



The relationship between protein yield, yield components and nutrient contents of Wild Rocket

Nur KOÇ KOYUN^{*1}, Ayşegül KORKMAZ², Ramazan ACAR¹
ORCID: 0000-0002-3053-6127; 0000-0002-6745-5742; 0000-0002-3347-6537

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 42250, Konya, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 42250, Konya, Türkiye

Abstract

The wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC), which has adapted to changing climate conditions, uses vegetables, oil, medicinal, and forage crops. Furthermore, the species is one of the plants that are benefited from soil and water conservation by rapidly developing vegetation in areas with water erosion having botanical properties. Therefore, it is necessary to determine the characteristics related to the yield to the practical plant breeding in plants providing sustainable agriculture in a rapidly changing climate. For this reason, in this research, the wild rocket was grown for use as a fodder crop at three-row spacing according to Randomized Complete Block Design with three replication during 2015-2016 in Konya conditions. Our study aimed to investigate the relationship between crude protein, yield, protein yield, botanical properties, and nutrient content of plants grown in different row spacing in 2016. 30 cm and 40 cm row spacing, 1.82 g, and 1.96 g, respectively, had the maximum protein yield per plant; these values were statistically in the same group. In research, we obtained the highest protein yield from 30 cm row spacing with 404.42 kg ha⁻¹. Moreover, the protein yield per plant of wild rocket grown at different row spacing individually explained 37% of the protein yield's variation as the result of the path model clarifying the relationship between traits investigated in the search. Also, the plant fodder yield per plant, plant height, and crude protein explained 97.6% of the protein yield's variation. Consequently, 30 cm and 40 cm row spacing are suggested in farming for obtaining roughage with high protein yield. However, we can state that the plant fodder yield per plant, plant height, canopy diameter and crude protein should be considered as selection criteria for the selection of types for developed forage crops.

Key words: *Diplotaxis tenuifolia*, path analysis, protein, yield, wild rocket

----- * -----

Yabani Rokanın protein verimi ve verim unsurları ile besin element içerikleri arasındaki ilişkiler

Özet

Günümüzde değişen iklim şartlarına adapte olabilecek potansiyele sahip olan yabani rokanın (*D. tenuifolia* (L.) DC), sebze, tıbbi bitki, yağ bitkisi, yem bitkisi olarak kullanımı söz konusudur. Ayrıca sahip olduğu bitkisel özellikleri ile su erozyonu olan bölgelerde hızlı bitki örtüsü geliştirerek toprak ve su korumasında faydalanabileceğimiz bitki türlerindedir. Hızla değişen iklim şartlarında, sürdürülebilir bir tarımı sağlayabilecek bitkilerin ıslahının daha kısa sürede yapılabilmesi için verim ile arasında ilişki bulunan özelliklerin tespit edilmesi gerekir. Bu sebeple, bu çalışmada 2015-2016 yıllarında Konya şartlarında Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak üç farklı sıra aralığında yabani roka yem bitkisi olarak kullanım amacıyla yetiştirilmiştir. Araştırmamızda, farklı sıra aralığında yetiştirilen bitkilerin 2016 yılındaki ham protein oranı, verimi ve protein verimi ile bitkisel özellikler ve besin elementleri arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada bitki başına en yüksek protein verimi, 30 ve 40 cm sıra aralığından sırasıyla 1.82 g ve 1.96 g olup istatistik olarak bu değerler aynı grupta yer almaktadır. Araştırmada en yüksek protein verimi 30 cm sıra aralığında 404.42 kg ha⁻¹ elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada incelenen özellikler arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla yapılan path model sonucuna göre, farklı sıra aralığında yetiştirilen yabani rokanın bitki başına protein verimi, protein verimi varyasyonunun % 37'si tek başına açıklamaktadır. Dahası, bitki başına yem verimi, bitki boyu

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +903322232990; Fax.: +903322410108; E-mail: nurkoc@selcuk.edu.tr

ve ham protein oranı birlikte bitki başına protein verimi varyasyonun % 97.6'sını açıklamaktadır. Sonuç olarak, yüksek protein verimine sahip kaba yem elde etmek amacıyla yapılacak yetiştiriciliklerde 30 cm ve 40 cm sıra aralığı tavsiye edilebilir. Bununla birlikte, yem bitkisi amacı ile geliştirilecek tiplerin seçiminde ise kriter olarak bitki başına yem verimi, bitki boyu, kanopi çapı ve ham protein oranı özellikleri üzerinde durulması gerektiğini ifade edebiliriz.

Anahtar kelimeler: *Diplotaxis tenuifolia*, path analizi, protein, verim, yabancı roka

1. Giriş

Diplotaxis cinsi *Brassicaceae* familyasına ait olup, Türkiye Florasında *D. acris*, *D. eruroides*, *D. muralis*, *D. viminea* ve *D. tenuifolia* olmak üzere 5 tür ile temsil edilmektedir. Yabancı roka (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC) bu türler içerisinde çok yıllık olan tek türdür [1]. Türkiye’de yaygın olarak “yabancı roka” olarak adlandırılan *D. tenuifolia* türü, Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) adlı eserde “Türpenk” olarak adlandırılmaktadır [2]. *D. tenuifolia* Kuzey Afrika, Batı Asya ve Avrupa’nın yerel türü olarak tanımlanmaktadır. Rekabetçi yönünün güçlü olması nedeniyle Avustralya, Arjantin ve Kuzey Amerika’da istilacı tür olarak kabul edilirken Türkiye’de biyoçeşitliliğin yüksek olması nedeniyle istilacı tür olarak değerlendirilmemektedir [1, 3].

Yabancı rokanın kök, gövde, yaprak, polen ve tohumunun anatomik yapısı detaylı incelenmiş ve sahip olduğu bu bitkisel özellikleri ile potansiyel kullanım alanları çok geniş olduğu ifade edilebilir [4, 5].

Yabancı roka derin kök sistemi ile kuraklığa karşı toleranslı olup yazın kuru yem periyodunda özellikle koyunlar için kaba yem kaynağı olarak kullanılabilir [4, 6]. [7]’ya göre koyunların bu bitkiyi otlama konusunda isteksiz olduğunu belirtse de, [6]’e göre koyun rasyonlarında yonca kuru otuna % 5, %15 ve % 30 yabancı rokanın konulmasının hayvanların otladığı ve hayvan sağlığına zarar vermediği ifade edilmiştir.

Ormanlar ve meralar biyoçeşitlilik oranı en yüksek yerler olup özellikle yazın kurak dönemlerinde meydana gelen yangınlar biyoçeşitliliğe zarar vermektedir. Yabancı roka bu dönemlerinde oluşturduğu gövde ve yaprak yapısı ile yangın önleme şeritleri olarak kullanımı mümkündür. Ayrıca biyosistem için vazgeçilmez olan ve bitkilerin tozlanmasında önemli bir rolü olan arılar için, yabancı roka çiçekleri 6 ay gibi (Nisan- Ekim) uzun bir dönem polen kaynağı sağlamaktadırlar [8, 9]. Bunlara ek olarak, adaptasyon kabiliyeti yüksek oluşu, hızlı gelişim göstermesi, tohumlarını hızlıca yayması ve çok yıllık bir tür olması ile su erozyonu olan bölgelerde hızlı bitki örtüsü geliştirerek toprak ve su korumada faydalanabileceğimiz bitki türlerindedir [1].

Ekosistemin korunması amacı dışında, tohumlarındaki % 35 yağ oranı ile yağ bitkisi olarak [10], yapraklarındaki kersetin, kaempferol, izorhamnetin gibi flavonoidler içerdiği için tıbbi bitki olarak kullanım imkânı bulunmaktadır [11, 12]. Ayrıca, yabancı roka yaprakları İtalya ve İspanya’da sebze olarak tüketilmektedir [1, 13, 14, 15]. Türkiye’de doğal olarak yetişmesine rağmen ülkemizde ticareti ve yetiştiriciliği yapılmamaktadır.

Yabancı roka tarımı ile ilgili yapılan çalışmalarda sebze amacı ile yapılan üretimde sıra aralığı 20 cm olarak tavsiye edilmektedir [12]. Benzer bir şekilde, Konya şartlarında yem bitkisi olarak yetiştiriciliği ile ilgili yapılan çalışmada yüksek tohum ve yem verimi için sıra aralığı olarak 20 ve 30 cm sıra aralığında önerilmiştir [4]. Ayrıca *D. tenuifolia*’nın gübrelenmesi [16] ve yapraklarının depolanması [17] ile ilgili araştırmalar mevcuttur.

Günümüzde değişen iklim şartlarına adapte olabilecek potansiyele sahip olan *D. tenuifolia* gibi kullanım alanlarının çokluğu nedeniyle değişen bu şartlarda insan ve hayvan beslenmesinde sürdürülebilir tarıma yardımcı olabilecek bitkilerinden olduğu ifade edilebilir. Böyle bitkilerin ıslahının daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi için verim ile arasında ilişki bulunan özelliklerin tespit edilmesi çok önemlidir. Path analizi, çeşitli tane verim unsurlarının arasındaki ilişkiyi ölçmeye imkan sağlayan güvenilir bir istatistikî metottur. Bu metot, değişkenler arasındaki korelasyonu incelemeye yardımcı olduğu gibi aynı zamanda da bitki ıslahında seleksiyon stratejisi belirlemede kullanılabilir [18]. Bu sebeple, bu çalışmada ham protein oranı ve verimi incelenmiştir. Ayrıca çalışmada path ve korelasyon analizlerinden faydalanarak protein verimi, bitkisel özellikler ve besin elementleri arasındaki ilişkileri açıklamak amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Denemenin kurulması

Çalışma, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Deneme alanında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 6 Mayıs 2015 tarihinde kurulmuştur. Araştırma 2015-2016 yıllarında yürütülmüştür. S.Ü. kampüs alanında doğal olarak yetişen yabancı rokanın tohumları Ekim 2014’te toplanmış ve bu tohumlar materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmada bitkiler 20, 30 ve 40 cm olmak üzere üç farklı sıra aralığında yetiştirilmiştir. Ekim sırasında veya sonrasında gübreleme yapılmamıştır. Bitkilere 2016 yılında Temmuz ve Ağustos aylarında bitkilerin su ihtiyacı olduğu dönemlerde yağmurlama sulama ile 200 mm su verilmiştir.

Deneme arazisinin iklim özellikleri: Uzun yıllar ortalamalarına göre (1980-2014) ortalama sıcaklıklar 12.60 °C, ekim yılı olan 2015’te 12.60 °C ve hasat yılında (2016) 12.54 °C olarak kaydedilmiştir. Yıllık toplam yağış uzun yıllar (1980-2014) ortalamasında 348.23 mm olarak kaydedilmiştir. Yıllık toplam yağış denemenin kurulduğu yıl (2015)

ortalamaların üzerinde (375.60 mm) olmasına rağmen hasat yılında (2016) ortalamaların altında (293.50 mm) bir yağış gerçekleşmiştir.

Deneme arazisinin toprak özellikleri: Toprak killi-tınlı bir bünyeye sahip olup, kireç (CaCO_3) içeriği (% 35.6) bakımından yüksektir. Toprak % 2.40 ile orta düzeyde organik maddeye sahip olup alkali reaksiyon (pH 8.12) göstermektedir. Toprakta tuzluluk problemi ($0.88 \text{ dS m}^{-1}\text{EC}$) yoktur. Toprağın bitkiye elverişli K miktarı (% 0.03) fazla olup Mg (% 0.03) ve B (3.08 mg kg^{-1}) miktarları yeterli, Zn miktarı (0.91 mg kg^{-1}) orta, P (3.20 mg kg^{-1}) ve Fe (1.19 mg kg^{-1}) miktarları yetersiz düzeydedir.

2.2. Verilerin elde edilmesi

Araştırmada incelenen özellikler ve gözlemler 2016 yılı Ekim ayının ilk haftasında bitkiler tohum olgunluğuna geldiği dönemde alınmıştır. Bu dönemde her parselden seçilen 5 bitki üzerinde 10 adet morfolojik özellik (bitki boyu, kanopi çapı, ana dal sayısı, daldaki meyve sayısı, bitkideki meyve sayısı, bitki başına yem verimi, bitki başına tohum verimi, bin tane ağırlığı, yem verimi, tohum verimi) incelenmiştir. Ayrıca bu dönemdeki besin maddeleri içeriği (B, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Zn) belirlenmiştir [4]. Ancak incelediğimiz bu özellikler sadece protein verimi ile ilişkinin belirlenmesi amacıyla yaptığımız istatistik analizlerde kullanılmış olup bu özelliklerden bir kısmı ile anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sebeple anlamlı sonuç elde edilen özelliklerin ölçüm metodları verilmiştir.

Çalışmada bitki boyu (BB) ve kanopi çapı (KÇ) milimetrik cetvel yardımıyla ölçülmüş cm cinsinden kaydedilmiştir. Bitki başına yem verimi (BBYV), hassas terazi ile tartılarak g cinsinden belirlenmiştir [4].

Araştırmada verimi belirlemek amacıyla yapılan biçimler 10 cm biçim yüksekliğinde elle yapılmıştır. Biçilen bitki örnekleri hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70°C 'de kurutulmuş ve bitki örnekleri öğütülüp kimyasal analizlere hazırlanmıştır. Besin maddeleri içerikleri (Ca, P, S, B ve Cu) ve ham protein oranı aşağıdaki metodlarla belirlenmiştir.

Element analizi metodu: 0.2 g öğütülmüş bitki örneği tartılmış ve 5 ml konsantre HNO_3 ve 2 ml H_2O_2 (% 30 w/v) ile mikro dalga cihazında (Cem MARSXpress) 210°C ısı ve 200 PSI basınç altında çözündürülmüştür. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine bir adet şahit ve bir adet sertifikalı referans materyal ilave edilmiştir. Çözündürülen numunelerin hacimleri deiyonize su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır. Mavi bantlı filtre kağıdında süzülen her örnek ICP-AES (Varian-Vista Model, axial) cihazında analize tabi tutulmuştur [4, 19].

Protein analizi metodu: Öğütülmüş bitki örneklerinden 0.2 g tartılarak kalay kaplara konulmuş ve 950°C 'de ısıtılan helyum, oksijen ve kuru hava ile çalışan LECO C/N analizatöründe (LECO/ TRUESEC MICRO) AACC metod 46-30'da verilen Dumas Combustion Metoduna göre azot miktarı tayin edilmiştir [20]. Elde edilen değer, 6.25 katsayısı ile çarpımı sonucunda ham protein oranı (HP) belirlenmiştir. Ayrıca çalışmamızda ham protein oranı ve bitki başına yem verimi değerleri kullanılarak bitki başına protein verimi (BBPV) ve protein verimi (PV) hesaplanmıştır.

2.3. İstatistik analizler

Ham protein ile ilgili özelliklere ait değerlerin istatistik analizleri tesadüf blokları deneme desenine göre MSTAT-C paket programında varyans analizi yapılmıştır. İstatistik olarak önemli çıkan özellikler ayrıca LSD (Asgari önem fark) testine tabi tutulmuştur [21].

Özellikler arasındaki ilişkililerin belirlenmesi için SPSS 15 paket programında çoklu regresyon analizi (Forward MRA) yapılmıştır [22]. Çoklu regresyon analizinde, morfolojik özellikler ve besin elementleri bağımsız değişken olarak, ham protein oranı, bitki başına kuru ot verimi, bitki başına ham protein verimi ve protein verimi ise bağımlı değişken olarak seçilmiştir.

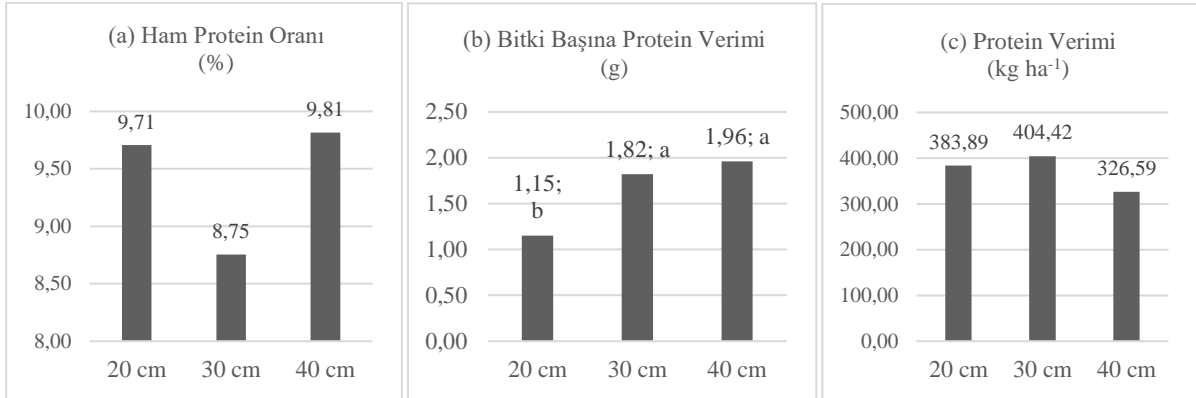
Çoklu regresyon analizi (Forward MRA) sonucunda özellikler arasındaki ilişkinin daha iyi açıklanabilmesi için basitçe özellikler arasında path modeli oluşturulmuştur. Modelde çoklu regresyon analizinden elde edilen standardize beta katsayısı (β), path katsayısı diğer bir ifade ile direkt etki olarak kullanılmıştır [23]. Çalışmada ayrıca path modelinde kullanılan özelliklerin kendi aralarındaki korelasyon, pearson korelasyon analizi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Varyans analizine ait bulgular

Farklı sıra aralığında yetiştirilen yabancı rokanın protein verimi ile ilgili özelliklere ait ortalama değerler ve gruplandırılmalar Şekil 1'de verilmiştir. Varyans analizi sonucunda, varyasyon katsayıları ham protein oranı için % 13.62, bitki başına protein verimi için % 14.81 ve protein verimi için ise % 18.14 olarak tespit edilmiştir. Varyans analizi sonucunda bitki başına protein verimi % 5 seviyesinde istatistik olarak önemli iken diğer iki özellik istatistik olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada 40 cm sıra aralığından en yüksek protein oranı (% 9.81) ve en yüksek bitki başına protein verimi (1.96 g) elde edilirken, aynı sıra aralığından en düşük protein verimi ($326.59 \text{ kg ha}^{-1}$) elde edilmiştir. Çalışmada en yüksek protein verimi 30 cm sıra aralığından $404.42 \text{ kg ha}^{-1}$ elde edilmiştir (Şekil 1a, b, c). Bu durum, 40 cm sıra aralığında metrekaresindeki bitki sayısının 30 cm sıra aralığından daha az olması ile açıklanabilir.



Şekil 1. Farklı sıra aralığında yetiştirilen yabani rokanın ham protein oranı (a), bitki başına protein verimi (b) ve protein verimi (c) ortalama değerleri ile bitki başına protein veriminin gruplandırması (LSD_{0,05}: 0,552).

3.2. Path ve korelasyon analizine ait bulgular

Çoklu regresyon analizi (Forward MRA) kullanılarak yapılan analiz sonucunda çalışmada incelenen özellikler arasındaki ilişki Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca özellikler arasındaki pearson korelasyon Tablo 2’te verilmiştir. İki analiz sonuçları birleştirilerek path modele dönüştürülmüş ve bu model Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Yabani rokanın protein verimi, unsurları ve besin maddelerin çoklu regresyon analizi (Forward MRA)

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken	Katsayılar			Bağlanım (Collinearity) İstatistiği		Model Özeti	
		Standardize Beta Katsayısı (β) (Direct Etki)	t	P	Tolerans	VIF	R	R ²
PV	BBPV	1,127	16,625	0,000	0,619	1,615	,608(a)	0,370
	Cu	1,058	12,272	0,000	0,383	2,613	,874(b)	0,765
	S	0,102	1,314	0,203	0,471	2,122	,922(c)	0,850
	P	0,511	5,638	0,000	0,346	2,889	,940(d)	0,883
	Ca	-0,507	-4,494	0,000	0,223	4,483	,970(e)	0,940
BBPV	BBYV	1,031	30,613	0,000	0,528	1,893	,886(a)	0,785
	HP	0,675	15,144	0,000	0,301	3,322	,983(b)	0,966
	BB	0,127	2,928	0,008	0,321	3,119	,988(c)	0,976
	P	-0,211	-4,271	0,000	0,246	4,069	,992(d)	0,983
	B	0,104	2,593	0,017	0,370	2,706	,994(e)	0,987
BBYV	KÇ	0,620	3,955	0,001	1,000	1,000	,620(a)	0,385

R sütünü için açıklamalar;

PV;

- a. Bağımsız değişken: (Sabit), BBPV
 b. Bağımsız değişken: (Sabit), BBPV, Cu
 c. Bağımsız değişken: (Sabit), BBPV, Cu, S
 d. Bağımsız değişken: (Sabit), BBPV, Cu, S, P
 e. Bağımsız değişken: (Sabit), BBPV, Cu, S, P, Ca

BBPV;

- a. Bağımsız değişken: (Sabit), BBYV
 b. Bağımsız değişken: (Sabit), BBYV, HP
 c. Bağımsız değişken: (Sabit), BBYV, HP, BB
 d. Bağımsız değişken: (Sabit), BBYV, HP, BB, P
 e. Bağımsız değişken: (Sabit), BBYV, HP, BB, P, B

BBYV;

- a. Bağımsız değişken: (Sabit), KÇ

Kısaltmaların açıklaması materyal ve yöntem bölümünde verilmiştir.

Tablo 1’te verilen ilişkiler incelendiğinde, protein verimi bağımlı değişkeni ile S bağımsız değişkeni arasındaki ilişki istatistiki olarak önemsizdir. Ancak bağımlı değişken olarak bitki başına protein verimini seçtiğimizde, B bağımsız değişkeni ile arasındaki ilişki % 5 seviyesinde önemli iken diğer bağımsız değişkenlerle olan ilişkiler % 1 düzeyinde

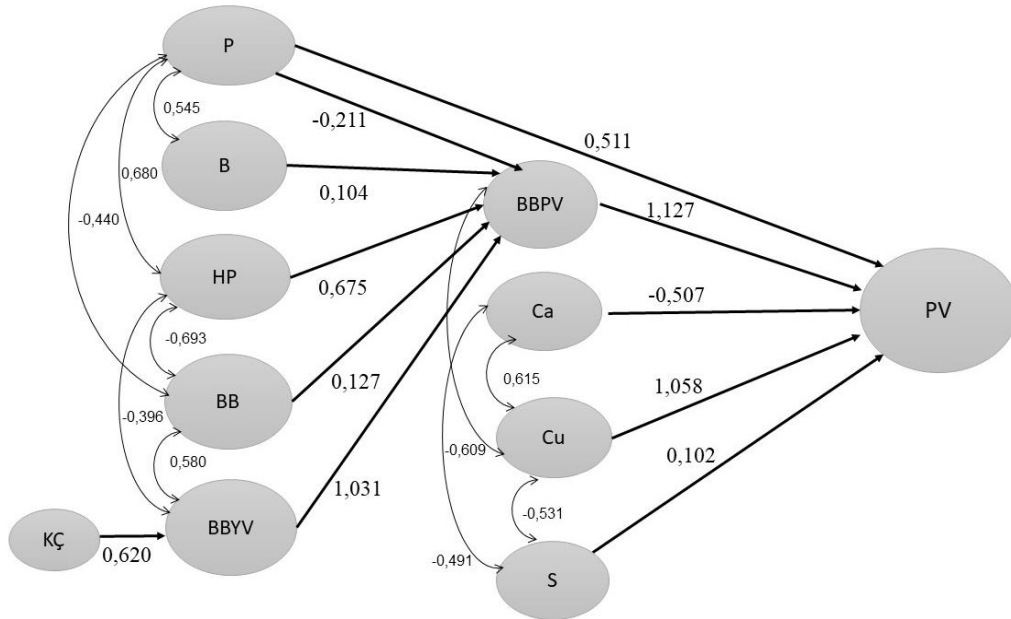
istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bağımlı değişken olarak bitki başına yem verimi alındığında kanopi çapı ile arasındaki ilişki istatistiki olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Yabani rokanın protein verimi, unsurları ve besin maddelerine ait pearson korelasyon analizi

	B	Ca	Cu	P	S	BB	KÇ	BBYV	HP	BBPV
Ca	0,890**									
Cu	0,473*	0,615**								
P	0,545**	0,674**	0,240							
S	-0,388*	-0,491**	-0,531**	0,051						
BB	0,149	-0,215	-0,081	-0,440*	0,015					
KÇ	-0,342	-0,595**	-0,395*	-0,450*	0,308	0,613**				
BBYV	-0,240	-0,416*	-0,468*	-0,354	0,181	0,580**	0,620**			
HP	0,031	0,294	-0,174	0,680**	0,227	-0,693**	-0,367	-0,396*		
BBPV	-0,218	-0,304	-0,609**	-0,116	0,297	0,364	0,546**	0,886**	0,039	
PV	0,026	0,095	0,128	0,298	0,150	0,166	0,348	0,528**	0,125	0,608**

*:p<0.05; **:p<0.01; Kısaltmalar materyal ve yöntem bölümünde verilmiştir.

Yapılan korelasyon analizi sonucuna göre borun kalsiyum ve fosfor ile olan ilişkisi % 1 seviyesinde önemli iken, bakır ve kükürt ile olan ilişkisi % 5 seviyesinde önemlidir (Tablo 2). Kalsiyumun bakır, fosfor, kükürt ve bitki çapı ile olan ilişkisi % 1 seviyesinde önemli iken bitki başına yem verimi ile ilişkisi % 5 seviyesinde öneme sahip olduğu ifade edilebilir. Bakırın kükürt ve bitki başına protein verimi ile olan ilişkisi negatif yönlü ve % 1 seviyesinde, bitki çapı ve bitki başına yem verimi yine negatif yönlü ve % 5 seviyesinde anlamlıdır. Bitki boyu ile bitki çapı ve bitki başına yem verimi pozitif yönlü ve % 1 seviyesinde önemli iken, ham protein ile negatif yönlü % 1 seviyesinde önemli bir ilişkisi bulunmaktadır. Ham protein, bitki başına yem verimi ve bitki başına protein verimi ile % 1 seviyesinde pozitif yönlü bir ilişkisi mevcuttur. Bitki başına yem verimi, bitki başına protein verimi ve protein verimi ile pozitif yönlü % 1 seviyesinde, bitki çapı ile % 5 seviyesinde negatif yönlü anlamlı bir ilişkisi vardır. Protein verimi ise bitki başına protein verimi ile pozitif yönlü ve % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bir ilişkisi söz konusudur.



Şekil 2. Path Model; Kısaltmalar materyal ve yöntem bölümünde verilmiştir.

Şekil 2’de verilen path modelde, protein verimi (PV) üzerine etki eden verim unsurları ve besin elementlerin direk etkileri (β) tek yönlü oklar ile, özellikler arasındaki korelasyon ise çift yönlü oklar ile gösterilmiştir. Protein verimi ile Ca arasındaki ilişki negatif yönlü ($\beta = -0,507$) olup diğer özelliklerle ilişkisi pozitif yönlüdür. Protein verimi üzerine bitki başına protein verimini direk etkisi (1.127) yüksek olduğu ve tek başına varyasyonun % 37’ini ($R^2=0,370$) açıklamaktadır (Tablo 1). Bitki başına protein verimi ile P arasındaki ilişki negatif yönlü ($\beta = -0,211$) olup diğer özelliklerle (BBYV, HP, BB, B) olan ilişkisi pozitif yönlüdür. Bitki başına yem verimi, bitki başına protein verimi üzerine direk etkisi (1.031) olup bitki başına protein verimini varyasyonunun % 78.5’ini ($R^2=0,785$) açıklamaktadır (Tablo 1).

Bitki başına yem verimi üzerine sadece bitki çapı etkili olmuş olup direk etkisi 0.620'dir. Ayrıca bitki çapı tek başına bitki başına yem verimi varyasyonunun % 38.5'lik ($R^2=0.385$) kısmını açıklamaktadır (Tablo 1).

4. Sonuçlar ve tartışma

Yabani roka hayvancılıkta kaba yem kaynağı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olması sebebiyle yapmış olduğumuz çalışmada farklı sıra aralığında yetiştirilen bitkilerin istatistiki olarak önem arz eden bitki başına protein verimi açısından en yüksek değer 30 cm ve 40 cm sıra aralığında elde edilmiştir. Yapılan kaynak taraması sonucunda yabani rokanın bitki başına protein verimi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için protein oranı ve verimi ile ilgili sonuçlar tartışılmıştır.

2005 ve 2006 yıllarında İtalya ve Türkiye orijinli 6 haftalık yabani rokaların taze yapraklarının 2.6 ile 6.1 mg g^{-1} ham protein ihtiva ettiği belirlenmiştir [24]. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada [25], Nijerya'nın Oyo şehrinde (Erelu Baraji) yetiştirilen, yine taze yabani roka yapraklarının protein oranı % 34.56 olarak tespit etmişlerdir.

Konya'da yetişen yabani rokanın kaba yem değerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada [6], çiçeklenmeden önceki dönemde tüm bitkinin % 21 oranında ham protein oranına sahip olduğu bildirilmiştir.

Güney İtalya'da 2019- 2020 yılları boyunca sera şartlarında 3 farklı biostimulant uygulanarak yetiştirilen yabani rokadan en düşük verim sonbahar-kış döneminde ($9.3 t ha^{-1}$) alınmışken, en yüksek verim kış sezonunda ($19.1 t ha^{-1}$) alınmıştır [26]. Yetiştirme sezonunda bitkilerden % 5 total N (31% HP) elde edilmiştir. Bu çalışmada verilmemiş olmasına rağmen hesaplama ile protein verimini belirlersek, en düşük protein verimi $2.79 t ha^{-1}$ en yüksek ise $5.73 t ha^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar diğer araştırmacıların bulgularından farklılıklar göstermektedir. Bunun nedeni, çalışmamızda kullandığımız materyal sonbahar döneminde hasat edilmiş olup bitkinin yaprak, gövde, meyve ve tohum aksamalarını içerirken, diğer araştırmacılar çalışmalarında genellikle taze yaprak örneği üzerinde çalışmışlardır. Ayrıca farklılıkların bir diğer sebebi, yetiştirme şartlarındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

Path analizi, bitki ıslahında verim ve unsurları arasındaki doğal ilişkinin belirlenmesi ve önemli etkisi olan verim unsurlarının seleksiyon kriteri olarak seçiminde sıklıkla başvurulan bir yöntemdir [27]. 1999 yılında Hindistan'da New Delhi (Muson dönemi) ve Haydarabat (Kuru Kış dönemi)'ta geliştirilen 90 adet mısır genotipinin tane verimin artırılması amacıyla yapılan seleksiyon ıslahında indikatör olarak kullanılacak özelliğin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir [27]. Çalışmada Sequential Path Model için yapılan Stepwise Multiple Regresyon analizine göre, koçandaki toplam tohum ağırlığı üzerine muson ve kuru kış döneminde 0.43 değeri ile en yüksek direkt etki ve 175.24 VIF değeri toplam tane sayısı olarak saptamışlardır.

Hindistan'ın Talengane eyaletinde 42 adet hibrit çeltik geliştirmiş ve bu genotipler 15 kantitatif özelliğin birbiri ile ilişkisi incelenmiştir [28]. Çalışmada, bitki başına tohum verimi ile salkım uzunluğu arasındaki korelasyon pozitif ve % 1 düzeyinde istatistiki olarak önemli iken yapılan path analizi sonucunda salkım uzunluğunun salkımdaki tane sayısı üzerine pozitif ve 0.9688 değer ile direkt etkisi olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada, Stepwise Multiple Regresyon analizine göre salkım uzunluğu, salkımdaki tane sayısı ve bitki başına verimli kardeş sayısı özelliklerinin çok önemli olduğu ve bu özelliklerin tohum verimi varyasyonunun % 42.31'ini oluşturduğu belirtilmiştir.

Ankara'da yapmış oldukları bir çalışmada 50 nohut hattının tek bitki verimi ve unsurlarını içeren 12 adet özellik arasındaki ilişkileri incelenmiştir [29]. Çalışmada tek bitki verimi varyasyonu üzerine % 50.30 bitkide bakla sayısı, % 34.55 baklada tane sayısının etkili olduğu ifade edilmiştir.

Path analizinde çoklu bağılanım (multicollinearity) seviyesini tolerans ve VIF (Varyans Büyütme Faktörü) değeri göstermektedir. Tolerans değeri, seçilen bağımsız değişkenin (tarımsal özellikler) diğer bağımsız değişkenler tarafından açıklanmayan değişkenlik miktarı olup R^2 bağımlı özellikler tarafından tahmin edilen tohum verimi için belirleme katsayısıdır. VIF değeri ise, seçilen bağımsız değişkenin varyansı üzerindeki diğer bağımsız değişkenlerin (özellikler) etkilerinin kapsamını göstermektedir. Bu nedenle yüksek VIF değerleri (> 10) veya küçük tolerans değerleri (0,1'den çok daha düşük) yüksek oranda doğrusallık gösterdiğini ifade etmektedir [18]. Buğday üzerinde yapılan bir çalışmada tohum verimi üzerine salkım sayısı 0.431 direkt etkisi (Tolerans değeri:0.954, VIF: 1.048) ve bin tane ağırlığını 0.341 direkt etkisi (Tolerans değeri:0.954, VIF: 1.048) olduğunu belirtilmiştir [18]. Ayrıca aynı çalışmada tolerans ve VIF değerlerine göre değişkenlik gösteren bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da elde ettiğimiz tolerans ve VIF değerleri göre özellikler arasında değişkenlik gösteren bir ilişki söz konusu olup verimin tek genle kontrol edilmeyen bir özellik olmasından kaynaklanabilir.

Yem verimi poligenik olan kantitatif bir özellik olup, bitki boyu ve kanopi çapı gibi özelliklerden etkilenmektedir [30, 31]. Elde ettiğimiz path model sonucunda da görüldüğü üzere, farklı sıra aralığında yetiştirilen yabani rokaların bitki başına yem verimi üzerine bitki çapının pozitif yönlü bir etkisi söz konusudur. Ayrıca, bitki başına yem verimi, bitki boyu ve ham protein oranı ile birlikte bitki başına protein verimi varyasyonunun % 97.6'sını açıklamaktadır. Bunlara ek olarak, protein verimi ile Cu, S, P pozitif yönde direk bir etkisi söz konusu iken protein verimi ile Ca arasında negatif yönlü bir ilişkiye sahiptir.

Araştırmamızda yapmış olduğumuz kaynak taramaları neticesinde, bitki ıslahında seleksiyon açısından indikatör özellik olarak kullanılan path analizi, ekonomide önemli yeri olan mısır, çeltik, buğday ve nohut gibi bitkilerde daha çok kullanılmıştır. Ancak unutulmamalıdır ki, günümüzde değişen iklim şartları ve bunun neden olduğu gıda krizleri

dikkate alındığında adaptasyon kabiliyeti ve çeşitliliği yüksek bitki grupları ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple, çalışmamıza konu aldığımız sebze olarak kullanımının dışında yağ bitkisi, tıbbi bitki ve yem bitkisi olarak tarımda geniş bir kullanım potansiyeli olan yabancı rokanın Türkiye'deki çeşitliliğini korumanın en iyi yolu bu bitkiden faydalanma alanlarının artırılması ile gerçekleştirilebileceği kanaatindeyiz. Yabancı roka, yüksek protein verimine sahip kaba yem elde etmek amacıyla yapılacak yetiştiriciliklerde 30 cm ve 40 cm sıra aralığı tavsiye edilebilir. Ayrıca yem bitkisi amacı ile geliştirilecek tiplerin seçiminde bitki başına yem verimi, bitki boyu, kanopi çapı ve ham protein oranı özellikleri üzerinde durulması gerektiğini ifade edebiliriz.

Kaynaklar

- [1] Erik, S. (2012). Çok yönlü ruderal bir tur: *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(1), 27–36.
- [2] Güner, A. (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi 1, Nemaş Matbaası.
- [3] Levine, J. M., Adler, P. B., & Yelenik, S. G. (2004). A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. *Ecology Letters*, 7(10), 975–989.
- [4] Acar, R., Koç, N., & Sumiahadi, A. (2019). Investigation of yield, yield components and nutrient contents of wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.). *Arabian Journal of Geosciences*, 12(23), 1-6.
- [5] Yıldırım, B., Dural, H., & Çıtak, B. Y. (2021). Morphological, anatomical, palynological, and micromorphological study on *Diplotaxis tenuifolia* (Brassicaceae). *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 14(3), 365-371.
- [6] Koç, N., & Acar, R. (2017). Yabancı roka (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) Dc.) ile ilgili Konya şartlarında yapılan çalışmalar. 12. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, 12-15 Eylül 2017, Kahramanmaraş, Türkiye, s: 184-188.
- [7] Catanese, F., Fernández, P., Villalba, J. J., & Distel, R. A. (2016). The physiological consequences of ingesting a toxic plant (*Diplotaxis tenuifolia*) influence subsequent foraging decisions by sheep (*Ovis aries*). *Physiology & Behavior*, 167, 238-247.
- [8] Tomas-Barberan, F., Allende, A., Truchado, P., Bortolotti, L., Sabatini, A., Simuth, J. & Bilikova, K. (2009). Phytochemicals as markers of the floral origin of honey. 41st Congress of Apimondia, September 15-20, Montpellier, France.
- [9] Acar, R., Coşkun, B., Özcan, M.M., Özcan, C., Özköse, A. & Koç, N. (2015). The importance and agricultural usage of wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC). In: Proceeding of International Conference on Sustainable Agriculture and Environment (2nd ICSAE), September 30 - October 3. Konya, Turkey, p: 829–833.
- [10] Acar, R., Geçgel, Ü., Hamurcu, M., Coşkun, B., Koç, N. & Özcan, M.M. (2016). Some chemical properties, fatty acid composition and mineral contents of *Diplotaxis tenuifolia* seed and oil. *Am. J. Essent. Oil. Nat. Prod.*, 4(2), 23–26.
- [11] Nicoletti, R., Raimo, F. & Miccio, G. (2007). *Diplotaxis tenuifolia*: biology, production and properties. *Eur J Plant Sci Biotech*, 1(1), 36–43.
- [12] Caruso, G., Parrella, G., Giorgini, M. & Nicoletti, R. (2018). Crop systems, quality and protection of *Diplotaxis tenuifolia*. *Agriculture*, 8(55), 1–19.
- [13] Hall, M., Jobling, J., Rogers, G. (2012). Some perspectives on the rocket as a vegetable crop: a review. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 76(1), 21–41.
- [14] Durazzo, A., Azzini, E., Lazzè, M.C., Raguzzini, A., Pizzala, R. & Maiani, G. (2013). Italian wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.): influence of agricultural practices on antioxidant molecules and on cytotoxicity and antiproliferative effects. *Agriculture*, 3(2), 285–29.
- [15] Kenigsbuch, D., Ovidia, A., Shahar-Ivanova, Y., Chalupowicz, D. & Maurer, D. (2014). “Rock-Ad”, a new wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia*) mutant with late flowering and delayed post harvest senescence. *Sci Horti*, 174, 17–23.
- [16] Darlison, J., Mogren, L., Rosberg, A. K., Grudén, M., Minet, A., Liné, C., ... & Alsanius, B. W. (2019). Leaf mineral content govern microbial community structure in the phyllosphere of spinach (*Spinacia oleracea*) and rocket (*Diplotaxis tenuifolia*). *Science of the total environment*, 675, 501-512.
- [17] Spadafora, N. D., Amaro, A. L., Pereira, M. J., Müller, C. T., Pintado, M., & Rogers, H. J. (2016). Multi-trait analysis of post-harvest storage in rocket salad (*Diplotaxis tenuifolia*) links sensorial, volatile and nutritional data. *Food Chemistry*, 211, 114-123.

- [18] Janmohammadi, M., Sabaghnia, N., & Nouraein, M. (2014). Path analysis of grain yield and yield components and some agronomic traits in bread wheat. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62(5), 945-952.
- [19] USDA 2004, Soil survey laboratory methods manual, Soil survey investigations report, 42. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd1026807.pdf (06.10.2022).
- [20] AACCC, 2004, *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (10th edn.)*. St. Paul, MN, USA.
- [21] Freed, R., Einensmith, S.P., Guets, S., Reicosky, D., Smail, V.W. & Wolberg, P. (1989). *User's guide to MSTAT-C analysis of agronomic research experiments*. Michigan State University, USA.
- [22] Ho, R. (2013). *Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS*. CRC press.
- [23] Example of very simple path analysis via regression (with correlation matrix input). (2021). <https://psych.unl.edu/psycrs/971/pathanalysis/path1ex.pdf> (26.10.2021).
- [24] Bozokalfa, M.K., Yagmur, B., Ilbi, H., Esiyok, D. & Kavak, S. (2009). Genetic variability for the mineral concentration of *Eruca sativa* L. and *Diplotaxis tenuifolia* L. accessions. *Crop Breed Appl Biotechnol*, 9(4), 372–38.
- [25] Adeagbo, A. I., Bolaji, K. A., & Odoje, O. F. (2013). Nutritive potentials of *Allium cepa* and *Diplotaxis tenuifolia* vegetable leaf protein concentrates. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3, 211-214.
- [26] Caruso, G., El-Nakhel, C., Roupael, Y., Comite, E., Lombardi, N., Cuciniello, A., & Woo, S. L. (2020). *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. yield and quality as influenced by cropping season, protein hydrolysates, and Trichoderma applications. *Plants*, 9(6), 697.
- [27] Mohammadi S. A., Prasanna, B. M. & Singh, N. N. (2003). Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Sci.* 43, 1690–169
- [28] Begum, S., Srinivas, B., Reddy, V.R. & Kumari, C.A. (2021), Multiple regression, correlation and path analysis of gall midge incidence, yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.) Hybrids. *Current Journal of Applied Science and Technology* 40(2): 33-45.
- [29] Gürbüz, A., Türkan, A. D., Soydaş, S., & Aydın, N. (2004). Nohutta korelasyon ve path analizi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10(1-2),1-8.
- [30] Chahal, G. & Gosal, S. (2002). *Principles and procedures of plant breeding: Biotechnological and conventional approaches*. Alpha Science Int'l Ltd.
- [31] Semagn, K., Bjørnstad, Å. & Xu, Y. (2010). The genetic dissection of quantitative traits in crops. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13(5), 16-7.