

## Buğdayda verim ve kaliteye yönelik yetiştirme tekniği araştırmalarında güncel yaklaşımlar ve Türkiye’de uygulama olanakları

Müfit KALAYCI<sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> *Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye*

### New Approaches in Agronomic Research on Wheat Yield and Quality

#### SUMMARY

Grain protein content is the quality parameter most widely used in wheat breeding programs. On the other hand, grain protein contents are determined not only by cultivar but also by environmental conditions and cultural practices, particularly nitrogen fertilization. Presently, nitrogen fertilizer recommendation rates are based on the results of regional research without considering spatial and temporal variations and this is one of the main reasons for great fluctuations in both grain yield and protein due to variations in soil properties and/or climatic conditions. Since soil analysis for inorganic nitrogen is not a common practice, field specific recommendations are not made. Yearly and spatial variations in grain yield also contribute to variations in nitrogen requirement. These factors have resulted in development of in-season nitrogen fertilizer management systems. This new approach is based on use of vegetation indices calculated from spectral reflectance values and/or chlorophyll readings through SPADMETER. Research on this new system has also been started in Turkey. In this presentation, these new developments aimed at optimization of nitrogen fertilization for grain yield and quality will be introduced and usability of these methods in determining late season nitrogen fertilization for higher grain protein will be discussed. Present research and future prospects will be summarized.

KEY WORDS: Wheat, yield, quality.

#### ÖZET

Buğdayda dane kalitesi dendiğinde ilk akla gelen ve geniş çeşit ıslah programlarında en çok kullanılan kriter dane protein kapsamı olmaktadır. Dane protein kapsamı ise, en az çeşit kadar, hatta ondan daha büyük ölçüde çevre koşullarından ve başta azotlu gübreleme olmak üzere yapılan kültürel uygulamalardan etkilenmektedir. Araştırmacılar tarafından yürütülen denemelerden elde edilen ortalama değerler baz alınarak yapılan azotlu gübre tavsiyelerinin çok genel nitelikte olması, ne tarladan tarlaya ne de yıldan yıla oluşan farklılıkları göz önünde bulundurma niteliğine sahip olmaması verim kadar kalitenin de büyük dalgalanmalar göstermesinde baş etken olmaktadır. Fosforda olduğu gibi laboratuvarda inorganik azot veya nitrat tayini olanakları da yaygın olmadığı için tarlaya özel tavsiye yapılamamaktadır. Gelişmiş ülkelerde toprakta nitrat veya inorganik azot tayini öteden beri tavsiyelere esas olarak kullanılmakla birlikte, ekim yılının özelliklerine bağlı olarak hem verim hem de kalite açısından optimum azotlu gübre uygulamalarının yıl içinde takibine olanak veren ve yılın gidişine göre elde olunması beklenen verim düzeyleri belirlenerek tavsiyenin bu değerlere endekslenmesi esası üzerine kurulmuş olan Mevsim İçi Azotlu Gübreleme Yönetim Sistemleri geliştirilmiş ve yaygınlaşmasına çalışılmaktadır. Klorofilmetre veya spektral yansıma ölçen aletler aracılığıyla uygulanan bu sisteme ilişkin ülkemizde de çalışmalar başlatılmış bulunmaktadır.

Bu tebliğde, esas olarak azotlu gübrelemede verim ve kalite için optimizasyon yöntemleriyle, geç dönem azotlu gübre uygulamalarının özellikle protein açısından önemi ve bu uygulamaların halen araştırması yapılanlarla, geleceğe yönelik araştırma konusu olabilecek yönleri hakkında kısa bilgiler verilecektir.

ANAHTAR KELİMELER: Buğday, verim, kalite.

## GİRİŞ

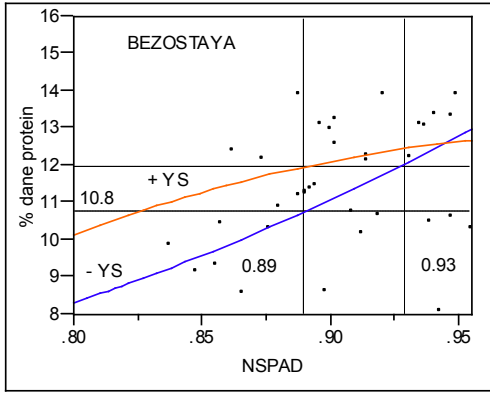
**Buğdayda ekmeklik kalite üzerine azotlu gübrelemenin etkisi:** Buğday tarımında, çeşitlerin kendi beklenen dane verimi ve protein değerlerini verebilmeleri ancak uygun bir azotlu gübrelemeyle mümkün olabilecektir. Ancak, kuru tarım koşullarında uygulanan azotun buğday tarafından alınma oranının genellikle %50'nin altında olduğu ifade edilmekte ve bunun büyük ölçüde yüzeye uygulanan azotlu gübreden buharlaşma kayıpları nedeniyle böyle olduğu belirtilmektedir (Fillery ve McInnes 1992). N<sup>15</sup> kullanılarak yapılan denemeler sonucunda, tahıl üretimindeki azot kayıplarının %20 ile %50 arasında değiştiği ve bu kayıpların denitrifikasyon, buharlaşma ve/veya derin yıkanma yoluyla meydana geldiği görülmüştür (Olson ve Swallow 1984; Karlen ve ark. 1996). Azotlu gübrelerden kayıpları en aza indirmenin yolları arasında, gübre dozlarının bitki ihtiyacına göre belirlenebilmesi için toprak ve bitki analizlerine başvurulması, yıllık yağış miktar ve dağılımına uygun bir gübreleme stratejisinin benimsenmesi, bölünmüş uygulamaların tercih edilmesi, gübrenin yüzeye bırakılmayıp, mümkün olan her durumda toprak altına getirilmesi sayılabilir (Mosier ve ark. 1996).

## MATERYAL ve YÖNTEM

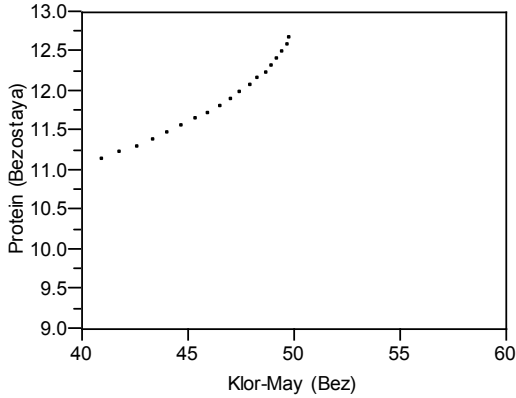
**Azotlu gübre tavsiyelerini belirlemede kullanılan yöntemlerin tarihçesi:** Azotlu gübre tavsiyelerine temel olarak toprak nitrat azotu tayinleri yeni bir olay olmayıp, daha 1901 yılında toprakta suda çözünabilir nitratın bitki tarafından alınabilir azot miktarına ölçü olabileceği belirtilmiş (Dahnke ve Johnson 1990), bundan 60 yıl sonra, ABD'de buğday (Dahnke ve Johnson 1990) ve Kanada'da arpayla (Soper ve Huang 1963) yapılan çalışmalar nitrat azotunun bitki tarafından alınabilir azota iyi bir ölçü olduğunu göstermiştir. Soper ve Huang (1963) aynı zamanda organik madde kapsamını da bu amaçla kullanmayı denemişler, ancak yine de nitrat azotunun daha uygun bir ölçü olduğu sonucuna varmışlardır. Geneldeki başarısına ve yaygın kullanımına karşın, nitrat testi, özellikle toprak organik maddesinin fazla olduğu durumlarda gelişme yılı içindeki mineralizasyon nedeniyle uygun sonuç vermeyebildiği için, Keeney (1982) nitrata ilaveten amonyum azotunu da ele alarak toplam inorganik azotu ölçü olarak kullanmayı denemiştir. Bugün ABD'de genellikle nitrat testi yoğun olarak kullanılmakta, bazı Avrupa ülkeleri ise toplam inorganik azotu ele almaktadır. Türkiye'de de, özellikle Orta Anadolu'daki 3 araştırma enstitüsü, 1980'li yıllardan başlayarak çalışmalarında toplam inorganik azot değerlerini kullanmaktadırlar. Zentner ve Read (1977) ayrıca ilkbahar alt toprak analizlerinin yapılmasını önermekte, Westfall ve ark. (1996) toprak analizleriyle birlikte, hedeflenen verim düzeyleri ve üreticinin geçmiş deneyimlerinin birlikte kullanılması halinde en uygun tavsiye düzeylerine ulaşılacağını belirtmektedir. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü

(ATAE) tarafından yapılan değerlendirmede de toprak inorganik azot kapsamlarıyla optimal verim düzeylerinin azotlu gübre gereksinimini belirlemede asıl unsurlar olduğu anlaşılmış ve buna göre tavsiye listeleri hazırlanmıştır (Kalaycı ve ark. 1996). Bu durumda, bölgemizde olduğu gibi, dünyanın benzer ekolojilerinde de sezon başındaki tahminlere dayalı tavsiyelerin her zaman tutmaması, bunların sezonun gidişine göre yıl içinde modifiye edilebilmeleri ihtiyacını doğurmuş ve Mevsim İçi (In-Season) azotlu gübre yönetim sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu yaklaşımlar, kurak giden bir yılda gübre ekonomisi sağlamaya da yönelik olmakla birlikte, ilk kullanım alanları dane protein içeriğine yönelik olmuş, sulu koşullarda ve/veya koşulların erken gelişme için uygun olduğu yıllarda gelişmenin geç dönemlerinde bu fazla gelişmenin neden olduğu yaprak azot ve dolayısıyla klorofil seyrelmeleri aracılığıyla takviye azot verilip verilmemesinin kararlaştırılması esasına dayanmaktadır. Bunun için sezon başında referans teşkil etmek üzere yüksek dozda azotlu gübrelenmiş şeritler oluşturulmakta ve tarlanın kalan kısmındaki yaprak klorofil değerleri bu kontrol şeritlerindeki değerlerin yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Genellikle SPAD METRE aracılığıyla elde olunan bu değerler kontrole göre normalize edildikten sonra elde olunan NSPAD (Normalize Edilmiş SPAD Değerleri) denemelerde elde olunan kalibrasyon eğrileriyle karşılaştırılarak ek gübrelemeye gerek olup olmadığına karar verilmektedir. Önceleri sulu tarımda ve daha çok mısırdaki kullanılan yöntem, daha sonra buğdayda da yine sulanır tarlalardan başlayarak araştırılmaktadır. Westcott ve ark. (1997) Montana'da sulu koşullarda yazlık buğdayla yaptığı çalışmada NSPAD değerinin 0.93-0.95 düzeyine düşmesi halinde ek gübrelemenin proteini arttırdığını, 0.89 NSPAD değerinde bu artışın %1'i bulunduğunu belirtmektedir. Aynı araştırmacılar, aynı çalışmada, bayrak yaprak TKN (Toplam Kjeldahl Azotu) değerleriyle de ek azota karşılık arasında yüksek korelasyon bulmuşlar ve bu değerlerin % 4.2-4.3'ün altında olması halinde buğdayın dane proteini açısından ek azota karşılık vereceğini, ancak bu karşılığın boyutlarının ne olacağını bu testin vermediğini bildirmişlerdir. Lorbeer ve ark. (2000) yine Montana'da yapılan bir başka çalışmada, biri yüksek yağışlı diğeri kurak iki lokasyonda iki kışlık buğday çeşidiyle çalışmışlar ve bu kez bayrak yaprak TKN değerinin daha iyi bir göstere olduğu, bu değerdeki her %0.1'lik artışın iki çeşitten birinde %0.26 diğeri %0.55 dane protein artışı sağladığı, ilginç bir şekilde, yukarıda sözü edilen suluda yazlık buğday çalışmasıyla aynı eşik değerinin (%4.2) elde olunduğu, SPAD değerlerininse protein yönünden azota karşılıklı anlamlı korelasyon vermediği sonuçlarına varmışlardır. Idaho'da yapılan bir çalışmada (Tindall ve ark. 1995) bayrak yaprak azot konsantrasyonunun azota alınacak karşılıkla korelasyon verdiği, Avustralya'daki bir başka çalışmada da (Peltonen ve ark. 1995) yaprak klorofil değerleriyle bitki azot kapsamı arasında yakın ilişki bulunduğu belirtilmektedir. Vidal ve ark. (1999) SPAD okumalarının, yaprak azot konsantrasyonundan daha

uygun ölçü olduğu sonucuna varmıştır. Görüldüğü gibi farklı çalışmalarda farklı sonuçların alınıyor olması, her ekolojik bölge ve tarım sisteminin kendi koşulları ve genotipleri için kendi sonuçlarını elde etme gereksinimini ortaya koymaktadır. Eskişehir’de yapılan ve henüz yayınlanmamış bir araştırmanın sonuçları da Bezostaya 1 çeşidinde 0.93 NSPAD değerinin kritik eşik olduğunu, 0.89 NSPAD değerinde ise yapraktan uygulanan %4'lük üre solüsyonunun Bezostaya 1 çeşidinin dane protein kapsamında %1.2 düzeyinde artış sağladığını göstermiştir (Şekil 1).

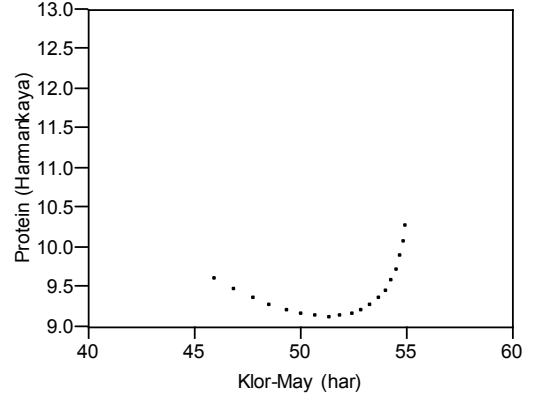


Şekil 1. Başaklanma zamanındaki değişik NSPAD değerlerinde yapraktan üre solüsyonu uygulamasının Bezostaya 1’in dane protein kapsamına etkisi (+ YS= Yapraktan üre solüsyonu uygulaması).



Şekil 2. Bezostaya 1 ve Harmankaya çeşitlerinde başaklanma zamanında okunan SPAD değerleriyle dane protein kapsamı arasındaki ilişki.

Bu şekilde klorofil okumaları yoluyla azotla beslenme durumu hakkında bilgi elde edilmeye çalışılırken neden doğrudan okuma sonucu elde olunan SPAD değerlerinin değil, her çevre ve her genotip için hesaplanan NSPAD değerlerinin kullanılması gerektiği, yine Eskişehir’de ve bu kez sulu koşullarda yapılan bir çalışmanın sonuçlarından görülebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Bezostaya 1 ve Harmankaya çeşitlerinde başaklanma zamanında okunan SPAD değerleriyle dane protein kapsamı arasındaki ilişki.

Şekilde görüldüğü gibi, 2 çeşidin klorofil-protein ilişkisi arasında açık bir farklılık vardır. Bu da, her genotipin yaprak klorofil oranları açısından farklı özellikler gösterdiğini vurgulamaktadır. Bu örnekte SPAD değerleri 45-55 arasında değişen Harmankaya’nın SPAD değerleri 45-50 arasında değişen Bezostaya 1’den daha düşük dane proteini vermesi verim farklılıklarıyla kısmen açıklanabilir. Çünkü yaprak klorofil oranları sadece azotla beslenme durumunu değil, aynı zamanda fotosentetik kapasiteyi, dolayısıyla verim potansiyelini de göstermektedir. Sonuçta, yüksek verim potansiyeline sahip çeşitlerde bitki bünyesindeki azot artışının ilk etkisi verim üzerine olmakta, ancak verimin platoya yaklaşmasından sonra protein artışları önemli düzeylere ulaşabilmektedir. Nitekim bu denemede Bezostaya 1 optimum azot koşullarında bile 600 kg/da’ın üzerinde verim vermezken, Harmankaya’nın verimi 900 kg/da’ı aşmıştır. Ayrıca, klorofil oranları da tek başına verim potansiyelini gösterememekte, birim alandaki toplam fotosentetik kapasitede yaprak alan indeksleri, dahası yaprak geometrisi dolayısıyla aktif radyasyon alım ve değerlendirme etkinlikleri de önemli olmaktadır. Bu nedenle bu şekilde azotla beslenme durumunu anlamaya yönelik çalışmaların mutlaka her genotip için ayrı ayrı ve her çevrede oluşturulacak referans şartları aracılığıyla belirlenecek NSPAD değerleriyle yapılması zorunludur. Bu konu aşağıda yine incelenecektir.

Daha sonraları, yaprak okuma veya analizleri üzerinden yapılan bu değerlendirmelere alternatif olarak, bitkilerin her hangi bir andaki azotla beslenme durumlarının optik sensörlerle tespit edilebileceği ve gübre uygulamalarının da buna göre yapılabileceği fikri ortaya atılmış ve çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Raun ve ark. 2002; Cassman ve ark. 2002; Mullen ve ark. 2003). Bunun sonucu olarak, bitkilerin verdiği spektral yansıma değerlerinin yerden veya hava fotoğrafları yâda uzay platformu aracılığıyla uzaktan algılanabileceği düşüncesi Hassas Tarım yaklaşımının gündeme gelmesiyle sonuçlanmıştır. Azotla ilgili hassas tarım

çalışmalarına örnek olarak, optik sensörler aracılığıyla yapılan okumalar tarafından ayarları otomatik olarak açılıp kapanan gübre uygulayıcılarının, özellikle Oklahoma'da, yaygınlaştırılmasına çalışılması gösterilebilir. Havadan yapılan ölçüm değerleriyle ise, çok değişik özellikler yanında, bitkinin azotla beslenme durumu hakkında bilgi alma konusunda yapılan çalışmalar (Hinzman ve ark. 1986) mevcut olmakla birlikte, bu tür uzaktan algılamaya dayalı değerlendirmelerin henüz yer ölçümlerinin verdiği düzeylerde korelasyon vermediği ve bu yaklaşımın yeni araştırmalara ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir (Wright ve ark. 2001, Wright ve Ritchie 2002).

#### **Mevsim içi azot gereksinimi belirlemede kullanılan modern yöntemlerin çalışma esasları:**

##### **SPAD değerlendirmeleri:**

Yaprak klorofil düzeyleriyle, bitkinin azotla beslenme durumu arasında ilişki bulunduğu esasına dayanan bu sistemde, SPAD METRE aracılığıyla yaprak klorofil okumalarının, diğer çevre ve uygulama faktörleriyle genotipten de etkilenmesi sonucu, yıldan yıla, yerden yere ve genotipten genotipe değişiklik göstermesi nedeniyle, NSPAD olarak adlandırılan normalize edilmiş SPAD değerleri kullanılmaktadır (Westcott ve ark.1997). Örneğin, herhangi bir çiftçi tarlasında kuraklık, hastalık ya da başka bir besin elementinin noksanlığı klorofil azalmasına ve renk açılmasına neden olabilir. Bu nedenle, kalibrasyon amaçlı azotlu gübre denemelerinde, her genotipin değişik miktarlarda gübrelenen parsellerdeki SPAD okuma değerleri, aynı genotipin aynı denemedeki en yüksek düzeyde gübrelenen, dolayısıyla en yüksek klorofil düzeyini veren bitkilerdeki okuma değerlerinin yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Bu değerlerden kalibrasyon denklemleri elde olunduktan sonraki çiftçi uygulamalarında ise tarlanın bir veya birkaç yerine olabilecek en yüksek verim düzeyine karşılık olduğu düşünülen miktarda azotlu gübre verilen kontrol şeritleri ekilmekte ve bu şeritlerden okunan SPAD değerleri normalizasyon işlemi için kullanılmak suretiyle, tarlanın kalan bölümlerinin takviye azot ihtiyacı kalibrasyon denklemleri aracılığıyla belirlenmektedir.

##### **Spektral yansıma değerlerinin kullanıma esasları:**

Bitkilerin, spektrumun kırmızı ve near-infrared bölgelerinde (farklı nanometre okumalarında) verdikleri yansıma değerleri karşılaştırılarak gelişme durumunu gösteren vejetasyon indeksleri elde etmeye dayanan bu yöntemde, en yaygın kullanılan vejetasyon indeksi kavramları NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve SR (Simple Ratio) olmaktadır (Aparicio ve ark. 2002). Esas itibarıyla toplam kuru madde ve yaprak alan indeksiyle alakalı olduğundan, dolaylı olarak fotosentetik kapasite ve verim tahminlerinde kullanılan bu indeksler buğday

verim tahminleri için de kullanılmaktadır (Pinter ve ark. 1981; Aparicio ve ark. 2000). Bu indekslerin hesaplanmasında genellikle  $SR = (R900/R680)$  ve  $NDVI = (R900-R680)/(R900+R680)$  formülleri kullanılmakta, bu formüllerdeki R harfi Reflectance (Yansıma) değerlerini, rakamlarsa near-infrared ve kırmızı bölgelerini tanımlayan nanometre değerlerini göstermektedir (Penuelas ve ark. 1993).

Azot noksanlığının, yaprak klorofil konsantrasyonlarında azalmaya neden olduğu bilinmektedir (Penuelas ve ark. 1994). Yoğun azot noksanlığı halinde bitkiler kırmızı yansıma bölgesinde daha fazla yansıma vermektedir (Steven ve ark. 1990). Kırmızı yansımadaki artışlar azot noksanlığının neden olduğu klorofil noksanlığını gösterirken (Filella ve ark. 1995), near-infrared yansımadaki azalmalara yaprak alan indeksi ve yeşil biyolojik kütledeki azalmaları belirlemektedir ve bu tahıllarda da çok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Asrar ve ark. 1984; Jensen ve ark. 1990).

NDVI okumalarının değerlendirilmelerinde ise RI (Response Index = Karşılık İndeksi) (Mullen ve ark. 2003) ve INSEY (In Season Yield Estimation = Mevsim İçi Verim Tahmini) (Raun ve ark. 2002) kavramlarından yararlanılmaktadır. Buna göre, kalibrasyon çalışmalarında gübrelenmiş parsellerin NDVI değeri, gübrelenmemiş kontrol parsellerinin NDVI değerlerine bölünerek elde olunan  $RI_{(NDVI)}$  değerleri, hasatta elde olunan verimin kontrol parsellerinden elde olunan verime bölünmesiyle bulunan  $RI_{(HASAT)}$  (Johnson ve ark. 2000) değeriyle karşılaştırılmakta ve yapılan korelasyon analizi sonucunda,  $RI_{(HASAT)}$  değeriyle en yüksek  $R^2$  değerini veren  $RI_{(NDVI)}$  değeri hangi dönem okumalarından elde olunmuşsa, daha sonra çiftçi tarlalarında yapılacak tavsiyeye yönelik çalışmalarda o dönemde okuma yapılmaktadır. Ancak okumanın ve dolayısıyla tavsiyenin yapılacağı dönemin, özellikle kuru koşullarda, çiftçinin tarlaya girebileceği son dönemden daha geç olmaması da sistemin pratikte yaygınlaştırılabilmesi bakımından esastır. Örneğin, Oklahoma'da yapılan çalışmada Feekes skalasına (Large 1954) göre 5 (sapa kalkma başlangıcı), 9 (sapa kalkma sonu) ve 10.5 (çiçeklenme) dönemlerinde elde olunan okuma değerlerinden benzer etkinlikte sonuç alınmış olmakla birlikte (Mullen ve ark. 2003), geniş çiftçi tarlası uygulamalarında diğerleriyle aynı etkinlikte bulunan Feekes 5 döneminde, yani sapa kalkma başlangıcında yapılan okumalara göre tavsiyeler yönlendirilmektedir. INSEY değeri ise, NDVI değerinin, ekimden okumanın yapıldığı güne kadar geçen günler içinde ortalama sıcaklığın 4.4 °C'nin üzerinde olduğu gün sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır (Raun ve ark. 2002). Daha sonra, parsellerin NDVI okumalarından hesaplanan INSEY değerlerinin bağımsız değişken (x), aynı parsellerden elde olunan dane verimlerinin ise bağımlı değişken (y) olarak alındığı regresyon analizi sonucunda elde olunan denklemler, çiftçi tarlalarındaki uygulamaları yönlendiren kalibrasyon denklemleri olarak kullanılmaktadır.

Çiftçi tarlalarındaki tavsiyeye yönelik uygulamalarda ise, tarlanın bir veya birkaç yerine olabilecek en yüksek verim düzeyine karşılık olduğu düşünülen miktarda azotlu gübre verilen kontrol şeritleri ekilmekte ve bu şeritlerle çiftçinin kendi uygulamasını yaptığı bölümde yapılan okumalardan elde olunan değerler ve yukarıda açıklandığı şekilde elde olunan kalibrasyon denklemleri kullanılarak, tavsiye edilecek ilave azot dozları belirlenmektedir. ([http://www.nue.okstate.edu/Nitrogen\\_Fertilization\\_Ap\\_proaches.htm](http://www.nue.okstate.edu/Nitrogen_Fertilization_Ap_proaches.htm)).

#### **NDVI okumalarına dayalı hassas tarım uygulamaları:**

ABD Ulusal Araştırma Konseyi, Hassas Tarımı, üretime yönelik karar mekanizmalarında değerlendirmek üzere değişik kaynaklardan elde olunan enformasyon teknolojilerini kullanan bir yönetim stratejisi olarak tanımlamakta ancak burada önemli bir unsur olan toprağa ilişkin olarak etüde dayalı bilgilerin hassas tarımın gereksinimlerini karşılamadığı belirtilmektedir (Bouma ve ark. 1999). Örneğin, Solie ve ark. (1996) en karlı azotlu gübreleme stratejisini ve dolayısıyla en yüksek Azot Kullanma Etkinliği (AKE) değerlerini elde edebilmek için verilerin en uygun alan büyüklüklerine göre belirlenmesi gerektiğini ve söz konusu azotlu gübreleme olduğunda bu birimin 1 metrekareye kadar düştüğünün görüldüğünü ifade etmektedir. Bu küçüklükteki mesafelerde oluşan varyasyonun pratikte ancak optik sensörlerle belirlenip, gübre ayar otomasyonunun buna göre yapılmasının mümkün olduğu (Solie ve ark. 1996; Stone ve ark. 1996) ve bunun da tarla genelinde AKE değerini arttıracığı (Stone ve ark. 1996) bildirilmiştir.

Başta Oklahoma eyaleti olmak üzere bu sistemi yaygınlaştırmaya çalışan ABD'ye karşılık, son sayımlara (TUİK 2000) göre, tarımsal işletmelerinin %64.8'i 5 hektardan küçük araziye sahip olan, diğer işletmelerinin arazileri ise çok parçalı olduğu için ortalama tarla büyüklüklerinin çok sınırlı olduğu Türkiye'de bu uygulamanın, TIGEM ve benzeri büyük arazilere sahip işletmeler gibi özel durumlar dışında, en azından şimdilik uygulanabilir olduğunu söylemek için henüz erkendir. Bu nedenle, tarla düzeyinde ve yıllar arası gelişme dalgalanmalarının etkisini en aza indirecek bir uygulama bugünün çiftçi uygulamalarına oranla yeterince hassas bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

#### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

**Azot kullanma etkinliğini arttırmaya yönelik diğer azotlu gübreleme faktörleri:**

#### **Azotlu gübre kullanma zaman ve yöntemi:**

ABD'de, azotu bölerek uygulamanın AKE değerlerini arttıracığı bilinmekle birlikte (Olson ve Swallow 1984), sonbaharda gübrenin daha ucuz

olması (genellikle en ucuz kaynak olan amonyak kullanıldığı için) ve bir defada uygulamanın ekonomik avantajından ötürü gerekenden daha fazla azotlu gübre kullanımının göze alınabilir olması nedeniyle, çiftçilerin genelde buğdaya azotu bir defada uygulamakta oldukları ifade edilmektedir (Raun ve Johnson 1999). Azotlu gübreyi kullanma zamanının verime etkisinin yağış durumuyla da ilgili olduğu belirtilerek, azotun yarısını ilkbaharda vermenin nispeten yağışlı yörelerde avantaj sağlamakla birlikte, kurak bölgelerde buharlaşma kayıplarına çok açık gübre cinsleri kullanılmadığı sürece, arada fark olmadığı bildirilmektedir (Christensen ve Meints, 1982; Kolberg ve ark. 1993). Sonbahar ilkbahar karşılaştırmalarının yanı sıra, ilkbahar gübrelemesinin zamanlaması konusunda da değişik araştırmacılar çalışılmış, ilkbahar gübrelemesini geciktirmenin AKE ve dane protein kapsamını arttıracığını ifade eden araştırmacılar yanında (Wuest ve Cassman 1992), biyolojik verim olarak maksimuma ulaşabilmek için erken kullanımın gerekli olduğunu (Boman ve ark. 1995), kayıpları en aza indirebilmek için, kurak bölgelerde azotun bitkiler tarafından en kısa süre içinde kullanılabilmesi bir dönemde uygulamanın yapılması gerektiğini (Feil 1997; Banziger ve ark. 1994), Avustralya'daki bir çalışmada hem verim hem de protein açısından en yüksek karşılık sapa kalkma dönemindeki uygulamayla alınırken, yıllara göre bunun gübrelemeyi takiben 12 mm'nin üzerinde yağış alınmasıyla ilgili görüldüğünü (Palta ve ark. 2003) bildiren araştırmacılar da olmuştur.

Türkiye'de de özellikle Orta Anadolu bölgesindeki çok sayıda araştırmacı kuruluş tarafından yürütülen denemeler genellikle uygulama zamanının etkisi olmadığı sonucuna varmış olmakla birlikte, çiftçiler yine de, daha çok kendi tecrübelerine dayanarak bölerek uygulama yapmakta ve ilkbahar uygulamasını da tarlaya girebildikleri ilk zamanda yapmak suretiyle nemli dönemden yararlanmaya çalışmaktadırlar. Bu durumda, bölgemizde azotlu gübrenin uygulanma zamanı açısından önemli bir sorun olduğu söylenemez.

Türkiye dahil dünya genelindeki araştırmaların sonuçları arasındaki farklılıkların genellikle yağışlarla bağlantılı olması bir kavram farklılığını gündeme getirmektedir. Buna göre, önemli olan, azotu çiftçinin ne zaman kullandığı değil, bitkinin ne zaman kullandığıdır. Bu konudaki literatür bildirimlerinde farklı görüşler ileri sürülmüştür. Buna göre, tüm gelişme dönemince alınan azotun en az %80'inin vejetatif gelişme döneminde alınarak tozlanma döneminde bitkide mevcut olduğunu (Austin ve ark. 1977; Heitholt ve ark. 1990; Palta ve ark. 1994), bunun muhtemelen dane doldurma döneminde kök aktivitesinin azalması ve azot alımının sınırlanmasıyla ilgili olduğunu (Frederick ve Bauer 1999) ileri süren araştırmacılar olduğu gibi, buğdayın tozlanmadan sonra da azot alımına devam ettiğini (Oscarson ve ark. 1995; Van Sanford ve MacKown 1987), koşullara göre, toplam azot alımının %8 ila 35'ini tozlanmadan sonra gerçekleştirdiğini (Van Sanford ve MacKown, 1987), çünkü köklerin en son kuruyan organlar olup dane doldurma sırasında aktivitelerini devam

ettirdiklerini (Peoples ve Dalling 1988) bildiren araştırmacılar da olmuştur. Smith ve ark. (1983) ve Banziger ve ark. (1994) bitki bünyesindeki toplam azot miktarında tozlanmadan olgunlaşmaya kadar geçen sürede bir net artış olduğunu ve bunun ancak tozlanma sonrası azot alımıyla açıklanabileceğini, Cox ve ark. (1985) toplam azot asimilasyonunun %80'den fazlası tozlanma öncesinde gerçekleşmekle birlikte, 96 buğday genotipi arasındaki azot asimilasyonu açısından oluşan genotipik varyasyonun çok küçük bir bölümünün tozlanma öncesi alım farklarıyla açıklanabildiğini, asıl genotipik farklılığın tozlanma sonrasında oluştuğunu açıklamıştır.

Bu nedenle, ilkbahar azotlu gübrelemesinin bir kısmını dane doldurma döneminin başlangıcı olarak görülebilecek tozlanma dönemine kadar geciktirmenin dane protein kapsamı üzerine etkisi üzerine özellikle yurt dışında çok sayıda araştırma yapılmış, ancak yağmura dayalı tarım koşullarında bu çalışmalar genellikle yapraklara uygulanan sıvı azotla yürütülmüş ve protein üzerine değişen oranlarda olumlu etkisi tespit edilmiştir (Bly ve Woodard 2003; Woolfolk ve ark. 2002). Ülkemizde yapılan bir çalışmada da, yapraktan üre uygulamasının Atay 85 ekmeklik ve Çakmak 79 makarnalık buğday çeşitlerinde en yüksek protein oranlarını verdiği görülmüştür (Topal ve ark. 1997). Sulanır koşullarda ülkemizde de belirlenen bir gerçek olan, hatta bölgemiz çiftçileri tarafından da, genellikle üre formundaki gübreyi sulama suyunda eriterek verme şeklinde giderek yayılan bu uygulama ABD'nin bazı bölgelerinde de yaygın olup, yağmurlama sulama koşulları için uygun olan bu uygulamanın, salma sulama sistemlerinde homojen olmayan dağılım nedeniyle istenen sonuçları vermeyebileceği ifade edilmektedir (Brown ve ark. 2005). Sulama yapılmayan koşullarda ise, o dönemde üst toprak, ekstrem yıllar dışında, genellikle tamamen kurumuş olduğundan, bitkiler alt topraktaki sudan yararlanmakta ve dane protein kapsamının artırılabilmesi için azotun da benzer derinlikte yeterli miktarda mevcut olması gerekmektedir. Bu gerçek daha 1970'li yıllarda derin azot uygulamalarını gündeme getirmiş, derin uygulamaların geleneksel uygulama şekillerine oranla daha yüksek dane proteini verdiği belirlenmiştir (Smika ve Grabouski 1976). ABD'nin Kuzeybatı Pasifik eyaletlerinde yapılan çalışmalar da, profilin derinliklerindeki azotun dane protein kapsamıyla yakın ilişkili olduğunu göstermiştir (Brown ve ark. 2005).

Son yıllarda, sadece azotla değil diğer birçok özellikle de ilgili olarak alt toprak çalışmalarının büyük ilgi gördüğü Avustralya'da, bu konuda yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Güney ve Orta Queensland bölgelerinde, gelişmenin geç dönemlerinde toprağın üst 30 cm'sinin kök aktivitesine izin vermeyecek kadar kuru olması nedeniyle köklerin daha derinlerden beslendiklerini, bu bölgelerde, profilin derinliklerindeki azotun fazlalığının yüksek dane protein düzeyleri verdiği için kaliteli sert ekmeklik buğdaylar için uygun olduğu, maltlık arpa içinse bu kadar yüksek protein arzu edilmediği için profilin derinliklerinde fazla azot ihtiva

eden tarlalardan kaçınılması, bunların sert buğdaya bırakılması gerektiği (Foale ve ark. 1996), erken kullanımın (nadas başlangıç ve ortasında) azotu derinlere yıkama etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, yağışlı bir nadas dönemi geçiren yılda uygulanan azotun 120 cm'ye kadar, kurak yılda ise 60 cm'ye kadar indiği, aradan geçen sürede denitrifikasyon nedeniyle oluşan kayıplarla derin azot avantajı karşılaştırması sonucu net bilançoya göre, bu tür uygulamanın tüm sezonların %30'unda avantajlı olduğu, diğerlerinde ise kayıpların azot kullanma etkinliği genel bilançosunu olumsuz etkilediği (Turpin ve ark. 1998), sulanır koşullarda bu sistemin avantajlı olmadığı, özellikle, pamuk gibi çok sulanıp gübrelenen bitkilerin münavebeye girmesi sonucunda 1 metrenin altında fazla miktarda nitrat azotu yığıldığı ve bunun hem israf hem de yer altı su kaynaklarını tehdit eden bir çevre sorunu haline geldiği (Rowlings ve ark. 2001) bu araştırma bulgularından bazılarıdır.

Eskişehir'deki Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün (ATAE), Konya Selçuk Üniversitesi ile işbirliği halinde ve Eskişehir koşullarında yürüttüğü bir TÜBİTAK projesi kapsamında, kuru ve sulu koşullarda mevsim içi azotlu gübre yönetim sistemleri için spektral yansımaya dayalı kalibrasyon çalışmaları başlatılmış bulunmaktadır. Aynı projeye, geç dönem yaprak solüsyon uygulamalarının SPADMETRE aracılığıyla optimizasyonu için kritik eşik belirleme çalışmaları yanında erken ve derine azot uygulama yöntemleri de denenmektedir.

## SONUÇ

Bir buğday çeşidinin optimum azotlu gübre ihtiyacını belirlemede en önemli unsurlardan biri olan verim düzeylerinin yıldan yıla ve tarladan tarlaya farklılık göstermesi, mevsim içi azotlu gübre yönetim sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır,

Başlangıçta toprakta mevcut inorganik azota ek olarak, ekilişten ilkbahara kadar geçen sürede organik maddeden mineralizasyonla ayrılan inorganik azotu da hesaba katarak toprağın bitki için azotça yeterlilik oranını göstermesinden ötürü bu sistem daha önceki laboratuvar analizine dayalı sistemlere oranla üstünlük arz etmektedir,

İlkbaharda kardeşlenme-sapa kalkma dönemlerinde yapılacak spektral yansımaya dayalı tavsiye geliştirme programları için, öncelikle her ekolojik bölgede her tür ve genotip için denemeler kurularak kalibrasyon denklemlerinin çıkarılması gerekmektedir,

Yağışların mevsim normallerinin üzerinde seyretmesi halinde, normal yıllara göre uygulanan azot miktarı biyomastaki bu fazla gelişmeyi karşılayamadığı için, hem verim daha yüksek düzeylere çıkamamakta, hem de ve özellikle, bu biyomas artışı seyrelme yoluyla dane protein kapsamlarında azalmaya neden olmaktadır. Bunun önüne geçebilmenin yoluysa, tozlanma öncesinde yaprak klorofil okumalarına dayalı sistemler

geliştirilerek, o yıl koşullarının ek gübrelemeye gerek gösterip göstermediğini belirlemektir.

Sulanır koşullarda çiftçilerin zaten uyguladıkları sulama suyuna, azot karıştırma sisteminde optimizasyon için klorofil okumasına dayalı, verim ve protein için kritik eşik belirlemelerine gerek vardır. Ancak bunun için, yukarıda sözü edilen spektral yansıma için de olduğu gibi, her tarla için nispi değerlendirmelere izin verecek azotça zenginleştirilmiş referans şeritleri uygulamasının yaygınlaştırılması, ancak bundan da önce kalibrasyon çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir,

Sulanır koşullarda bu şekilde uygulanan azotun kuru koşullarda geç dönemde toprağa uygulanması olumlu sonuç vermeyeceği için, yapraklara solüsyon olarak uygulanması zorunludur. Bu nedenle, bu dönemde tarlaya traktörle girilmesine izin verecek mekanizasyon gelişmeleri için yeni araştırmalar gerekmektedir. Örneğin süne mücadelesinde kullanılmaya başlayan ince tekerli traktörler ve yurt dışında bu amaçla kullanılan yüksek şasili traktörler denenebilir,

Çeşitli ıslah programları tarafından geliştirilen ve potansiyel olarak yüksek kaliteli olarak bilinen çeşitlerin, gerek tarlalar arası farklılıklar, gerekse yıllar arası iklim farklılıkları nedeniyle gösterdikleri kalite düzeyi dalgalanmalarının temel nedenlerinden biri de azotlu gübre tavsiyelerinin bu farklılıkları göz önünde bulundurmayan ortalama ve düz ara tavsiyeler olmasıdır. Bunun önüne geçebilmenin tek yolu ise mevsim içi azotlu gübre yönetim sistemlerinin geliştirilmesi olarak düşünülmektedir.

Alt toprak ülkemizde yeterince incelenmemiş bir konudur. Oysa yüksek kalite ancak üst toprak kadar alt toprağı da azot birikimine sahip tarlalarda alınabilmektedir. Bunun için bir yandan uzun süreli baklagil münavebeleri düşünülürken, öte yandan nadas döneminde derin azot uygulama yöntemleri denenmelidir. Bu konuda Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından çalışmalar başlatılmış bulunmaktadır.

#### KAYNAKLAR

Aparicio N, Villegas D, Casadesu's J, Araus JL and Royo C (2000) Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agron. J.* 92:83–91.

Aparicio N, Villegas D, Araus JL, Casadesu's J and Royo C (2002) Relationship between growth traits and spectral vegetation indices in durum wheat. *Crop Sci.* 42:1547–1555.

Asrar G, Fuchs M, Kanemasu ET and Hatfield JL (1984) Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agron. J.* 76:300–306.

Austin RB, Ford MA, Edrich JA and Blackwell RD (1977) The nitrogen economy of winter wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 88, 159-167.

Banziger M, Feil B, Schmid JE, Stamp P (1994) Utilization of late-applied nitrogen by spring wheat

genotypes. *European Journal of Agronomy* 3, 63-69.

Bly AG and Woodard HJ (2003) Foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter and spring wheat. *Agronomy Journal* 95:335-338.

Boman RK, Westerman RL, Raun WR and Jojola ME (1995) Time of nitrogen application: effects on winter wheat and residual soil nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1364-1369.

Bouma J, Stoorvogel J, van Alphen BJ and Booltink HWG (1999) Pedology, Precision Agriculture, and the changing paradigm of agricultural research. *Soil Science Society of America Journal* 63:1763-1768.

Brown B, Westcott M, Christensen N, Pan B and Stark J (2005) Nitrogen Management for Hard Wheat Protein Enhancement, PNW 578. A Pacific Northwest Extension Publication.

Cassman KG, Doberman A and Walters DT (2002) Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio* 31, 132-140

Christensen NW and Meints VW (1982) Evaluating N fertilizer sources and timing for winter wheat. *Agron. J.* 74:840-844.

Cox CM, Qualset CO and Rains DW (1985) Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Science* 25, 435-440.

Dahnke WC and Johnson GV (1990) Testing soils for available nitrogen. p. 127-139. *In* Westerman, R.L. (ed.) *Soil testing and plant analysis*. SSSA, Madison, WI.

Feil B (1997) The inverse yield-protein relationship in cereals: possibilities and limitations for genetically improving the grain protein yield. *Trends in Agronomy* 1: 103-119

Filella I, Serrano L, Serra J and Penuelas J (1995) Evaluating wheat N status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Sci.* 35:1400–1405.

Fillery IR and McInnes KJ (1992) Components of the fertilizer nitrogen balance for wheat production on duplex soils. *Austr. J. Exp. Agric.*, 32: 887-899.

Foale MA, Cahill MC, Cox HW, Douglas N and Dowling C (1996) Prime hard wheat and malting barley – how does profile nitrogen influence the farmer's choice? *Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference.*

Frederick JR and Bauer PJ (1999) Physiological and numerical components of wheat yield. P 56. *In* E.H. Satorre and G.A. Slafer (ed) *Wheat: Ecology and physiology of yield determination*. Food Products Press, New York.

Heitholt JJ, Croy LI, Maness NO and Ngyuen HT (1990) Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration. *Field Crops Research* 23, 133-144.

Hinzman LD, Bauer ME and Daughtry CST (1986) Effects of nitrogen fertilization on growth and reflectance characteristics of winter wheat, *Remote Sensing Environment*, 19:47-61.



- Jensen A, Lorenzen B, Spelling-Ostergaard H and Kloster-Hvelplund E (1990) Radiometric estimation of biomass and N content of barley grown at different N levels. *Int. J. Remote Sens.* 11:1809–1820.
- Johnson GV, Raun WR and Mullen RW (2000.b) Nitrogen use efficiency as influenced by crop response index. p. 291. *In* Agronomy abstracts. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI
- Kalaycı M, Kaya F, Aydın M, Özbek V ve Atılı A (1996) Batı Geçit Bölgesi koşullarında buğdayın verim ve dane protein kapsamı üzerine azotun etkisi. *Tr.J. of Agriculture and Forestry (Özel Sayı)* 20:49-59.
- Karlen DL, Hunt PG and Matheny TA (1996) Fertilizer <sup>15</sup>nitrogen recovery by corn, wheat, and cotton grown with and without pre-plant tillage on Norfolk loamy sand. *Crop Sci.* 36:975-981.
- Keeney DR (1982) Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. *In* Frank J. Stevenson (ed.) Nitrogen in agricultural soils. Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
- Kolberg RL, Westfall DG, Peterson GA, Kitchen NR and Sherrod L (1993) Nitrogen fertilizer of dryland cropping systems. Colorado State Univ. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. TB 93-6.
- Large EC (1954) Growth stages in cereals. *Plant Pathol.* 3:128–129
- Lorbeer S, Jacobsen J, Bruckner P, Wichman D and Berg J (2000) Capturing the genetic protein potential in winter wheat. Fertilizer Facts. Number 23. Montana State University.
- Mosier AR, Duxbury JM, Freeny JR, Heinemeyer O and Minami K (1996) Nitrous oxide emissions from agricultural fields: Assessment, Measurement and Mitigation. *Journal of Plant and Soil Science.* Vol. 181. pp. 95-108.
- Mullen RW, Freeman KW, Raun WR, Johnson GV, Stone ML and Solie JB (2003) Identifying an in-season response index and the potential to increase wheat yield with nitrogen. *Agronomy Journal* 95, 347-351
- Olson RV and Swallow CW (1984) Fate of labeled nitrogen fertilizer applied to winter wheat for five years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:583-586.
- Oscarson P, Lundborg T, Larsson M, Larsson CM (1995) Genotypic differences in nitrate uptake and nitrogen utilization for spring wheat grown hydroponically. *Crop Science* 35, 1056-1062.
- Palta JA, Bowden W and Asseng S (2003) Timing of late applications of N fertilizer and season on grain yield and protein in wheat. Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, Geelong, 2003
- Peltonen J, Virtanen A, Haggren E (1995) Using a chlorophyll meter to optimise nitrogen fertiliser application for intensively-managed small-grain cereals. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 174, 309-318.
- Penuelas J, Gamon JA, Griffinand KL and Field CB (1993) Assessing community type, biomass, pigment composition and photosynthetic efficiency of aquatic vegetation from spectral reflectance. *Remote Sens. Environ.* 46:110–118.
- Penuelas J, Gamon JA, Freedon A, Merino J and Field C (1994) Reflectance indices associated with physiological changes in N and water-limited sunflower leaves. *Remote Sens. Environ.* 46:100–118.
- Peoples MB and Dalling MJ (1988) The interplay between proteolysis and amino acid metabolism during senescence and nitrogen reallocation. p. 181-217. *In* L.D. Noodén and A.C. Leopold (ed). *Senescence and Aging in Plants*. Academic Press, San Diego
- Pinter PJ, Jackson RD, Idso SB and Reginato RJ (1981) Multi-date spectral reflectance as predictors of yield in water stressed improves wheat and barley. *Int. J. Remote Sens.* 2:43–48.
- Raun WR, Solie JB, Johnson GV, Stone ML, Mullen RW, Freeman KW, Thomasson WE and Lukina EV (2002) Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. *Agronomy Journal* 94, 815- 820.
- Raun WR and Johnson GV (1999) Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron J.*, 91:357-363.
- Rowlings SJ, Strong WM, Cameron J and Carter RJ (2001) Proc. 10th Australian Agronomy Conference, Hobart.
- Smika DE and Grabouski PH (1976) Anhydrous ammonia applications during fallow for winter wheat production. *Agron. J.* 68:919-922.
- Smith TL, Peterson GA, Sander DH (1983) Nitrogen distribution in roots and tops of winter wheat *Agronomy Journal* 75, 1031-1036.
- Solie JB, Raun WR, Whitney RW, Stone ML and Ringer JD (1996) Optical sensor based field element size and sensing strategy for nitrogen application. *Trans. ASAE* 39(6):1983-1992.
- Soper RJ and Huang PM (1963) The effect of nitrate nitrogen in the soil profile on the response of barley to fertilizer nitrogen. *Can. J. Soil Sci.* 43:350-358.
- Steven MD, Malthus TJ, Demetriades-Shah TH, Danson FM and Clarck JA (1990) High-spectral resolution indices for crop stress. p. 209–228. *In* M.D. Steven and J.A. Clarck (ed.) Applications of remote sensing in agriculture. Butterworths, London.
- Stone ML, Solie JB, Raun WR, Whitney RW, Taylor SL and Ringer JD (1996) Use of spectral radiance for correcting in-season fertilizer nitrogen deficiencies in winter wheat. *Trans. ASAE* 39:1623-1631.
- Tindall TA, Stark JC and Brooks RH (1995) Irrigated spring wheat response to top-dressed nitrogen as predicted by flag leaf nitrogen concentration. 3. *Prod. Agric.* 8(1):46-52.
- Topal A, Sade B, Soylu S, Öztürk Ö, Kan Y ve Kenbaev B (1997) Farklı gelişme dönemlerinde değişik azotlu gübre formlarının yapraktan ve topraktan uygulamasının ekmeçlik ve makarnalık buğday çeşitlerinin dane verimi, bazı verim ve



- kalite unsurlarına etkileri. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi. 22-25 Eylül 1997, Kong. kitabı s:51-55, Samsun.
- TUIK (2000) [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- Turpin JE, Probert ME and Foale MA (1998) Predicted consequences of early application of nitrogen fertiliser. *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference*, Wagga Wagga, pp. 863-864.
- Van Sanford DA and Mac Kown CT (1987) Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Science* 27, 295-300.
- Vidal I, Longeri L, Hétier JM (1999) Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55, 1-6.
- Westcott M, Eckhoff J, Engel R, Jacobsen J, Jackson G and Stongaard B (1997) Flag leaf diagnosis of grain protein response to late-season N application in irrigated spring wheat. *Fertilizer Facts*. Number 12. Montana State University.
- Westfall DG, Havlin JL, Hergert GW and Raun WR (1996) Nitrogen management in dryland cropping systems. *J. Prod. Agric.* 9:192-199.
- Woolfolk CW, Raun WR, Johnson GV, Thomason WE, Mullen RW, Wynn KJ and Freeman KW (2002) Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agronomy Journal* 94:429-434.
- Wright DL, Rasmussen VP, Neale CMU, Harman K, Searle G, Grant D and Holle C (2001) A comparison of nitrogen stress detection methods in spring wheat. *Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry Conference Proceedings*. Denver Colorado. November 5-7, 2001.
- Wright DL and Ritchie GL (2002) A Midseason Nitrogen Application Based on Remote Sensing. *Affiliated Research Center NASA Report ARC-USU-001-01*.
- Wuest SB and Cassman KG (1992) Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat: ii. partitioning efficiency of preplant versus late-season application. *Agron. J.* 84:689-694
- Zentner RP and Read DWL (1977) Fertilization decisions and soil moisture in the Brown Soil Zone. *Canadian Farm Economics*. Vol. 12, No. 1. pp. 8-13.
- [http://www.nue.okstate.edu/Nitrogen\\_Fertilization\\_Approaches.htm](http://www.nue.okstate.edu/Nitrogen_Fertilization_Approaches.htm)