

## Sürdürülebilir Sebze Üretiminde Azotlu Gübre Kullanımı

Semiha Güler

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 55001 Samsun; [semihag@yahoo.com](mailto:semihag@yahoo.com)

Geliş Tarihi : 12.03.2004

**ÖZET:** Günümüzde çoğu sebze üretim sistemi çevreye zarar verdiğinden sürdürülebilir değildir. Çoğunlukla ürünün hasadından sonra çok fazla miktarda azot toprakta kalmaktadır. Bu miktar bir önceki ürüne uygulanan azottan artta kalan miktar ile bitki kalıntısındaki miktarı kapsamaktadır. Bitkideki organik formdaki azot kaynaklarının mineralizasyonuna bağlı olarak, özellikle kumlu topraklarda yağışın bol olduğu yerlerde yıkanma görülmektedir. Azotlu gübre ile toprağa uygulanan nitrat, yıkanma ile taban suyu kalitesini, nitrous oksit emisyonu ile havanın kalitesini etkilemektedir. Beyaz lahanaya, soğan ve brüksel lahanasında üretim sonrası toprakta kalan azot miktarı (20-75 kg N/ha) düşük olmasına karşın, ıspanak gibi olgunlaşmadan hasat edilen tarla sebzelerinde bu miktar 200 kg N/ha'nın üzerindedir. Ispanak ve kereviz bitki artıkları 25-60 kg N/ha, karnabahar 80-120 kg N/ha, beyaz lahanaya ve brüksel lahanasına ise 150-250 kg N/ha azot içermektedir. Bu kalıntıların kıştan önce parçalanması halinde bitki kalıntısındaki azot yıkanmakta ya da denitrifikasyona uğramaktadır. Yıkanma ve denitrifikasyon yoluyla olan azot kaybı simülasyon modelleri ile tahmin edilebilmektedir. Ispanak ve pırasadan sonra yıkanan azotun 200 kg N/ha'ı geçtiği tahmin edilmektedir. Hem azotun çevreye verdiği zararı azaltmak, hem de azotun kullanım etkinliğini artırmak için uygulanan azot bitkinin ihtiyacı ile uyumlu olmalı ve yetiştirme dönemi dışındaki kayıpları azaltıcı yönde tedbirler alınmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** azotlu gübreler, denitrifikasyon, sebze, sürdürülebilir tarım, yıkanma

### Sustainable Nitrogen Usage In Vegetable Production

**ABSTRACT:** Nowadays many intensive field vegetable production systems are not sustainable due to causing severe environmental damage. Often large amount of nitrogen remains in the soil after harvest of the crop. This nitrogen comprises residual soil nitrogen and crop residues nitrogen. Both nitrogen sources effect groundwater quality through nitrate leaching and air quality through nitrous oxide emission. Even though residual soil mineral nitrogen after white cabbage, onions and Brussel sprouts cultivation are low (20-75 kg N/ha), it is higher even above 200 kg N/ha with crops that are harvested before maturing as spinach. Crop residues of spinach and celeriac contain 25-60 kg N/ha, cauliflower residues 80-20 kg N/ha, and white cabbage and Brussel sprout residues 150-250 kg N/ha. If the residues decompose before winter, nitrogen from the decomposed plant material may leach or denitrify during the subsequent winter. Nitrogen losses through leaching and denitrification can successfully be predicted with simulation models. It was predicted that leaching losses of nitrogen after spinach and leek may exceed 200 kg N/ha. In order to reduce the damaged effect of nitrogen on environment and to increase nitrogen use efficiency, nitrogen to be applied to the plant should match the crop actual demand. Also measures relating to reduction of losses outside the growing season should be taken.

**Key words:** denitrification, leaching, nitrogenous fertilizer, sustainable agriculture, vegetable

### GİRİŞ

Azot diğer tarım ürünlerinin yetiştiriciliğinde olduğu gibi sebze yetiştiriciliğinde de en fazla kullanılan besin elementi olup, noksanlığında ürün ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır (Mengel, 1991). Buna karşın bitkiye uygulanan azot miktarının bitkinin gerçek ihtiyacı ve toprakta bulunan azot miktarı dikkate alınmadan belirlenmesi durumunda bazı bitkiler tarafından aşırı azot alımı sonucunda nitrat birikimi söz konusudur. Toprakta kalan azotun ise yıkanması sonucunda taban suyunda nitrat birikimi zaman zaman olabilmektedir. Bu konular birçok araştırmacı tarafından detaylı olarak incelenmiş ve ortaya konmuştur (Byrnes, 1990; Powlson, 1993; Shepherd vd., 1993; Jarvis, 1993; İlbeyi vd., 1997a; İlbeyi vd., 1997b). Baggs ve vd. (2000) toprağa karıştırılan bitki artıklarından olan N<sub>2</sub>O emisyonunun 1100 g N<sub>2</sub>O-N/ha ile en fazla rototiller ile toprağa karıştırılan marulda ortaya çıktığını bildirmektedirler. Azotun bu olumsuz etkileri üzerine Avrupa Birliği 91/676/EEC sayılı yönetmelik ile yüzey ve taban suyu nitrat birikimini azaltıcı tedbirlerin alınması yükümlülüğünü getirmiştir (Anon., 1991). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise besinlerde ve suda

bulunması gereken azot miktarının sınırlarını belirlemiştir (Bremier, 1982). FAO'nun verilerine göre 2000 yılı dünya azotlu gübre tüketimi 136.435.134 ton, Türkiye'nin azotlu gübre tüketimi ise 1.378.589 ton'dur (Anon., 2002). Türkiye'nin kullanmış olduğu azotlu gübrenin büyük bir kısmı (%50'den fazlası) tahıllara uygulanmasına karşın, sebzeler (194 kg N/ha) ve endüstri bitkileri (175 kg N/ha) birim alana en fazla azotun uygulandığı ürünlerdir (Hatipoğlu ve vd., 1996).

Hasat sonrası bitki artıklarındaki azot mineralizasyonu sonucu amonyum (NH<sub>4</sub>) ve nitrata (NO<sub>3</sub>) dönüşerek kayba uğramaktadır. Yapılan çalışmalar bahçe bitkileri yetiştiriciliğinden sonra toprakta olan nitrat yıkanmasının tahıl yetiştiriciliğinden sonra olan yıkanmadan daha fazla olduğunu göstermiştir. Bunun nedenleri bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde toprağın uzun süre çıplak kalması, sık ve yoğun toprak işleme ve hasat sonrası bitki artıkları ile toprağa daha fazla azotun dönmesidir (Juergens-Gschwind, 1989). Tarla ve bahçe bitkilerinde olduğu gibi farklı sebze türleri arasında da azot kullanımı ve hasat sonrası bitki

artıkları ile toprağa dönen N miktarı bakımından büyük farklılıklar vardır (Tei ve vd., 1999; Rahn, 2002). Bu nedenle; münavebe, azotlu gübre kullanım doz ve azotlu gübre çeşidinin, iklimsel özellikler ve toprak yapısına göre verilmesi son derece önemlidir. Ayrıca azotlu gübre kullanırken toprağın pH durumu dikkate alınarak asit karakterli topraklara bazik, bazik karakterli topraklara ise asidik karakterde gübre verilmelidir. Bunun yanında bitki artıklarının toprağa karıştırılması konusunda izlenecek yol azot kayıplarını azaltma ve çevre koruma açısından büyük önem taşımaktadır. Bu makalede sebze yetiştiriciliğinde azot kayıplarının azaltılması ve önlenmesi konusunda yapılmış olan çalışmalar ışığında izlenmesi gereken yol ve yöntemler incelenmiştir.

#### REZİDÜ TOPRAK MİNERAL AZOTU

Bazı tarla sebzeleri için tavsiye edilen azot ile uygulama sonrası toprakta kalan mineral azot miktarı çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi brüksel lahanası, beyaz baş lahana ve soğanda topraktaki artık mineral azot miktarı düşük olup, 20-75 kg N/ha arasında değişmektedir. Diğer tarla sebzelerinde tavsiye edilen azotun uygulanması sonucunda çok fazla miktarda azot toprakta kalmaktadır. Örneğin ıspanakta bu miktar 200 kg N/ha'ı aşabilmektedir (Neeteson, 1995). Everaarts ve vd. (1996) karnabahara uygulanan azotlu gübre ile toprakta kalan azot ve verim arasında bir ilişki belirlemişlerdir. Burada en önemli konu toprağa uygulanacak optimum azotlu gübre miktarıdır. Çok az ekstra azot uygulandığında verimde çok az artış veya azalış olmasına karşın, topraktaki kalıntı azot miktarı hızla artmaktadır. Neeteson ve Wadman (1991) patates ve soğanda, Neeteson (1994), Ilbeyi ve vd. (1997b) patateste, Shepherd ve Sylvester-Bradley (1996) kolzada azotun artan dozu ile kalıntı azot miktarının arttığını belirlemişlerdir. Kullanılan azotlu gübrenin çeşidi ve çözünürlüğü de toprakta kalan azot miktarını etkilemektedir. Amonyum nitrat ve üre, amonyum sülfata göre bitkide daha fazla nitrat birikimine neden olmakta ve toprakta daha fazla azot kalmasına neden olmaktadır (Roorda van Eysinga, 1984a, b; Grylls, 1988; Güler, 1998).

Çizelge 1. Bazı tarla sebzelerine tavsiye edilen azot uygulaması sonucunda toprakta kalan mineral azot miktarı

Ürün	Tavsiye edilen N miktarı (kg N/ha)	Toprakta kalan mineral N miktarı (kg N/ha)
Brüksel lahanası	120-240	20-45
Beyaz baş lahana	300	50
Soğan (tohumdan üretilen)	12	75
Karnabahar	180-300	60-210
Kereviz	50-150	50-225
Pırasa	100-150	125-200
Ispanak	215-290	160-220

#### BİTKİ ARTIKLARINDA BULUNAN AZOT

Bitki tarafından alınan azotun tamamı hasat edilebilir ürüne dönüşmemektedir. Örneğin karnabaharın topraktan aldığı azotun %50'si ürün ile tarladan uzaklaştırılırken, kalan % 50'si ise bitki artıklarıyla tarlada kalmaktadır (Everaarts ve vd., 1996). Hasat sonrasında ıspanak ve kereviz artıkları ile 25-60 kg N/ha, karnabahar artıkları ile 80-120 kg N/ha, beyazbaş lahana ve brüksel lahanası artıkları ile 150-250 kg N/ha azot toprakta kalmaktadır. (Wehrmann ve Scharpf, 1989, Everaarts ve vd., 1996). Almanya, Fransa ve İsviçre'de farklı enstitülerde yürütülmüş olan tarla denemeleri sonucuna göre bazı sebze türlerinde toplam taze bitkisel materyal, hasat sonrası bitki artıkları ve pazarlanabilir verim ile bunların azot içerikleri çizelge 2'de verilmiştir (Fink ve vd. 1998). Çizelgeden de görüldüğü gibi brüksel lahanası, brokkoli, bodur fasulye, karnabahar, lahana, kırmızı pancar ve kırmızı lahanada hasat sonrası bitki artıkları ile çok fazla miktarda azotun toprağa döndüğü görülmektedir. Bitki artıklarının kıştan önce parçalanması halinde azot kışın yıkanmaktadır.

Kalıntıların parçalanması C/N oranına bağlıdır. Whitmore ve Groot (1994), ıspanak, lahana ve şeker pancarının toprağa karıştırılması sonucunda oluşan azot kaybını incelemişler ve ıspanağın en kısa sürede en fazla azotu bıraktığını belirlemişlerdir. Ispanağa göre beyaz baş lahana azotu daha yavaş bırakmış, şeker pancarı ise azotu immobilize etmiştir. Çalışmada kullanılan ıspanağın C/N oranı 6, beyaz baş lahananın C/N oranı 18 ve şeker pancarı yaprak ve saplarının C/N oranı ise 42'dir. Karbon içeriği düşük olan veya tam tersi azot içeriği yüksek olan bitki artıklarının daha kısa sürede parçalandığı ve daha fazla azotun serbest duruma geçtiği görülmektedir.

#### TARLA SEBZELERİNİN HASADINDAN SONRA AZOT YIKANMASI VE DENİTRİFİKASYON

Kök bölgesinden azot yıkanması yağışların evaporasyonu geçtiği dönem olan geç sonbahar ile

erken ilkbaharda olmaktadır. Yoğun tarımsal faaliyetin sürdürüldüğü çoğu yerde taban suyunun nitrat içeriği kabul edilebilir düzeyin üzerine çıkmaktadır. Bu istenmeyen bir durumdur. Zira çoğu yerde taban suyu içme suyunun önemli bir kaynağıdır. Avrupa Birliği içme suyunun nitrat içeriğini 50 mg NO<sub>3</sub>/l (=11.3 mg N/l) olarak belirlemiş olup, bu tüm dünyaca kabul edilen bir değerdir (Anon., 1991). Taban suyunda denitrifikasyon ile nitrat kaybı olmadığı, içme suyunun sığ taban suyundan alındığı ve 300 mm yağış fazlasının olduğu kabul edildiğinde, taban

suyunun nitrat içeriği standart değerini üzerine çıkmaktadır (Goossensen ve Meeuwissen, 1990). Denitrifikasyon özellikle taban suyunun yüksek olduğu ağır bünyeli topraklarda olmaktadır. Çizelge 3'de farklı bünyedeki topraklarda oluşan denitrifikasyon kayıpları verilmiştir (Peoples ve vd., 1995). Kışın başlangıcında toprağın en yüksek kabul edilebilir nitrat miktarının 70 kg N/ha düzeyinde tutulması nitrat yıkanmasının kontrolü açısından önemlidir (Goossensen ve Meeuwissen, 1990).

Çizelge 2. Bazı sebze türlerinde toplam taze materyal, pazarlanabilir verim ve hasat kalıntıları ve azot içerikleri (Fink ve vd., 1998)

Ürün	Latince adı	Toplam taze materyal		Hasat kalıntısı		Pazarlanabilir verim	
		t/ha	kg N/t	t/ha	kg N/t	t/ha	kg N/t
Bodur fasulye	<i>Phaseolus vulgaris L. var. nanus</i>	35	3.4	20	4.0	15	2.5
Brokkoli	<i>Brassica oleracea L. var. italica</i>	90	3.7	70	3.5	20	4.5
Brüksel lahanası	<i>Brassica oleracea L. var. Gemmifera</i>	90	4.7	65	4.0	25	6.5
Havuç	<i>Raparus sativus L.</i>	100	1.7	20	3.0	70	1.3
Karnabahar	<i>Brassica oleracea L. var. Botrytis</i>	100	3.2	60	3.4	40	2.8
Kereviz	<i>Apium graveolens L. var. Rapeceum</i>	75	2.7	25	3.0	50	2.5
Çin lahanası	<i>Brassica campestr. L. ssp. Chinensis</i>	120	1.6	50	1.8	70	1.5
Hıyar	<i>Cucumis sativus L.</i>	120	1.7	50	2.0	70	1.5
Rezene	<i>Foeniculum vulgare Mill. Var. Azoricum</i>	70	2.4	30	3.0	40	2.0
Marul (Iceberg)	<i>Lactuca sativa L. var. crispa</i>	80	1.3	20	1.3	60	1.3
Yaprak lahanası	<i>Brassica oleracea L. var. Acephala</i>	45	4.6	25	3.5	20	6.0
Alabaş	<i>Brassica oleracea L. var. Gongylodes</i>	60	3.0	15	3.5	45	2.8
Pırasa	<i>Allium porrum L.</i>	70	2.6	15	3.0	55	2.5
Marul	<i>Lactuca sativa L. var. capitata</i>	60	1.8	10	1.8	50	1.8
Soğan	<i>Allium cepa L.</i>	65	1.9	5	3.0	60	1.8
Turp	<i>Raphanus sativus L.</i>	35	2.0	5	2.0	30	2.0
Kırmızı pancar	<i>Beta vulgaris L. ssp. Vulg. Var. conditiva</i>	100	2.7	40	2.5	60	2.8
Kırmızı baş lahanası	<i>Brassica oleracea L. var. Capitata f. Rubra</i>	90	2.6	40	3.0	50	2.2
Savoy lahanası	<i>Brassica oleracea L. var. Sabanda</i>	80	3.8	40	4.0	40	3.5
İspanak	<i>Spinacia oleracea L.</i>	40	3.6	10	3.6	30	3.6
Beyaz baş lahanası	<i>Brassica oleracea L. var. Capitata f. Alba</i>	120	2.3	40	3.0	80	2.0

Çizelge 3. Toprağa uygulanan azottan olan denitrifikasyon kayıpları (kg N/ha) (Peoples ve vd., 1995)

Tekstür	Organik madde (%)	Drenajı iyi	Drenajı orta	Drenajı zayıf
Kum, kumlu tın	<2	2-9	4-14	6-30
Tın, kumlu killi-tın, Siltli tın	2-5	3-16	6-20	10-45
Killi tın, siltli killi-tın, Kil	>5	4-20	10-25	15-55

Çizelge 4. Simulasyonda kullanılan bitkilerin özellikleri (Whitmore, 1996)

Ürün	Hasat tarihi	Kalıntıdaki N (kg N/da)	Kalıntının oranı	C/N	Kalıntıdaki lif (%)	Rezidü mineral N (kg/ha)	toprak
Brüksel lahanası	Kasım sonu	138	25.0	29.8	50		
Lahana	Ekim sonu	115	15.0	23.2	50		
Pırasa	Ekim ortası	54	12.5	29.0	125		
İspanak	Temmuz sonu	35	8.0	24.0	150		

Kışın yıkanan nitratin kaynağı rezidü toprak nitrati, bitki kalıntısındaki azot ve toprakta sonbahar ve kışın mineralize olan toprak organik azotudur. Tarla sebzeçiliğinde nitratin asıl kaynağı rezidü toprak azotu ve bitki kalıntısında bulunan azottur. Sebze yetiştirilen tarlalarda doğrudan nitratin ölçüldüğü çalışma çok azdır. Bu çalışmalar çoğunlukla tahıl ve şeker kamışı ile ilgilidir (Neeteson, 1995; Coşkan ve vd., 2002). Fakat günümüzde bilgisayarlar yardımıyla simulasyon modellerinin kullanılması ile azot kayıpları daha gerçekçi olarak tahmin edilebilmektedir. Whitmore (1996)'un simulasyon modeli ile tarla sebzelerinin hasadından sonra azotun akibeti tahmin edilebilmektedir (Çizelge 4). Simulasyon kumlu ve killi toprağa göre yapılmış olup, toprağın özellikleri çizelge 5'de verilmiştir. Bitki kalıntılarının hasat sonrası toprağın 25 cm derinliğine karıştırıldığı ve toprağın ekilmediği varsayılmıştır. Varsayım hasadın

yapıldığı dönem ile bir sonraki ilkbahar arasındaki dönemi kapsamaktadır. Buna göre oluşan azot kaybı çizelge 6'da verilmiştir. Yıkanan azot çok fazla olmasına karşın, denitrifikasyonla olan kayıp düşüktür. Pırasa ve ıspanaktan sonra toplam yıkanma kayıpları 200 kg N/ha'ı geçmektedir. Bu bitkiler uygulanan azotu etkili bir şekilde kullanamamakta ve hasattan sonra çok az bitki kalıntısı bırakmaktadır. Brüksel lahanası ve beyaz baş lahanadan sonra azot kaybı daha az olmaktadır. Zira bu bitkiler azotu daha etkili kullanmakta ve toprakta daha az rezidü azot bırakmaktadır (Çizelge 4). Bununla birlikte brüksel lahanası ve beyaz baş lahana pırasa ve ıspanağa göre daha fazla bitkisel artık bırakmakta fakat C:N oranındaki farklılıktan dolayı yıkanan nitrat miktarı da farklı olmaktadır. Brüksel lahanasının C:N oranı 25 olduğu için nitrat yıkanması olmamakta, aksine azot bağlanması (immobilize) olmaktadır (Çizelge 6).

Çizelge 5. Simulasyonda kullanılan toprağın özellikleri (Whitmore, 1996)

Toprak	Toprak parçacık iriliği <2µm (%)	Toplam N (%)	Organik madde (%)	PH
Kum (sand)	4	0.11	2.9	7.2
Kil (clay)	48	0.17	3.2	7.0

Çizelge 6. Bazı tarla sebzelerinde kışın olan azot kayıpları (Neeteson ve vd., 1999)

	Azot Kaybı (kg N/ha)					
	Kumlu Toprak			Killi Toprak		
	Y	D	Toplam	Y	D	Toplam
<b>Brüksel lahanası</b>						
Topraktan	84	5	89	66	8	74
Bitki kalıntısından	-3	26	23	-8	25	17
Toplam	81	31	112	58	33	91
<b>Lahana</b>						
Topraktan	90	5	95	77	8	85
Bitki kalıntısından	41	11	52	30	10	40
Toplam	131	16	147	107	18	125
<b>Pırasa</b>						
Topraktan	160	5	165	177	8	185
Bitki kalıntısından	24	5	29	19	4	23
Toplam	184	10	194	196	12	208
<b>İspanak</b>						
Topraktan	223	5	228	215	8	223
Bitki kalıntısından	28	0	28	27	0	27
Toplam	251	5	256	242	8	250

Y: yıkanma kayıpları (90 cm'nin altındaki kayıplar), D: denitrifikasyon kayıpları

Not: Topraktan olan kayıplar rezidü toprak mineral azotu ve toprak organik maddesinin mineralizasyonu sonucu oluşan kayıpları ifade etmektedir.

## **SÜRDÜRÜLEBİLİR AZOT YÖNETİMİ İÇİN STRATEJİLER**

Günümüzde yoğun tarla sebzeçiliği yetiştiriciliğinde önerilen azot miktarı ekonomik olarak optimum azot miktarı olup, ürünün tahmini fiyatı ve gübrenin fiyatı gözönünde bulundurulmaktadır. Ayrıca önerilen azotun miktarı yetiştirilen ürünün cinsi ve kök bölgesinde bulunan mineral azotun miktarına da bağlıdır. Mevcut gübre tahmin sistemi optimum verimi elde edecek miktarı tahmin etmesine karşın, çevreye olan yan etkileri dikkate almamaktadır. Azotun kullanım etkinliğini artırma ve çevresel kayıpları en aza indirmek için alınabilecek en önemli tedbir, bitkinin azot ihtiyacı ile uygulanan azot arasındaki dengeyi sağlamaktır. Bu başarısızlığında yetiştirme periyodu dışındaki dönemde oluşacak azot kaybını azaltma yoluna gidilmelidir.

### **Azot arz ve talep dengesinin oluşturulması**

Bitkiye uygulanan azotun bitkinin gerçek ihtiyacına dayandırılması yanında, toprakta bir önceki üründen kalan azot ile toprak organik maddesinin mineralizasyonundan ortaya çıkacak olan azotun bilinmesi gerekmektedir. Yine seçilecek olan azotlu gübrenin cins ve miktarı yanında uygulama şekli de büyük önem taşımaktadır.

### **Azotlu gübrenin uygulama şekli**

Ticari olarak da kabul görmüş olan çok az miktarda sıvı gübrenin tohum yatağının yakınına veya fidenin kök çevresine uygulama tekniği uygulanan azot miktarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Rahn ve vd. (1996) amonyum fosfat gübresinin 20-30 kg/ha oranında uygulanmasının marul ve soğanda verimde azalmaya neden olmadan bitkinin toplam azot ihtiyacını yarıya indirdiğini belirlemiştir.

Bir başka gübre uygulama şekli sıvı amonyum sülfatın sebze sıra aralarına enjekte edilmesidir. Sommer (1991) sıvı amonyum sülfatın bu şekilde uygulanması ile ıspanağın nitrat içeriği ile topraktaki kalıntı azot miktarı, kalsiyum amonyum nitratın serpmeye şeklinde uygulanmasına göre daha düşük bulunduğunu bildirmiştir. Davis (1994) azotun uygulanma şeklinin yıkanmayı azaltacağı ve fertigasyonun iyi bir yöntem olduğunu bildirmektedir. Damla sulama sistemi ile uygulanan gübrenin ve suyun kullanım etkinliğinin arttığını gösteren birçok çalışma mevcuttur (Miller ve vd., 1976; Papadopoulos, 1988; Locascio, 1997).

### **Azotlu gübreyi birkaç defada uygulamak**

Bitkilerin azotu kullanım miktarı kök gelişimi ve kök derinliği tarafından etkilenmektedir. Brüksel lahanası gibi gelişmenin başlangıcında azotun büyük bir kısmını kullanan ve derin kök yapısına sahip bitkilerde azotun tamamı gelişmenin başlangıcında bir defada verilebilir. Pırasa gibi çok az azot kullanan ve zayıf kök yapısına sahip bitkilerde ise azot azar azar ve düzenli olarak verilmelidir (Smit ve vd., 1996).

Azotu parçalar halinde vermedeki güçlüklerden biri de bir sonraki gübrenin verilme döneminde bir önceki verilen gübrenin ne kadarının bitki tarafından alındığının bilinmemesidir. Booij ve vd. (1996) toplam azot alımı ile yaprak alanı arasında doğrusal bir ilişki belirlemişlerdir. Yaprak alanı bitkinin azot alımı ile ilgili bilgi vermesine karşılık çok zaman alıcı olması kullanımını güçleştirmektedir. Bitkinin azot ihtiyacını belirlemede kullanılan bir diğer yöntem ise simülasyon modelleridir. Bu modellerden biri olan WELL-N sebze ve tarla bitkileri için kullanılmaktadır. Modelin kullanılması için bölge ve hava raporu ile ilgili bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Rahn ve vd., 1996). Model gelişmenin herhangi bir döneminde, azotun değişik dozları için pazarlanabilir verim, bitki kalıntısının miktarı, toplam kuru ağırlık, tüm bitkideki ve bitki kalıntısındaki azot miktarı, toprak mineral azotu ve yıkanan azot miktarını vermektedir. Almanya'da gübreyi bitkinin ihtiyacına göre bölerek vermeyi sağlayan KNS (Kulturbegleitende Nmin Sollwerte) sistemi geliştirilmiştir (Lorentz ve vd., 1989). Bu sistem bitkinin N ihtiyacını ve toprağın sağlayacağı azotu dikkate almaktadır. KNS sistemine göre N ihtiyacı belirlenmiş olan bazı sebze türleri Çizelge 7'de verilmiştir.

### **Yetiştirme dönemi dışındaki kayıpları azaltma**

Yetiştirme dönemi dışındaki azot kayıplarının üreticinin kontrolü dışında olduğu düşünülse de durum böyle değildir. Asıl üründen sonra ikinci ve mümkün olan yerlerde üçüncü ürün (tercihen derin köklü) yetiştirilmesi ile topraktaki bir önceki üründen kalan azotun büyük bir kısmı geri alınabilmektedir. Ticari ürünün yetiştirilemediği yerlerde yem bitkisi ekilip bir sonraki yetiştirilecek ürünün ekiminden önce toprağa karıştırılabilir. Çok hızlı yetişen yeşil gübre bitkisi için bile zamanın yeterli olmadığı durumlarda bitki kalıntısının toprağa karıştırılmaması, sürümün ilkbahara kadar geciktirilmesi tavsiye edilmektedir (Everaarts ve vd., 1996).

Çizelge 7. KNS sistemine göre bazı sebze türlerinin N ihtiyacı (Lorentz ve vd., 1989)

Ürün	Pazarlanabilir verim (t/ha)	Toplam verim (t/ha)	Toplam N alımı (kg/ha)
Brüksel lahanası	15	90	270
Karnabahar	35	80	220
Havuç	60	70	135
Pırasa	45	65	195
Marul	40	60	100
Soğan	40	65	120
Turp	30	25	60
Lahana	60	110	260

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Sebze hasat artıklarıyla toprağa dönen azot miktarı yetiştirilen sebzenin türüne, iklim koşullarına, toprağın yapısına, kullanılan gübrenin cins, miktar ve uygulama şekli ile uygulanan kültürel işlemlere göre değişiklik göstermekte olup, 20-300 kg N/ha arasında değişmektedir (Schenk 2000 , Rahn ve vd., 1992). Ispanak gibi uygulanan azotu kullanmadan ve hasat olgunluğuna erişmeden hasat edilen bitkilerden sonra topraktaki residü azot miktarı fazla olurken, brokkoli, karnabahar ve lahana gibi çok fazla miktarda hasat artığı olan sebzelerde bitki kalıntıları ile büyük miktarda azot toprağa dönmektedir. Toprağa dönen bu azotun miktarını azaltmak ve nitrat yıkanmasını önlemek için alınması gereken bir dizi önlem bulunmaktadır. Bunlar:

1. Toprak mineralizasyonunun bir çok faktör tarafından etkilenmesi sebebiyle toprağın azot içeriğinin sürekli değişiklik göstermesi, bitkinin gerçek azot ihtiyacını belirlemede zorluk yaratmasına karşın bitkiye uygulanacak azotun bitkinin gerçek ihtiyacına dayandırılması, bir önceki üründen kalan azotun belirlenmesi ve toprak organik maddesinin mineralizasyonu sonucu ortaya çıkacak olan inorganik azotun hesaba katılması gerekmektedir. Yaprak ve toprak analizleri ve yaprak klorofil ölçümleri ile toprağın ve bitkinin azot içeriği yakından izlenmelidir.

2. Aşırı sulamadan kaçınılmalı, bitkinin su ihtiyacı da azot ihtiyacında olduğu gibi bitkinin gerçek ihtiyacına dayandırılmalıdır. Kullanımının mümkün olduğu yerlerde damla sulamanın kullanılması azotun ve suyun kullanım etkinliğinin artırılması bakımından önemlidir.

3. Asıl üründen sonra toprağın çıplak bırakılmaması, bir örtü bitkisinin yetiştirilmesi nitrat yıkanmasını azaltacak bir diğer uygulamadır. Jackson ve vd. (1993) marul yetiştiriciliğinden sonra kışlık bir örtü bitkisinin yetiştirilmesi ile 150 kg N/da azotun kazanıldığını belirlemişlerdir.

4. Azotu daha etkili kullanacak çeşitlerin ıslahı bir diğer yöntemdir. Özellikle lahanagillerde hasat sonrası daha az bitkisel artık bırakacak çeşitlerin

ıslahı bu yolla oluşacak nitrat yıkanmasının azalmasına yardımcı olacaktır (Barker, 1989).

### KAYNAKLAR

- Anonymous, 1991. Protection of waters against pollution by nitrates from agriculture. Directive EEC/91 676.
- Anonymous, 2002. FAO Tarım İstatistiği ([www.fao.org/satistics](http://www.fao.org/satistics))
- Barker, A. V., 1989. Genotypic responses of vegetable crops to nitrogen nutrition. Hort. Sci. 24: 256-261
- Baggs, E. M., Rees, R.M., Smith, K.A. and Vinten, A.J.A., 2000. Nitrous Oxide Emission From Soils After Incorporating Crop Residues. Soil Use and Management 16: 82-87
- Booij, R., Creuzer, A.D.H., Smit, A.L. and Van Der Werf, A., 1996. Effect of nitrogen availability on dry matter production, nitrogen uptake and light interception of brussels sprouts and leeks. Neth. J. Agric. Sci. 44: 3-19
- Bremier, T., 1982. Environmental factors and cultural measures effecting the nitrate content in spinach. Fert. Res., 3 (3): 191-292
- Byrnes, B. H., 1990. Environmental effects of N fertilizer use- An Overview, Fert. Res. 26: 209-215
- Coşkan, A., Gök, M., Onaç, I., İnal, I. and Sağlamtimur, V., 2002. The effect of wheat straw, corn straw and tobacco residues on denitrification losses in a field planted with wheat. Turk J. Agric. For 26: 346-353
- Davis, J. G., 1994. Managing plant nutrients for optimum water use efficiency and water consevation. Adv. in Agronomy. Vol.53: 85-112
- Everaarts, A. P., De Moel, C.P. and Van Noordwijk, M., 1996. The effect of nitrogen fertilisation and the method of application on nitrogen uptake of cauliflower and on nitrogen in crop residues and soil at harvest. Neth. J. Agric. Sci. 44: 43-55
- Fink, M., Feller, C., Scharpf, H. C., Weier, U., Maync, A., Ziegler, J., Paschold P.J. and Strohmeier, K., 1998. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables. Enveg News, vol. 3 ([www.hri.ac.uk/enveg](http://www.hri.ac.uk/enveg))
- Goossensen, F.R. and Meeuwissen, P.C., 1990. Recommendations of the national committee on nitrogen. department of agricultural research (DLO), Wageningen
- Grylls, J. P., 1988. Effect of nitrogen fertiliser type and nitrification inhibitor on the nitrate content of glasshouse lettuce. Acta Hort. 222: 189-191
- Güler, S., 1998. Bazı azotlu gübrelerin marulda nitrat birikimi üzerine etkileri. II. Sebze Tarımı Sempozyumu, 28-30 Eylül 1998, Tokat, s. 247-251
- Hatipoğlu, F., Alpaslan, M., Güneş, A., 1995. Türkiye’de gübre kullanımı ve çevre üzerine etkiler. Tr. J. of Agr. and Forestry 20:1-5

- İlbeyi, A., Üstün, H., Ünlü K., ve Özenirler, G., 1997a. Nevşehir yöresinde azot yıkanmasının leachn modeliyle tahmini. Köy Hizm. Genel Md. APK Dairesi Bşk. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şb. Md. Yayın No. 106, s 220-234
- İlbeyi, A., Halitligil, B., ve Akın, A., 1997b. Nevşehir derinkuyu yöresinde azotlu gübrenin patates verimine etkisinin ve yeraltısuyu kirlenme potansiyelinin  $^{15}\text{N}$  tekniği ile belirlenmesi. Köy Hizm. Ankara Arşt. Enst. Yayınları. Yayın No.208, Rapor Serisi No.114, Ankara
- Jackson, L. E., Wyland, L.J. and Stiver, L.J., 1993. Winter cover crops to minimize nitrate losses in intensive lettuce production. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 121: 55-62
- Jarvis, S. C., 1993. Nitrogen cycling and losses from dairy farm. *Soil Use and Management* 9 (3): 99-105
- Jurgens-Gschwind, S., 1989. Ground water nitrates in other developed countries (Europe)- relationships to land use patterns. In: *Nitrogen Management and Ground Water Protection. Development in Agricultural and Managed Forest Ecology*. Ed. R. F. Follet) 21: pp 75-138 Amsterdam: Elsevier
- Locascio, S. J., Hochmuth, G.J., Rhoads, F.M., Olson, S.M., Smjstrla A.G. and Hanlo, E.A., 1997. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. *Hort. Sci.* 32(2): 230-235
- Lorentz, H. P., Schlaghecken, J., Engl, G., Maync, A. and Ziegler, J., 1989. Ordnungsgemasse stickstoff versorgung im freiland gemüsebau- KNS System. Ministerium Für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland Pfalz, Mainz, 85 pp
- Mengel, K., 1991. Available nitrogen in soils and its determination by the Nmin-method and by electroultrafiltration (EUF), *Fert. Res.* 28: 251-262
- Miller, R. J., D. E. Rolston, R. S. Rauschkolb and D. W. Wolf, 1976. Drip application of Nitrogen is Efficient. *Calif. Agr.* 30(11): 16-18
- Neeteson, J. J. and Wadman, W.P., 1991. Relationships between nitrogen fertilisation levels, yield of arable crops and outdoor vegetables, and the amount of residual soil mineral nitrogen, *Nota 237*. Research Institute for Soil Fertility, Haren.
- Neeteson, J. J., 1994. Residual soil nitrate after application of nitrogen fertilizer to crops. In: D. C. Adriano, A. K. Iskander, and I. P. Murarka (Eds), *Contamination of Groundwaters*. Science reviews, Northwood, pp 347-365
- Neeteson, J. J., 1995. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. In: P. E. Bacon (Ed.), *Nitrogen Fertilisation in the Environment*. Marcel Dekker, New York, pp 295-325
- Neeteson, J. J., Booij, R. and Whitmore, A.P., 1999. A review on sustainable nitrogen management in intensive vegetable production systems, *Acta Hort.* 506: 17-26
- Nielsen, N. E. and Jensen, H.E., 1990. Nitrate leaching from loamy soils as affected by crop rotation and nitrogen fertiliser application. *Fert. Res.* 26: 197-207
- Owen, T. R. and Jürgens-Gschwind, S., 1986. Nitrates in drinking water: a review, *Fert. Res.* 10:3-25
- Papadopoulos, I., 1988. Nitrogen fertigation of drip-irrigated potato. *Fert. Res.* 16: 157-167
- Peoples, M. B., Freney, J.R. and Mosier, A.R., 1995. Minimising gaseous losses of nitrogen. In: Bacon P. E. (Ed.) *Nitrogen Fertilisation in The Environment*. Marcel Dekker, New York, 565-602
- Powlson, D. S., 1993. Understanding the soil nitrogen cycle. *Soil Use and Management* 9 (3): 86-94
- Rahn, C. R., 2002. Management strategies to reduce nutrient losses from vegetable crops, *Acta Hort.* 571: 19-29
- Rahn, C. R., Paterson, C.D. and Vaidyanathan, L.V., 1998. The Use of measurements of soil mineral N in understanding the response of crops to fertilizer nitrogen in intensive cropping rotations. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 130: 345-356
- Rahn, C. R., Greenwood, D.J. and Draycott, A., 1996. Prediction of nitrogen fertilizer requirement with the HRI WELL-N computer model. In: O Van Cleemput, G. Hofman and A. Vermoesen (Eds.), *Progress in Nitrogen Cycling Studies*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 255-258
- Rahn, C. R., Vaidyanathan, L.V. and Paterson, C.D., 1992. Nitrogen residues from brassica Crops. *Aspect Appl. Biol.* 30: 263-270
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L., 1984a. Nitrate in vegetables under protected cultivation. *Acta Hort.* 145: 251-256
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L., 1984b. Nitrate and glasshouse vegetables. *Fert. Res.* 5: 149-156
- Schenk, M. K., 2000. Nitrogen use in vegetable crops in temperate climates. *Hort. Review* 22: 185-223
- Shepherd, M. A. and Sylvester-Bradley, R., 1996. effect of nitrogen fertiliser applied to winter oilseed rape (*brassica napus*) on soil mineral nitrogen after harvest and on the response of a succeeding crop of winte wheat to nitrogen fertiliser. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 126: 63-74
- Shepherd, M. A., Davies, D.B. and Johnson, P.A., 1993. Minimizing nitrate losses from arable soils. *Soil Use and Management* 9 (3): 94-99
- Smit, A. L., Booij, R. and Van Der Werf, A., 1996. The spatial and temporal rooting pattern of brussel sprouts and leeks. *Neth. J. Agr. Sci.* 44: 67-72
- Sommer, K., 1991. Ammonium depotdüngung: grundlagen, stand der entwicklung, perspectiven. In: *Umweltvertragliche Stickstoffdüngung bei Gartnerischen Nutzpflanzen*. Forschungsberchte Heft 1, Landwirtschaftlichen Facultat der Rheinischen FriedrichWilhelms Univ., Bonn, pp. 6-40
- Tei, F., Benincasa, P. and Guiducci, M., 1999. Nitrogen fertilisation on lettuce, processing tomato and sweet pepper: Yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching. *Acta Hort.* 506: 61-67
- Wehrmann, J. and Scharpf, H.C., 1989. Reduction of nitrate leaching in a vegetable farm: fertilisation, crop rotation, plant residues: In: J. C. Germon (Ed.), *Management Systems to Reduce Impact of Nitrates*. Elsevier App. Sci., London, pp. 147-156
- Whitmore, A. P. and Groot, J.J.R., 1994. The mineralization of N from finely or coarsely chopped crop residues: measurement and modelling. *Eur. J. Agron.* 3: 103-109
- Whitmore, A. P., 1996. Modelling the release and loss of nitrogen after vegetable crops. *Neth. J. Agric. Sci.* 44: 73-86.