



Tarım Bilimleri Dergisi  
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:  
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:  
www.agri.ankara.edu.tr/journal

## Kışlık Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Azot Etkinliklerinin Belirlenmesi

Bekir ATAR<sup>a</sup>, Burhan KARA<sup>b</sup>, Zeliha KÜÇÜKYUMUK<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi, Çünür Kampüsü, 32260, Isparta, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çünür Kampüsü, 32260, Isparta, TÜRKİYE

<sup>c</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çünür Kampüsü, 32260, Isparta, TÜRKİYE

### ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Bekir ATAR, E-posta: bekiratar@sdu.edu.tr, Tel: +90 (246) 211 48 89

Geliş Tarihi: 17 Eylül 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 21 Ekim 2015, Kabul: 22 Ekim 2015

### ÖZET

Tarımsal üretimde istenen verim düzeyine ulaşmada önemli bir faktör olan azot (N) gübrelemesinin etkin bir şekilde yapılabilmesi sürdürülebilir verim ve çevre kalitesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışma, kimi ekmeklik buğday çeşitlerinin azot etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla, Süleyman Demirel Üniversitesi araştırma ve deneme alanında 2010-11 ve 2011-12 yıllarında, tekrarlamalı olarak kuru tarım koşullarında yürütülmüştür. Denemede dört ekmeklik buğday (Adana-99, Bezostaja-1, Esperia ve Tosunbey) çeşidi 0, 7.5 ve 12.5 kg N da<sup>-1</sup> olacak şekilde 3 farklı N dozu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Azot dozları, çalışmada incelenen özelliklerden geri kazanım etkinliği hariç tümünde etkili olmuştur. Uygulanan 12.5 kg da<sup>-1</sup> N dozu, 7.5 kg da<sup>-1</sup> N dozuna göre verim, protein içeriği ve tepki indeksini artırırken, agronomik ve fizyolojik etkinlik değerlerini azaltmıştır. En yüksek tane verimi ilk yıl 261.9 kg da<sup>-1</sup> ile Esperia, ikinci yıl 211.1 kg da<sup>-1</sup> ile Adana-99 çeşitlerinden elde edilmiştir. Tepki indeksi her iki yılda en yüksek Adana-99 çeşidinde olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Azot dozları; Azot etkinliği; Ekmeklik buğday; Tepki indeksi

## Determination of Nitrogen Efficiency in Winter Bread Wheat Cultivars

### ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Bekir ATAR, E-mail: bekiratar@sdu.edu.tr, Tel: +90 (246) 211 48 89

Received: 17 September 2014, Received in Revised Form: 21 October 2015, Accepted: 22 October 2015

### ABSTRACT

An important factor for achieving the desired yield level in agriculture production is effective nitrogen fertilization in terms of sustainable yield and environment quality. This research was conducted to determine the nitrogen efficiency of some bread wheat varieties at Süleyman Demirel University research and experimental area in the periods 2010-11 and 2011-12 under rainfed conditions. Four bread wheat varieties (Adana-99, Bezostaja-1, Esperia and Tosunbey) in the experiment were compared using three different N doses (0, 75 and 125 kg ha<sup>-1</sup> N). Nitrogen doses affected to all in examined parameters, except apparent recovery fraction. 125 kg ha<sup>-1</sup> N dose increased the yield, protein content and

the response index while value of agronomic and physiological activities decreased compared to 75 kg ha<sup>-1</sup> N dose. The highest grain yield in the first year was obtained from Esperia cultivar with 2619 kg ha<sup>-1</sup> and Adana-99 cultivar with 2111 kg ha<sup>-1</sup> in the second year. The highest response index was found in Adana-99 cultivar in the both years.

Keywords: Nitrogen doses; Nitrogen efficiency; Bread wheat; Response index

## 1. Giriş

Buğday dünya ve ülkemiz nüfusunun birincil besin kaynağı olması, yetiştirici gelirinin genel olarak buna bağlı olması, bazı arazilerde alternatifsiz olması gibi nedenlerle en önemli tahıldır. Yetiştirilmesinde, hem çevresel faktörler hem de kültürel faaliyetler birbirine yakın düzeyde etkili olmaktadır. Buğday üretiminde etkili en önemli iklimsel faktörlerin, yağış ve ortalama hava sıcaklığı olduğu bilinmektedir (Özcan et al 2011). Ekim ve gübreleme işlemleri ise kültürel faaliyetlerin ana ögesini oluşturmaktadır.

Azot (N), bitkilerin büyüme ve gelişmesi için en önemli besin maddesi olmasının yanında, girdi maliyetleri açısından da büyük yer tutmaktadır. Ayrıca azotlu gübrelerin üretimi için duyulan yüksek enerji ihtiyacı ve kullanılan fazla azotlu gübrenin hem ekonomik hem de çevresel etkileri bu besin elementinin önemini daha da artırmaktadır. Bu nedenlerdir ki, N gübrelenmesi dünyada bilim insanları tarafından en çok araştırılan konuların başında gelmektedir. Bitkiler kullandıkları azotu esas olarak organik maddeden, inorganik gübrelerden, yağış ve biyolojik fiksasyon gibi farklı kaynaklardan sağlamaktadır (Müftüoğlu & Demirel 1998). Topraktaki N ise bitki kullanımı, denitrifikasyon (Olson et al 1979), toprak mikroorganizmaları tarafından kullanım ve yüzey akışı (Burkhart & James 1999) gibi farklı yollarla azalmaktadır. Bitkilerin kullanabilecekleri azotu farklı kaynaklardan sağlaması büyük bir avantaj olmakla birlikte, yukarıda sözü edilen çok çeşitli yollarla kayıplarının da gerçekleşmesi, N bütçesini oluşturmada temel güçlüğü oluşturmaktadır.

Yapılan bir çalışma, dünyada tahıllarda azot kullanım etkinliğinin % 33 oranında olduğunu göstermiştir (Raun & Johnson 1999). Gelişmekte olan ülkelerde bu oran daha düşük gerçekleşmektedir

(Dobermann 2005). Azotlu gübrelerin söz konusu bu düşük kullanım etkinliklerinin başlıca nedenlerinden birisi, yetersiz gübreleme stratejileridir (Mullen et al 2003). Bitkilerin gübre olarak kullanılan azottan faydalanma etkinlikleri toprak tipi (Takahashi et al 2007), gübreleme zamanı (Delogu et al 1998; Melaj et al 2003; Geçit & Çakır 2006; Lopez-Bellidio et al 2006), çeşit (Kanampiu et al 1997; Gouis et al 2000), meteorolojik faktörler (Melaj et al 2003), toprak nemi (Fernandez & Laird 1959; Melaj et al 2003), kök yapısı (Garnett et al 2009) ve toprak pH'sı (De Datta & Buresh 1989) gibi faktörlere bağlıdır. Toprakların pH değerinin 7.5 ve üzerinde olduğu durumlarda NH<sub>3</sub> kaybının çok hızlı olduğu ve uygulanan gübrenin % 50'den fazla kısmının kayıp olduğu bilinmektedir (De Datta & Buresh 1989; Timsina & Connor 2001). Meteorolojik faktörler sadece azot mobilizasyonunu ve fotosentezle alımını değil, gübre olarak uygulanan azotun toprakta kökler tarafından alımını da etkiler (Melaj et al 2003). Bunun yanında, kuru tarım koşullarında, maksimum verim için gerekli olandan fazla N kullanımının, toprak-bitki sistemi tarafından toprakta inorganik N birikmesini engellediği de belirtilmektedir (Raun & Johnson 1995). Artan N dozlarına paralel olarak, toprak ve bitkiden oluşan kayıpların da arttığı, dolayısı ile N etkinliğinin azaldığı bilimsel bir gerçektir (Harper et al 1987; Kanampiu et al 1997; Lees et al 2000). Fazla gübre kullanımından kaçınmak, bitkisel üretimde N etkinliğini artırmada tek olası yol olarak gözükmektedir (Kanampiu et al 1997).

Yürütülen bu çalışmanın amacı, bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin azotlu gübre uygulamalarına tepkilerini belirleyerek, çalışmanın yürütüldüğü bölge için gübre-verim arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak ve olası yüksek azotlu gübre

kullanımlarının önüne geçerek hem ekonomik hem de çevresel katkıları bilimsel olarak ifade etmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme alanında 2010-11 ve 2011-12 yıllarında tekrarlamalı olarak, kuru tarım koşullarında yürütülmüştür. Denemede Adana-99, Bezostaja-1, Esperia ve Tosunbey ekmeçlik buğday çeşitleri kullanılmıştır. Ekim işlemi ilk yıl 10 Ekim 2010, ikinci yıl 24 Ekim 2011 tarihinde uygun toprak tavinada nadasa bırakılan tarlaya yapılmıştır. Metrekareye 500 bitki gelecek şekilde tohum miktarı hesaplanmıştır. Altı sıralı parsel ekim mibzeri ile 4 metre uzunlukta parseller oluşturulmuştur. Ekimle birlikte dekara 6 kg saf fosfor gelecek şekilde triple süper fosfat gübresi toprağa ekimden önce karıştırılarak uygulanmıştır. Azot 0, 7.5 ve 12.5 kg N da<sup>-1</sup> olacak şekilde ayarlanmış ve yarısı ekimle birlikte, kalan kısmı ise Feekes büyüme skalasına göre 4.0'da (Large 1954) amonyum nitrat olarak toprak yüzeyine uygulanmıştır. Yabancı ot mücadelesi herbisitlerle yapılmış, litrede 480 g 2,4 D aside eşdeğer Isooctylester içeren ESTER H ilacı kullanılmıştır.

Deneme alanı siltli killi toprak bünyesinde, kuru iken sert, nemli iken gevrekçtir. Organik maddesi (% 1.3) düşük, pH'sı (8.1) yüksek, drenajı iyidir. Bölge Akdeniz iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi geçit kuşağında yer almaktadır. Yıllık ortalama yağış miktarı 537 mm'dir. Denemenin ilk yılında ortalamaya göre daha düşük (489 mm) yağış düşmesine rağmen, yağışın yetiştirme periyoduna dağılımı homojen ve uzun yıllar ortalamasına benzer olmuştur. İkinci yıl ise ortalamalardan daha yüksek (575 mm) yağış miktarı kaydedilmesine rağmen bu yağışın aylara dağılımı oldukça düzensiz olmuştur (Çizelge 1).

Hasat döneminde parseller biçilerek bitkiler 1-2 gün kurumaya bırakılmıştır. Tüm bitki parsel verimleri alındıktan sonra, harman edilerek tane verimleri alınmıştır. Tane ve tane hariç bitkinin tüm kısımları parçalanıp öğütülerek SDÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında azot içerikleri belirlenmiştir. Bu değerden faydalanılarak dekardan kaldırılan N miktarları belirlenmiştir.

Azot etkinliği ile ilgili parametrelerin belirlenmesinde Eşitlik 1-4'den faydalanılmıştır (Novoa & Loomis 1981; Moll et al 1982; Delogo et al 1998).

### Çizelge 1- Isparta ilinin denemenin yürütüldüğü döneme ve uzun yıllara ait iklim verileri\*

Table 1- The climate data of experimental years and long-term period in the province of Isparta

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)			Ortalama toplam yağış (mm)		
	2010-2011	2011-2012	Uzun yıllar ortalaması	2010-2011	2011-2012	Uzun yıllar ortalaması
Ekim	12.7	11.3	12.9	79.1	50.4	37.6
Kasım	11.2	4.2	7.4	13.6	0.2	46.5
Aralık	6.2	2.5	3.5	84.2	37.0	84.5
Ocak	3.0	-0.5	1.9	34.6	148.0	72.4
Şubat	3.7	0.5	2.8	51.8	88.6	65.5
Mart	6.4	4.9	6.1	50.4	20.8	53.8
Nisan	10.2	11.8	10.7	54.7	53.2	56.2
Mayıs	14.4	14.5	15.6	43.1	107.4	50.4
Haziran	19.5	22.5	20.2	62.2	18.1	29.6
Temmuz	24.7	25.4	23.6	1.8	0.8	14.9
Ağustos	24.0	22.8	23.2	0.6	34.6	10.5
Eylül	20.0	20.2	18.6	13.2	16.4	15.4
Ortalama/Toplam	13.0	11.7	12.2	489.3	575.5	537.5

\*, Isparta meteoroloji istasyonu kayıtları

$$\text{Agronomik etkinlik (AE; kg kg}^{-1}\text{)} = [Tv(N_x) - Tv(N_0)]/N_x \quad (1)$$

$$\text{Fizyolojik etkinlik (FE; kg kg}^{-1}\text{)} = [Tv(N_x) - Tv(N_0)]/[Nv(N_x) - Nv(N_0)] \quad (2)$$

$$\text{Geri kazanım etkinliği (GKE; \%)} = [(Nv(N_x) - Nv(N_0))/N_x] * 100 \quad (3)$$

$$\text{Tepki indeksi (TI; kg kg}^{-1}\text{)} = Tv(N_x)/Tv(N_0) \quad (4)$$

Burada;  $Tv$ , tane verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ );  $Nv$ , bitkinin toprak üstü aksamınca kaldırılan azot miktarı ( $\text{kg da}^{-1}$ );  $N_x$ , uygulanan azot dozu ( $\text{kg}$ );  $N_0$ , azot uygulanmayan parsel verimi.

Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada elde edilen veriler SAS istatistik paket programında analiz edilmiş, ortalamalar arası farkın önemliliği Duncan testine göre belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 2’de tane verimi üzerine yılların, N dozlarının, çeşitlerin ve N dozu x çeşit interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli düzeyde etkili olduğu görülmektedir. Yıllar arasında verim bakımından önemli farklılıklar mevcuttur. Şöyle ki, birinci yıl verimi ( $231.4 \text{ kg da}^{-1}$ ) ikinci yıla ( $192.4 \text{ kg da}^{-1}$ ) göre % 17 daha yüksek gerçekleşmiştir. Azot dozları her iki yılda da verimi önemli şekilde

**Çizelge 2- Kışlık ekmeklik buğday çeşitlerinde azot dozlarının tane verimi ve protein içeriğine etkileri**

*Table 2- Effect of nitrogen doses on grain yield and protein content of winter bread wheat cultivars*

N dozları ( $\text{kg da}^{-1}$ )	Çeşitler	Tane verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ )		Protein içeriği (%)	
		2010-11	2011-12	2010-11	2011-12
0	Adana-99	112.3 g **	140.0 e**	9.4 de**	10.3 ab**
	Bezostaja-1	160.0 ef	138.3 e	9.0 e	9.7 b
	Esperia	166.3 ef	139.3 e	9.7 cde	9.5 b
	Tosunbey	157.6 f	134.6 e	10.4 bcde	9.8 b
7.5	Adana-99	176.4 e	225.0 bc	10.5 bcd	10.5 ab
	Bezostaja-1	230.1 d	216.3 bc	11.0 abc	10.3 ab
	Esperia	268.9 c	188.9 d	10.5 bcd	9.8 b
	Tosunbey	275.5 c	194.7 d	9.7 cde	10.0 b
12.5	Adana-99	295.2 b	268.3 a	11.6 ab	11.4 a
	Bezostaja-1	283.6 bc	220.7 bc	12.0 a	10.7 ab
	Esperia	350.5 a	231.2 b	12.0 a	10.2 ab
	Tosunbey	300.6 b	211.8 c	11.3 ab	10.5 ab
Ortalama		231.4 A**	192.4 B	10.6 <sup>öd</sup>	10.2
N dozları ( $\text{kg da}^{-1}$ )	0	149.1 c**	138.1 c**	9.6 c*	9.8 b*
	7.5	237.7 b	206.2 b	10.4 b	10.1 ab
	12.5	307.5 a	233.0 a	11.7 a	10.7 a
Çeşitler	Adana-99	194.6 d**	211.1 a**	10.5 <sup>öd</sup>	10.7 a*
	Bezostaja-1	224.6 c	191.8 b	10.7	10.2 ab
	Esperia	261.9 a	186.5 bc	10.7	9.8 b
	Tosunbey	244.6 b	180.3 c	10.4	10.1 ab
CV (%)		9.1	11.7	9.3	7.2

\*, % 5; \*\*, % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli; öd, önemli değil

etkilemiştir. En yüksek tane verimi  $12.5 \text{ kg N da}^{-1}$  dozunda (birinci yıl  $307.5$ , ikinci yıl  $233.0 \text{ kg da}^{-1}$ ), en düşük ise beklendiği şekilde kontrol parsellerinde (ilk yıl  $149.1$  ikinci yıl  $138.1 \text{ kg da}^{-1}$ ) elde edilmiştir. Çeşitler arasında ilk yıl en yüksek verim Esperia çeşidinde ( $261.9 \text{ kg da}^{-1}$ ), en düşük Adana-99 çeşidinde ( $194.6 \text{ kg da}^{-1}$ ) bulunurken, ikinci yıl en yüksek verim Adana-99 çeşidinde ( $211.1 \text{ kg da}^{-1}$ ), en düşük verim ise Tosunbey çeşidinde ( $180.3 \text{ kg da}^{-1}$ ) belirlenmiştir. Her iki yılın interaksyonları arasında en yüksek tane verimi ( $350.5 \text{ kg da}^{-1}$ ) 2011 yılında  $12.5 \text{ kg da}^{-1}$  azot dozunda ve Esperia çeşidinde, en düşük ( $112.3 \text{ kg da}^{-1}$ ) ise aynı yıl N uygulanmayan parselde ve Adana-99 çeşidinde bulunmuştur. Diğer değerler bunlar arasında sıralanmıştır.

Bilindiği üzere, kuru tarım şartlarında verimi belirleyen en etkili faktörlerin başında yağış ve sıcaklık gelmektedir (Lees et al 2000). Yapılan bir çalışmada buğday bitkisinin toplam su tüketiminin  $512 \text{ mm}$ , Mayıs ayı su tüketiminin ise  $199 \text{ mm}$  olduğu bulunmuştur (Aran et al 2008). Bu sonuç, kuru tarım koşullarında bahar aylarında düşen yağışın (Nisan-Mayıs) buğday verimi üzerine etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak düşen yağış miktarı kadar, bitki gelişim periyodundaki kritik dönemlere dağılımı da oldukça önemlidir. İlk yıl düşen yağış miktarı toplamda daha az olmasına rağmen, yetiştirme periyodundaki aylık dağılımlarının daha düzenli ve uzun yıllar ortalamasına daha yakın olduğu görülmektedir (Çizelge 1). İkinci yılın Kasım ayında çok az yağış düşmesi, yeni çimlenen bitkilerin yeterince gelişmeden kışa girmesine neden olmuştur. Bu da, Adana-99 çeşidi hariç, diğer çeşitlerin agronomik özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Buna ilave olarak, Ocak ayının da uzun yıllara göre daha soğuk geçmesi kısmen don zararına neden olmuş ve bu durum verime olumsuz etki yapmıştır. İkinci yılın Haziran ayındaki ortalamalara göre  $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  daha yüksek olan sıcaklık, sahillerde daha iyi performans gösteren Adana-99 çeşidini verim yönünden olumlu etkilemiştir.

Yıllar arasında protein içeriği açısından önemli farklar bulunmadığı halde, N dozlarının protein içeriği üzerinde etkili olduğu Çizelge 2'de

görülmektedir. Protein içeriği mevcut azot varlığı ile ilgili olduğundan, en düşük değerler azot uygulanmayan parsellerde, en yüksek değerler ise  $12.5 \text{ kg N da}^{-1}$  dozunda belirlenmiştir. Protein miktarı bakımından, ilk yıl çeşitler arasında fark bulunmazken, ikinci yıl en yüksek protein içeriği %  $10.7$  ile Adana-99, en düşük değer ise %  $9.8$  ile Esperia çeşidinde bulunmuştur. Her iki yılda da, N dozu x çeşit interaksyonu oldukça önemli bulunmuş, yüksek protein değerleri yüksek N dozlarında belirlenirken, birinci yılda Bezostaja-1 ve Esperia (%  $12.0$ ), ikinci yılda ise Adana-99 çeşidinde (%  $11.4$ ) bulunmuştur. En düşük protein içeriği değerleri azot uygulanmayan parsellerde, ilk yıl Bezostaja-1 çeşidinde (%  $9.0$ ), ikinci yıl ise Esperia çeşidinde (%  $9.5$ ) bulunmuştur (Çizelge 2).

Bilindiği gibi, çimlenmeden başaklanmaya kadar bitkilerin kuru madde oluşturması ve biriktirmesinde N başlıca rolü oynamaktadır (Austin et al 1977; Heitholt et al 1990). Verim ve tane protein içeriğinin belirlenmesinde en önemli faktörün genetik özellikler olduğu belirtilmektedir (Otteson et al 2007). Ancak azotun çevresel stres faktörleri nedeniyle her zaman aynı derecede etkili olmamakla birlikte, verim ve protein içeriği üzerine olumlu etkisi konusunda şüphe yoktur (Spiertz & Ellen 1978; Lees et al 2000; Lopez-Bellido & Lopez-Bellido 2001; Çiftçi & Doğan 2013). Tahıl üretimi için azotlu gübrelemenin verim ve kalite üzerine etkilerini çalışmamızın ne kadar önemli olduğu,  $N_0$  dozundaki düşük verim ( $149.1$  ve  $138.1 \text{ kg da}^{-1}$ ) ve protein içeriklerinden (%  $9.6$  ve  $9.8$ ) anlaşılmaktadır. Elde edilen verimler dikkate alındığında  $7.5 \text{ kg da}^{-1}$  N dozunun maksimum verim için yeterli olması beklenirdi, ancak gübrelerin uygulandığı dönemlerde düşük yağışlardan dolayı azotun yeteri kadar çözülüp bitki tarafından alınamaması ve buharlaşarak atmosfere karışması şeklinde N kayıplarına neden olduğu ve azot alımını düşürdüğü tahmin edilmektedir.

Agronomik etkinlik (AE) üzerine yılların, çeşitlerin, azot dozu x çeşit interaksyonları ile ikinci yıl azot dozlarının etkisi %  $1$  düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 3). İlk yıl ( $12.2$ ) ikinci yıla ( $8.4$ ) göre %  $31$  oranında daha yüksek AE

değeri belirlenmiştir. İlk yıl kullanılan N dozları AE üzerine etkili olmazken, ikinci yıl 7.5 kg N da<sup>-1</sup> dozunda daha yüksek AE değeri belirlenmiştir. Çeşitlerin AE değerleri her iki yılda da birbirlerinden farklılıklar göstermiş, ilk yıl Esperia ve Tosunbey çeşitlerinde, ikinci yıl ise Adana-99 çeşidinde daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 3). Her iki yılın değerlendirilmesinde en yüksek AE (15.7) ilk yıl 7.5 N kg da<sup>-1</sup> dozu x Tosunbey çeşidi interaksyonunda, en düşük ise ikinci yıl 12.5 kg N da<sup>-1</sup> dozu x Tosunbey çeşidinde belirlenmiştir.

Çizelge 3'te görüleceği üzere, fizyolojik etkinlik değerleri yıllara, çeşitlere, N dozu x çeşit interaksyonlarına ve ikinci yıl N dozlarına göre değişiklik göstermiştir. İlk yıl daha düşük olan FE,

ikinci yıl daha yüksek bulunmuştur. Azot dozlarının ise FE üzerine etkisi yalnız ikinci yıl belirgin olmuş, 7.5 kg N da<sup>-1</sup> dozunda daha yüksek bulunmuştur. Çeşitlerin N dozlarına göre FE değerleri belirgin farklılıklar göstermiştir. İlk yıl Tosunbey ve Esperia, ikinci yıl Adana-99 çeşitleri daha yüksek FE değerlerine sahiplerken, ilk yıl Bezostaja-1, ikinci yıl Esperia ve Tosunbey çeşitleri daha düşük değerler göstermişlerdir. Azot dozu x çeşit interaksyonları 19.7 (ilk yıl 7.5 kg N da<sup>-1</sup> x Bezostaja-1) ile 41.2 (ilk yıl 7.5 kg N da<sup>-1</sup> x Tosunbey) arasında değerler almış, ikinci yıl da kısmen daha homojen bir görüntü vermiştir.

Geri kazanım etkinliği (GKE) yıllar, yıl, çeşit ve azot dozu x çeşit interaksyonları bakımından farklı olmuştur. İlk yıl (% 42.4), ikinci yıla (% 25.3) göre

### Çizelge 3- Kışlık ekmeklik buğday çeşitlerinde azot dozlarının agronomik etkinlik, fizyolojik etkinlik, geri kazanım etkinliği ve tepki indeksi üzerine etkileri

Table 3- Effect of nitrogen doses on agronomic efficiency, physiological efficiency, apparent recovery fraction and response index of winter bread wheat cultivars

N dozları (kg da <sup>-1</sup> )	Çeşitler	Agronomik etkinlik (kg kg <sup>-1</sup> )		Fizyolojik etkinlik (kg kg <sup>-1</sup> )		Geri kazanım etkinliği (%)		Tepki indeksi (kg kg <sup>-1</sup> )	
		2010-11	2011-12	2010-11	2011-12	2010-11	2011-12	2010-11	2011-12
7.5	Adana-99	8.5 d**	11.3 a**	22.2 d**	38.2 a**	39.7 abc**	28.2 <sup>öd</sup>	1.6 e**	1.6 b**
	Bezostaja-1	9.3 d	10.3 a	19.7 d	37.3 a	48.1 a	28.6	1.4 f	1.5 bc
	Esperya	13.7 b	6.6 b	37.0 ab	32.2 ab	36.9 c	21.9	1.6 e	1.3 d
	Tosunbey	15.7 a	8.0 b	41.2 a	31.5 b	37.8 bc	25.5	1.7 d	1.4 cd
12.5	Adana-99	14.6 ab	10.4 a	30.3 c	36.3 ab	48.3 a	28.4	2.6 a	1.9 a
	Bezostaja-1	9.9 cd	6.6 b	20.7 d	24.3 c	48.2 a	27.4	1.8 d	1.6 b
	Esperia	14.7 ab	7.3 b	32.0 bc	34.3 ab	46.6 ab	21.5	2.1 b	1.7 b
	Tosunbey	11.4 c	6.2 c	34.0 bc	29.2 bc	33.8 c	21.4	1.9 c	1.6 b
Ortalama		12.2A**	8.4 B	29.7 B*	32.9 A	42.4 A**	25.3 B	1.8 A*	1.6 B
N dozları	7.5	11.8 <sup>öd</sup>	9.1 a**	30.1 <sup>öd</sup>	34.8 a*	40.6 <sup>öd</sup>	26.1 <sup>öd</sup>	1.6 b**	1.5 b**
	12.5	12.7	7.6 b	29.2	31.0 b	44.2	24.6	2.1 a	1.7 a
Çeşitler	Adana-99	11.6 b**	10.8 a**	26.3 b**	37.2 a**	44.0 a*	28.3a**	2.1 a**	1.8a**
	Bezostaja-1	9.6 c	8.5 b	20.2 c	33.2 ab	48.1 a	28.0a	1.6 c	1.6 b
	Esperia	14.2 a	7.1 c	34.5 a	30.8 b	41.7 ab	23.5b	1.9 b	1.5 b
	Tosunbey	13.6 a	7.0 c	37.8 a	30.3 b	35.8 b	21.7b	1.8 b	1.5 b
CV (%)		6.3	7.9	6.7	7.8	5.2	7.5	11.4	7.8

\*, % 5; \*\*, % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur; öd, önemli değil

% 40 gibi daha yüksek oranda GKE belirlenmiştir. Yine ilk yıl diğer çeşitlerde birbirine yakın değerler bulunurken, Tosunbey çeşidinde daha düşük GKE belirlenmiştir. İlk yıl N dozu x çeşit etkisi bakımından önemli farklılıklar bulunmuş, değerler % 48.3 (12.5 kg N da<sup>-1</sup> x Adana-99) ile % 33.8 (12.5 kg N da<sup>-1</sup> x Tosunbey) arasında sıralanmıştır (Çizelge 3). Artan verim ile N kullanım etkinliği arasında doğrusal bir ilişki olduğunu söylemek güçtür. Ancak verimin düşük olduğu yıllarda, çalışmamızda olduğu gibi N etkinlikleri de (AE, GKE, TI) düşük olmaktadır (Lopez-Bellido & Lopez-Bellido 2001; Lopez-Bellido et al 2006; Kara 2010). Agronomik etkinlik uygulanan azota karşılık bitkinin verimi artırma yeteneği olarak ifade edilmekte ve FE ile GKE'nin çarpımı olarak ifade edilmektedir (Novoa & Loomis 1981; Craswell & Godwin 1984). Uygulanan N dozu arttıkça, toprak-bitki sisteminde meydana gelen N kayıpları da buna paralel olarak artmaktadır (Lees et al 2000; Bozkurt et al 2001; Hawkesford 2014). Artan N dozuna bağlı olarak gerçekleşen ikinci yıldaki AE ( $N_{7.5} = 9.1$ ,  $N_{12.5} = 7.6$ ) ve FE ( $N_{7.5} = 34.8$ ,  $N_{12.5} = 31.0$ ) değerlerindeki azalma da bu nedene bağlanabilir. Ancak bu durum, iklimsel şartların daha uygun olduğu veya birbirine yakın N dozlarında, çalışmamızın ilk yılında olduğu gibi net şekilde ortaya çıkmaması yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla da uyumludur (Delogu et al 1998; Lopez-Bellido & Lopez-Bellido 2001). Bilindiği gibi, başaklanmadan sonra buğdayın N alımı yüksek sıcaklık, N varlığı ve toprak nemi gibi çevresel faktörlerle yakından ilgilidir (Papakosta & Gagjanas 1991). Kök ve kök çevresi özelliklerinin etkili olduğu GKE uygulanan gübrenin faydalarını belirlemede daha kullanışlıdır (Novoa & Loomis 1981). Bu durumda Delogu et al (1998) çalışmalarında olduğu gibi artan N dozuna bağlı olarak GKE'nin artış göstermesi beklenmektedir. İlk yıl belirlenen artışa ( $N_{7.5} = 40.6$ ,  $N_{12.5} = 44.2$ ) rağmen ikinci yıl ( $N_{7.5} = 26.1$ ,  $N_{12.5} = 24.6$ ) GKE'de azalma olmuş, fakat her iki N dozundaki farklılıklar istatistiki olarak önemli olmamıştır. Geri kazanım etkinliği, Lopez-Bellido et al (2006) tarafından belirtildiği ve çalışmamızda elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere, yıllar bazındaki tane verimine bağlı olarak önemli değişimler göstermektedir.

Uygulanan azota karşı verimde meydana gelen değişimleri gösteren tepki indeksi (TI) üzerine yıllar, azot dozları, çeşitler ve azot dozu x çeşit etkisi önemli olmuştur (Çizelge 3). İlk yıl ikinci yıla göre, 12.5 kg N da<sup>-1</sup> dozunda 7.5 kg N da<sup>-1</sup> dozuna göre, Adana-99 çeşidinde ise diğer çeşitlere göre daha yüksek TI değerleri bulunmuştur. Azot dozu x çeşit etkisinde en yüksek değer (2.6) ilk yıl 12.5 kg N da<sup>-1</sup> dozu x Adana-99 çeşidinde belirlenirken, en düşük değer ise (1.3) ikinci yıl 7.5 kg N da<sup>-1</sup> dozu x Esperia çeşidinde belirlenmiştir.

Kuru tarım şartlarında TI'nin uzun yıllar değerleri 1 ile 4.1 arasında değişmektedir (Johnson & Raun 2003). Geniş yelpazede dağılım, iklim şartlarının verim üzerindeki etkisinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda düşük TI'nin sebepleri arasında mineralizasyon ve yağmurla ilave edilen N da olabileceği düşünülmektedir (Mullen et al 2003). Çalışmamızda verimin daha iyi olduğu ilk yıl denemesinde (1.8), ikinci yıla (1.6) oranla daha yüksek TI bulunmuştur (Çizelge 3). Tepki indeksinin hesaplama yöntemi gereği artan N dozuna bağlı olarak verimin arttığı noktaya kadar artması beklenmektedir. Çalışmamızda her iki yılda da N dozları arasındaki fark önemli olmuş, ilk yıl ( $N_{7.5} = 1.6$ ,  $N_{12.5} = 2.1$ ) bu fark oldukça belirgin olmuştur. Çeşitler arasında ise en yüksek TI her iki yılda da Adana-99 çeşidinde belirlenmiştir.

Çeşitlerin yıllık değişen verim değerleri agronomik etkinliklerini de değiştirmiştir. Çeşitler arasındaki verim (Otterson et al 2007), protein içeriği (Kara 2010) ve azot etkinlikleri (Baligar & Fageria 2001; Kara 2010) arasındaki farkların genetik ve fizyolojik yapıdan kaynaklanmakla birlikte çevresel faktörlerden oldukça etkilendiği düşünülebilir.

#### 4. Sonuçlar

Bu araştırmanın iki yıllık sonuçlarına göre; her iki yılda da azot dozu arttıkça tane verimi ve protein içeriği artmış, en yüksek tane verimi 12.5 kg da<sup>-1</sup> azot dozunda Adana-99 ve Esperia çeşitlerinde, tanede protein oranı içeriği ise yine aynı N dozunda Adana-99, Bezostaja-1 ve Esperia çeşitlerinde elde edilmiştir. En yüksek agronomik ve fizyolojik

etkinlik 7.5 kg da<sup>-1</sup> N dozunda Adana-99 ve Tosunbey çeşitlerinde, geri kazanım etkinliği ve tepki indeksi ise 12.5 kg da<sup>-1</sup> N dozunda Adana-99 çeşidinde belirlenmiştir.

Sonuç olarak; yıllar arasında yağış dağılımına bağlı olarak tane verimi ve azot alım etkinliğine çeşitlerin tepkisi farklı olmuş, Isparta koşullarında bu çeşitlerin yetiştirilebileceği, ancak tarımsal üretimde nihai hedef olan verim bakımından Esperia ve Adana-99 çeşitleri öne çıkmıştır.

## Kaynaklar

- Aran A, Kıvanç F, Tari A F & Ata G (2008). Konya ovası koşullarında buğdayın azot su ilişkileri. *Ülkesel Tahıl Sempozyumu*, 2-5 Haziran 2008, Konya, s. 768-775
- Austin R B, Ford M A, Edrich J A & Blackwell R D (1977). The nitrogen economy of winter wheat. *Journal of Agricultural Science* **88**: 159-167
- Baligar V C & Fageria Z L (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **32**(7-8): 921-950
- Bozkurt M A, Çimrin K M & Şekeroğlu N (2001). Azotlu gübrelemenin bazı tritikale genotiplerinde azot kullanım özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **7**(3): 35-41
- Burkhart M R & James D E (1999). Agricultural-nitrogen contributions to hypoxia in the Gulf of Mexico. *Journal of Environmental Quality* **28**: 850-859
- Craswell E T & Godwin D C (1984). The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereal in different climates. *Advanced Plant Nutrition* **1**: 1-55
- Çiftçi E A & Doğan R (2013). Azotlu gübre dozlarının Gediz-75 ve Flamura-85 buğday çeşitlerinde verim ve kaliteye etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **19**(1): 1-11
- De Datta S K & Buresh R J (1989). Integrated nitrogen management in irrigated rice. *Advances in Soil Science* **10**: 143-193
- Delogu G, Cattivelli L, Pecchioni N, Falcis D D, Maggiore T & Stanca A M (1998). Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy* **9**: 11-20
- Dobermann A R (2005). Nitrogen Use Efficiency-State of the Art. Digital <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/316>
- Fernandez R & Laird R T (1959). Yield and protein content of wheat in central Mexico as affected by available soil moisture and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* **51**: 33-36
- Garnett T, Conn V & Kaiser B N (2009). Root based approaches to improving nitrogen use efficiency in plants. *Plant, Cell and Environment* **32**: 1272-1283
- Geçit H H & Çakır E (2006). Makarnalık buğdayda (*Triticum durum* L.) sulama ve azotlu gübrelemenin verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **12**(3): 259-266
- Gouis J L, Béghin D, Heumez E & Pluchard P (2000). Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. *European Journal of Agronomy* **12**(3-4): 163-173
- Harper L A, Sharpe R R, Langdale G W & Giddens J E (1987). Nitrogen cycling in a wheat crop: Soil, plant, and aerial nitrogen transport. *Agronomy Journal* **79**(6): 965-973
- Hawkesford M J (2014). Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science* **59**: 276-283
- Heitholt J J, Croy L I, Manes N O & Nguyen H T (1990). Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration. *Field Crops Research* **23**: 133-144
- Johnson G V & Raun W R (2003). Nitrogen response index as a guide to fertilizer management. *Journal of Plant Nutrition* **26**(2): 249-262
- Kanampiu F K, Raun W R, Johnson G V & Anderson M P (1997). Effect of nitrogen rate on plant nitrogen loss in winter wheat varieties. *Journal of Plant Nutrition* **20**(2-3): 389-404
- Kara B (2010). Influence of late-season nitrogen application on grain yield, nitrogen use efficiency and protein content of wheat under Isparta ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops* **15**(1): 1-6
- Large E C (1954). Growth stages in cereals. *Plant Pathology* **3**: 128-129
- Lees H L, Taun W R & Johnson G V (2000). Increased plant nitrogen loss with increasing nitrogen applied in winter wheat observed with <sup>15</sup>Nitrogen. *Journal of Plant Nutrition* **23**(2): 219-230
- Lopez-Bellido R J & Lopez-Bellido L (2001). Efficiency of nitrogen in wheat under mediterranean conditions:



- Effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research* **71**: 31-46
- Lopez-Bellido L, Lopez-Bellido R J & Lopez-Bellido F J (2006). Fertilizer nitrogen efficiency in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions: Effect of split application. *Agronomy Journal* **98**: 55-62
- Melaj M A, Echeverria H E, Lopez S C, Studdert G, Andrade F & Barbaro N O (2003). Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agronomy Journal* **95**: 1525-1531
- Moll R H, Kamprath E J & Jackson W A (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* **74**: 562-564
- Mullen R W, Freeman K W, Raun W R, Johnson G V, Stone M L & Solie J B (2003). Identifying an in-season response index and the potential to increase wheat yield with nitrogen. *Agronomy Journal* **95**: 347-351
- Müftüoğlu N M & Demirel T (1998). Toprakta azot bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **29**(1): 175-185
- Novoa R & Loomis R S (1981). Nitrogen and plant production. *Plant and Soil* **58**: 177-204
- Olson R V, Murphy L S, Moser H C & Swallow C W (1979). Fate to tagget fertilizer nitrogen applied to winter wheat. *Soil Science Society of America Journal* **43**: 973-975
- Otteson B N, Mergoum M & Ransom J K (2007). Seeding rate and nitrogen management effects on spring wheat yield and yield components. *Agronomy Journal* **99**: 1615-1621
- Özcan O, Musaoğlu N, Üstündağ B, Kurucu Y & Örmeci C (2011). Buğday bitkisinin farklı ekim bölgelerindeki gelişim düzeyinin bilgi teknolojileri ile incelenmesi. *TMMOB, Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi* 31 Ekim-4 Kasım 2011, Antalya
- Papakosta D K & Gagianas A A (1991). Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal* **83**: 864-870
- Raun W R & Johnson G V (1995). Soil-plant buffering of inorganic nitrogen in continuous winter wheat. *Agronomy Journal* **87**: 827-834
- Raun W R & Johnson G V (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* **91**: 357-363
- Spiertz J H & Ellen J (1978). Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *Netherlands Journal of Agricultural Science* **25**: 210-231
- Takahashi S, Anwar M R & Vera S G (2007). Effects of compost and nitrogen fertilizer on wheat nitrogen use in Japanese soils. *Agronomy Journal* **99**: 1151-1157
- Timsina J & Connor D J (2001). Productivity and management of rice-wheat cropping systems: Issues and challenges. *Field Crops Research* **69**(2): 93-132