

Arpa Genotiplerinde Azot Etkinlik İndeksleri, Tane Verimi ve Tane Protein Oranı Arasındaki İlişkiler

Ali ÖZTÜRK¹

Özcan ÇAĞLAR¹¹

Geliş Tarihi : 15.09.1999

Özet: Erzurum koşullarında 15 arpa genotipi ile 1996 ve 1997 yıllarında yürütülen bu araştırmada, N etkinlik indeksleri ile tane verimi ve tane protein oranı arasındaki ilişkiler korelasyon, stepwise regresyon ve path katsayısı analizleri yardımıyla incelenmiştir.

Tane verimi ile bitki boyu, m²'deki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı, agronomik etkinlik, fizyolojik etkinlik, N alım etkinliği, sap verimi ve hasat indeksi olumlu, tane protein oranı ve başaktaki tane sayısı olumsuz; tane protein oranı ile fizyolojik etkinlik olumsuz, N translokasyon etkinliği ise olumlu ilişkili olmuştur. Stepwise regresyon analizleri tane verimindeki varyasyonun % 95'inin N alım etkinliği ve hasat indeksinden, tane protein oranındaki varyasyonun % 98'inin fizyolojik etkinlik ve N translokasyon etkinliğinden kaynaklandığını göstermiştir. N alım etkinliği (P=0.631) ve *hasat indeksinin (P=0.303) tane verimine doğrudan etkileri olumlu ve yüksek bulunmuştur. Tane protein oranı fizyolojik etkinliğin olumsuz (P=-0.982) ve N translokasyon etkinliğinin olumlu (P=0.869) etkilerinin ortak bir fonksiyonu olmuştur. Sonuçlar, N alım etkinliğindeki artışlarla tane veriminin, N translokasyon etkinliğindeki artışlarla tane veriminde azalma olmaksızın tane protein oranının artırılabilirliğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: N etkinlik indeksleri, tane verimi, tane protein oranı, stepwise regresyon analizi, path analizi, arpa

Relationships Among Nitrogen Efficiency Indexes, Grain Yield and Grain Protein Content in Barley Genotypes

Abstract: This research was carried out using 15 barley genotypes at Erzurum in 1996 and 1997. Relationships among N efficiency indexes, grain yield and grain protein content were investigated using correlation, stepwise regression and path coefficient analysis.

Grain yield was positively correlated with plant height, spike number per m², 1000-kernel weight, agronomic efficiency, physiological efficiency, N uptake efficiency, straw yield, harvest index, and negatively with kernel number per spike and grain protein content. Grain protein content was negatively correlated with physiological efficiency, but positively with N translocation efficiency. Stepwise regression analysis indicated that 95 % of the variation in grain yield depended on N uptake efficiency and harvest index, and 98 % of the variation in grain protein content on physiological efficiency and N translocation efficiency. N uptake efficiency (P=0.631) and harvest index (P=0.303) had positive and high effect on grain yield. Grain protein content was a co-function of negative effect of physiological efficiency (P=-0.982) and positive effect of N translocation efficiency (P=0.869). The results showed that increases in N uptake efficiency may enhance grain yield and increases in N translocation efficiency might increase grain protein content without reducing grain yield.

Key Words: N efficiency indexes, grain yield, grain protein content, stepwise regression analysis, path analysis, barley

Giriş

Tahılların önemli ekonomik özellikleri olan tane verimi ve tane protein oranının artırılmasında en etkili uygulamalardan biri azotlu gübrelemedir. Ancak, gübre fiyatlarındaki artışlar ve çevre koruma bilincindeki gelişmelere bağlı olarak, günümüzdeki modern tarım sistemlerinde yüksek girdili üretim sistemleri terk edilmeye başlanmıştır. Bu nedenle, en düşük girdi ile en yüksek verimlere ulaşılmasını sağlayacak, N-kullanım etkinliği yüksek genotiplerin geliştirilmesi, sürdürülebilir tarımın temel hedeflerinden birisi haline gelmiştir.

Tahıllarda tane verimi ile tane protein oranı genellikle olumsuz ilişkilidir (Day ve ark., 1985; Loffler ve ark., 1985; Gonzales Ponce ve ark., 1993). Ancak, bazı genetik gelişmelere bağlı olarak hem tane veriminde, hem de tane protein oranında artışlar sağlanabilmiş ve bu artışlar, daha

etkin azot alımı yanında, azotlu bileşiklerin vejetatif organlardan taneye daha etkin taşınmasıyla ilgili olmuştur (Bhatia, 1975; Austin ve ark., 1977). Azot kullanım etkinliği yönünden tahıllarda önemli genotipik farklılıklar bulunmuştur (Ohm, 1976; Anderson ve ark., 1991; Tilman ve ark., 1991). Bloom ve Chapin (1981), NH₄ ve NO₃ alımı yönünden arpa genotipleri arasındaki genetik farklılığa dikkat çekmişlerdir. Isfan (1990), yazlık arpa genotipleri arasında fizyolojik etkinlik indeksi yönünden önemli farklar bulunmuş ve bu karakterin tane verimiyle olumlu ve önemli ilişkili (r = 0.98) olduğunu bildirmiştir. Azot alım etkinliği ve azot translokasyon etkinliğini azot kullanım etkinliğinin iki temel ögesi olarak tanımlayan Paccaud ve ark. (1985), azot kullanım etkinliği yüksek genotiplerde tane veriminin yüksek, protein oranının ise düşük olduğunu bildirmişlerdir. Loffler ve ark. (1985),

¹ Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Tarla Bitkileri Bölümü-Erzurum

yalız buğdayda azot translokasyon etkinliğindeki artışlara bağlı olarak tane veriminde azalma olmaksızın tane protein oranının artırılabilmesine dikkat çekmişlerdir. Van Sanford ve MacKown (1986), azot alım etkinliğinin kışık buğday genotiplerinde tane verimi ($r=0.70^{**}$, $P=0.76$) ve tane protein oranı ($r=0.89^{**}$, $P=0.81$) yönünden azot kullanım etkinliğini belirleyen önemli bir karakter olduğunu vurgulamışlardır. May ve ark. (1991) da, tane verimi ve tane protein oranı yönünden azot kullanım etkinliğindeki varyasyonların önemli oranda (sırasıyla % 91 ve % 88) azot alım etkinliği ile ilişkili olduğunu saptamışlardır.

Azot etkinlik indeksleri ile tane verimi ve tane protein oranı arasındaki ilişkilerin ve bu karakterlerin tane ve protein üretimine katkılarının daha iyi anlaşılması, optimum azot dozunun belirlenmesi ve azot kullanım etkinliği yüksek çeşitlerin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Erzurum koşullarında 15 arpa genotipi ile yürütülen bu araştırmada, azot etkinlik indekslerinin tane verimi ve tane protein oranına katkıları regresyon ve path analizleri yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezinin 4 Nolu deneme alanında 1996 ve 1997 yıllarında yürütülen bu araştırmada, 10'u 2-sıralı (Brems, Tokak 157/37, Afyon Kılıç, 1502, 1511, 1515, 1522, 1524, 1527, Cytris), 5'i 6-sıralı (26, Yeşilköy 5703, FAO 69184, Iris, Bilge-2) olmak üzere toplam 15 arpa genotipi kullanılmıştır. Deneme, Tesadüf Blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim işlemi, ilkbaharda toprak koşullarının uygun olduğu ilk fırsatta, kombine parsel mibzeri ile ve 400 tohum/m² olacak şekilde yapılmıştır. Her parsel, 6.0 m uzunluğunda ve 1.2 m genişliğinde olmak üzere 20 cm aralıkla 6 bitki sırası içermiştir. Bütün parseller 8 kg N/da (amonyum sülfat) hesabıyla gübrelenmiş, azotun yarısı ekimle birlikte, diğer yarısı ise sapa kalkma başlangıcında uygulanmıştır. Bitkiler, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere iki defa sulanmıştır. Yabancı otlar, ot öldürücüler ile kontrol edilmiştir. Hasat olgunluğu döneminde, her parselin orta kısmından 3.2 m²lik bölümü toprak seviyesinden orakla biçilerek hasat edilmiştir. Hasat olgunluğu döneminde alınan bitki örnekleri laboratuvarda tane ve sap (sap, yaprak, tane dışındaki başak organları) kısımlarına ayırdıktan sonra 80 °C ye ayarlı fırında 24 saat süreyle kurutulmuş ve N içerikleri Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir.

Kimi araştırmacıların (Anderson, 1985; Garcia ve ark., 1991; Grant ve ark., 1991; Gonzales-Ponce ve ark., 1993) uyguladıkları yöntemler temel alınarak aşağıda sıralanan gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

1. **Vejetatif dönem (gün):** Ekim tarihinden % 50 başaklanmaya kadar geçen gün sayısıdır.
2. **Tane dolum süresi (gün):** % 50 başaklanmadan % 50 fizyolojik olgunluğa kadar geçen gün sayısıdır.

3. **Bitki boyu (cm):** Olgunluk döneminde, şansa bağlı 10 başaklı sap üzerinde toprak seviyesinden en üst başakçık ucuna kadar olan kısım ölçülmüştür.
4. **m²'deki başak sayısı:** Olgunluk döneminde, her parselde hasat alanı içerisindeki 1 sıranın 1 m'lik kısmındaki başaklar sayılmış ve elde edilen değerler m²'deki başak sayısına çevrilmiştir.
5. **Başaktaki tane sayısı:** Olgunluk döneminde, hasat alanı içerisinde şansa bağlı olarak seçilen 10 başaktaki taneler sayılarak ortalaması alınmıştır.
6. **Bin tane ağırlığı (g):** Her parselin tane ürününden 4x100 tane sayılarak tartılmış ve ortalaması 10 ile çarpılmıştır.
7. **Toplam verim (kg/da):** Hasat edilmiş bitkiler tarlada 3 gün süreyle kurutulup tartılmış ve değerler kg/da'a çevrilmiştir.
8. **Tane verimi (kg/da):** Harmandan sonra elde edilen tane ürünü tartılmış ve değerler kg/da'a çevrilmiştir.
9. **Sap verimi (kg/da):** Toplam verim değerlerinden tane verimi değerleri çıkarılmıştır.
10. **Hasat indeksi (%):** (Tane verimi x 100) / Toplam verim
11. **Tane N içeriği (%):** Tane örneklerinde Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir.
12. **Tane protein oranı (%):** Tane N içeriği 5.75 katsayısı ile çarpılarak hesaplanmıştır.
13. **Tane N verimi (kg/da):** Tane N içeriği x Tane verimi
14. **Sap N içeriği (%):** Sap örneklerinde (sap, yapraklar ve tane haricindeki başak organları dahil) Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir.
15. **Sap N verimi (kg/da):** Sap N içeriği x Sap verimi
16. **Toplam N verimi (kg/da):** Tane N verimi + Sap N verimi
17. **Agronomik etkinlik (kg-tane/kg-N gübre):** Tane veriminin uygulanan N miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır.
18. **Fizyolojik etkinlik (kg-tane/kg-N alınan):** Tane veriminin toplam N verimine bölünmesiyle hesaplanmıştır.
19. **N alım etkinliği (kg-N alınan/kg-N gübre):** Toplam N veriminin uygulanan N miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır.
20. **N translokasyon etkinliği (%):** Tane N verimi / Toplam N verimi

Korelasyon, stepwise regresyon ve path katsayısı analizleri ürün yılları ortalamaları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Korelasyon ve regresyon katsayıları MSTAT, path katsayıları ise, korelasyon katsayısının doğrudan ve dolaylı etkilere ayrılması yöntemi temel alınarak (Garcia ve ark., 1991), EUREKA programı yardımıyla hesaplanmıştır.

Deneme yerinin iklim ve toprak özellikleri

Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki toplam yağışlar 1996 yılında sırasıyla 30.6, 39.7, 17.2, 24.3 ve 16.7 mm, 1997 yılında ise 40.7, 66.1, 32.0, 3.7 ve 6.4 mm; ortalama sıcaklıklar ise sırasıyla 1996 yılında 3.8, 11.6, 13.8, 20.1 ve 19.3 °C, 1997 yılında ise 3.1, 11.7, 14.7, 18.3 ve 19.5 °C dir. Vejetasyon dönemindeki toplam yağış yönünden ikinci ürün yılı daha elverişli olmuştur. Deneme yeri toprakları killi-tın bünyeli, nötr reaksiyonlu (pH= 7.6), organik madde (% 1.8) ve fosfor yönünden (3.9 kg/da) fakir, potasyum yönünden (60.1 kg/da) ise yeterlidir.

Bulgular ve Tartışma

İncelenen karakterlerin 1996 ve 1997 yıllarındaki sınır değerleri, ortalama, varyans, standart sapma ve varyasyon katsayıları sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. İkinci ürün yılında yağış miktarının daha yüksek olması; birinci ürün yılına göre tane dolun süresi, m²'deki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı, tane verimi, toplam verim, hasat indeksi, agronomik etkinlik, fizyolojik etkinlik ve azot translokasyon etkinliğini artırmış, tane protein oranını ise azaltmıştır. Varyans analizi sonuçları vejetatif dönem, tane dolun süresi, fizyolojik etkinlik, azot translokasyon etkinliği ve tane protein oranının en düşük varyasyon katsayısına; başaktaki tane sayısı, sap verimi, sap N verimi, agronomik etkinlik ve tane veriminin ise en yüksek varyasyon katsayısına sahip karakterler olduklarını göstermiştir.

Korelasyon analizleri

Çizelge 3'den görüleceği gibi; tane verimi ile bitki boyu, m²'deki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı, agronomik etkinlik, fizyolojik etkinlik, N alım etkinliği, sap verimi, hasat

indeksi, sap N verimi ve tane N verimi karakterleri arasında olumlu ve önemli ilişkiler bulunmuştur (Puri ve ark., 1982; Van Sanford ve MacKown, 1986; İstan. 1990; Garcia ve ark., 1991). Buna karşılık, başaktaki tane sayısı ile tane verimi arasındaki ilişki olumsuz ve önemli olmuştur. Bu sonuç, Garcia ve ark. (1991) nin bulgularıyla zıtlık göstermiştir. Çünkü, bu çalışmada 2 ve 6-sıralı genotipler birlikte değerlendirilmiştir. Nitekim, tane verimi yönünden başaktaki tane sayıları 16.8-18.5 arasında değişen 2-sıralı genotipler (Tokak 157/37, Brema ve Afyon Kılıç) ilk sıralarda, başaktaki tane sayıları 24.7-25.5 arasında değişen 6-sıralı genotipler (26, Yesilçim 5703, Bilge-2) ise son sıralarda yer almışlardır. Tane protein oranı ile tane verimi arasında ise, olumsuz ve önemli olmayan bir ilişki bulunmuştur ($r = -0.349$).

Tane verimi ile olumlu ve önemli ilişkiler olan tane protein oranı, tane protein oranı ile olumsuz ve önemli ilişki ($r = -0.634$) göstermiştir (Anderson, 1985). Tane protein oranı ile öteki karakterler arasındaki ilişkiler ise değerlendirilmemiştir (Çizelge 3). Tane N verimi ile m²'deki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı, agronomik etkinlik, fizyolojik etkinlik, sap verimi, hasat indeksi ve sap N verimi arasındaki ilişkilerin olumlu ve önemli, başaktaki tane sayısı arasındaki ilişkinin ise olumsuz ve önemli olduğunu saptanmıştır. Sap N verimi, m²'deki başak sayısı, agronomik etkinlik, N alım etkinliği, sap verimi ve tane verimi içeriği ile olumlu ve önemli, N translokasyon etkinliği ile olumsuz ve önemli ilişkili olmuştur. Sap N içeriği ile tane verimi içeriği ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yüksek hasat indeksi, yüksek m²'de başak sayısı, agronomik etkinlik, fizyolojik etkinlik ve N alım etkinliği değerleri ile ilgili olarak da sonuç çıkmıştır. Bitki boyu, m²'deki başak sayısı, agronomik etkinlik ve N alım etkinliği karakterleri ile sap verimi arasında olumlu ve önemli ilişkiler bulunmuştur.

Çizelge 1. İncelenen karakterlerin 1996 yılındaki sınır değerleri, ortalama, varyans, standart sapma ve varyasyon katsayıları

Karakterler	Sınır değerler	Ortalama	Varyans (S ²)	Standart sapma (S)	Varyasyon katsayısı (%)
Vejetatif dönem (gün)	55.0-59.0	56.6	0.96	0.98	1.73
Tane dolun süresi (gün)	28.0-33.0	30.1	2.84	1.68	5.58
Bitki boyu (cm)	45.0-70.8	61.7	30.95	5.56	9.02
m ² 'deki başak sayısı	350.0-480.0	420.7	910.90	30.18	7.17
Başaktaki tane sayısı	16.3-26.0	20.3	8.77	2.96	14.59
1000 tane ağırlığı (g)	35.1-50.7	40.6	11.83	3.44	8.47
Tane verimi (kg/da)	201.3-325.9	259.0	1029.40	32.08	12.39
Sap verimi (kg/da)	430.4-680.3	549.6	4612.70	67.92	12.36
Toplam verim (kg/da)	640.7-972.5	810.2	8212.40	90.63	11.19
Hasat indeksi (%)	27.5-36.6	32.0	4.61	2.15	6.71
Tane protein oranı (%)	12.00-14.66	13.20	0.47	0.68	5.13
Tane N içeriği (%)	2.09-2.55	2.29	0.01	0.18	7.72
Tane N verimi (kg/da)	4.66-7.34	5.93	0.54	0.73	12.34
Sap N içeriği (%)	0.42-0.66	0.54	0.004	0.06	11.48
Sap N verimi (kg/da)	1.90-3.95	2.955	0.21	0.46	15.50
Toplam N verimi (kg/da)	6.96-10.94	8.88	1.20	1.09	12.30
Agonomik etkinlik (tane verimi-kg / gübre N-kg)	25.2-40.7	32.4	16.00	4.00	12.35
Fizyolojik etkinlik (tane verimi-kg / alınan N-kg)	25.6-32.1	29.2	1.99	1.41	4.84
N alım etkinliği (alınan N-kg / gübre N-kg)	0.87-1.37	1.111	0.02	0.13	12.33
N translokasyon etkinliği (%)	59.0-73.2	66.787	6.56	2.56	3.84

Çizelge 2. İncelenen karakterlerin 1997 yılındaki sınır değerleri, ortalama, varyans, standart sapma ve varyasyon katsayıları

Karakterler	Sınır değerler	Ortalama	Varyans (S ²)	Standart sapma (S)	Varyasyon katsayısı (%)
Vejetatif dönem (gün)	64.0-68.0	65.9	1.42	1.19	1.81
Tane dolum süresi (gün)	36.0-44.0	40.4	4.51	2.12	5.26
Bitki boyu (cm)	39.3-65.0	59.3	31.10	5.58	9.40
m ² 'deki başak sayısı	365.0-550.0	451.6	3220.30	56.75	12.57
Başaktaki tane sayısı	15.6-26.7	19.8	11.80	3.44	17.3
1000 tane ağırlığı (g)	36.7-53.8	42.8	14.49	3.81	8.89
Tane verimi (kg/da)	207.2-374.7	289.3	1211.56	34.81	12.03
Sap verimi (kg/da)	466.2-649.6	578.4	1541.63	39.26	6.79
Toplam verim /kg/da)	673.4-978.1	867.6	3408.40	58.38	6.73
Hasat indeksi (%)	29.5-36.9	33.3	7.08	2.66	7.99
Tane protein oranı (%)	11.18-13.67	12.30	0.32	0.56	4.56
Tane N içeriği (%)	1.94-2.38	2.14	0.01	0.10	4.58
Tane N verimi (kg/da)	4.70-8.32	6.16	0.54	0.74	11.91
Sap N içeriği (%)	0.40-0.60	0.49	0.002	0.04	8.78
Sap N verimi (kg/da)	2.19-3.45	2.82	0.10	0.32	11.27
Toplam N verimi (kg/da)	6.89-11.10	8.98	0.73	0.86	9.53
Agronomik etkinlik (tane verimi-kg / gübre N-kg)	25.9-46.8	36.2	18.80	4.34	11.99
Fizyolojik etkinlik (tane verimi-kg / alınan N-kg)	28.3-36.30	32.18	3.07	1.75	5.45
N alım etkinliği (alınan N-kg / gübre N-kg)	0.86-1.39	1.123	0.01	0.11	9.53
N translokasyon etkinliği (%)	62.5-75.4	68.7	8.96	2.99	4.36

N alım etkinliği; bitki boyu, m²'deki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı ve agronomik etkinlik ile olumlu (Anderson, 1985), başaktaki tane sayısı ile olumsuz ilişkili olmuştur. Agronomik etkinlik ile fizyolojik etkinlik arasında olumlu ve önemli bir ilişki saptanmıştır (Anderson, 1985). Agronomik etkinlik ile bitki boyu, m²'deki başak sayısı ve 1000 tane ağırlığının olumlu, başaktaki tane sayısının ise olumsuz ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Başaktaki tane sayısı 1000 tane ağırlığı ile, m²'deki başak sayısı da başaktaki tane sayısı ile olumsuz ilişkili olmuştur (Garcia ve ark., 1991).

Stepwise regresyon analizleri

Tane verimi ve tane protein oranının öteki karakterlerle ilişkileri stepwise regresyon analizleri yardımıyla kontrol edilerek, söz konusu karakterlerin tane verimine ve tane protein oranına katkıları belirlenmeye çalışılmıştır (Çizelge 4). Azot alım etkinliğinin, tane veriminin regresyon analizinde katsayısı pozitif ve önemli olan ve tane verimindeki varyasyonun yaklaşık % 91'ini açıklayan ilk bağımsız değişken olduğu saptanmıştır. Tane verimindeki varyasyonun yaklaşık % 95'inin açıklanabildiği en iyi iki değişkenli modelde, ikinci bağımsız değişken olarak yer alan hasat indeksinin katkısı da pozitif ve önemli olmuştur (Loffler ve ark., 1985). Modele en iyi 3. bağımsız değişken olarak ilave edilen m²'deki başak sayısının olumlu ve 4. bağımsız değişken olarak başaktaki tane sayısının olumsuz katkıları ise önemli olmamıştır (Çizelge 4). Buna göre, azot alım etkinliği ve hasat indeksinin artırılmasıyla yüksek tane verimlerine ulaşılabileceği söylenebilir. Azot alım etkinliği ile hasat indeksi arasındaki yüksek ve olumlu ilişki (r=0.729) de, bu karakterler yönünde yapılacak seleksiyonların etkinliğini artırabilir.

Tane protein oranının regresyon analizinde en yüksek R² değerini veren ilk bağımsız değişkenin fizyolojik etkinlik olduğu belirlenmiştir. Negatif ve önemli katsayıya sahip olan fizyolojik etkinlik ile, tane protein oranındaki varyasyonun % 40'ı açıklanabilmiştir (Çizelge 4). Azot translokasyon etkinliği, fizyolojik etkinlik ile birlikte tane protein oranındaki varyasyonun % 98'ini açıklayan en iyi ikinci bağımsız değişken olmuştur. Bu karakterin tane protein oranına katkısı ise olumlu ve önemli olmuştur (Day ve ark., 1985; Loffler ve ark., 1985). Tane protein oranına, modele 3. değişken olarak ilave edilen 1000 tane ağırlığının olumsuz, ve 4. değişken olarak tane dolum süresinin olumlu katkıları ise önemli olmamıştır. Elde edilen sonuçlar, yüksek tane protein oranlarının fizyolojik etkinliğin azaltılması ve azot translokasyon etkinliğinin artırılması ile sağlanabileceğini göstermiştir.

Tane veriminin path katsayısı analizi

En yüksek R² değerini veren 4 bağımsız değişkenli modelde yer alan azot alım etkinliği, hasat indeksi, m²'deki başak sayısı ve başaktaki tane sayısı karakterlerinin tane verimine doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemek amacıyla yapılan path katsayısı analizi sonuçları Çizelge 5'de gösterilmiştir. Azot alım etkinliğinin tane verimi üzerindeki doğrudan etkisi olumlu ve yüksek çıkmıştır. Van Sanford ve MacKown (1986), benzer olarak kışık buğday genotiplerinde azot alım etkinliğinin tane verimine doğrudan etkisinin (P=0.76) olumlu ve yüksek olduğuna dikkat çekmişlerdir. Azot alım etkinliğinin hasat indeksi yoluyla tane verimine dolaylı etkisi de olumlu ve yüksekçe olmuştur. Bu sonuç, azot alım etkinliğinin tane verimine olumlu katkısını daha da güçlendirmiştir. Azot alım etkinliğinin m²'deki başak ve başaktaki tane sayısı yoluyla dolaylı etkileri de olumlu fakat zayıf bulunmuştur.

Çizelge 4. Ürün yılları ortalaması olarak arpa genotiplerinde tane verimi ve tane protein oranının stepwise regresyon analizleri

Bağımlı değişken	Bağımsız değişkenler ¹	Regresyon katsayıları				R ²	
		Intercept	b ₁	b ₂	b ₃		b ₄
Tane verimi	NAE	-26.76	2.69**			0.909	
	NAE, HI	-110.04	2.12**	4.52*		0.946	
	NAE, HI, B/m ²	-125.14	1.71**	4.70**	1.25	0.953	
	NAE, HI, B/m ² , T/B	-86.78	1.78**	4.91**	4.23	-8.60	0.955
Tane protein oranı	FE	21.18	-2.74**			0.403	
	FE, NTE	13.18	-4.22**	1.85**		0.983	
	FE, NTE, BTA	13.12	-4.27**	1.94**	-9.32		0.987
	FE, NTE, BTA, TDS	12.77	-4.25**	1.92**	-1.04	1.20	0.989

¹ (NAE: Azot alım etkinliği, HI: Hasat indeksi, B/m²: m²'deki başak sayısı, T/B: Başaktaki tane sayısı, FE: Fizyolojik etkinlik, NTE: Azot translokasyon etkinliği, BTA: Bin tane ağırlığı, TDS: Tane dolur süresi)

• işaretli katsayılar % 5, ** işaretli katsayılar % 1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 5. Ürün yıllarının ortalaması olarak arpa genotiplerinde tane veriminin path katsayısı analizi

Bağımsız değişkenler	Path katsayısı	Etki payı (%)
Azot alım etkinliği ile tane verimi:		
Doğrudan etkisi,	0.631	66.1
Hasat indeksi ile dolaylı etkisi,	0.221	23.2
M ² 'deki başak sayısı ile dolaylı etkisi,	0.049	5.1
Başaktaki tane sayısı ile dolaylı etkisi,	0.053	5.6
Korelasyon,		0.954
Hasat indeksi ile tane verimi:		
Doğrudan etkisi,	0.303	36.7
Azot alım etkinliği ile dolaylı etkisi,	0.460	55.7
M ² 'deki başak sayısı ile dolaylı etkisi,	0.034	4.1
Başaktaki tane sayısı ile dolaylı etkisi,	0.029	3.5
Korelasyon,		0.826
m ² 'deki başak sayısı ile tane verimi:		
Doğrudan etkisi,	0.058	6.8
Azot alım etkinliği ile dolaylı etkisi,	0.541	63.6
Hasat indeksi ile dolaylı etkisi,	0.179	21.1
Başaktaki tane sayısı ile dolaylı etkisi,	0.072	8.5
Korelasyon,		0.850
Başaktaki tane sayısı ile tane verimi:		
Doğrudan etkisi,	-0.086	13.8
Azot alım etkinliği ile dolaylı etkisi,	-0.387	62.0
Hasat indeksi ile dolaylı etkisi,	-0.102	16.3
M ² 'deki başak sayısı ile dolaylı etkisi,	-0.049	7.9
Korelasyon,		-0.624
Çoklu korelasyon katsayısı (R)		0.977
Kalıntı (1-R ²)		0.045

Hasat indeksinin tane verimi üzerindeki doğrudan ve azot alım etkinliği ile dolaylı etkileri olumlu ve yüksek çıkmıştır. Hasat indeksinin tane verimine doğrudan etkisine ilişkin benzer sonuçlar Van Sanford ve Mackown (1986) ve May ve ark. (1991) tarafından da rapor edilmiştir. Zira tane verimi, vejetatif organlardan taneye kuru madde taşınması veya kuru maddenin tane verimine dönüşüm etkinliğinin bir göstergesi olan hasat indeksi ile yakın ilişkilidir (Baker ve Gebeyehou, 1982; Loffler ve ark., 1985). Hasat indeksi ile azot alım etkinliği arasındaki olumlu ilişkinin ($r=0.729$) bir yansıması olarak, hasat indeksinin azot alım etkinliği yoluyla tane verimine dolaylı etkisinin oldukça yüksek çıkması, bu iki karakterin verim potansiyeli yüksek genotiplerin belirlenmesindeki etkinliğini artıracağı söylenebilir.

Metrekaredeki başak sayısının tane verimi üzerindeki doğrudan etkisi olumlu ve çok zayıf olmuştur (Çizelge 5).

Yazlık arpa genotiplerinde tane verimini m²'deki başak sayısı, başaktaki tane sayısı ve tane ağırlığının bir fonksiyonu olarak analiz eden Garcia ve ark. (1991) ise, elde ettiğimiz sonuçtan farklı olarak, m²'deki başak sayısının tane verimine etkisini ($P=0.904$) çok yüksek bulmuşlardır. Metrekaredeki başak sayısının azot alım etkinliği ve hasat indeksi ile olumlu ve önemli ilişkili olması, bu karakterler yoluyla dolaylı etkilerinin oldukça yüksek olmasını sağlamıştır (Çizelge 3 ve 5).

Başaktaki tane sayısının tane verimi üzerindeki doğrudan etkisi olumsuz ve zayıf iken, azot alım etkinliği ve hasat indeksi yoluyla dolaylı etkileri yüksek ve olumsuz çıkmıştır. Bu sonuçlar, denemeye alınan 6-sıralı arpa genotiplerinde başaktaki tane sayısının yüksekliğine karşılık tane veriminin düşük olması, ayrıca başaktaki tane sayısı ile azot alım etkinliği ve hasat indeksi arasındaki olumsuz ilişkilerden kaynaklanmıştır (Çizelge 3 ve 5).

Tane protein oranının path katsayısı analizi

Tane protein oranının path katsayısı analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Tane protein oranındaki varyasyonu en yüksek değerinde açıklayan fizyolojik etkinliğin tane protein oranı üzerindeki doğrudan etkisi çok yüksek ve olumsuz olmuştur ($P=-0.982$). Ancak, fizyolojik etkinliğin azot translokasyon etkinliği ile dolaylı etkisi yüksekçe ve olumlu çıkmıştır. İsfan (1990), fizyolojik etkinliği alınan azota karşılık üretilen tane miktarının bir göstergesi olarak tanımlamış ve yazlık arpada tane verimiyle çok yakın ilişkili ($r=0.97$) olduğunu bulmuştur. Tane protein oranı, tanenin hem N, hem de karbonhidrat içeriğine bağlıdır (McMullan ve ark., 1988). Tane verimi ile olumlu ilişkisi dikkate alındığında ($r=0.563$), fizyolojik etkinliğin tane protein oranı üzerindeki olumsuz etkisinin, taneye karbonhidrat birikimini N birikimine göre daha fazla teşvik etmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Fizyolojik etkinliğin azot translokasyon etkinliği yoluyla tane protein oranı üzerindeki dolaylı olumlu etkisi, bu iki karakter arasındaki olumlu ilişkisinin ($r=0.408$) bir sonucudur. Van Sanford ve MacKown (1985), kışık buğday genotipleri üzerindeki bir araştırmadan benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Tane protein oranına azot translokasyon etkinliğinin doğrudan etkisinin yüksek ve olumlu ($P=0.869$) olduğu

belirlenmiştir. Azot translokasyon etkinliği, azotun bitkinin vejetatif organlarından taneye taşınım etkinliğinin bir ölçüsüdür (Austin ve ark., 1977). Bu karakterin tane protein oranının belirlenmesindeki rolüne ilişkin farklı sonuçlar bulunmakla birlikte, birçok araştırmacı azot translokasyon etkinliğini tane protein oranına olumlu katkı sağlayan önemli bir karakter olarak tanımlamıştır (Day ve ark., 1985; Löffler ve ark., 1985; Slafer ve ark., 1990). Azot translokasyon etkinliğinin fizyolojik etkinlik yoluyla dolaylı etkisinin yüksekçe ve olumsuz çıkması, bu iki karakter arasındaki olumlu ilişki ile fizyolojik etkinliğin tane protein oranı üzerindeki olumsuz etkisinin ortak bir sonucudur (Çizelge 3 ve 6).

Tane protein oranı üzerine 1000 tane² ağırlığının doğrudan olumsuz ve tane dolun süresinin doğrudan olumlu etkileri zayıf olmuştur. Tane dolun süresinin protein oranı üzerindeki olumlu etkisi, Evans ve Wardlaw (1976) ve Austin ve ark. (1977) tarafından bildirildiği gibi, toprakta nem ve azotun sınırlı olmadığı koşullarda N alımının tane dolun dönemi boyunca sürdürülebilmesiyle ilgili olabilir. Bin tane ağırlığı ve tane dolun süresinin azot translokasyon etkinliği ile olumlu ilişkileri, bu karakter yoluyla tane protein oranı üzerindeki dolaylı etkilerinin olumlu ve yüksek çıkmasının sağlamıştır.

Çizelge 6. Ürün yıllarının ortalaması olarak arpa genotiplerinde tane protein oranının path katsayısı analizi

Bağımsız değişkenler	Path katsayısı	Etki payı (%)
Fizyolojik etkinli ile tane protein oranı:		
Doğrudan etkisi,	-0.982	73.2
Azot translokasyon etkinliği ile dolaylı etkisi,	0.354	26.4
1000 tane ağırlığı ile dolaylı etkisi,	-0.005	0.3
Tane dolun süresi ile dolaylı etkisi,	-0.001	0.1
Korelasyon,	-0.634	
Azot translokasyon etkinliği ile tane protein oranı:		
Doğrudan etkisi,	0.869	66.0
Fizyolojik etkinlik ile dolaylı etkisi,	-0.401	30.4
1000 tane ağırlığı ile dolaylı etkisi,	-0.039	3.0
Tane dolun süresi ile dolaylı etkisi,	0.008	0.6
Korelasyon,	0.437	
1000 tane ağırlığı ile tane protein oranı:		
Doğrudan etkisi,	-0.081	14.0
Fizyolojik etkinlik ile dolaylı etkisi,	-0.064	11.0
Azot translokasyon etkinliği ile dolaylı etkisi,	0.423	73.0
Tane dolun süresi ile dolaylı etkisi,	0.011	2.0
Korelasyon,	0.289	
Tane dolun süresi ile tane protein oranı:		
Doğrudan etkisi,	0.046	18.6
Fizyolojik etkinlik ile dolaylı etkisi,	0.031	12.6
Azot translokasyon etkinliği ile dolaylı etkisi,	0.151	61.1
1000 tane ağırlığı ile dolaylı etkisi,	-0.019	7.7
Korelasyon,	0.209	
Çoklu korelasyon katsayısı (R)	0.989	
Kalıntı (1-R ²)	0.011	

Sonuç

Bu araştırmada, tane verimindeki varyasyonların azot alımı etkinliği ve hasat indeksinden, tane protein oranındaki varyasyonların ise fizyolojik etkinlik ve azot translokasyon etkinliğinden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal sürecin ortak bir sonucu olarak ortaya çıkan bu ilişkiler konusunda daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç olduğu bir gerçektir. Bununla birlikte, tane verimi yönünden genotipler arasında önemli farkların oluşmasında (Öztürk ve ark., 1999) azot alım etkinliğinin olumlu ve yüksek bir paya sahip olması, bu karakterin özellikle optimum dozlar altındaki N girdili koşullarda önemli bir seleksiyon kriteri olabileceğini göstermektedir. Ancak, bu yöndeki seleksiyonların tane protein oranında azalmalara neden olabileceği de unutulmamalıdır. Tane protein oranını artırmaya yönelik düşük fizyolojik etkinlik yönündeki seleksiyonların ise tane verimi kayıplarıyla sonuçlanabileceği anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, tane verimi ile de olumlu ilişkili olan azot translokasyon etkinliğindeki artışlara bağlı olarak, tane veriminde azalma olmaksızın tane protein oranının artırılabilirliği görüşünü güçlendirmiştir. Bu araştırmada 2 ve 6-sıralı genotiplerin bir arada değerlendirilmiş olması bazı değerlendirme zorluklarına yol açmıştır. Bu bakımdan, arpa genotiplerinde konuyla ilgili ileriye yönelik araştırmaların daha homojen materyal üzerinde yürütülmesi, söz konusu ilişkilerin daha sağlıklı ifadelerle değerlendirilmesine yardımcı olabilir.

Kaynaklar

- Anderson, W. K., 1985. Differences in response of winter cereal varieties to applied nitrogen in the field. II. Some factors associated with differences response. *Field Crop Res.* 11: 369-385.
- Anderson, W. K., M. Seymour and M. F. D'Antuono, 1991. Evidence for differences between cultivars in responsiveness of wheat to applied nitrogen. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 363-377.
- Austin, R. B., M. A. Ford, J. A. Edrich and R. D. Blackwell, 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *J. Agric. Sci.* 88: 159-167.
- Baker, R. J. and G. Gebeyehou, 1982. Comparative growth analysis of two spring wheats and one spring barley. *Crop Sci.* 22: 1225-1229.
- Bhatia, C. R., 1975. Criteria for early generation selection in wheat breeding programmes for improving protein productivity. *Euphytica*, 24: 789-794.
- Bloom, A. J. and F. S. Chapin, 1981. Differences in Steady-State net ammonium and nitrate influx by cold and warm adapted barley varieties. *Plant Physiol.* 68: 1064-1067.
- Evans, L. T. and I. F. Wardlaw, 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28: 301-359.
- Garcia, M. L. F., J. M. Ramos, M. B. Garcia and T. M. P. Jimenez, 1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path coefficient analysis. *Crop Sci.* 31: 1179-1185.
- Gonzales-Ponce, R., M. L. Salas and S. C. Mason, 1993. Nitrogen use efficiency by winter barley under different climatic conditions. *Journal of Plant Nutrition* 16: 1249-1261.
- Grant, C. A., L. E. Gauer, D. T. Gehl and L. D. Bailey, 1991. Protein production and nitrogen utilization by barley cultivars in response to nitrogen fertilizer under varying moisture conditions. *Can. J. Plant Sci.* 71: 997-1009.
- Isfan, D., 1990. Nitrogen physiological efficiency index in some selected spring barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 13: 907-914.
- Löffler, C. M., T. L. Rauch and R. H. Busch, 1985. Grain and plant protein relationships in hard spring wheat. *Crop Sci.* 25: 521-524.
- May, L., D. A. Van Sanford, C. T. MacKown and P. L. Cornelius, 1991. Genetic variation for nitrogen use in soft red x hard red winter wheat populations. *Crop Sci.* 31: 626-630.
- McMullan, P. M., P. B. E. McVetty and A. A. Urquhart, 1988. Dry matter and nitrogen accumulation and redistribution and their relationship to grain yield and grain protein in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 68: 311-322.
- Ohm, H. W., 1976. Response of 21 oat cultivars to nitrogen fertilization. *Agron. J.* 68: 777-775.
- Öztürk, A., Ö. Çağlar and Ş. Akten, 1999. Nitrogen utilization in spring barley genotypes. In *Improved Crop Quality by Nutrient Management*. D. Anaç and P. Martin-Prevel (Eds.), pp. 67-70. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Paccaud, F. X., A. Fossati and S. C. Hong, 1985. Breeding for yield and quality in winter wheat: consequences for nitrogen uptake and partitioning efficiency. *Z. Pflanzenzüchtg.* 94: 89-100.
- Puri, Y. P., Qualset, C. O. and W.A. Williams, 1982. Evaluation of yield components as selection criteria in barley breeding. *Crop Sci.* 22: 927-931.
- Slafer, G. A., F. H. Andrade and S. E. Feingold, 1990. Genetic improvement of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in Argentina: Relationships between nitrogen and dry matter. *Euphytica* 50: 63-71.
- Tillman, B. A., W. L. Pan and S. E. Ullrich, 1991. Nitrogen use by northern-adapted barley genotypes under no-till. *Agron. J.* 83: 194-201.
- Van Sanford, D. A. and C. T. MacKown, 1986. Variation in nitrogen use efficiency among soft red wheat genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 72: 158-163.