

**TAHILLARDA YAPRAKTAN ÜRE GÜBRELEMESİ I\***

**Bayram SADE\*\***

**Süleyman SOYLU\*\*\***

**ÖZET**

Tahillara ürenin solüsyonu olarak yapraktan azot uygulanmasının pek çok potansiyel faydalarının olduğu ileri sürülmektedir. Bunlar; toprağa azotlu gübre uygulamaları ile kıyaslandığında denitrifikasyon ve yıkanma yoluyla olan azot kayıplarının azalması, tuzluluk ve kurak şartlarda olduğu gibi kök aktivitesinin azaldığı durumlarda azot sağlama imkanı ve dane azot oranını artırmak için ileri dönemlerde alınabilme şeklinde sıralanabilir. Bununla birlikte, tarla şartlarında yaprak absorpsiyon seviyesini etkileyen faktörler, atmosfere ve toprağa olabilen kayıplar açık olarak ortaya konulmamıştır. Yapraktan üre uygulamaları aynı zamanda yaprak hücrelerinin kuruması, sulu amonyum ve üre toksitesi, biüret bulaşması ve karbonhidrat metabolizmasının bozulması yoluyla da bitkisel üretimi kısıtlayabilir. Bu mekanizmaların tarla şartlarında, en önemli olanı ya da olanları henüz belirlenmemiştir. Zarar şiddetli olmadığı zaman, yapraktan üre uygulamaları özellikle toprakta azotun elverişliliğinin sınırlandığı, bayrak yaprak çıkışı öncesi yapıldığı zaman, dane verimini artırmıştır. Toprağa azotlu gübre uygulamaları azaldığında, tozlaşma döneminde ya da takip eden iki hafta boyunca üre solüsyonu uygulandığında dane azot oranında önemli artışlar olmaktadır. Bu peryot boyunca yapraktan üre uygulamaları, bitkiler tarafından azottan yararlanma ile ilişkili olarak, toprak uygulamalarından daha faydalı olabilir. Üre uygulaması ile buğdayda dane azot oranında sağlanan artışlar ekmek yapım kalitesini de geliştirebilir. Bununla birlikte, özellikle dane azot oranındaki artışlar büyük olduğunda yada dannede azot / kükürt oranı arttığında, ekmek kalitesindeki cevaplar değişken olabilir. Bu özellikler ekmek yapım potansiyelini etkileyen farklı protein fraksiyonlarının oranlarında değişikliklere yol açarlar.

Tahillara yapraktan üre uygulamalarının tüm potansiyel faydalarından istifa etmek için mekanizmaları hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Böylece, yapraklardan mevcut azot kayıpları nasıl önlenebilir ve üre spreylelerinin fitotoksik etkileri nasıl azaltılabilir sorularına cevap verilebilir. Ayrıca, ürenin tahıl hastalıklarının gelişimini sınırlandırması üzerinde sahip olabileceği belirtilen etkileri doğrulamak için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anhtar Kelimeler :** Buğday, mısır, arpa, çeltik, yapraktan üre, dane verimi, ekmek yapım kalitesi

\* M.J. Gooding ve W.P. Davies in "Foliar urea fertilization of cereals : a review" isimli makalesinin tercümesidir (Fertilizer Research 32 : 209-222, 1992).

\*\* Doç. Dr., S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, KONYA

\*\*\* Arş. Gör., S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, KONYA

**ABSTRACT**

**FOLIAR UREA FERTILIZATION OF CEREALS**

It has been suggested that there are several potential benefits of providing nitrogen to cereals via the foliage as urea solution. These include : reduced nitrogen losses through denitrification and leaching compared with nitrogen fertilizer applications to the soil; the ability to provide nitrogen when root activity is impaired e.g., in saline or dry conditions, and uptake late in the season to increase grain nitrogen concentration. Factors that influence the degree of foliar absorption in field conditions have not, however, been clearly defined and losses to the atmosphere and soil can occur. Foliar urea applications may also hinder crop productivity although the explanations for this vary, and include desiccation of leaf cells, aqueous ammonia and urea toxicity, biuret contamination and the disruption of carbohydrate metabolism. It has not yet been determined which one, or combinations, of these mechanisms are most important in field situations. When damage has not been severe, foliar urea applications have increased grain yield, particularly when applied before flag leaf emergence and when nitrogen availability is limiting. Increases in grain nitrogen content are often larger when applications of nitrogen fertilizers to the soil are reduced, and when the urea solution is sprayed either at anthesis or during the following two weeks. It is during this period that foliar urea sprays can be of greater benefit than soil applications with regard to nitrogen utilization by the crop. Increases in wheat grain nitrogen concentration following urea application can improve breadmaking quality. Responses in loaf quality may, however, be variable particularly when increases in grain nitrogen content have been large, and/or when the nitrogen : sulphur ratio in the grain is increased. These circumstances have lead to alterations in the proportions of the different protein fractions which influence breadmaking potential.

To exploit the full potential benefits of foliar urea application to cereals, more needs to be know about the mechanisms, and thus how to prevent losses of nitrogen from the foliage, and to reduce the phytotoxic influences of sprays. More information is also required to exploit the reported effects that urea may have on limiting the development of cereal diseases.

**Key Words :** Wheat, maize, barley, rice, foliar urea, grain yield, breadmaking quality

**GİRİŞ**

Üre ( $\text{NH}_2\text{CO.NH}_2$ ), % 46 azot ihtiva eden yaygın olarak kullanılan katı formda bir gübredir (Anon., 1987). Ürenin aynı zamanda sprey olarak kullanılabilen ve 100 litrede 20 kg N ihtiva eden ticari formları da mevcuttur. Bununla birlikte, 25°C'de 119.3 g'lık üre (54.9 g N) 100 ml'lik suyla doyrularak daha konsantre solüsyonlar da üretilebilir. Ürenin yaprak uygulamasının 1950'lerden beri tahıllar için azot

gübrelemesinin etkili bir metodu olduğu bilinmektedir (Finney ve ark., 1957). Farklı araştırmacılar klasik toprak uygulamalarına kıyasla yapraktan üre uygulamasının potansiyel faydaları olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bunlar şu şekilde özetlenebilir :

a) Ürenin nitrat yıkanması ya da denitrifikasyonu büyük boyutlara ulaşmadan, büyük bir kısmının alınabileceği ileri sürülmektedir (Poulton ve ark., 1990; Powlson ve ark., 1989). Yaprak üresinin bu potansiyel önemi, nitrat kirlenmesi ve azotlu gübrelerin etkili kullanımı konusundaki ilgilerin artışına paralel olarak büyümektedir.

b) Ürenin yapraktan alımının toprak şartlarına daha az bağlı olduğu ve kuraklık, tuzlu şartlar gibi sebeplerle kök alımının sınırlandığı durumlarda azot beslenmesinin etkili bir formu olabileceği iddia edilmektedir (Curic, 1988; Powlson ve ark., 1989; Seth ve Mosküh, 1981; Seth ve Prasad, 1965; Seth ve Prasad, 1971). Toprak neminin ve kök alımının düşük olduğu ileri gelişme dönemlerinde özellikle dane protein oranının artışı için azotun elverişliliği gereklidir (Alkier ve ark., 1972). Dane protein oranı pek çok tahıl ürünü için önemli bir kalite özelliği olup, özellikle Kuzey Avrupa'da buğday üretiminde giderek artan oranlarda daha önemli hale gelmektedir (Dampney, 1987).

c) Ürenin yaprak spreylerinin belli hastalıkların şiddetini azalttığı ve böylelikle verimde bir artış sağlayacağı ileri sürülmektedir (Gooding ve ark., 1988 a; Gooding ve ark., 1988 b; Peltonen ve ark., 1991). Ayrıca gübre spreylerinin diğer tarımsal kimyasallar ile birlikte uygulanma fırsatı oluşturarak, işçilik, makina ve enerji masraflarında azalma sağlayabileceği ortaya konulmuştur (Gooding, 1988; Palgrave, 1986).

Üre spreylerinin bu potansiyel faydalarına ramen, granüler ya da sıvıların toprak uygulamaları ile karşılaştırıldığında, tahıllara azot sağlanmasında nisbi olarak daha küçük oranlarda faydalanılmaktadır. Bunun ana sebebi olarak tahıl yapraklarına üre uygulanmasını takiben olabilen ürün zararı gösterilmektedir (Dampney ve Salmon, 1990). Bu makalenin amacı yapraktan uygulanan ürenin potansiyel faydalarını ve bu uygulamaya pozitif bitki tepkilerini azaltan ve böylece bu gübreleme metodunun yaygın kullanımını azaltan mekanizmaları çok sayıda literatür bilgisi ile ortaya koymaktır. Burada, yapraklara uygulanan ürenin muhtemel zararlı etkilerinin bir analizi ile birlikte, ürenin etkili olarak yapraktan alınması ve daneye Üre-N'nun taşınması olayları yeniden gözden geçirilecektir. Ayrıca yapraktan üre uygulanmasından sağlanan faydalar hem dane verimi ve hem de kalite referansları ile ilişkilendirilecektir.

### **Üre Azotunun Alımı ve Taşınması**

Üre azotu ilk önce kütükular membrana nüfuz eder (Franke, 1967). Bu durum soğan ve domatesin izole edilmiş kütükülaları üzerinde gösterilmiştir (Yamada ve ark., 1965). Ancak, tahıllar üzerinde benzer çalışmalar yoktur. Yaprak alımı üreaz aktivitesini takiben hidrolitik ürünlerin hızlı oluşumu sonucu meydana gelir.



Saksıdaki mısır bitkilerine işaretli üre uygulamasını takiben  $^{14}\text{C}\text{O}_2$  üretiminin ölçümleri sonucu 1-6 saatte % 50 oranında bir absorpsiyonu ispatlanmıştır (Hinsvark ve ark., 1953; Wittwer ve ark., 1963). Tarla denemelerinde, hem mısır (Foy ve ark., 1953) ve hem de kışlık buğdayda (Lawlor ve ark., 1989) yaprak yüzeylerinden uygulanan ürenin hızla gözden kaybolması yaprak absorpsiyonu için ikinci derecede delil oluşturur. Bununla birlikte, bu gözlemler yaprak absorpsiyonu öncesi yağış ya da diğer unsurlar ile ürenin hidrolize olmasını ya da kaldırılmasını da ifade etmez (Alkier ve ark., 1972; Smith ve ark., 1991; Thorne, 1955). Farklı bir yaklaşımla, Below ve ark. (1985) tarlada büyüyen mısıra işaretli üre püskürtülmesini takibeden günlerde, değişik bitki dokularında  $^{15}\text{N}$ 'in dağılımını belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar, yaprakların ana üre-N'u alım organı olduklarını, fakat küçük miktar Üre-N'nun toprağa ulaştığını ya da köklere taşındığını ispatlamışlardır. Avusturalya'da (Smith ve ark., 1991) benzer tarla denemelerinde buğdaya G5 59 büyüme devresinde (Zadoks ve ark., 1974) püskürtülen üre azotunun yapraklarda çabucak absorbe edildiği, fakat bir kısmının özellikle yağışlardan sonra toprağa ulaştığı gösterilmiştir. İngiltere'deki buğday denemelerinde, G5 32 ve 51 arasında farklı işaretli üre püskürtmelerini takiben, hasat sonrası toprakta % 1.0 ve % 11.4 arasında işaretli  $^{15}\text{N}$  belirlenmiştir. Bu dönemler boyunca yaprak alanı indeksinin ve püskürtülen madde alımlarının maksimum olduğu kabul edilmektedir. Yine bu çalışmada hasat döneminde bitkide ve toprakta  $^{15}\text{N}$ 'in toplam geri kazanımının sadece % 57 olduğu kaydedilmiştir. Muhtemelen, kayıpların bir kısmı üreaz aktivitesini takiben gaz halindeki  $\text{NH}_3$ 'ten kaynaklanmıştır. Diğer çalışmalarda  $^{15}\text{N}$ 'un düşük geri kazanımına da muhtemelen ürenin gaz haline geçmesi katkıda bulunmuştur (Alkier ve ark., 1972; Below ve ark., 1985). Son çalışmalar, yapraklarda üreaz aktivitesini takiben  $\text{NH}_3$  kaybı olduğunu, fakat en fazla  $\text{NH}_3$  kaybının ürenin toprağa ulaşmasından sonra olduğunu ispatlamıştır (Smith ve ark., 1991). Bir araştırmada yaprak yüzeylerinde hidroliz'in düşük oranlarda olmasına rağmen, gaz haline geçme yoluyla kayıp miktarının üre hidrolize oranı ile pozitif olarak ilişkili olduğu bildirilmiştir (Bowman ve Paul, 1990). Fazla miktarda gaz şeklinde kayıp olursa, bunun ticari ve çevresel boyutları da olacaktır ve bu yaprak spreylerinin toprak uygulamalarına kıyasla nitrat yıkanmasını azaltma şeklindeki avantaj değerini düşürecektir.

Tahıllarda, yaprak absorpsiyon seviyesini ya da üre-N'u kayıplarını etkileyen faktörler detaylı olarak bildirilmiştir. Üre solüsyonlarının tutulmasını maksimize etmek için ana unsur uygun bir yaprak alanı indeksidir. Bunun için buğdayda 2-4'lük bir yaprak alanı indeksinin yeterli görüldüğü belirtilmiştir (Thorne, 1955). Uygun gübreleme ve hastalık kontrolü gibi yaprak alanı indeksini geliştirmeye yönelik uygulamalar çoğunlukla üre ihtiva eden sıvı N'lu yaprak gübrelerine tepkileri artırmıştır (Penny ve ark. 1978). Ürenin yaprak yüzeyinde hızlı kurumasının kristalizasyona sebep olduğu ve yaprakta yüksek oranlarda üre alımının yüksek nisbi

nemle bağlantılı olduğu ileri sürülmüştür (Gamble ve Emimo, 1987). Üre ile sakkaroz uygulaması mısır yapraklarında üre birikim hızını azaltmıştır (Foy ve ark., 1953; Hinsvark ve ark., 1953).

Tahıl yaprakları içinde ürenin takriben 3-4 günde hidrolize olarak ya da taşınarak büyük ölçüde kaybolduğu bildirilmiştir (Foy ve ark., 1953; Lawlor ve ark., 1988). Bu peryotta; nitrat, protein ve eriyebilir amino asit miktarlarında artışlar olabilir (Below ve ark., 1984; Foy ve ark., 1953; Lawlor ve ark., 1989). Yapraktan üre uygulandıktan sonra toplam yaprak azotunda belirlenen artış bazı durumlarda yaşanmayı (Polous, 1977) ve dane olgunlaşmasını (Grama ve ark., 1987; Sarandon ve Gianibelli, 1990) geciktirici bir etkiye sahiptir. Bunun tersine diğer bazı araştırmacılar, dane dolum periyodu boyunca yaprak azot oranını artırmak için tozlaşma döneminde yapılan uygulamalardan sonuç alamamışlardır (Below ve ark., 1984; Guoding, 1988). Mısıra  $^{15}\text{N}$  işaretli üre uygulamaları konusunda yapılan çalışma yapraktan üre N'nun hızlı olarak remobilize olduğunu ve bunun topraktan daha önce sağlananla kıyaslandığında farklı bir havuzda toplandığını ortaya koymuştur. Yaprak azot oranı bakımından raporlar arasındaki bu farklılık diğer kaynaklardan örneğin toprağa uygulanan gübrelerden sağlanan azotun miktarındaki değişiklik sebebiyle olabilir. Örneğin, önceden 0-8 kg N/da uygulanmış kışlık buğdayın bayrak yapraklarına üre uygulanması bayrak yaprağın protein oranını artırmış, fakat böyle bir artış önceden 20 kg N/da uygulanmış kışlık buğdayın bayrak yapraklarında görülmemiştir (Lawlor ve ark., 1989). Üre uygulamasını takiben, yaprakların dışına N bileşiklerinin taşınmasında buğday genotipleri arasında daha ileri varyasyonlar bildirilmiştir (Grama ve ark., 1987).

Mısır üzerinde yürütülen bazı denemeler, üreden ayrılan N'un danelere taşınmadan önce sapta depolandığını göstermektedir (Below ve ark., 1984). Aksine, tozlaşma döneminde işaretli üre uygulamalarından sonra yapılan gözlemler, sapın yapraklar ve mısır koçanı arasında bağlantı unsuru olarak görev yaptığını ortaya koymuştur (Below ve ark., 1985). Bununla birlikte, bu farklılık üre uygulama zamanı öncesi ve sonrası toprakta ve bitkinin diğer kısımlarında mevcut azot miktarı ve depolama kapasitesindeki farklılıklardan kaynaklanabilir. İşaretli ürenin yaprak uygulamasını takiben  $^{15}\text{N}$ 'in dağılımını belirleyen tüm denemeler, toprak üzeri bitki kısımlarında belirlenen ürenin en az % 80'inin danede bulunduğunu göstermiştir (Tablo 1). Bu sebeple bitki tarafından alınan Üre-N'nun etkili olarak daneye taşındığı görülmektedir. Bununla birlikte, danede belirlenen  $^{15}\text{N}$  miktarı kontrollü şartlarda hem çeşit ve hem de gün uzunluğu tarafından etkilenmektedir (Altman ve ark., 1983).

#### ***Yapraktan Üre Uygulamalarının Olumsuz Etkileri***

Üre tahıl yapraklarına azotun düşük dozlarında uygulansa bile (örneğin 1.5 kg N/da) uygulama sonrasında "Yaprak yanması" "kavrulması" "eğilmesi" olarak farklı şekillerde tanımlanan gözle görülür belirtiler kaydedilmiştir (Gooding, 1988).

Mısırdaki zarar şekli farklı olup, yaprak kenarları boyunca beyazlaşma ve tüm yaprak üzerinde damarlar arasında lekeler şeklinde olduğu bildirilmiştir (Chesnin ve Shafer, 1953; Foy ve ark., 1953). Buğdayda ve çeltikte yaprak uçlarının renksizleşmesi şeklinde zararlar belirtilmiştir (Arnold ve Dilz, 1967; Dampney ve Salmon, 1990; Gooding, 1988; Peltonen ve ark., 1991; Powlson ve ark., 1989; Thom ve ark., 1981; Vuurde ve Tonneyck, 1978). Bununla birlikte, bazı durumlarda yapraklarda renksizleşme görülmez (Below ve ark., 1985; Hanley ve ark., 1966; Sylvester-Bardley ve ark., 1990) ve ürenin zarar riski amonyum nitrat ve amonyum sülfat gibi diğer azotlu gübre solüsyonlarından daha az görülmektedir (Alkter ve ark., 1972; Griffiths, 1989; Hanley ve ark., 1966; Thorne, 1955 a; Thorne, 1955 b). Bu muhtemelen ürenin düşük bir tuz indeksine sahip olmasından ve bu yüzden ozmoz yoluyla yaprak hücrelerinin kurumasının azalması sebebiyledir (Gray, 1977). Bununla birlikte üre uygulamasını takiben mısırın epidermal ve mezofil hücrelerinin kıvrılmasının sonucu olarak kuruma olabilir (Gamble ve Emimo, 1987).

Çeltiğe üre muhtevası yüksek gübre solüsyonunun çiçeklenmeden sonra uygulanması Lemma ve Palea'nın şiddetli olarak renksizleşmesi ve çeltik danelerinin kuruması ile sonuçlanmıştır (Thom ve ark., 1981). Kuru havalarda yapraklar üzerinde solüsyonun hızla kurumasının yakma riskini azalttığı ileri sürülmüştür (Finck, 1982). Sera çalışmaları yapraktan üre uygulamalarının eğer yaprak dokusu uzun bir periyot üre solüsyonu ile ıslak bir şekilde kalırsa en fazla yanmaya sebep olduğunu göstermiştir (Peltonen ve ark., 1991). Tarla denemelerinde bitki üzerinde hala çiğ olduğu sabah erken saatlerde üre uygulanması ile buğday yapraklarında şiddetli yanma olmuştur (Gooding, 1988).

Kuruma gibi, ürenin bitki dokularına zararlı olabileceği daha ileri mekanizmalar vardır. Örneğin, ürenin kendisi ya da hidrolitik ürünleri fitotoksik olabilir (Hinsvark ve ark., 1953). Özellikle de sulu amonyak fotofosforilasyonu ayırabilir ve sonunu engelleyebilir (Mungal ve Kirkby, 1987). Hızlı üre hidrolizini takiben yüksek sulu amonyak konsantrasyonları buğday yaprak uçlarının sararmasını açıklamak için dikkate alınmaktadır (Arnold ve Dilz, 1967; Vuurde ve Tonneyck, 1978). Bununla birlikte, mısırdaki yaprak kenarlarının beyazlaşması sulu amonyak konsantrasyonları ile ilişkili olmamış olup (Foy ve ark., 1953), diğer faktörlerin sebep olabileceği ileri sürülmüştür. Buğdayda üre hidroliz oranını azaltmak için phenyl phosphorodiamidate üreaz engelleyicisinin kullanımı konusunda çalışılmış, fakat bu daha fazla yaprak zararına sebep olmuştur (Powlson ve ark., 1989). Bu ürenin kendisinin yüksek konsantrasyonlarda fitotoksik olabileceğini ortaya koymaktadır.

Ürenin bitüret kontaminasyonu da yaprak zararına katkıda bulunabilir (Mikkelsen, 1990). Bununla birlikte, hem buğday (Gadet ve ark., 1959) ve hemde çeltikte (Jain ve Verma, 1974) yüksek bitüret konsantrasyonlarında verimde azalmalar olabilmesine rağmen, fitotoksitenin gözle görülür semptomları, görülmemiştir (Jain ve Verma, 1974).

Tablo 1. İşaretili Ürenin Yapraktan Uygulamasını Takiben Hasatta  $^{15}\text{N}$ 'in Tespiti

Bitki Cinsi	Referans	Çevre	Uygulama Zamanı	Toprak	Toprak Üzerindeki Bitki Azotu %	Dane	Danede Bitki $^{15}\text{N}$ 'un %'si
Buğday	Alkier ve ark., 1972 Altman ve ark., 1983 Powison ve ark., 1987	Sera (Toprak alımı önlenmiş) Kontrollü şartlar Tarla (4 lokasyon ortalaması)	Ekimden 8 hafta sonra	--	--	0.9	--
			GS 61	--	--	44.1	--
			GS 37/39 <sup>a</sup> GS 69/73	--	62.0	55.2	89.0
	Curic, 1988	Tarla	GS 59	--	--	35.3	
			GS 75	--	--	35.2	
	Powison ve ark., 1989	Tarla	GS 39	--	63.9	56.0	87.6
			GS 53	--	66.3	59.6	89.9
			GS 61	--	64.7	58.7	90.7
			GS 65	--	69.6	64.0	92.0
			GS 69	--	66.3	62.4	94.1
			GS 73	--	58.4	53.7	91.9
			GS 32	11.4	51.8	40.5	78.2
	Poulton ve ark., 1990	Tarla	GS 37	2.4	50.2	40.8	81.3
			GS 39	1.0	48.2	39.7	82.3
			GS 51	8.0	54.3	45.5	83.8
GS 59			12.0	69.0	--	--	
Mısır	Smith ve ark., 1991 Below ve ark., 1985	Tarla Tarla	Tozlaşmadan 7 gün önce	--	34.0	28.0	82.4
			Tozlaşmadan 7 gün sonra	--	35.0	28.0	80.0

Ürenin sebep olduğu yaprak beyazlaşmasının şiddeti artan üre konsantrasyonuna bağlı olarak artmıştır (Chesnin ve Shafer, 1953; Sylvester-Bardley ve ark., 1984). Bu yüzden daha seyreltik solüsyonların parça dozlar halinde uygulanması ya da su hacminin artırılması, zararı önemli ölçüde azaltmıştır (Chesnin ve Shafer, 1953; Smith, 1992). Yaprak içinde üre birikimini azaltan sakkaroz gibi katkılar da yaprak beyazlaşmasını azaltabilir (Foy ve ark., 1953; Hínsvark ve ark., 1953).

Belli sıvılar ile ürenin kombine edilmesi, muhtemelen üre alım hızını artırmak suretiyle, yanma derecesini artırmıştır (Poulton ve ark., 1990; Powlson ve ark., 1989). Bu, sıvılardan oluşan belli fungusitlerin ilavesi ile niçin zarar seviyelerinde büyük artışlar olduğunu açıklayabilir (Gooding, 1988). Yanma şiddetindeki farklılıkların ürenin uygulama zamanları ve çeşitler arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı bildirilmiş fakat bunlar denemeler ve yıllara göre tutarlı olmamıştır (Dampney, 1987; Gooding, 1988).

Fitotoksik belirtiler dışında, yapraktan üre uygulamasının bitki metabolizmasında karışmalara sebep olduğuna dair bazı deliller de vardır. Bir gram üre N'nu amino asitlere çevirmek için, karbon iskeleti sağlaması ve enerji gereksinimi için 6.5 g glikoza ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır (Below ve ark., 1984). Bu, yapraktan üre uygulamalarını takiben mısır saplarında karbonhidrat birikiminin azalmasını (Below ve ark., 1984) ve buğday fidelerinin büyüme hızının azalmasını (Vuurde ve Tonneyck, 1978) açıklamak için delil olarak gösterilmiştir. Bu husus belki de zaman zaman verim azalmalarının fitotoksik belirtiler ile neden ilişkili olmadığını açıklayabilir.

Tahıllarda yüksek azot dozu uygulamaları yatmaya sebep olmaktadır. Yine, yapraktan üre olarak sağlanan azot (tozlaşmadan 6-12 gün önceki uygulamaların), mısırdaki yatmayla sonuçlanmıştır (Below ve ark., 1984 a).

### **Tahıl Hastalıkları Üzerine Yapraktan Ürenin Etkileri**

Buğdaya yapraktan uygulanan üre *Septoria tritici*, *Septoria nodorum*, külleme (*Erysiphe graminis*) ve kahverengi pas (*Puccinia recondita*) seviyelerini azaltmıştır (Gooding ve ark., 1988 a; Gooding ve ark., 1988 b; Peltonen ve ark., 1991). Artan yaprak azot oranının *Septoria* spp. enfeksiyonuna dayanıklılığı artırabildiği (Zadoks ve ark., 1974; Zadoks ve Schein, 1979) ve bunun ilkbaharda granüler amonyum nitratın yüksek miktarlarda toprağa uygulanmalarının ileri dönemlerdeki *S. tritici*'nin düşük seviyelerine sebep olduğu şeklindeki bulgu ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür (Davies ve ark., 1988). Agar üzerinde yürütülen denemelerde % 6'lık üre ilavesi ile *S. nodorum*'un sporlarının çimlenmesi ve koloni büyümesinin engellendiği bulunmuştur. Ayrıca, bu durumda elektron mikroskop taraması da buğday yapraklarının yüzeyinde spor çimlenmesinin engellendiğini göstermiştir (Peltonen ve ark., 1991). Dahası, yaprak üre uygulamaları tahıl yapraklarının yüzeyinde mikrofiora popülasyonlarını etkilemiş (Singh ve Rai, 1980) ve bunlar tahıl patojenleri ile ilişkili olmuştur (Dickinson, 1981).



Bazı araştırmalarda, yapraktan üre uygulamalarının *Botrytis cinerea* (Gooding ve ark., 1988 b) ve *S. nodorum* enfeksiyonunun (Gooding, 1988; Peltonen ve ark., 1991) şiddetini artırdığı belirlenmiştir. Yaprak dokularına üre spreylerinin verdiği zararın belli patojenler tarafından yanık alanlara ikinci enfeksiyonun düşen mikroklima ile teşvik edildiği ileri sürülmüştür (Peltonen ve ark., 1991).

Hastalıklar üzerine yapraktan ürenin etkisi diğer ürün yetiştirme tekniklerine bağlı olabilir. Örneğin, hastalık kontrolü üzerine yaprak üresi ile fungusitler arasında istatistik olarak önemli zıt ilişkiler bulunmuştur (Gooding ve ark., 1988 b). Bir araştırmada, toprağa önceden 5.0 kg/da'dan daha fazla N uygulandığı zaman, yapraktan ürenin külemeyi alt seviyelere düşürdüğü ortaya konulmuştur (Gooding, 1988).

Saksı denemelerinde yapraktan üre uygulamalarının değişik mikro organizmaların rizosfer popülasyonunu ve kök salgılarını ve ayrıca, topraktan kaynaklanan hastalıkları etkileyebileceği rapor edilmiştir. Bu raporlar yeniden gözden geçirilmiş (Vuurde, 1978) fakat bunların tarlada tahıl üretimine uygunluğu test edilmemiştir.

### **Tahulların Dane Verimi Üzerine Yapraktan Üre Uygulamalarının Etkileri**

Dane verimine yapraktan ürenin etkilerini araştıran çalışmaların çoğunluğu buğdayla ilgili olup, geniş bir alan ve iklim grubu için, örneğin Arjantin'de (Sarandon ve Gianibelli), Avusturalya'da (Reeves, 1954; Strong, 1982), Hindistan'da (Bhowmik ve Seth, 1968; De, 1971; Sadaphal ve Dos, 1966), Irak'ta (Seth ve Mosluh, 1981), Hollanda'da (Arnold ve Dilz, 1967), Yeni Zelanda'da (Grama ve ark., 1987), İngiltere'de (Astbury ve Kettlewell, 1991; Dampney ve Salmon, 1990; Gardner, 1956; Gooding ve ark., 1987; Kettlewell ve ark., 1987; Penny ve ark., 1983; Powilson ve ark., 1989; Sylvester-Bardley ve ark., 1987) ve ABD'de (Altman ve ark., 1983; Finney ve ark., 1957) olumlu ilişkiler rapor edilmiştir. Aynı zamanda mısır (Foy ve ark., 1953), çeltik (De ve ark., 1971; Thom ve ark., 1981) ve arpa (Seth ve Prasad, 1965; Seth ve Prasad, 1971) için de dane veriminde artışlar kaydedilmiştir. Ürenin yaprağa uygulanması bitkinin yeşil görünümünü, yaprak klorofilinde artış, maksimum fotosentez oranına daha çabuk ulaşma ve yaşlanmada gecikmeyle sonuçlanmıştır (Hanley ve ark., 1966; Lawlor ve ark., 1989). Benzer olarak, ürenin kardeşlenme boyunca ve sonunda püskürtülerek uygulanması ile bütün verim komponentleri örneğin başak sayısı, başakta dane sayısı, (Hanley ve ark., 1966; Sarandon ve Gianibelli, 1990) bayrak yaprak çıkışı ve başak çıkışı arasında uygulanması ile de başak başına dane sayısı ve dane ağırlığı (Arnold ve Dilz, 1967; Gooding, 1988; Lawlor ve ark., 1989; Sadaphal ve Das, 1966; Strong, 1982); ve tozlaşma döneminde ve sonrasında uygulaması dane ağırlığını (Smith ve ark., 1987; Strong, 1982) artırmıştır.

Üre spreylerinin dane verimine tepkisi, alternatif azotlu gübrelerin verime tepkilerinde olduğu gibi oldukça değişken olmuştur (Sylvester-Bardley ve ark., 1984).

Bir araştırmada tozlaşmadan sonra yapraktan üre uygulaması ile uygulanan her kg N'a karşı 57 kg kuru maddeye eşit istisnai bir tepki alınmış (Finney ve ark., 1957) diğer araştırmalarda ise buğday (Curic, 1988; Dubetz, 1977; Grama ve ark., 1987; Rule, 1987; Smith ve ark., 1987; Smith ve ark., 1991; Tulin ve Ergova, 1970) ve mısır (Below ve ark., 1985; Below ve ark., 1984) için verim üzerine bu uygulamanın belirgin bir faydası olmamıştır. Denemelerin çok azında ise yapraktan üre uygulamaları verimi azaltmıştır (Dampney ve Salman, 1990; Gooding, 1988; Peltenon ve ark., 1991; Sylvester-Bordley ve ark., 1984; Slyves-ter-Bardley ve ark., 1990).

Yapraktan ürenin verime tepkisini belirleyen en önemli faktörlerden birisi uygulama zamanıdır. Tozlaşma süresince ve tozlaşmadan sonraki uygulamalar ile önemli verim artışlarına ulaşılmasına rağmen (Dampney ve Salman, 1990; Finney ve ark., 1957; Sylvester-Bradley ve ark., 1984), bayrak yaprak çıkışından sonraki dönemlere ertelenen uygulamalar ile verim tepkisinde azalmalar olmuştur (Dampney ve Salman, 1990; Finney ve ark., 1957; Sarandon ve Gianibelli, 1990; Strong, 1982; Thom ve ark., 1981). Bir araştırmada, başak çıkışında üre uygulaması çıkıştan hemen önce uygulanmasından daha etkili olmuştur (Arnold ve Dilz, 1967).

Üreye verim tepkisini belirleyen diğer önemli bir faktör topraktan azot sağlanmasıdır. Çünkü, azota tahıl dane veriminin tepkisi giderek azalan seviyede gerçekleşir (Wibberley, 1989), bu yüzden topraktan gelen elverişli azot arttıkça yapraktan uygulanan ürenin tepkili azaltması beklenebilir. Buğdayda yürütölen bazı denemelerde bu durum gerçekleşmiştir (Finney ve ark., 1957; Penny ve ark., 1983; Strong, 1982). İngiltere'de 32 tarla denemesinin bir sonucu olarak, toprağa önceki azot uygulamaları, verim için optimum seviyenin altında olduğu zaman, tozlaşma boyunca ve tozlaşmadan sonra buğdaya yapraktan üre uygulamasının verimi artırdığu ileri sürölmüştür (Sylvester-Bradley ve ark., 1984). Ayrıca, ABD'de mısır üzerinde yapılan bir seri denemelerde, bitkiler ticari üretim için yaygın olarak kullanılan toprak N seviyelerinde yetiştirildiğu zaman, yapraktan ürenin verimin artırılmasında etkisiz olduğu sonucuna varılmıştır (Below ve ark., 1984). Bu gözlemlere rağmen, kaydadeğer istisnalar da vardır. Örneğin, verim artışları her zaman toprağa önceden uygulanan azotlu gübre miktarı tarafından etkilenmemiştir (Astbury ve Kettlewell, 1991; Lawlor ve ark., 1989). Ürenin yalnız başına, ürenin diğer gübrelere karışımı ve amonyum nitratın ele alındığu bir tarla denemesinde yapraktan uygulamalara verim tepkileri toprağa yüksek dozlarda azotlu gübre uygulanması ile artmıştır (Penny ve ark., 1978). Sonraki araştırmalarda, araştıncılar pekçok bitki türünde yüksek yaprak alanı indeksinin solösyonlardan daha fazla faydalanabildiklerini açıklamalarına rağmen, bu pozitif interaksiyonun sebepleri açık değildir. Bayrak yaprak çıkışında ve sonrasında yaprağa üre uygulanması, erken dönemlerdeki toprak uygulamaları ile mukayese edildiğinde, yatma riskinin azalmasının bir sonucu olarak, verimi yükseltmek için de daha büyük bir potansiyele sahip olmuştur (Arnold ve Dilz, 1967; Gooding ve ark., 1991). Yapraktan ürenin verim üzerine etkisinin büyüklüğu buğday (Altman ve ark., 1983; Groma ve

ark., 1987) ve mısır (Below ve ark., 1984) genotipleri arasında da farklılık göstermiştir. Bu farklılıkların sebepleri açık olarak belirlenememiştir. Diğer araştırmalarda ise üre tarafından sağlanan verim artışları varyeteler arasında nisbi olarak birbirlerine uygun olmuştur (Gooding ve ark., 1987; Pushman ve Bingham, 1976). Yapraftan üre uygulamasıyla verimde sağlanan artışlar yüksek yağışlı alanlarda ve yağmurlama sulama uygulanan bitkilerde daha iyi olmuştur (Pushman ve Bingham, 1976).

Ürenin verim üzerine düşük veya negatif etkisi çoğunlukla yaprakların aşırı seviyede yanması ile ilişkili olmaktadır (Dampney, 1987; Dampney ve Salmon, 1990; Foy ve ark., 1953; Poulton ve ark., 1990; Sadaphal ve Das, 1966; Sylvester-Bradley ve ark., 1984). Bu zarar sprey konsantrasyonunu ve uygulama dozunu azaltarak kısmen hafifletilebilir, fakat sitotoksite, kısa bir zaman periyodunda fazla miktarda azotun uygulanma ihtiyacı olduğu zaman, bir problem olmaya devam etmektedir (Dampney ve Salmon, 1990). Ürenin buğdayda sebep olduğu verim düşüşlerinin aynı zamanda elementel kükürtün uygulanmasıyla engellendiği ortaya konulmuştur ki bu etki bayrak yaprağın yeşil kalma süresiyle ilişkili olmuştur (Kettlewell ve ark., 1987). Yanma şiddetli olmadığı zaman bile, yapraftan üre uygulaması, muhtemelen diğer sitotoksik etkiler sebebiyle, verimi azaltabilmektedir (Gooding, 1988; Sylvester-Bradley ve ark., 1984).

İlkbaharda (GS 32) toprağa önemli miktarda (16.0 kg/da) N'lu gübrenin tamamen uygulanması ile GS 32 ve GS 51 arasında parçalar halinde aynı miktar N'un yapraftan üre şeklinde uygulanması (4x4 kg/da) kıyaslandığında verimi artırmada toprak uygulamaları kadar ya da daha az etkili olmuştur (Poulton ve ark., 1990).

Bu araştırmacılar, yapraklara tekrarlanan zararların verim depresyonuna sebep olduğunu fakat farklı uygulama zamanlarının uygulama etkisine de katkıda bulunduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu sadece agronomik esaslar üzerine azotlu gübrenin topraktan uygulanması ile ürenin yapraftan uygulanmasının etkinliği karşılaştırıldığı zaman üzerinde durulan bir problemdir. Çok sayıda araştırmada, üre solüsyonlarının toprak uygulamaları üzerine, uygulama zamanlarının potansiyel etkileri ve azot kaynağının karmaşık etkisi ile birlikte avantaj ya da dezavantajları aktarılmıştır (Altman ve ark., 1983; Bhowmik ve Seth, 1990; Gooding ve ark., 1987; Smith, 1992). Tuzlu (Seth ve Mosluh, 1981) ve kurak (Seth ve Prasad, 1965; Seth ve Prasad, 1971) şartlardaki toprak uygulamalarına karşılık yaprak uygulamalarının faydaları araştırmaların bir gerçeği olarak ortaya konulmuştur. Bu şartlarda bitkiler ekimde ihtiyaç duyulan azotun hepsinin toprağa uygulanmasından ziyade, bitki büyümesi boyunca azotun küçük parçalar halinde yapraftan üre olarak uygulandığı zaman yüksek verimler üretmişlerdir. Ekstra verimin uygulama metodundan mı yoksa farklı uygulama zamanlarından mı kaynaklandığının belirlenmesi mümkün değildir. Azotun aynı miktarı aynı zamanda uygulandığında verimi artırma yönünde, yapraftan üre uygulaması topraktan uygulamaya kıyasla daha az etkiye (Gardner, 1956; Hanley ve ark., 1966) ya da daha iyi etkiye (Dampney, 1987; Strong, 1982) sahip olmuştur.