

## Tarımda Kullanılan Azotlu Gübrelerin Kayıp Yolları ve Çevre Sularına Etkisi

Ahmet Nedim YÜKSEL (1)

### ÖZET

*Tarımsal üretimde kullanılan azotlu gübrelerin kaybında çeşitli etkenler rol oynamaktadırlar. Gübre kaybı bir yandan üretim masraflarını artırırken, diğer yandan çevre sularının kirlenmesinde rol oynayabilmektedirler. Gübrelerin çevre sularına etkisi araştırma yapılan yerin özelliklerine göre farklı olmaktadır.*

*Bazı tarımsal önlemlerle gübre kaybı azaltılabilmekte ve gübrelemenin de etkinliği artırabilmektedir.*

### GİRİŞ

Yapay gübrelerin kullanılmaya başlanmasından sonra gübrelerin toprak verimliliğine, üretilen besin maddelerinin niteliğine ve çevreye etkisi üzerindeki tartışmalar sürüp gitmektedir. Gübrelerin kullanılma alanı ve kullanılan miktarlarının artması, bu tartışmaları daha da alevlendirmiş ve gübreler çevre sularının kirlenmesinde temel unsur olarak gösterilmeye başlanmıştır.

Primer kirlenme olarak adlandırılan, suların bitki besin maddeleri ile kirlenmesinin son senelerde arttığı bununla ilgili olarak da suların niteli-

ğinin düştüğü bilinen bir gerçektir. Suların temel kirleticisi olarakta nitrat ve özellikle fosfat görülmektedir. Çünkü bu iki besin maddesi su florasının gelişmesinde temel unsur olarak görülmektedir. Sulardaki bitki besin maddesi oranının yükselmesi algler ve diğer su bitkilerinin gelişmesine ve sürekli olarak organik madde üretmesine neden olur.

Sular kendi kendini temizlerken, organik maddelerin parçalanması için suyun oksijeni kullanılmakta ve sulardaki oksijen azalmasıyla sekonder su kirlenmesi ortaya çıkmaktadır.

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünde Dr. Asistan.

İçme sularındaki nitrat insan sağlığı için bir tehlike olarak görülmektedir. Ancak hangi nitrat konsantrasyonunun sağlık için zararlı olduğu kesin olarak belirlenmemiştir. Ayrıca içme sularındaki nitrat miktarı ile küçük çocuklarda meydana çıkan Methemoglobinemie (2) hastalığı arasında bir ilginin olduğu ileri sürülmekle beraber tam açıklığa kavuşmuş değildir. Bununla birlikte nitratla diğer bazı hastalıkların arttığı veya bunlara neden olduğu da söylenmektedir.

Bunun için çeşitli ülkelerde ve Dünya Sağlık Teşkilâtı tarafından içme sularının içerebileceği nitrat miktarı 50 mg/lt (= ppm) olarak sınırlandırılmıştır. Batı Almanya'da bu değer önce 40 mg/lt olarak saptanmış ve sonra 90 mg/lt'ye çıkarılmıştır. Doğu Almanya'da 30 mg/lt olarak sınırlanan bu değer, A. B. D.'inde de 40 mg/lt olarak belirlenmiştir.

Wistinghausen'in (1971) Batı Almanya'da 700 sığ içme suyu kuyusunda yaptığı incelemelerde, kuyuların % 4'ünde sudaki nitrat içeriğinin yukarıda verilen 40 mg/lt'lik üst sınırı aştığı belirtilmektedir. Ayrıca ekstrem durumda olan bir kuyuda bu değer 700 mg/lt'yi aştığı saptanmıştır. Bu kuyunun sızıntı sularla beslenen kuyu olduğu belirtilmektedir.

İçme sularının nitrat konsantrasyonu üzerinde son 20-25 seneyi kap-

layan değerler hemen hemen yok denecek kadar azdır. 100 yıl önce Leipzig içme sularının içerdiği nitratin litrede 139 mg, olduğu kayıt edilmektedir. Kolenbrander'in (1972) (Czeratzki 1973) Hollanda'da 25 m'den 125 m'ye kadar derinlikteki içme suyu kuyularında, 1920 den 1970'e kadar yaptığı incelemelerde kuyuların % 66'sında nitrat içeriğinde herhangi bir değişiklik olmadığı ve % 34'ünde de nitrat oranında 2,5 mg/lt gibi az bir artış olduğunu saptamıştır. Bununla birlikte gübrelemeyle, nitrat içeriğindeki bu az artış arasında herhangi bir ilginin olduğu belirtilmemektedir.

Azotlu gübrelerin nitrat kaynağı olarak suların kirlenmesinde temel etken olması akla yakın gelmektedir. Zira azotlu gübreler masraf-fayda yönünden, faydanın ağır basması ve devlet tarafından çeşitli önlemlerle desteklenmesi nedeniyle; kullanma alanının hızla artması toprak verimliliğini de arttırmıştır.

Suların kirlenmesinde büyük rol oynayan, bitki besin maddelerinin yıkanması; aynı zamanda kök bölgesinden besin maddelerinin kayıp kaynağı olmaktadır. Tarım için önemli ekonomik kayıplara neden olan, bitki besin maddelerinin yıkanması, fazla ve yanlış gübreleme sonucu ortaya çıkmaktadır.

## AZOTUN YIKANMASINA VE TAŞINMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

a) *Bitki Örtüsünün Çeşidi ve Sürekliliği:*

Bitki örtüsünün çeşit ve sürekliliğinin azot yıkanmasına etkisini en iyi

(2) Vücudun morarması ve solunum güçlüğüyle kendini gösterir.

şekilde, kültür bitkileri ekilmiş, çayır-mera olarak kullanılan ve boş bırakılmış lysimetrelerden alınmış sonuçları karşılaştırarak gösterebiliriz. Kolenbrander'in (1969) (Czeratzki 1973) tin-

li topraklarda yaptığı çalışmalarda görüldüğü gibi, çayır-mera sahalarında nitrat yıkanması yaklaşık olarak, tarlalara göre 1/6 oranında olmaktadır. (Çizelge 1).

Çizelge 1: Kültür bitkileri ve çayır-merada azot yıkanması.

Lysimetre Bitki Örtüsü	% Toprak tekstürü <16µ	Yıllık N-Gübreleme miktarı (kg/ha)	N (mg/l)	Yıllık N-Yıkanması (kg/ha)
Çayır-mera	60	150	1,1	5
Çayır-mera	0	240	2,1	13
Kültür Bitkileri	23	50	10,5	32

Kumlu topraklarda yıkanan azot miktarı tarlalarda 60 kg/ha'ı bulurken, çayır-merada ancak 9 kg/ha civarında kalmaktadır. Klett ve Koepf'ün (1965) Stockacher Aach havzasında yaptıkları çalışmalarda tarlalarda 18 kg/ha olan N-yıkanması, çayır-mera alanlarında ancak 1,1 kg/ha olabilmektedir. Troeder'in (1976) Honigau havzasında toprak yüzeyine yakın taban suyu üzerinde yaptığı araştırmalarda; tarlaların taban suyundaki nitrat miktarı, çayır-mera'ya nazaran 2 katı daha fazla olduğu ve gübrelenmeyen ormanlık bölgenin taban suyunda ise bu değerın saptanabilme sınırına kadar düştüğünü saptamıştır. Genel kural olarak çayır-meralarda yoğun gübrelemede bile, tarlalara oranla % 10 veya daha az azot yıkanması olmaktadır.

Eldé bulunan kaynaklardan anlaşıldığı gibi, baklagil olmayan bitkilerin kök gelişimi, azot gereksinimi ve gelişme zamanının uzunluğu azot yıkanmasında etkin olan etmenlerdir. Pfaff'in (1950 ve 1963) patates, çavdar ve yulafı yaptığı denemeler sonunda, patates ekili topraklarda N-yıkanmasının

çavdar ve yulafa oranla daha az olduğu saptanmıştır. Araştırmacı buna neden olarak patatesin azot gereksiniminin yüksek olmasını göstermiştir. Bununla birlikte erken patates, mısır nöbetleşe ekiminde N-yıkanması, çavdar yazlık kolza nöbetleşe ekimine göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

Uzun yılların ortalamasına göre, ara bitkiler olmadan esas bitkilerle yapılan denemelerde azot yıkanması aşağıdaki sıralamaya göre olmalıdır.

Bağ > Patates > Hububat > Çayır-mera.

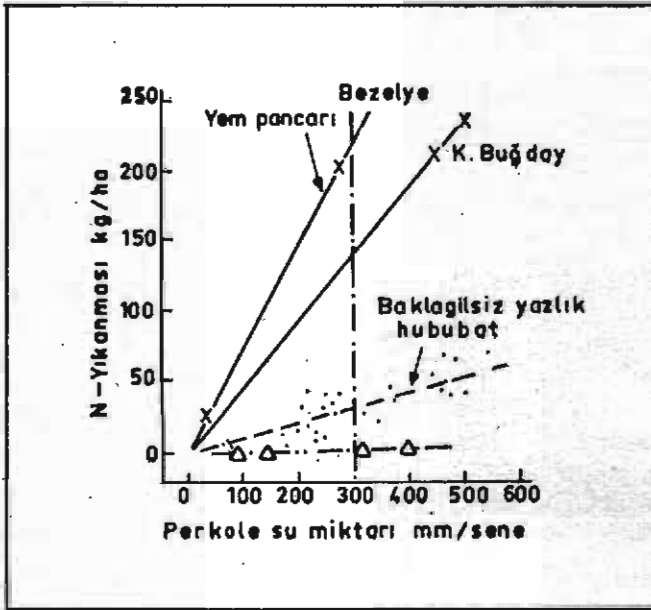
Baklagiller, kökleri yardımıyla havanın azotundan faydalanabilmeleri ve toprağı sık olarak örtmeleri gibi özellikleri nedeniyle nöbetleşe bitki ekiminde kıymetli bir temel ve ara bitkisidir.

Baklagillerin toprak verimliliğini arttırması onların, iyi bir ön bitki olma özelliğindedir. Bu özellikleri yalnızca azotça zengin kök artıkları ile toprakta kolayca hareketli hale geçen N-miktarını arttır-

malarından değildir. Köklerdeki azot bitki gelişmesini ve zamana bağlı olmadan bakteri faaliyetleriyle serbest bırakılır.

Bu durum tarımda özellikle sonbaharda, toprak ısı ve neminin bakteri faaliyetine uygun olduğu zamanda ortaya çıkar. Sonbaharda kültür bitkilerinin hasadından sonra toprakların boş olması veya gelişmekte olan bitkilerin azot gereksiniminin de düşük olmasından dolayı, bakteriler tarafından hare-

ketli duruma getirilen azot yıkanır. Kolenbrander (1971) (Czeratzki 1973) yıllık sızan su miktarının 300 mm olan Hollanda'nın bir bölgesinde yaptığı denemelerde şu sonuçları elde etmiştir. Bezelyenin ön bitki olarak ekildiği kışlık buğday tarlasında yıkanan N-miktarı 145 kg/ha olan değer, yem pancarında 225 kg/ha'ı bulmuştur. Buna karşılık yazlık hububatın ön bitki olarak ekilmesinde yıkanan N- miktarı 32 kg/ha'ı aşmamıştır.



Şekil 1 : Baklagil Bitkilerin N-Yıkanmasına etkisi

Aşağıda çizelge-2'de görüldüğü gibi gelişmekte olan üçgülle kaplı topraklarda, çayırda kaplı olana oranla 8-20 kez daha fazla azot yıkanması görülmüştür. Kurumuş üçgül köklerinin sürekli olarak azotu hareketli duruma getirmesi ve üçgülün azot gerek-

siniminin bitki kök bakterileri tarafından karşılanması bunda en büyük etken olmuştur. Üçgüllerin yeşil gübre olarak sürülmesinden sonra, bitki köklerindeki azotun hareketli duruma geçmesi yıkanmayı arttırır.

Çizelge 2: Çeşitli Bitki Örtüsünün Azot Yıkanmasına Etkisi.

YILLAR	Azot Yıkanması kg/ha		
	Beyaz üçgül	Çayır tilki kuyruğu	Nadas
1951 / 52	38	5,0	137
1952 / 53	27	1,8	114
1953 / 54	26	1,3	113
1954 / 55	60 (1)	3,9	105
1955	131 (2)	2,0	41
1) Üçgül Kurumuş	2) Üçgül Biçilmiş		

Tarımda ara bitkileri, toprağın bitki örtüsüz kalma süresini kısaltırlar. Böylece bitkilerin topraktan su ve bitki besin maddesi alma miktarları artmış ve besin maddelerinin yıkanmasında o ölçüde azalmış olur. Zira anız ve ara bitkilerin gelişmesi, toprağın mikrobiyolojik olarak aktif olduğu sonbahara rastlar. Toprağın sonbahar aktifliğine bitki köklerinin ve artıklarının ölmesi ve parçalanmaya başlaması, sonbaharda yağışların artması ve buharlaşmanında azalmasıyla toprak neminin ve ısısının oldukça yüksek olması neden olmaktadır. Pfaff (1950) kumlu topraklarda ara bitkisi olarak lahanaya türleriyle yaptığı denemelerde, azot yıkanmasının 60 kg/ha'dan 40 kg/

ha'a veya % 34 oranında azaldığını bulmuştur. Bununla birlikte ara bitkisinin azot gereksinimi, sonbahar aktifliğiyle serbest kalan azot miktarının gerisinde kalmaktadır.

Özellikle kışlayan ara bitkilerinin azot yıkanmasına etkisi büyük olmaktadır. Azot yıkanması kışlayan ara bitkileriyle 69 kg/ha'dan 24 kg/ha'a veya % 65 oranında azalmıştır. Wistinghausen'de (1971) kumlu topraklarda, ara bitkisiyle azot yıkanmasının azaldığını, buna karşılık tınlı topraklarda değişmediğini saptamıştır. Üçgülün ara bitkisi olduğu, 2 yıllık tarla denemelerinde elde edilen sonuçlar çizelge 3,teki gibidir.

Çizelge 3: Anızlı ara bitkisinde N-yıkanması.

Toprak	Anızlı Bitki Örtüsü	N-yıkanması (kg/ha)	Karşılaştırma
Kumlu	Bitki örtüsüz	113	% 100
	Ara Bitkisi	81	% 72
Tınlı	Bitki örtüsüz	7	% 100
	Ara Bitkisi	9	% 129

Neticelerin Pfaff'a (1950) göre farklı çıkması, üçgülün ara bitkisi olmasından ileri gelebilir. Üçgülün baklagil olmayan bitkilere oranla havanın azo-

tunu tutması, azotun yıkanmasında rol oymyabilir.

Nadaslı topraklarda, toprak yüzeyinin bitki örtüsüz olması nedeniyle

bitkilerin azota gereksinme duymamaları, organik artıkların çürüme ve parçalanmasıyla hareketli hale gelen azotun fazlaca yıkanmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bitkilerin su tüketiminin olmaması, yağışlarla birlikte derinlere sızan su miktarını ve buna

bağlı olarak N-yıkanmasını da artırmaktadır.

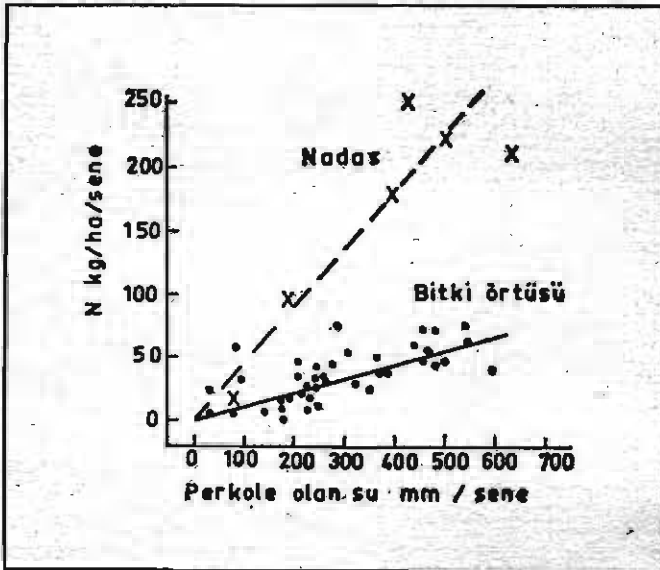
Çizelge 4'te görüldüğü gibi, azotun hareketli hale gelmesi ve perkole olan suyun artması, nadash tarlalarda azot yıkanmasını nöbetleşe ekime oranla 2-7 kat daha fazla artırmaktadır.

Çizelge 4: Nöbetleşe ekim ve nadasta azot yıkanması.

Toprak	Yer	Ekim şekli	N-yıkanması kg/ha	Faktör	Kaynak
Kum	Hohenheim tarla denemesi	Nöbetleşe	113	1	Wistinghausen (1971)
		Nadas	278	2,5	
Kum	Limburgerhof	Ekilmiş tarla	48	1	Pfaff (1953)
		Nadas	162	3,4	
Tın	Hohenheim tarla denemesi	Nöbetleşe	9	1	Wistinghausen (1971)
		Nadas	63	7,0	
Tın/Lös	Rausch Holzhausen	Hububat	23	1	Vömel (1972)
		Nadas	82	3,6	

Kolenbrander (1969) (Czeratzki 1973) Hollanda'daki lysimetre denemelerinde, lysimetreden sızan su ile N-yı-

kanması arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bunu bir grafik halinde vermiştir (Şekil. 2).



Şekil 2: Lysimetreden sızan su miktarı ile azot yıkanması arasında ilişki.

Bitki örtüsünün, bitki besin maddelerinin meyilli arazilerde yüzey sularıyla taşınmasına etkisini, Kuzey Almanya'nın tarım sahalarında yaptığı çeşitli parsel çalışmalarıyla Yüksel (1977) incelemiştir.

Bitki örtüsünün etkisini saptamak için, parsellerde bitkilerin çeşitli gelişme aşamalarını içeren deneme serileri yapılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir.

Meyille dik sürülmüş ve kesekli bir parselde, 18.0 mm'den başlayan ve günde 5 mm arttırılarak 38.1 mm'ye ulaşan yağmurlama miktarına karşın, parselde herhangi bir yüzey akışı saptanamamıştır.

Parselin tohum yatağı olarak hazırlanmasından sonra 13.2 mm olan yağmurlamada yüzey sularıyla, taşınan azot miktarı 2.84 g/100 m<sup>2</sup> olmasına karşılık; bu değer 41.0 mm'lik yağmurlamada 114.25 g'ı bulmuştur.

Yine aynı parselde 10-18 cm yüksekliği bulan ve meyile dik ekilmiş yulafı kaplı olduğu zamanda yapılan çalışmada 11.3 mm yle başlayan yağmurlamada taşınan azot miktarı 3.78 g/ 100 m<sup>2</sup> dir. Bu miktar 39.0 mm olan yağmurlamada 16.0 g olmaktadır. Her iki çalışmada da parselin tohum yatağı ve yeni büyüyen yulafı kaplı olması durumunda, yüzey akışları yağmurlamanın % 50 sine kadar ulaşmıştır. Bitki örtüsünün etkisi, yüzey sularıyla taşınan madde miktarında da kendini göstermiş ve taşınan azot miktarı 1/6 oranında azalmıştır.

Meyili % 16 olan ve 40-45 cm yüksekliği bulan, meyile dik ekilmiş bir yıl buğday ve bir yıl yulafı kaplı parselde yapılan denemelerde; yağmurlama-

nın 10 mm'den başlayıp 40 mm'yi bulmasına karşın, herhangi bir yüzey akışı ve bitki besin maddesi taşınması saptanamamıştır.

Bu denemelerin ışığı altında çevre sularının tarımsal gübrelemeyle kirlenmesi hakkında şunlar söylenebilir. Sonbahar, Kış ve İlkbaharda yağışlarla arazilerde ortaya çıkan yüzey akışları, çevre sularına doğrudan doğruya yetişirse; onların kirlenmesinde rol oynayabilir. Bu durum özellikle tohum yatağı hazırlandıktan ve gübreleme yapıldıktan sonra kendini gösterir. Zira yüzey akışları tarla yüzeyinden herhangi bir mukavemetle karşılaşmadıkları gibi, erozyon sularının içerdikleri bitki besin maddesi miktarında oldukça yüksektir.

% 24 eğimli çayır sahasında ilkbaharda yapılan çalışmada yüzey akışları olmasına karşın, bunların içerdikleri bitki besin maddesi, miktarı, yağmurlama sistemiyle verilen sudan daha azdır. Yazda doğru yapılan bir deneme serisinde yağmurlama miktarının 40 mm'ye yaklaşmasına karşılık, yüzey akışları görülmemiştir. Bu çalışmada sonucu şöyle özetlenebilir.

Yüzeyin çayır-mera ile kaplı olduğu bitki besin maddelerinin taşınmasına olanak vermemekle kalmamakta, aynı zamanda çevre sularının kirlenmesine engel olma yönünden, özellikle suların kenarındaki çayır-mera şeritleri yüksek seviyedeki tarım alanlarından taşınan bitki besin maddeleri içinde filtre görevini görmektedir. Tarım alanlarının bitki örtüsüz oluşu ve yağışların etkilerinin arttığı sonbahar, kış ve tohum yatağının hazırladığı ilkbahar aylarında bu önem daha da artmaktadır.

Löwe'de (1968) yaptığı çalışmalarda aynı şeyleri belirtmektedir.

*b) Toprağın Çeşidi, Geçirgenliği ve İçerdiği Nem Miktarı:*

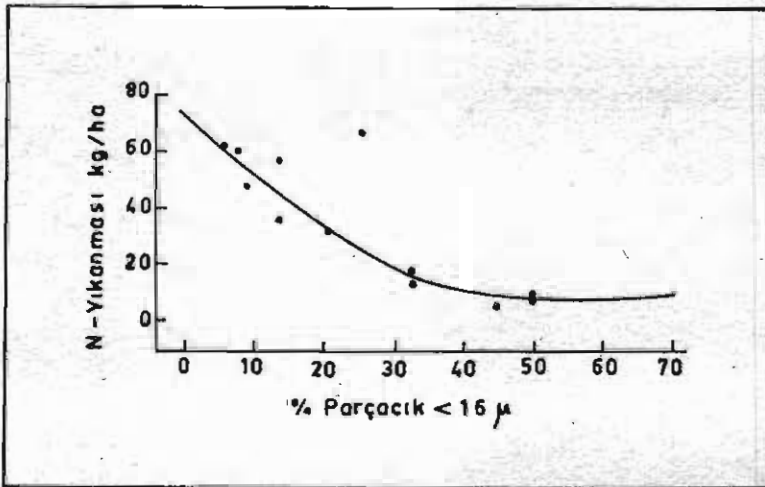
Toprak tiplerinin su depolama ve geçirgenlik yönünden oldukça farklılık göstermesi, derinlere sızan su miktarında olduğu gibi, yıkanan nitrat miktarında da farklılık göstermesine sebep olur. Vömel'in (1965/66) çalışmalarına göre, yıllık yağışın kumlu topraklarda % 49'u, tınlı topraklarda % 23-29'u ve killi topraklarda % 34'ü derinlere sızan su olarak saptanmıştır. Bu sızan suyun kumlu toprakta % 19'u, tınlı ve killi topraklarda % 13-17'si Mart-Haziran dönemine düşmektedir. Yıllık azot yıkanmasının % 50-70'i Ocaktan Nisana kadar, %15-35'i Temmuzdan Aralığa kadar ve %15-20'side Mayıs-Haziran devresine rastlamaktadır. Azot yıkanmasının sızan suyun miktarına bağlı oluşunu

ve yine en büyük değerinin bitkilerin faal olmadığı kış devresine rastladığını Pfaff (1968) bulmuştur.

Kumlu topraklarda derinlere sızan su miktarının fazla olması, diğer topraklara oranla yıkanan azot miktarında da kendini göstermektedir.

Birçok araştırmacının (Pfaff 1963, Vömel 1965/66, Hoffmann 1967, Wistinghausen 1971) lysimetrede yaptıkları deneme sonuçlarına göre, kumlu topraklarda ortalama azot yıkanması 55 kg/ha olmasına karşılık; tınlı ve killi topraklarda bu değer 21-26 kg/ha arasında kalmaktadır. Kumlu topraklarda N-yıkanması toprak tekstürü ve deneme yerine bağlı olarak, büyük farklılık göstermektedir.

Kolenbrand'er (1969) (Czeratzki 1973) Lysimetre deneme neticelerine göre yer çekimi ile N-yıkanması arasında bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir.



Şekil 3. Yer çekiminin N- yıkanmasına etkisi.

(Toprağı % 2 humuslu olan ve gübreleme yapılmayan lysimetrede)



Şekil 3'te de görüldüğü gibi, % 35'ten daha fazla 16 mikrondan küçük toprak zerrecikeri ve % 2'den fazla humus içeren toprakla dolu lysimetrede yapılan denemede, toprak tipinin azot yıkanmasına etkisinin olmadığı saptanmıştır. Tınlı ve killi topraklarda yıkanma 10 kg/ha dolayında olmasına karşın, bu değer kumlu topraklarda 60 kg/ha olmaktadır.

Yağışların başlangıcında topraktaki nem miktarı ile yüzey akışları ve bitki besin maddelerinin taşınması arasında doğru bir ilginin olduğu belirlenmiştir. Nemin fazla olduğu topraklarda, yüzey akışları daha erken ortaya çıkmakta ve fazla miktarda olmaktadır. Yüksel'in (1977) çalışmalarına göre, yüzey akışlarıyla taşınan azot miktarı arasındaki ilginin doğru olduğunu ve aynı zamanda yüzey akışlarının artışıyla,

sulardaki azot içeriğinin de azaldığı saptanmıştır.

#### c) Topraktaki Bitki Besin Maddesi Miktarı:

Mineral topraklarda yapılan ve elde edilen lysimetre sonuçları, topraktaki humusun azot yıkanmasına etkisini dolaylı olarak belirleyebilir.

Lysimetrelerde (organik) doğal gübrelerin azot yıkanmasına etkisi şöyle özetlenebilir. Baklagil ve baklagil olmayan bitkilerin kök ve hasat artıklarının çürüme ve parçalanmaya başlaması ve organik gübrelerinde ilavesiyle, bitki örtüsünün olmadığı yani bitkilerin su ve azot gereksiniminin olmadığı zamanda hareketli hale geçen azot yıkanır. Çizelge 5'de görüldüğü gibi, çiftlik gübreleri azot yıkanmasını yapay gübrelere oranla 2 katına yakın arttırmaktadırlar.

Çizelge 5: Çiftlik gübresinin azot yıkanmasına etkisi.

Toprak tipi	Deneme yeri	Gübre çeşidi	N-yıkanması (kg/ha)	Faktör	Kaynak
Kum	Limburgerhof	Suni	38	1	Pfaff 1963
		Çiftlik	51	1,3	" "
Kumlu tın	Zürich	Gübresiz	16	1	Vömel 1965/66 dan
		Şerbet	45	2,8	" "
Tın p <sup>H</sup> 4-6	Limburgerhof	Suni	20	1	Pfaff 1963
		Çiftlik	33	1,8	" "
Tın p <sup>H</sup> 7,3	Limburgerhof	Suni	24	1	Pfaff 1963
		Çiftlik	56	2,3	" "

Suni (yapay) gübrelerin N-yıkanmasına etkisi dolaylı ve dolaysız olarak ikiye ayrılır. Gübrenin dolaylı etkilerinden en önemlisi üretimin ve toprak verimliliğinin korunması ve artırılmasıdır. Bu koşullardan herhangi birinin

olmaması ekonomik ve iyi nitelikte tarımsal üretimin temeli olan; halkın gereksinimini karşılanmasına engel olur.

Yapay gübrelerin toprak verimliliğine ve bitkisel üretime etkisi uzun

zaman sürecinde devam eder. Bunun en önemli göstergesi gübreleme ile ürün ve verimin artması yanında, bitki kök ve diğer hasat artıklarının da artmasıdır. Böylece yıl içerisinde toprağın biyolojik aktifliğide yükselmiş olur.

Bunun kaçınılmaz yan etkisi olan ve toprağın tarımsal kullanımında hareketli hale geçen nitratin bir kısmının, toprağın bitki örtüsüz olduğu zamanda yıkanmasıdır. Tarımın sonucu olarak ortaya çıkan azot yıkanmasının bu kaynağı, gübrelemenin oldukça sınırlanması ile ve yıllar sonra ancak durdurulabilir. Ama bunun yanında unutulmaması gereken, tarımsal verimin düşmesiyle rüzgar ve su erozyonu tehlikesinin artmasıdır.

Kullanılan azotlu gübrelerin miktarı üzerine kitaplarda değişik sonuçlar bulunmaktadır. Bununla birlikte literatürdeki ortak taraf, kullanılan gübre miktarındaki artışla gübreleme mevsimindeki sızan suyun N-içeriği artmaktadır. Bu durum hiç olmazsa fazla gübre kullanılmasında ortaya çıkmaktadır.

Schroeder'in (1976) St. Arnold büyük lysimetre tesislerinde-yaptığı deneylerde; gübrelenen parsellerden sızan sulardaki azot miktarı gübrelenmeyen parsellerin birkaç katı daha fazla olduğu saptanmıştır.

Pfaff (1963) 7 yılda ve kullanılan gübre miktarının arttırması ve nöbetleşe ekimle (erken patates-yazlık mısır ve çavdar-yazlık kolza ile) yaptığı deneylerde şu sonuçları almıştır.

Çizelge 6: Kullanılan azotlu gübre miktarının, N-yıkanmasına etkisi.

Kullanılan N-miktarı kg/ha	N-yıkanması (kg/ha)	
	Kumlu topraklar	Tınlı topraklar
0	39	22
80	37	21
160	44	24
240	55	36
320	72	53

Vömel'de (1972) tınlı topraklarda 15N kullanılmasıyla yaptığı araştırmada aynı neticeyi elde etmiştir. Kretschmar (1964) kullanılan azot miktarının 200 kg/ha'ı bulduğu tınlı topraklarda, kullanılan gübrenin % 3-6'sını toprağın 50 cm derinliğinde tekrar bulmuştur.

Çeşitli azotlu gübrelerin yıkanmaya etkisini Pfaff (1963) kumlu topraklar üzerinde incelemiş ve 80 kg/ha'lık

gübrelemenin bir etkisini görememiştir. Pfaff'ın neticeleri çizelge 7'de görülmektedir.

Azotlu gübrelerin verilmesinden hemen sonra, fazla yağışlarda azotlu gübre çeşitleri aşağıdaki sıraya göre yıkanılır.

Sodyum ve kalsiyum nitrat > Kalsiyum - amonyum nitrat ve nitrofoska > şerbet > Amonyum sülfat > Kireçli azot gübresi (Pfaff 1950). Bu

Cizelge 7: Azotlu gübre çeşitlerinin N-yıkanmasına etkisi.

Toprak Çeşidi	Azot Yıkanması kg/ha					
	Azotsuz	Kireçli Azot	Amonyum Sülfat	Kalsiyum Amonyum nitrat	Sodyum nitrat	Nitrofoska
Kum	53	—	56	—	59	—
Tın	48	56	56	55	—	55

farklılık uzun süreli lysimetre deneme sonuçlarına göre gittikçe azalmakta ve amonyum sülfatla sodyum nitrat arasında da fark kalmamaktadır. Buna neden olarak doğal olmayan toprak doldurma gösterilmektedir. Uzun yıllar sonunda lysimetrelerde karşılaştırılabilecek değerler elde edilebilmektedir.

Gübreleme zamanında N-yıkanmasıyla yakın ilişkisi olduğu ideri sürülmektedir. Kış aylarında sızan su ile N-yıkanmasının yükselmesi, sonbahar ve kış gübrelemesinin bir neticesi olarak görülmektedir. Gliemeroth (1959) sonbahar gübrelemesi yapılan tınlı lös topraklarda, kolay çözülebilir azotlu gübrelerin toprağın 20-60 cm derinliğine kadar indiklerini saptamıştır. Gübrelerin zor çözülebilir tiplerinde bu taşınma, sonbahardaki toprak aktifliğine bağlı olarak nitrata dönüşen azotlu gübre miktarına bağlıdır.

Wistinghausen'in (1971) belirttiği gibi killi topraklarda meydana gelen çatlaklar, derinlere sızan suya su yolu olarak görev yapmasından dolayı; N-yıkanmasında büyük rol oynarlar. Kolenbrander'in (1969) (Czeratzki 1973) bulduğu ve şekil 4'te de görüldüğü gibi, sonbahar ve kış gübrelemesinden sonra çayır-mera sahasında bile N-yıkanmasının arttığı görülmüştür. Bu değer yaklaşık olarak gübre miktarının % 40'ına kadar çıkabilmektedir.

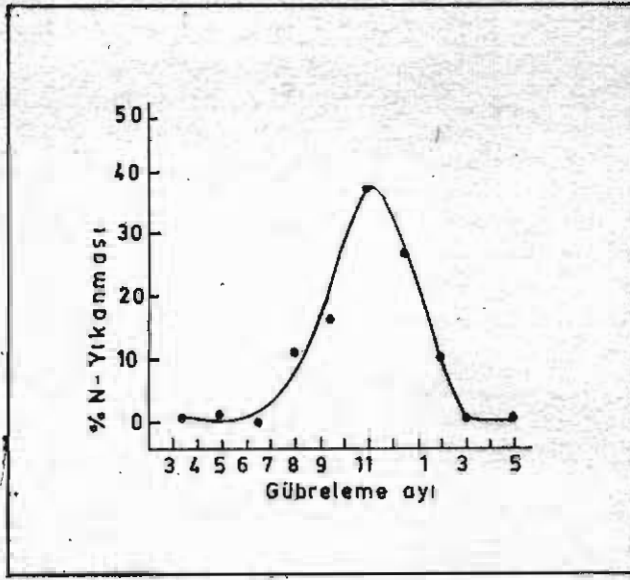
Sonbahar ve ilkbaharda yapılan gübrelemelerin karşılaştırmasını yazlık buğdaylarda inceleyen Köhnelein (1972) sonbaharda yapılan gübrelemeyle azot-taki yıkanmanın fazla olacağını göstermiştir.

Kış yağışlarının yüksekliği ve hububat verimi arasındaki ters bağıntıyı Judel-Kürten (1969)'da saptanmıştır.

İlkbahar gübrelemesinden hemen sonra bitkilerin su ve besin maddesine gereksinme duymaları, yüksek N-gübrelemesinde bile yıkanmanın önüne geçebilmektedir. Vömel'in (1970) çalışmalarına göre, tınlı topraklarda ilkbaharda atılan gübrenin yalnız % 6'sı toprak işleme derinliğinin altına taşınmış ve bunda % 10-20'si tekrar evapotranspirasyonla üst kısma geri dönmüştür.

Wistinghausen'e (1971) göre, ilkbahar N-gübrelemesinde işlenen toprakta genellikle 2-4 hafta içinde azot hareketli olmaktan çıkmakta ve böylece alt toprak tabakalarına taşınması önlenmektedir. Sonradan tekrar hareketli hale geçerek (remobilisierung) bitkilerin kullanmasına uygun duruma gelir.

Gübreleme zamanı ve azot yıkanması arasındaki ilişki organik gübrelerin içerdiği N-için de geçerlidir. Son-



Şekil 4: Kumlu Topraklarda N- yıkanması  
(Çayır-mera sahasında ve gübrelemenin % si olarak)

bahar ve kışın gübrenin atılmasıyla, sürekli olarak mineralleşme ile hareketli hale gelen azotun yıkanma kayıpları gözönünde bulundurulmalıdır.

Seelhorst'un (1913) baklagillerle yaptığı yeşil gübre denemesine göre, sonbaharda yapılan sürümle azot yıkanmasının % 74 olduğu saptanmıştır. Yalnız toplam azotun % 14'ü arkadan gelen bitkiler tarafından kullanılabilmiştir. Yeşil gübrelemede sürüm ilkbaharda yapılırsa, azottan faydalanma % 26'ya yükselmekte ve yıkanmada % 34'e düşmektedir.

**Denitrifikasyon:** Azotun topraktan kaybına neden olan etmenlerin başta gelenleri; derinlere sızan sularla azotun yıkanması ve erozyon sularıyla taşınması olmakla birlikte, yalnız bunlar değildir. Azot aynı zamanda gaz şekline dönüşerek kaybolur ve buna denitrifikasyon denir. S. S. S. A.'ya (Soil

Science Society of America) göre; azotun nitrat, nitrit formundan biyolojik etmenlerin yardımıyla, gaz şeklinde molekül azota dönüşmesi denitrifikasyon olarak tanımlanmaktadır.

Yeni açıklamalara göre denitrifikasyon aşağıdaki aşamalarda olmaktadır.

Nitrat → nitrit → azot monoksit  
→ molekül azot (gaz)

Denitrifikasyon anaerob (havasız) koşullarda olduğundan, toprağa oksijen girişini azaltan bütün fiziksel etkenler tarafından hızlandırılır. Toprağın havası geçici olarak fazla sudan, toprak tabakalarındaki sertleşmeden ve ağır topraklarda uygun olmayan yapıdan dolayı azalır.

Denitrifikasyon hızı topraktaki nitrat ve organik madde miktarına toprağın nem ve ısısına bağlı olarak değişir.

Bu koşullar oldukça hızlı değişikliğe uğrarlar ve bunların bir araya gelmesine bağlı olarak, denitrifikasyon oldukça farklı olarak meydana çıkabilir.

Vömel (1970) küçük lysimetrelerle yaptığı çalışmalarda kullandığı  $15N$ 'un % 9-20'sini tekrar bulamamıştır. Yıkanan azota göre oldukça fazla olan bu bulunamayan kısım, araştırmacı tarafından atmosfere olan kayıp olarak belirlenmiştir.

Wistinghausen'de (1971) aynı şekilde saksı denemelerinde denitrifikasyonun oksijen eksikliği ve toprak suyuna bağlı olduğunu kanıtlamıştır. En yüksek azot kaybı oksijen azlığı ve fazla toprak neminde olmuştur.  $15N$  denemelerinde nitratin hareketli olmayan amonyak formuna dönüştüğü saptanmış olup, bunlarında bir kısmı kaybolmaktadır. Kayıplar verilen azotun % 30'u kadar olabilmektedir.

Çeşitli araştırmacıların N-yıkama-sıyla ilgili sonuçları karşılaştırdığımızda, denitrifikasyona etki eden faktörlerin çok hızlı değiştiğini kanıtlamaktadır. Buda nicel olarak gaz şeklindeki azot kaybını belirlemeyi zorlaştırmaktadır.

Atmofere olan N-kayıpları iyi havalandırılan topraklarda önemli olmayan değerlere ulaşmasına karşın; fiziksel yapısı iyi olmayan topraklarda denitrifikasyonla azot kaybı büyük değerlere ulaşabilir. Toprak tipleri arasındaki fiziksel farklılık, topraklar arasındaki farklı N-yıkama-sını büyük ölçüde açıklayabilir.

Aynı topraklardaki tarla ve çayır-mera sahalarından, çayır-mera toprağının havalandırılması daha kötüdür, bundan dolayı çayır-merada denitrifikasyonun kaybının daha çok olması gerekir. Çayır-mera ve tarla toprakları arasında yıkanan azot miktarının farklı olması, denitrifikasyonla açıklanabilir.

Denitrifikasyonun kök bölgesinden uzaklaşarak yararlanılamayan N-kaynağı olmasının yanında, önemli ve faydalı rolü derinlere sızan suyun taban suyuna karışması sırasında oynar.

Höll'e (1963) göre, derin olmayan kuyu suları toprağın nitrifikasyon bölgesi yakınında olmaları nedeniyle, fazla miktarda nitrat içerebilirler. Bunun yanında bitki örtüsünde de bazı belirli türlerin, örneğin çam ormanında gübreleme olmadanda içme sularındaki nitratı arttırdıkları saptanmıştır. Wistinghausen (1971) yoğun gübrelenmiş tarladan aldığı toprak sütunlarla yaptığı sızma denemelerinde, anaerob koşullarda 9-10 gün içerisinde önemli nitrat kayıplarının olduğunu saptamıştır.

Schulz'un (1970) Aachen civarında 2 orman kaynağı ve Aachen havzasındaki sızan su kaynağında yaptığı suların kimyasal yapısı ve özellikle nitrat miktarı üzerindeki karşılaştırmalı denemelerinde elde ettiği neticelere göre; havza sızan su kaynaklarının nitrat içeriği 10-100 mg/l arasında olmasına karşılık kaynak sularının nitrat içeriğinin 5-15 mg/l arasında değiştiğini saptamıştır. Aynı şekilde laboratuvar lysimetre denemelerinde de sızan sudaki nitrat miktarının azaldığı saptanmıştır. Bununla birlikte bu azalma, suyun kireçli tabakalardan geçmesi durumunda görülmektedir. Schulz bunu nitratla sızan suyun içerdiği organik maddelerin karşılıklı birbirlerini denitrifikasyonla parçalamalarına bağlamaktadır. Bunda kirecin rol oynadığını belirtmekte ve oluşan karbonik asitin bağlanmasının denge durumuyla yüksek nitrat içeriğini önlediğini bildirmektedir.

191

## SONUÇLAR :

Yukarıda açıklanan deneme sonuçlarını aşağıdaki noktalarda toplayabiliriz.

1°) Azot yıkanması yıllık sızan su miktarına paralel ve karakteristik olarak kışın yüksek ve yazında en düşük değerleri almaktadır. Orta Avrupa'nın iklim toprak ve bitki yetiştirme koşullarında azot kış yarı yılında 2/3 ve yaz yarı yılında 1/3 oranında yıkanmaktadır.

Azotun kayıp yollarından bir diğeri de erozyon sularıyla taşınmasıdır. Burada da yüzey sularının miktarına bağımlı olarak en yüksek değerini, kışın ve özellikle bitkilerin ekilmesi ve gübrelenmesinden sonra erken ilkbaharda bulan azot taşınması; yağış ve bitki örtüsünün yanında hava ısısında da bağılı olarak yazı doğru azalır.

2°) Azot kaybında etkisi olan etkenler yağışın miktarı, dağılışı ve hızından sonra ağırlıklarına göre aşağıdaki sıraya göre dizilirler

Bitki örtüsünün çeşidi ve sürekliliği > toprak tipi > toprakta bitki besin maddesi ve organik miktarı > suni gübreleme.

3°) Bitki örtüsünün N-kaybına etkisi doğrudan doğruya bitkinin gelişme zamanı ile ilgilidir. Bu zaman ne kadar uzunsa, yıkanma ve taşınmada o kadar azdır. Bu nedenle yoğun N-gübrelenmesi yapılan sürekli çayır-meralarda N-yıkanması tarlalara göre 1/10 oranında olmaktadır.

Tarlalardaki fazla N-kaybı bitki örtüsünün sürekli olmamasına dayanmakta ve bu zamanda nitratin sürekli hareketli hale geçmesine karşılık; bitki

örtüsünün olmaması nedeniyle su ve azotun bitkiler tarafından kullanılmamasıdır.

Özellikle toprağın sonbahardaki biyolojik aktifliğiyle nitratin sızan su devresi öncesinde ortaya çıkması N-yıkanmasını oldukça arttırmaktadır. Sonbaharda yapılan ekimle veya kışlayan ara bitkilerini bu devrede hareketli duruma gelen nitrattan faydalanmalarıyla, azot kaybı azalmış olur.

4°) Azot yıkanmasında bitki örtüsünün önemi nadasın etkisiyle daha da belirgenleşir, zira gübrelenmeyen nadaslı topraklardaki N-yıkanması tarlalara oranla kat kat fazladır.

5°) Azot yıkanmasında toprak tipinin etkisi geniş ölçüde suyun hareketine özellikle toprağın su geçirgenliğine bağlıdır. Toprağın bünyesinin yanında toprak yapısında su geçirgenliğini etkiler, bundan dolayı killi topraklarda yapı oluş derecesi azot yıkanmasında önemli rol oynar. Bununla birlikte su geçirgenliği ve toprak yapısının N-yıkanmasına etkisi daha çok az tanınmaktadır.

6°) Toprağın depoladığı humus ve azot miktarı, toprak verimliliğinin taşıyıcısı olarak kabul edilmekte ve bundan dolayı onun tanınmasına hizmet etmektedir. Lysimetre denemelerinin gösterdiği gibi, bunlar kısmen çok zor parçalanabilen organik toprak kısmını oluşturmakta ve N-yıkanmasında hiç kurumayan kaynak görevini yapmakta ve sızan sudaki azotun büyük kısmını artırdığını gösteren pek az lysimetre deneme neticesi elde bulunmaktadır.

7°) Lysimetre ve tarla denemelerinden çıkarılan sonuçlara göre; sonbaharda yapılan azot gübrelmesi, bu devrede bitki örtüsünün olmayışı veya bitki örtüsünün durgunluğa girmesi ve buna paralel olarak sızan su ile erozyon sularının ortaya çıktığı devrenin gelmesi ve azot kaybında bunlarla yakın ilgisi dolayısıyla, bu gübreleme devresinde azot büyük bir yıkanma tehlikesi altında bulunur. N-kayıpları çayırmerada sonbahar gübrelmesinin % 40'ına varan bir değere ulaşmaktadır. Tarım alanlarında hafif topraklarda ve kışları yağışlı bölgelerde, sonbahar gübrelmesinde azotun yıkanması nedeniyle ilkbahar gübrelmesine karşın etkisinin % 50 azalacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

8°) Denitrifikasyon topraktan azot kayıplarının diğer bir kaynağıdır. Yapılan denemelerde lysimetrelerdeki iyi havalandırma koşulları nedeniyle araştırmacılar tarafından denitrifikasyonun topraktan azot kaybına etkisinin az olduğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte iyi havalandırılmayan topraklarda denitrifikasyon kayıpları yıkanma kayıplarına yaklaşabilir veya bazanda aşılabirler.

9°) Lysimetrelerdeki bazı sınırlamalar ve lysimetrelerin bazı özelliklerine

karşın, gübreleme pratiği ile ilgili sonuçları çıkarmak mümkündür. Bu sonuçlar nicelik yönünden koşullar uygun olmasada, azot yıkanmasının genel eğilimini vermektedir.

Azot kayıpları ve taban suyunun kirlenmesi azot yıkanmasının iki farklı yönü olmakla birlikte benzer sorunlardır. Her iki sorunda aynı yöntemlere dayanan neticelerle meydana çıkmaktadır.

a) Azot gübrelenmesi şimdye kardan daha fazla önemsenerek, toprakta alınmaya hazır bulunan azot miktarına ve bitkilerin gerçek gereksinmelerine uygun olmalıdır. Bu görüş açısına göre gübre kullanma eğilimi arttıkça daha fazla dikkat edilmelidir.

b) N-gübrelmesi Kasım - Mart döneminde 150 mm'den fazla yağış beklenen yerlerde yapılmamalıdır. Ama gerekirse sonbahar ekiminin gereksinimi için don devresinin gelişine göre ayarlama yapılmalıdır.

c) Gübrelenmenin bölünmüş olarak yapılması özellikle yıkanma tehlikesinin fazla- olduğu hafif topraklarda daha fazla teşvik edilmelidir.

#### YARARLANILAN KAYNAKLAR:

Czeratzki, W.: 1963 Einige Ergebnisse über Einfluss von Untergrundlockerung, Herstdüngung und Saatbetbereitung auf den Rübenentrag. Zucker 16. S. 421-426.

Czeratzki, W.: 1973 Die Stickstoffauswaschung in der ladw. Pflanzenp-

roduktion. Landbauforschung Völknerode J. 23. S. 1-18.

Gliemeroth, G.: 1959 Stickstoffverlagerung über Winter in Abhängigkeit von der Wasserführung eines Lösslehmobodens. Z. Acker. U. Pflanzenbau 107- S. 129-146.

- Hoffmann, G.: 1967 Die Versickerung von Wasser u. Naehrstoffen in drei verschiedenen Bodenarten nach Messungen am lysimeter der des Agrikulturchemischen Instituts Weinhenstephan. Bayer, Landw, Jahrb, Sonderheft 3/44 S. 258-263.
- Höll, K.: 1963 Chemische Untersuchungen von Lysimeter - Abläufen aus gewachsenen Böden bestimmter Pflanzengesellschaften, Vom Wasser 30. S. 65-80.
- Judel, G. K.- Kürten P. W.: 1969 Ertrag, Stickstoffverlagerung u. Stickstoffzüge von Sommergerste u. Hafer in Abhängigkeit von Winter- u. Frühjahrniederschlägen. Z. Acker u. Pflanzenbau 130. S. 154-167.
- Klett M. Koepf H.: 1965 Der Einfluss von Boden u. Bodennutzung auf den Nitrat Stickstoffgehalt von Ursprungsgewässern. Z. Pflanzener. Düng Bodenkd. 111 S.188-197.
- Köhnlein, J.: 1972 Einfluss der winterlichen Stickstoffauswaschung auf die Stickstoffversorgung des Getreides. Lanw. Forsch. Bd. 25 S. 1-15.
- Kretschmar, R.: 1964 Untersuchungen über die Verlagerung von Ammonium - Nitrat - Chlorid- u. Sulfationen im Boden der Niederterrasse des Rheins bei Bonn- u: ihr Abwandern in tiefere Bodenschichten Diss. Bonn.
- Pfaff, C.: 1950 Lysimeterversuche. Z. Pflanzener. Düng. u. Bodenkd 48 S. 93-118.
- Pfaff, C.: 1963 Das Verhalten des Stickstoffs im Boden nach langjaehrigen lysimeterversuchen. Z. Acker u. Pflanzenbau 117 S. 77-99.
- Schroeder, M.: 1976 Grundsatzliches Zum Einsatz von lysimetern. D. Gewaesserkundl. Mitt. 20 S. 8-13.
- Schulz, H. D.: 1970 Chemische Vorgaenge beim Übergang von Sickerwasser Zum Grundwasser. Diss Aachen.
- Seelhorst, D. Von: 1913 Der Verbleib des Gründungsstickstoff im Sandboden. Arbeiten d. DLG.H. 241.
- Troeder, D.: 1976 Grundwasser - Qualitaet als Teilfrage des Gebietswasserhaushaltes in einer Jungmoränenlandschaft Ostholsteins. Diss, Kiel.
- Vömel, A.: 1965-66 Der Versuch einer Naehrstoffbilanz am Beispiel verschiedener lysimeterböden. Z. Acker u. Pflanzenbau 123 S. 155-188.
- Vömel, A.: 1970 Naehrstoffeinwaschung in den Unterboden u. Düngerstickstoffumsatz. dargestellt an klein Lysimeterversuchen. Z. Acker. u. Pflanzenbau 132 S. 207-226.
- Wistinghausen. E. Von: 1971 Die Verlagerung von Nitrat u. anderen Ionen in Böden u. die Wirkung der Bewirtschaftung auf diesen Vorgang. Diss. Hohenheim.
- Yüksel, A. N.: 1977 Untersuchungen der Wassererosion im Raume der Schleswig - Holsteinischen Hügellandschaft im Hinblick auf die Abschwemmung und die Kernnaehrstoffschwemmung mit Hilfe einer Beregnungsanlage. Diss. Kiel.