİN
Bingöl Üniversitesi Veteriner
Fakültesi Hayvan Besleme ve
Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı,
Bingöl, TÜRKİYE
esahin@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi

30.10.2024

Kabul Tarihi

10.12.2024

Yayın Tarihi

31.12.2024

DOI

10.47027/duvetfd.1575895

How to cite: Şahin E, Çaçan E, Özen D (2024). Alternatif Silaj Bitkilerinin AHP-TOPSIS Yöntemi Kullanarak Değerlendirilmesi. *Dicle Üniv Vet Fak Derg.*, 17(2):187-193.

This journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License ([CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).



Öz

Mısır silajı ruminant hayvanların beslenmesinde kullanılan önemli bir yem bitkisidir. Ancak iklim değişikliğine bağlı olarak artan kuraklık probleminin ilerleyen yıllarda bu bitkinin silajlık olarak kullanımını kısıtlaması beklenmektedir. Dolayısıyla mısır bitkisine alternatif silajlık bitkilerin belirlenmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada silaj bitkisi seçiminde yeşil ot verimi, kuru madde (KM) oranı, pH, ham protein (HP) ve sindirilebilir KM oranı kriterlerine dayanarak bir analitik hiyerarşi prosesi (AHP) modeli kullanılmıştır. AHP analizinde yeşil ot veriminin %30, KM'nin %21, sindirilebilir KM'nin %19, pH'nın %18 ve HP'nin %11 oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Bu kriterler İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) analizine entegre edilerek skollama yapıldığında mısır, yonca, sorgum, ayçiçeği ve buğday hasılına sırasıyla 0.729, 0.715, 0.618, 0.513 ve 0.273 puana sahip oldukları tespit edilmiştir. Sonuç olarak mısır silajından sonraki en iyi seçeneğin yonca silajı olabileceği, ancak bu modellemenin belirli bölgelere özgü saha çalışmaları yapılarak su kullanım verimliliği ve kuraklığa dayanıklılık kriterleri göz önüne alınarak yapılmasının daha etkili sonuçlar vereceği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: AHP, mısır, silaj, TOPSIS

Evaluation of Alternative Silage Crops Using AHP-TOPSIS Method

Abstract

Maize silage is an important forage plant used to feed ruminant animals. However, due to climate change, increasing drought problems are expected to restrict the use of this plant as silage in the future. Hence, finding alternative plants for silage besides corn has become a significant concern. In this study, an Analytical Hierarchy Process (AHP) model was used based on the criteria of green grass yield, dry matter (DM), pH, crude protein (CP), and digestible DM for selecting silage plants. The AHP analysis determined that green grass yield was 30%, DM was 21%, digestible DM was 19%, pH was 18%, and HP was 11% effective. When these criteria were integrated into Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) analysis and scoring were performed, and it was determined that maize, alfalfa, sorghum, sunflower, and whole crop wheat had 0.729, 0.715, 0.618, 0.513, and 0.273 points, respectively. Following maize silage, alfalfa silage emerged as the subsequent favorable choice. However, it was concluded that this modelling would yield more effective results if field studies specific to certain regions were conducted and water use efficiency and drought resistance criteria were considered.

Key Words: AHP, maize, silage, TOPSIS

GİRİŞ

Yem bitkilerinin silaj şeklinde muhafazası, hasattan sonra depolama sırasında besin maddesi kaybını en aza indirebildiği için önemli ve popüler bir yem depolama yöntemi haline gelmiştir (1). Mısır (*Zea mays* L.), yüksek verimliliği ve besin kalitesi nedeniyle sığırlar için en önemli yem bitkisidir. Dolayısıyla kolay fermente edilebilir bir enerji kaynağı olan mısır silajı dünyanın birçok yerindeki yetiştiriciler tarafından kullanılmaktadır (2). Hava sıcaklığının yüksek seyrettiği dönemlerde meydana gelen susuzluk stresi, yoğunluğa ve süreye bağlı olarak sürgün büyümesinde ve yaprak alanında önemli azalmalara neden olduğu için mısır silajının verimini ve kalitesini düşürebilir (3). Dolayısıyla iklim değişikliğinin mısır üretiminin sekteye uğratma riskini artıracaklığı öngörüldüğünden (4) daha kurak koşullarda, daha az su gerektiren, yem üretimi ve gübre yönetimini entegre eden üretim sistemine uyan ve tarımsal sürdürülebilirliği koruyan alternatif silajlık yem bitkileri arayışı sürmektedir (5).

Yemlik sorgum (*Sorghum bicolor* L.), mısır yetiştirmek için yeterli yağışın olmadığı bölgelerde mısırın alternatifi olarak kullanılmaktadır. Çünkü mısırla karşılaştırıldığında daha yüksek su kullanım verimliliği ve kuraklık stresine dayanıklılık gibi çeşitli avantajlara sahiptir (6). Yemlik sorgum, genellikle biçilerek ya da doğrudan otlatılarak kullanılmasının yanı sıra yağışın mısır büyümesini sınırladığı yerlerde silajlık olarak değerlendirilebilir (7). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) yetiştiriciliği genellikle yağmur suyuna dayalı olarak yapıldığı için mısır göre daha az suya ihtiyaç duymaktadır. Ayçiçeği silajı mısır silajı ile karşılaştırıldığında besin maddesi yönünden büyük oranda benzerlik gösterir. İki silaj arasındaki en önemli fark ayçiçeği silajının mısır silajından daha fazla HP ve yağa sahip olmasıdır (8). Yetiştirme koşulları mısır için olumsuz olduğu durumlarda ruminantların beslenmesi için ayçiçeği silajının kullanımı, mısır silajının kullanımına bir alternatif olabilmektedir (9). Yine mısır silajına alternatif olarak buğday (*Triticum spp.*) gibi hızlı büyüme süresine sahip ürünler kullanılabilir (10). Süt olum döneminde biçilerek silajlanan buğday hasılıının mısır silajına göre yaklaşık %2 oranında daha fazla HP'ye sahip olduğu bildirilmiştir (11). Ancak daha düşük metabolik enerji ve yeşil ot verimine sahip olduğundan buğday silajının maliyeti mısır silajına göre daha fazla olabilmektedir (10). Yonca silajı yüksek HP (rumende parçalanabilen protein açısından yüksek ve rumende parçalanamayan protein açısından düşüktür) oranına sahiptir. Mısır silajı, yüksek nişasta içeriği nedeniyle fermente edilebilir karbonhidratların iyi bir kaynağı olmasına rağmen düşük HP oranı bulunmaktadır (12). Diğer yandan, silajlık mısır, yoncadan daha yüksek verime ve enerji içeriğine sahip olmanın yanı sıra hasat için daha az iş gücü gerektirmektedir (13).

Farklı kriterler göz önüne alındığında alternatif silaj bitkilerinin arasından yapılacak olan tercihler karmaşık bir hale gelmektedir. Bu kriterlerin değerlendirilerek mısıra alternatif en uygun silaj bitkisinin belirlenmesi yetiştiricilerin karlı ve sürdürülebilir bir üretim yapmalarına olanak sağlayabilir.

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), bu tür karmaşık kararlar için bir model oluşturup farklı kriterlerin veya faktörlerin önem derecelerini değerlendirmeyi kolaylaştırarak uygun çözüm önerileri sunmaya yardımcı olan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biridir (14). Birçok farklı alanda kullanılabilen AHP'yi diğer ÇKKV'ler den ayıran özellik

hem objektif hem de subjektif fikirlerin karar sürecine katılmasına imkân sağlamasıdır (15,16). İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) yöntemi herhangi bir dönüşüme gerek duyulmaksızın elde bulunan veri üzerinde direkt olarak uygulanabilmektedir. Bu yöntemde, seçenekler belirli kriterlerin minimum ve maksimum değerlerine göre çözüme en uygun uzaklıkları skorlanarak sıralanır. Çok kriterli süreçlerde her bir kriterin karar matrisinde bir değere sahip olduğu durumda AHP-TOPSIS yönteminin birlikte kullanımı alternatif seçeneklerin sıralamasının sayısal değerler ile oluşturulmasını sağlar (17). Bu çalışmada yemlik sorgum, ayçiçeği, buğday ve yonca silajlarının yeşil ot verimi, kuru madde (KM) oranı, pH, ham protein (HP) ve sindirilebilir KM oranı kriterlerine göre AHP-TOPSIS hibrit yöntemi yardımıyla mısır silajı ile karşılaştırılarak alternatif silaj bitkilerinin öncelik sıralamalarının yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Verilerin Toplanması

AHP'nin diğer ÇKKV yöntemlerine göre en büyük avantajı istatistiksel olarak geçerli sonuçlar elde etmek için büyük bir örneklem boyutu gerektirmemesidir. Uzman kişi görüşlerine dayanan bu analiz için örneklem büyüklüğünün ikiden fazla olması yeterli kabul edilir (18). Bu çalışmada, AHP analizi için Türkiye'de Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları ve Tarla Bitkileri alanında doktorasını tamamlamış 13 uzman kişiyle anket çalışması yapılmıştır (Şekil 1). Anket sorularında silaj bitkisi tercih edilirken dikkat edilen kriterler arasında ikili karşılaştırma yapılması istenmiş ve bu analiz sonucunda silaj üretiminde önemli olan yeşil ot verimi (yıllık), KM oranı, pH, HP ve sindirilebilir KM oranı kriterlerinin yüzdesel ağırlıkları belirlenmiştir.

	Daha önemli				Eşit önem				Daha önemli									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Yeşil Ot Verimi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kuru Madde Oranı
Yeşil Ot Verimi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH
Yeşil Ot Verimi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ham Protein
Yeşil Ot Verimi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sindirilebilir Kuru Madde
Kuru Madde Oranı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH
Kuru Madde Oranı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ham Protein
Kuru Madde Oranı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sindirilebilir Kuru Madde
pH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ham Protein
pH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sindirilebilir Kuru Madde
Ham Protein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sindirilebilir Kuru Madde

Şekil 1. İkili karşılaştırma için uzmanlara yöneltilen anket

TOPSIS analizi için mısır, sorgum, ayçiçeği, buğday hasılı ve yonca silajlarının yeşil ot verimi, KM oranı, pH, HP ve sindirilebilir KM oranları PubMed, Scopus ve Google Scholar veri tabanlarındaki literatür verilerinden ve farklı çalışmalardan elde edilen verilerin ortalamaları olarak alınmıştır (Tablo 1). Literatür verilerinin ortalamalarının alınması bu bitkilerin farklı varyeteleri arasındaki farklılıkların en aza indirilmesini sağlamıştır.

Tablo 1. Literatür verilerinden elde edilen silaj parametrelerinin ortalamaları

	Yeşil ot (t/d)	KM (g/kg)	pH	HP (g/kg)	Sindirilebilir KM (g/kg)
Mısır	8.73 ¹⁻⁵	294.25 ³⁻¹⁰	3.86 ^{3,4,6-10}	78.64 ³⁻¹⁰	627.17 ^{3,4,6-9}
Sorgum	7.30 ¹¹⁻¹³	265.83 ¹²⁻¹⁷	3.83 ¹²⁻¹⁵	80.83 ¹²⁻¹⁷	585.33 ¹²⁻¹⁷
Ayçiçeği	6.50 ^{18,19}	214.50 ¹⁸⁻²¹	4.57 ^{18,20,21}	114.75 ¹⁸⁻²¹	569.75 ¹⁸⁻²¹
Buğday	3.07 ^{22,23,25}	334.00 ²²⁻²⁴	4.08 ²²⁻²⁵	82.00 ^{22,24}	626.00 ²²⁻²⁴
Yonca	7.18 ^{26,27}	324.00 ^{20,28-30}	5.10 ^{28,20}	172.5 ^{20,28-30}	642.5 ^{20,29,30}

¹Bai ve ark. (19), ²Yıldız ve ark. (20), ³Filya (21), ⁴Li ve ark. (22), ⁵Yılmaz ve ark. (23), ⁶Khan ve ark. (24), ⁷Alvarado-Ramírez ve ark. (25), ⁸Huang ve ark. (26), ⁹Sırakaya (27), ¹⁰Meeske ve Basson (28), ¹¹Arıcı ve Avcı (29), ¹²Farhadi ve ark. (30), ¹³Terler ve ark. (31), ¹⁴Rodrigues ve ark. (32), ¹⁵Arriola ve ark. (33), ¹⁶McCary ve ark. (34), ¹⁷Lv ve ark. (35), ¹⁸Demirel ve ark. (36), ¹⁹Erdoğan ve Yıldız (37), ²⁰Tan (38), ²¹Santos ve ark. (39), ²²Filya (40), ²³Nadeau (41), ²⁴Crovetto ve ark. (42), ²⁵Xie ve ark. (43), ²⁶Keskin ve ark. (44), ²⁷Albayrak ve Öten (45), ²⁸Gao ve ark. (46), ²⁹Broderick (47), ³⁰Wang ve ark. (48). KM: Kuru madde, HP: Ham Protein, t/d: ton/dekar

AHP-TOPSIS Yöntemi

AHP, ÇKKV sürecinde hedef, kriterler (varsa alt kriterler) ve seçimler (alternatifler) arasındaki ilişkinin hiyerarşik bir yapıda modellenmesinde kullanılmaktadır. Birden fazla değerlendirme ölçütünün bulunduğu karar süreçlerinde, farklı kriterlerin sonuç üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için "kriter ağırlıkları" hesaplanarak en uygun seçime ulaşılabilmektedir. Bu modelde karar kriterlerinin alternatif seçeneklerle karşılaştırılması uzman kişiler yardımıyla gerçekleştirilmekte ve her alternatif kararın öncelik sırasının belirlenmesi sağlanmaktadır. Hedefe ulaşılması için oluşturulan hiyerarşinin her kademesindeki kriterlerin göreceli önem derecelerini belirlemek amacıyla kriterler arasında ikili karşılaştırma yapılır, ardından sonra en iyi kararı vermek için alternatifler kıyaslanır (49).

Bu çalışmada AHP modelinde yer alan kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak Denklem 1 yardımıyla kriterler için ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Bu karşılaştırmalar uzmanlara yöneltilen anket sorularına göre kriterlerin arasındaki bağıl önem (üstünlük) derecelerinin belirlenmesi ile yapılmış ve önem derecelerinin bulunması için Saaty (49) tarafından geliştirilen 9 skaladan oluşan karşılaştırma ölçeği kullanılmıştır. Anket çalışmasından elde edilen ikili karşılaştırmaların sonuçlarının geometrik ortalaması alınmıştır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & 1 & \dots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

Karşılaştırma matrisinde her sütundaki değer aynı sütundaki değerlerin toplamına bölünerek, elde edilen yeni değerler ile normalize matris $[b_{ij}]_{n \times n}$ oluşturulmuştur (Denklem 2) (50).

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere;

$$b_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}} \quad (2)$$

Karşılaştırma matrisi normalize edildikten sonra her satırın toplamı matris boyutuna (n , kriter sayısına) bölünerek aritmetik ortalamaları alınmıştır (Denklem 4). Bu işlemden sonra her bir satır için ayrı ayrı (kriter sayısı kadar) öncelik vektörleri (w) hesaplanmıştır (51). Bu öncelik vektörü kriterlerin önem ağırlıklarıdır.

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere;

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (4)$$

Uzman kişilerden alınan yanıtların tutarlılık oranını (CR) hesaplamak amacıyla Saaty ve Tran (52) tarafından hazırlanan RI değerlerinden yararlanılmıştır. Bu değerler n kriter sayısına sahip (1-15 arasındaki) matrisin büyüklüğüne göre verilen RI değerlerini göstermektedir.

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranının <0.10 olması gereklidir. Eğer bu değer sağlanamazsa uzman kişilerle tekrar görüşülerek tutarlılık oranı 0.10'dan küçük olana kadar yeniden düzenleme yapılır (53).

CR'nin hesaplanması için öncelikle normalize edilmiş karşılaştırma matrisi (A , $[\alpha_{ij}]_{n \times n}$) ile $[w_i]_{n \times 1}$ matrisi çarpılarak sütun vektörü (d , $[d_i]_{n \times 1}$) hesaplanmıştır (Denklem 5). Daha sonra aynı satırdaki sütun vektörü elemanlarının aynı satırdaki öncelik vektörü elemanlarına olan oranları toplanarak λ_{max} hesaplanmıştır (Denklem 6). λ_{max} kullanılarak Denklem 7'de verilen formüle göre tutarlılık indeksi (CI) değeri bulunmuştur. CI değeri RI tablosunda aynı matris boyutuna yani 5'e denk gelen RI değerine (1.12) bölünerek CR değeri elde edilmiştir (Denklem 9) (53).

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere;

$$[\alpha_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (5)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (6)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (7)$$

Temelleri Hwang ve Yoon (54) tarafından atılan TOPSIS yöntemi daha sonra Hwang ve ark. (55) tarafından genişletilmiş ve yeni TOPSIS yöntemi geliştirilmiştir. AHP'ye göre farklılığı nitel verilerin nicel verilere dönüştürülmesi gibi bir aşaması olmaması ve direkt olarak toplanan ya da elde bulunan nicel veriler üzerinde uygulanabilmesidir. Bu ÇKKV yönteminin araştırmacılar tarafından ilgi görme nedeni karmaşık algoritmalar ve matematiksel işlemler içermemesinin yanı sıra problemin çözümünde geometrik olarak negatif ideal çözüme en uzak pozitif ideal çözüme ise en yakın mesafede olan değerleri elde etmeye yönelik olmasıdır (56).

İlk olarak Tablo 1'deki literatür verilerinden 5x5 boyutlu bir karar matrisi (A) oluşturulmuştur. Matrisin normalize edilmesi için karar matrisinin her sütunundaki bütün elemanların kareleri alınarak toplanmıştır. Her satırdaki kriter

değeri sütun elemanlarının kareleri toplamının kareköküne bölünerek normalize edilmiştir (Denklem 8) (57).

$$i=1,2,3,\dots,m \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \text{ olmak üzere;} \\ b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (8)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 b_{11} & w_2 b_{12} & \dots & w_n b_{1n} \\ w_1 b_{21} & w_2 b_{22} & \dots & w_n b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 b_{m1} & w_2 b_{m2} & \dots & w_n b_{mn} \end{bmatrix} = V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Alternatif seçiminde fayda sağlayacak pozitif ideal çözüm değerleri (Denklem 10) ve dezavantaj sağlayacak negatif ideal çözüm değerleri bulunmuştur (Denklem 11) (58).

$$i=1,2,3,\dots,m \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \text{ olmak üzere;} \\ V^+ = (\max_j^{vij}) = (v_1^+, v_2^+, v_3^+ \dots v_m^+) \quad (10)$$

$$V^- = (\min_j^{vij}) = (v_1^-, v_2^-, v_3^- \dots v_m^-) \quad (11)$$

V^+ ve V^- değerleri belirlendikten sonra negatif ideal çözüme en uzak, pozitif ideal çözüme ise en yakın olan mesafeler bulunmuştur. Pozitif ideal uzaklık formülü için Denklem 12 ve negatif ideal uzaklık formülü için Denklem 13 kullanılmıştır. Bu denklemlere göre V matrisinin satırındaki her değer ile sütunun (kriterin) pozitif ideal veya negatif ideal çözüm değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamının karekökü hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda alternatif (karar noktası) sayısı kadar S_i^- ve S_i^+ işlemi gerçekleştirilmiştir.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^+)^2} \quad (12)$$

Ağırlıklandırma için AHP analizinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Normalize edilmiş matriste aynı sütunda bulunan her bir değer aynı sütunun yani kriterin ağırlıklandırma derecesi ile çarpılarak normalize W matrisi (V) elde edilmiştir (Denklem 9).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^-)^2} \quad (13)$$

İdeal çözüme olan göreceli yakınlık hesaplanırken (C_i^+) negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif bulunmuştur. Bu da pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatifin bulunmasını sağlamıştır. Tüm alternatiflerin S_i^+ ve S_i^- değerleri Denklem 14'te gösterildiği gibi hesaplanarak sıralama (C_i^+) değerleri bulunmuştur. C_i^+ değerlerine göre negatif ideal çözüme olan uzaklıklar sıralanmıştır (59).

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (14)$$

BULGULAR

Uzmanların yaptığı karşılaştırmaların geometrik ortalamaları alındıktan sonra elde edilen karşılaştırma matrisi ve sorulara verilen yanıtların tutarlılık oranı Tablo 2'de verilmiştir. Yapılan karşılaştırmaların tutarlılık oranı 0.09 olarak bulundu.

Tablo 2. AHP analizinde kullanılan karşılaştırma matrisi, kriter ağırlıkları (w_i) ve tutarlılık oranı (CI/RI).

	Yeşil Ot Verimi	KM	pH	HP	Sindirilebilir KM	d_i	λ_{max}	CI	CI/RI
Yeşil Ot Verimi	1.00	1.81	1.18	2.74	2.15	1.62	5.40	0.10	0.09
KM Oranı	0.55	1.00	2.63	1.93	0.47	1.16			
pH	0.84	0.38	1.00	2.05	1.09	0.95			
HP	0.36	0.52	0.49	1.00	0.89	0.59			
Sindirilebilir KM	0.47	2.14	0.92	1.12	1.00	1.08			
w_i	0.30	0.21	0.18	0.11	0.19				

Wang ve ark. (48). KM: Kuru madde, HP: Ham Protein. d_i : sütun vektörü, λ_{max} : öz vektör, CI: tutarlılık indeksi, RI: rassal indeks.

Karşılaştırma matrisi normalize edildikten sonra öncelik vektörleri hesaplanmıştır (Tablo 2). Buna göre silaj bitkisi seçilirken bakılan kriterlerden yeşil ot veriminin %30, KM'nin %21, sindirilebilir KM'nin %19, pH'nın %18 ve HP'nin %11

oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlık oranları TOPSIS analizinde literatür verilerinin ağırlıklandırılması için kullanılarak Tablo 3'teki normalize matris elde edilmiştir.

Tablo 3. TOPSIS analizi sonuçları

	Yeşil ot (t/d)	KM (g/kg)	pH	HP (g/kg)	Sindirilebilir KM (g/kg)	S^+	S^-	C^+
Mısır	0.172	0.097	0.073	0.035	0.088	0.044	0.117	0.729
Sorgum	0.144	0.088	0.073	0.036	0.083	0.055	0.089	0.618
Ayçiçeği	0.128	0.071	0.087	0.051	0.080	0.067	0.070	0.513
Buğday	0.060	0.110	0.077	0.036	0.088	0.119	0.045	0.273
Yonca	0.141	0.107	0.097	0.076	0.091	0.039	0.098	0.715
	Mak	Mak	Min	Mak	Mak			
V^+	0.172	0.110	0.073	0.076	0.091			
V^-	0.060	0.071	0.097	0.035	0.080			

KM: Kuru madde, HP: Ham Protein, S^+ : pozitif ideal çözüm, S^- : pozitif ideal çözüm, C^+ : sıralama değerleri, V^+ : maksimum fayda, V^- : minimum fayda.

Yeşil ot verimi, KM, HP ve sindirilebilir KM için en yüksek değerler V^+ , pH için en düşük değerler V^- olarak belirlenmiştir. Tüm silaj alternatiflerinin S_i^+ ve S_i^- değerleri hesaplanarak sıralama skorları (C_i^+) bulunmuştur (Tablo 3). Sıralama değerlerine göre 0.729 puanla mısır bitkisinin en iyi silaj seçeneği olduğu ve bunu sırasıyla 0.715 puanla yoncanın, 0.618 puanla sorgumun, 0.513 puanla ayçiçeğinin ve 0.273 puanla buğday hasılının takip ettiği belirlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Uzmanların yaptıkları ikili karşılaştırmalara göre yeşil ot veriminin yüksek olması bir bitkinin silaj materyali olarak seçilmesini önemli ölçüde etkileyeceğini göstermektedir. Önceki çalışmalarda silajlık mısırın yeşil ot verimine bakıldığında dekar başına ortalama 8,73 tonluk bir üretimin olabildiği görülmektedir (19-23). Dolayısıyla mısırın silaj bitkileri arasında birinci sırada olmasında yüksek yeşil ot veriminin etkili olduğu söylenebilir. Diğer yandan sorgum bitkisinin yoncadan daha yüksek yeşil ot verimine sahip olmasına rağmen seçim sıralamasında geride kalması yeşil ot veriminin tek başına etkili olmadığını ve diğer kriterlerin bu seçimi etkilediğini göstermiştir.

Yonca silajının KM, HP ve sindirilebilir KM kriterleri ele alındığında sorgum silajından daha üstün olması bu silajın mısırdan sonra ikinci sırayı almasını sağlamıştır. Yüksek besin değerlerine sahip olan ve dünya çapında en önemli yem bitkisi olarak bilinen yonca, kuru ot veya silaj için yetiştirilmektedir (60). Mısırın silajlık olarak yetiştirilmesi, birim su başına yoncaya kıyasla yaklaşık iki kat daha yüksek brüt CO₂ asimilasyon oranına ulaşarak su kullanımında çok daha verimli bir seçenek haline gelir. Bu da mısırın su kullanım verimliliğinin yoncaya göre %70 daha fazla olmasını sağlamaktadır (13). Diğer yandan, silajlık mısırın yoncadan daha yüksek verime sahip olması ve daha az iş gücü gereksinimine duyması, mısır silajının yoncaya göre öncelikli olarak seçilmesinin nedenlerindendir (61).

Sorgum bitkisinin su, azot, fosfor ve potasyum kullanım etkinliği mısıra göre daha fazla olduğu için yeşil ot verimi düşük olmasına rağmen göreceli olarak daha fazla biyokütle üretebilmektedir (62). Elde edilen bulgulara benzer şekilde Arriola ve ark. (33) mısırın sorgum silajına göre daha yüksek KM'ye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla sorgum silajının KM'sinin düşük olması bu silajın AHP-TOPSIS analizine göre yonca silajından sonra seçilebilecek ikinci alternatif olmasında etkili olmuştur. Sorgum bitkisinin ADF oranı genel olarak mısıra göre daha fazla olduğundan ruminantlardaki sindirilme derecesi düşük olabilmektedir (63). Sindirilebilir KM değerinin diğer bitkilere göre daha düşük olması, sorgumun öncelik sırasında önemli ölçüde etkili olmuştur. Bu çalışmada, sorgum silajı yonca silajından sonraki alternatif olsa da, sorgumun su kullanım etkinliğinin yüksek olması (62) yonca silajından daha öncelikli olarak kullanılmasını sağlayabilmektedir. Ancak bu bitkilerin su kullanım verimleri ile ilgili nicel bilgi yetersizliği ilgili kriterin TOPSIS analizine eklenmesini kısıtlamıştır.

Mısır silajıyla karşılaştırıldığında HP oranının yüksek olması ayçiçeği silajını öne çıkarmaktadır (38). Diğer yandan ayçiçeği bitkisinin düşük KM ve yüksek ADF içeriği pH değerinin yüksek olmasına neden olabilmekte ve bu bitkinin silolanması sırasında problemlere yol açabilmektedir (37,38). Bu nedenlere bağlı olarak mevcut çalışmada AHP-TOPSIS analizi

sonucunda ayçiçeği silajı mısır silajına alternatif olabilecek silajlar arasında üçüncü sırada yer almıştır. Ayçiçeğinin soğuk ve sıcak koşullara mısıra göre daha iyi uyum sağlaması, bu bitkiyi mısıra göre avantajlı kılabilmektedir. Özellikle yetersiz sulama koşulları altında ayçiçeği bitkisi, sıcaklık stresine dayanıklılık göstermektedir (64). Yine kuraklığa dayanıklılık ile ilgili nicel araştırma verilerinin eksikliği nedeniyle, bu çalışmada ilgili kriterin kullanımı mümkün olmamıştır.

KM bakımından en yüksek değere sahip olan silaj buğday hasılı silajı olmasına rağmen (40,41,43) yeşil ot veriminin silaj seçimini büyük oranda etkilemesi, bu silajın en son alternatif olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

Sonuç olarak yeşil ot verimi, KM oranı, pH, HP ve sindirilebilir KM kriterleri kullanılarak yapılan AHP-TOPSIS analizinde mısıra alternatif silajlık bitki seçim sıralamasının yonca, sorgum, ayçiçeği ve buğday hasılı şeklinde olduğu bulunmuştur. Bu sıralamada yeşil ot veriminin büyük oranda etkili olduğu belirlense de kuraklığa dayanıklılık ve su kullanım verimliliği kriterlerinin nicel veri yetersizliği nedeniyle modele dahil edilememesi sıralamanın geçerliliğini kısmen sınırlamaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi ve belli bölgelere uygun silajlık bitkinin seçilmesinin sağlanması için o bölgeye özgü saha çalışmalarının yapılması ve elde edilen veriler kullanılarak yeni AHP-TOPSIS modelinin oluşturulması gerekmektedir.

FİNANSAL BEYAN

Bu araştırmanın yürütülmesinde herhangi bir kuruluştan destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar tarafından beyan edilecek bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

ES çalışmanın planlanmasını gerçekleştirdi. ES ve EÇ anket çalışmalarının yapılmasında görev aldı. ES ve DÖ veri analizini gerçekleştirdi. Çalışmanın yazılması ve son kontroller bütün yazarların katkılarıyla gerçekleştirildi.

ETİK BEYAN

Anket çalışmasında kullanılan metot Bingöl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından onaylanmıştır (Sayı:182951)

KAYNAKLAR

1. Fulgueira CL, Amigot SL, Gaggiotti M, Romero LA, Basílico JC (2007). Forage quality: Techniques for testing. *Fresh Prod.*, 1(2):121-131.
2. Worku A, Tamás T, Szilvia O, Róbert T (2019). Potential forage resources as alternatives to partial or total substitution of corn silage in dairy cattle nutrition-a review. *Anim Breed Fed.*, 68(2):109-127.
3. Nilahyane A, Islam MA, Mesbah AO, Herbert SK, Garcia y Garcia A (2020). Growth, water productivity, nutritive value, and physiology responses of silage corn to water stress. *J Agron.*, 112(3):1625-1635.
4. Tigchelaar M, Battisti DS, Naylor RL, Ray DK (2018). Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks. *Proc Natl Acad Sci.*, 115(26):6644-6649.

5. Getachew G, Putnam DH, De Ben CM, De Peters EJ (2016). Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences.*, 7(7):1106-1121.
6. Rooney WL, Blumenthal J, Bean B, Mullet JE (2007). Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. *Biofpr.*, 1(2):147-157.
7. Samarappuli D, Berti MT (2018). Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *J Clean Prod.*, 194:515-524.
8. Thomas V, Murray GA, Thacker D, Sneddon D (1982). Sunflower silage in rations for lactating holstein cows. *J Dairy Sci.*, 65(2):267-270.
9. Cardoso-Gutiérrez E, Narváez-López AC, Robles-Jiménez LE ve ark. (2020). Production performance, nutrient digestibility, and milk composition of dairy ewes supplemented with crushed sunflower seeds and sunflower seed silage in corn silage-based diets. *Animals.*, 10(12):2354.
10. Álvarez-García CD, Arriaga-Jordán CM, Estrada-Flores JG, López-González F (2023). Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season. *Chil J Agric Res.*, 83(4):398-407.
11. Wang Q, Tang B, Han Z (2013). The effects of the different silage on milk yield and composition in dairy cows. *Dairy Cows.*, 9:52-54.
12. Brito AF, Broderick GA (2006). Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.*, 89(10):3924-3938.
13. Gamble J, Baker J, Dalzell B, Wentz C, Feyereisen G (2022). Ecohydrology of irrigated silage maize and alfalfa production systems in the upper midwest US. *Agric Water Manag.*, 267:107612.
14. Hatice E (2023). Analytical hierarchy process problem solution. (İçinde): Analytic Hierarchy Process. Fabio De F, Antonella P (editörler). IntechOpen, Rijeka, 1-20.
15. Şahin M (2021). Location selection by multi-criteria decision-making methods based on objective and subjective weightings. *Knowl Inf Syst.*, 63(8):1991-2021.
16. Akçay A, Sarıözkan S, Al S (2018). Akademik personelin et tüketim tercihlerinin analitik hiyerarşi prosesi ile değerlendirilmesi. *Vet Hekim Der Derg.*, 89(1):11-24.
17. Yavuz T (2022). AHP-TOPSIS hibrit çok kriterli karar verme tekniğiyle en uygun güçlendirme alternatifinin seçimine ilişkin bir örnek olay incelemesi Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.
18. Darko A, Chan APC, Ameyaw EE, ve ark (2019). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. *Int J Constr Manag.*, 19(5):436-452.
19. Bai L, Zhang X, Lu Z ve ark. (2022). Effect of different harvest periods on dry matter accumulation and quality of silage maize, Proceedings of the 4th International Conference on Biomedical Engineering and Bioinformatics, July 07-10.
20. Yıldız H, İlker E, Yıldırım A (2017). Bazı silajlık mısır (Zea mays) çeşit ve çeşit adaylarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *ISUBÜ ZFD.*, 12(2):81-89.
21. Filya I (2004). Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim Feed Sci Technol.*, 116(1):141-150.
22. Li J, Wen X, Yang J ve ark. (2022). Effects of maize varieties on biomass yield and silage quality of maize-soybean intercropping in the qinghai-tibet plateau. *Fermentation.*, 8(10):542.
23. Yılmaz N, Akman O, Önal Aşçı Ö (2020). Bazı silajlık mısır çeşitlerinde (Zea mays L.) verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *AZD.*, 9(2):271-278.
24. Khan NA, Yu P, Ali M, Cone JW, Hendriks WH (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J Sci Food Agric.*, 95(2):238-252.
25. Alvarado-Ramírez ER, Ballesteros-Rodea G, Salem AZ ve ark. (2023). The impact of genotype on chemical composition, feeding value and in vitro rumen degradability of fresh and ensiled forage of native maize (Zea mays L.) from Mexico. *Agriculture.*, 13(11):2161.
26. Huang Y, Liang L, Dai S ve ark. (2021). Effect of different regions and ensiling periods on fermentation quality and the bacterial community of whole-plant maize silage. *Front Microbiol.*, 12.
27. Sirakaya S (2024). Effects of chitosan and its organic acid solutions on corn silage quality. *TURJAF.*, 12(5):739-746.
28. Meeske R, Basson HM (1998). The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. *Anim Feed Sci Technol.*, 70(3):239-247.
29. Arıcı RÇ, Avcı MA (2022). Orta Anadolu şartlarında farklı silaj sorghum genotiplerinde su stresinin biyokütle verimi ve bazı tarımsal özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi. *BBAD.*, 11(2):145-156.
30. Farhadi A, Paknejad F, Golzardi F, Ilkaee MN, Aghayari F (2022). Effects of limited irrigation and nitrogen rate on the herbage yield, water productivity, and nutritive value of sorghum silage. *Commun Soil Sci Plant Anal.*, 53(5):576-589.
31. Terler G, Resch R, Gappmaier S, Gruber L (2021). Nutritive value for ruminants of different fresh and ensiled sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) varieties harvested at varying maturity stages. *Arch Anim Nutr.*, 75(3):167-182.
32. Rodrigues PHM, Pinedo LA, Meyer PM, da Silva TH, Guimarães ICdSB (2020). Sorghum silage quality as determined by chemical-nutritional factors. *Grass Forage Sci.*, 75(4):462-473.
33. Arriola KG, Vyas D, Kim D ve ark. (2021). Effect of Lactobacillus hilgardii, Lactobacillus buchneri, or their combination on the fermentation and nutritive value of sorghum silage and corn silage. *J Dairy Sci.*, 104(9):9664-9675.
34. McCary CL, Vyas D, Faciola AP, Ferraretto LF (2020). Graduate student literature review: Current perspectives on whole-plant sorghum silage production and utilization by lactating dairy cows. *J Dairy Sci.*, 103(6):5783-5790.
35. Lv X, Chen L, Zhou C ve ark. (2023). Application of different proportions of sweet sorghum silage as a substitute for corn silage in dairy cows. *Food Sci Nutr.*, 11(6):3575-3587.
36. Demirel M, Bolat D, Çelik S, Bakıcı Y, Çelik S (2006). Quality of silages from sunflower harvested at different vegetational stages. *J Appl Anim Res.*, 30(2):161-165.
37. Erdoğan S, Yıldız S (2018). Van koşullarında yetiştirilen silajlık mısır (Zea mays L.) ve ayçiçeği (Helianthus annuus L.)'nin verim parametreleri ve besin madde kompozisyonuna ait kalite özellikleri. *TÜTAD.*, 5(3):280-285.
38. Tan M (2015). Nutritive value of sunflower silages ensiled with corn or alfalfa at different rate. *J Agric Sci.*, 21(2):184-191.
39. Santos CBD, Costa KAP, Souza WF ve ark. (2020). Production and quality of sunflower and paiguas palisadegrass silage in monocropped and intercropping in different forage systems. *Acta Sci-Anim Sci.*, 42:e48304.
40. Filya I (2003). Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Anim Feed Sci Technol.*, 103(1):85-95.
41. Nadeau E (2007). Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *J Sci Food Agric.*, 87(5):789-801.
42. Crovetto GM, Galassi G, Rapetti L, Sandrucci A, Tamburini A (1998). Effect of the stage of maturity on the nutritive value of whole crop wheat silage. *Livest Prod Sci.*, 55(1):21-32.

43. Xie ZL, Zhang TF, Chen XZ, Li GD, Zhang JG (2012). Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 25(10):1374-1380.
44. Keskin B, Temel S, Eren B (2020). İğdır ekolojik şartlarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin ot verimleri. *TURKJANS.*, 7(3):757-764.
45. Albayrak S, Öten M (2020). Döl kontrolü parsellerindeki yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin verim ve kalite özellikleri ile genel kombinasyon yeteneklerinin belirlenmesi. *Ana Tar Bil Der.*, 35(3):353-360.
46. Gao R, Wang B, Jia T, Luo Y, Yu Z (2021). Effects of different carbohydrate sources on alfalfa silage quality at different ensiling days. *Agriculture.*, 11(1):58.
47. Broderick GA (1985). Alfalfa silage or hay versus corn silage as the sole forage for lactating dairy cows. *J Dairy Sci.*, 68(12):3262-3271.
48. Wang X, Haruta S, Wang P ve ark. (2006). Diversity of a stable enrichment culture which is useful for silage inoculant and its succession in alfalfa silage. *FEMS Microbiol Ecol.*, 57(1):106-115.
49. Saaty TL (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int J Serv Sci.*, 1(1):83-98.
50. Vafaei N, Ribeiro RA, Camarinha-Matos LM (2016). Normalization techniques for multi-criteria decision making: Analytical hierarchy process case study. (İçinde): Technological Innovation for Cyber-Physical Systems. Camarinha-Matos LM, Falcão AJ, Vafaei N, Najdi S (editörler). Springer International Publishing, Cham, 261-269.
51. Russo RdFSM, Camanho R (2015). Criteria in AHP: A systematic review of literature. *Procedia Comput Sci.*, 55:1123-1132.
52. Saaty TL, Tran LT (2007). On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the analytic hierarchy process. *Math Comput Model.*, 46(7):962-975.
53. Raharjo H, Endah D (2006). Evaluating relationship of consistency ratio and number of alternatives on rank reversal in the AHP. *Qual Eng.*, 18(1):39-46.
54. Hwang C-L, Yoon K (1981). Methods for multiple attribute decision making. (İçinde): Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey. Hwang C-L, Yoon K (editörler). Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 58-191.
55. Hwang C-L, Lai Y-J, Liu T-Y (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Comput Oper Res.*, 20(8):889-899.
56. Zulqarnain R, Saeed M, Ahmad N, Dayan F, Ahmad B (2020). Application of TOPSIS method for decision making. *IJSRMSS.*, 7(2):72-81.
57. Çalik A, Çizmecioglu S, Akpınar A (2019). An integrated AHP-TOPSIS framework for foreign direct investment in Turkey. *J Multi-Criteria Decis Anal.*, 26(5-6):296-307.
58. Hanine M, Boutkhoul O, Tikniouine A, Agouti T (2016). Application of an integrated multi-criteria decision making AHP-TOPSIS Methodology for ETL Software Selection. *SpringerPlus.*, 5(1):263.
59. Ahmad S, Parvez M, Khan TA, Khan O (2022). A hybrid approach using AHP-TOPSIS methods for ranking of soft computing techniques based on their attributes for prediction of solar radiation. *Environ Chall.*, 9:100634.
60. Latif A, Sun Y, Noman A (2023). Herbaceous alfalfa plant as a multipurpose crop and predominant forage specie in pakistan. *Front sustain food syst.*, 7.
61. Martin NP, Russelle MP, Powell JM ve ark. (2017). Sustainable forage and grain crop production for the US dairy industry. *J Dairy Sci.*, 100(12):9479-9494.
62. Howell TA, Evett SR, Tolk JA ve ark. (2008). Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. World Environmental and Water Resources Congress 2008. 12-15 August.
63. Harper MT, Oh J, Giallongo F ve ark. (2017). Using brown midrib 6 dwarf forage sorghum silage and fall-grown oat silage in lactating dairy cow rations. *J Dairy Sci.*, 100(7):5250-5265.
64. Hussain M, Farooq S, Hasan W ve ark. (2018). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agric Water Manag.*, 201:152-166.