

TOPRAKTAN AMONYAK UÇMASI: DENGE İLE İLGİLİ HUSUSLAR (1)

Çeviren: M. Turgut SAĞLAM (2)

Ö Z E T

Topraklardan ortaya çıkan amonyak uçması, sistemin özelliklerinin bir fonksiyonu olarak teorik ve deneysel yollarla analiz edilmiştir. Toprak tarafından tutulan nihai amonyum konsantrasyonu; hidrojen iyon aktivitesi, başlangıçtaki amonyum konsantrasyonu ve havadaki kısmi amonyak basıncına bağlı olarak artmaktadır. Toprağın tamponluk kapasitesindeki bir artış ise, nihai amonyum konsantrasyonunda bir azalmaya yol açmaktadır.

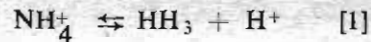
Uygulanan işlemler esnasında, ölçülerek ve hesaplanarak bulunan NH_3 ve NH_4^+ konsantrasyonları arasında yakın ilişkiler elde edilmiştir.

Toprağın tamponluk kapasitesinin yüksek veya topraktaki amonyum konsantrasyonunun düşük olduğu hallerde, uçan amonyak miktarı üzerindeki etkili faktör toprak pH'sı olmaktadır. pH değerinin ve başlangıçtaki amonyum konsantrasyonunun yüksek olması durumunda ise, reaksiyonu kontrol eden en önemli etken toprağın tamponluk kapasitesidir.

GİRİŞ

Kireçli topraklara amonyaklı gübrelere ilave edildiği takdirde, amonyanın önemli bir kısmı uçmaktadır (1, 2, 5). Bu gibi kayıplar ekonomik yönden önemli olduğu gibi, çevredeki suların da azot yönünden zenginleşmesine yol açabilmektedir (6). Amonyak, NH_4^+ iyo-

nunun NH_3 ve H^+ ne ayrışması nedeniyle uçmaktadır;



Benzer şekilde, amonyak uçmasının daha ziyade alkalın topraklarda ortaya çıktığı birçok araştırmacı tarafından tes-

(1) Avnimelech, Y., M. Laher, 1977. Ammonia volatilization from soils: Equilibrium considerations. Soil Sci. Soc. Amer. Jour. 41: 1080-1084.

(2) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak İlimi Bölümü Öğretim Üyesi.

pit edilmiştir. Du Plessis ve Kroontje (9), [1] numaralı eşitliği kullanarak uçan amonyak miktarını tahmin etmeyi denemişlerdir. Ancak, tahmin edilen değerlerin, bulunan gerçek değerlerden altı defa daha az oluşu görülmüştür. pH değerine ilaveten, diğer toprak özellikleri de, uçan amonyak miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Gasser (3) e göre, en önemli faktör katyon değişim kapasitesidir. Diğer araştırmacılar (7, 8) ise, amonyum kayıplarını etkileyen en önemli faktörün karbonatlar olduğunu bulmuşlardır.

Ortamın asitleşmesine yol açan denge durumuna erişilmesi, işlemin ilginç bir özelliğidir. [1] numaralı eşitlikte de açıklandığı gibi, NH_3 'e çevrilen her NH_4^+ iyonu için bir H^+ iyonu açığa çıkmaktadır. Bu nedenle, işlemin ilerlemesi ile NH_3 miktarı azalmakta ve ortam asitleşmektedir. Ortamın asit-

leşme oranı, başlangıç ve nihai amonyum konsantrasyonu ile ortamın tamponluk kapasitesine bağlı bulunmaktadır.

Bu mekanizma hem pratik ve hem de teorik yönden önemli olabilir. Örneğin, ince zerreler halinde toprağa püskürtülen amonyaklı gübrelere uçacak olan amonyanın, aynı gübrenin granüller veya büyük damlalar halinde tatbiki durumuna göre daha fazla olması beklenilebilmektedir. İkinci tatbiki durumunda, amonyanın bir kısmı uçacak ve sadece tatbik bölgesi yakınındaki toprağın asitleşmesi nedeniyle, işlem yavaşlatılmış olacaktır. Gübrelere ince zerreler halinde dağıtılması durumunda, bu koruyucu mekanizma daha az etkilidir.

Bu yazıda, amonyak uçuşmasının ne miktarda olabileceği üzerinde durulmaktadır.

TEORİ

Denge Durumu

Burada verilen ve amonyak uçuşması ile ilgili denge durumunu gösteren model, aşağıdaki önyargılara dayanmaktadır.

a-) Toprak üzerindeki atmosferde mevcut amonyanın buhar basıncı (P_a) sabittir.

b-) Henry (4) kanununa göre, toprak çözeltisinde çözünen amonyak;

$$[\text{NH}_3] = K P_a \quad [2]$$

Bu eşitlikte: $[\text{NH}_3]$, çözeltideki amonyak konsantrasyonunu; K , oranlı katsayısını ve P_a da, havadaki kısmi amonyak basıncını göstermektedir.

c-) Dikkate alınan sınırlar içerisinde, toprağın tamponluk eğrisini belirlemek üzere doğrusal bir ilişki kullanılabilir.

$$B = \frac{\Delta(\text{H}^+)}{\Delta A} \quad [3]$$

Bu eşitlikte, B , tamponluk faktörünü; ΔA , ilave edilen asit miktarını (mol/lit.); $\Delta(\text{H}^+)$ da hidrojen iyon aktivitesinde meydana gelen değişiklikleri (mol/lit.) göstermektedir. Toprağın tamponluk gücü sonsuza doğru arttığı zaman, B sıfıra erişir. Tamponluk gücü olmayan bir sistemde ise, B bir olur.

d-) NH_4^+ 'un ayrışması aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\frac{[\text{NH}_4^+] [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_b = 1.8 \times 10^{-5} \quad [4]$$

e-) NH_4^+ 'un ayrışması ile birlikte bir H^+ açığa çıkar

$(\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+)$. İlave edilen asidin miktarı;

$$\Delta A = [\text{NH}_4^+]_o - [\text{NH}_4^+]_f = \Delta [\text{NH}_4^+] \quad [5]$$

veya NH_4^+ 'un adsorbsiyona uğradığı durumlarda,

$$\Delta A = [\text{NH}_4^+]_o + [\overline{\text{NH}}_4^+]_o - [\text{NH}_4^+]_f - [\overline{\text{NH}}_4^+]_f \quad [5']$$

$[\text{NH}_4^+]_o$ ve $[\text{NH}_4^+]_f$, sırasıyla tatbikten hemen sonra ve denge durumundaki toprak çözeltilisinde mevcut amonyum konsantrasyonunu; $[\overline{\text{NH}}_4^+]_o$ ve $[\overline{\text{NH}}_4^+]_f$ de, adsorbe edilen amonyum iyonlarının ekivalant miktarlarını göstermektedir. Kolaylık olması bakımından, kullanılan bütün birimlerin aynı olması gerekmektedir (örneğin, mol/cm³ toprak).

f-) İşlemleri basitleştirmek için, daha sonra yapılacak tartışma sırasında aktivite katsayıları bir olarak kabul edilecektir. Bununla beraber, gerekli olan düzeltme işlemleri ilerde yapılacaktır.

Hesaplama

[4] numaralı eşitlik yardımıyla, topraktaki NH_4^+ iyonları konsantrasyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$[\text{NH}_4^+]_f = K_b \frac{[\text{NH}_3]_f}{[\text{OH}^-]_f} = \frac{K_b}{K_w} [\text{NH}_3]_f [\text{H}^+]_f \quad [6]$$

Bu eşitlikte; K_w , suyun ayrışma sabitesini göstermektedir $[10^{-14}]$.

$$[\text{NH}_3]_f = K [P_a] \quad [7]$$

Bu eşitlikteki iki bağımsız değişken aşağıdaki gibi verilebilir.

[3] ve [5] numaralı eşitliklerden,

$$[\text{H}^+]_f = [\text{H}^+]_o + B (\Delta A) = [\text{H}^+]_o + B \left([\text{NH}_4^+]_o - [\text{NH}_4^+]_f \right) \quad [8]$$

veya NH_4^+ 'un absorbe edilmesi halinde,

$$[\text{H}^+]_f = [\text{H}^+]_o + B \left([\text{NH}_4^+]_o + [\text{NH}_4^+]_f - [\text{NH}_4^+]_f - [\text{NH}_4^+]_f \right) \quad [8a]$$

(7) ve (8) numaralı eşitlikler, (6) numaralı eşitlikte yerine konursa, aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$[\text{NH}_4^+]_f = \frac{C \left([\text{H}^+]_o + B [\text{NH}_4^+]_o \right)}{1 + CB} \quad [9]$$

veya [7], [8a] ve [6] numaralı eşitliklerden,

$$(1 + CB) [\text{NH}_4^+]_f + CB [\text{NH}_4^+]_f = C [\text{H}^+]_o + CB \left([\text{NH}_4^+]_o + [\text{NH}_4^+]_f \right) \quad [9a]$$

Burada $C = \frac{K_b}{K_w}$ K. Pa dır.

İşlemin Dengede Olmama Durumunun Özellikleri

Aşağıda verilen eşitliklerin çıkarılmasında, sadece iki önyargı kullanılmıştır. Bunlar; 1-) NH_4^+ , NH_3 ve

H^+ ne ayrışır, 2-) tamponluk eğrisi belirli sınırlar içerisinde doğrusal bir durum gösterir.

[4] numaralı eşitliğin değiştirilmesi ve [8] numaralı eşitlikte yerine konulması ile aşağıdaki eşitlik elde edilir. Eşitlikteki t, herhangi bir zamandaki konsantrasyonu ifade eder.

$$[\text{NH}_3]_t = [\text{NH}_4]_t \frac{K_w/K_b}{[\text{H}^+]_o + B \left([\text{NH}_4]_o - [\text{NH}_4]_t \right)} \quad [10]$$

[10] numaralı eşitlik doğrusal hale getirilebilir.

$$\frac{1}{[\text{NH}_3]_t} = - \frac{B}{K_w/K_b} + \frac{[\text{H}^+]_o + B [\text{NH}_4]_o}{K_w/K_b} \cdot \frac{1}{[\text{NH}_4]_t} \quad [11]$$

Bu suretle; NH_3 konsantrasyonu NH_4 konsantrasyonuna karşı grafiklendirilirse, eğimi $[\text{H}^+]_o + B [\text{NH}_4]_o / (K_w /$

$K_b)$ ve dikey eksen kesim noktası da $-B / (K_w / K_b)$ olan bir doğru elde edilir.

DENEME

Kum'dan Uçan NH_3 Üzerine Tamponluk Kapasitesinin Etkisi

Asitle yıkandıktan sonra nötralize edilmiş kum ile pH değeri 8.26'ya

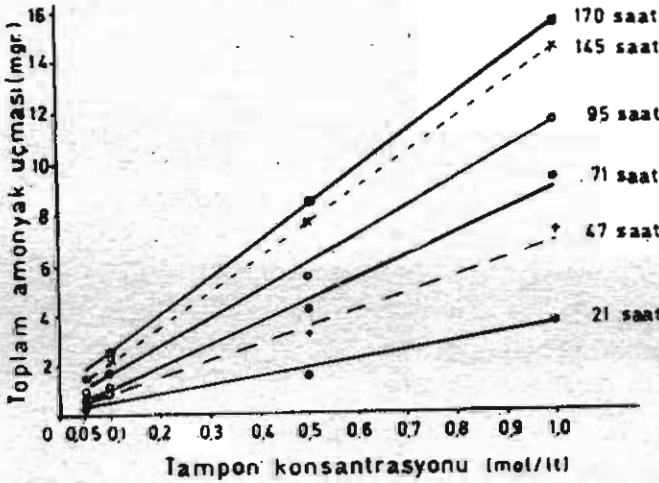
ayarlanan Tris (hydroxymethyl) - aminomethane tampon'unun değişik konsantrasyonlarının karıştırılması suretiyle, farklı tamponluk kapasitesine

sahip kum'lar hazırlanmıştır. Tampon konsantrasyonları 0.05, 0.1, ve 1.0 mol/lt. dir.

Toprak - tampon karışımları, iç çapı 18 cm. olan ve sıkıca kapanabilen plastik kaplara konmuştur. % 20'lik NH_4NO_3 çözeltisinden 10 ml. alınarak kum'un yüzeyine püskürtülmüştür. 10 ml. % 4'lük H_3BO_3 ihtiva eden bir erlanmayer, bir boru yardımıyla plastik kap'ın dip kısmı ile irtibatlandırılmıştır. Asit tarafından absorbe edilen amonyağı tayin için, erlanmayer belirli aralıklarla değiştirilmiş ve bu esnada hava ile temasın çok kısa olmasına dikkat edilmiştir.

İlk 3-4 günlük sürede ortaya çıkan amonyak uçuşması doğrusal bir durum göstermiş ve daha sonra uçuşma oranı azalmıştır. Denemenin başlangıcından sonra geçen 24 saatlik sürede, sistemin henüz denge durumuna erişmediği görülmüştür.

Denemenin ilk gününde uçan NH_3 ile tampon konsantrasyonları grafiklendirilmiş ve elde edilen doğrular şekil 1'de gösterilmiştir. Başlangıçta, bütün sistemlerdeki pH değerlerinin aynı olmasına rağmen, uçuşma oranı önemli ölçüde farklılık göstermiş ve doğrudan doğruya tamponluk kapasitesi ile orantılı olmuştur.



Şekil 1. Tampon konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak, kum-tampon karışımlarından uçan amonyak.

Toprakların Tamponluk Kapasitesi

Topraklar 0.05-0.5 N nitrik asit çözeltisi ile saturasyon noktasına kadar ıslatılmıştır. Oda sıcaklığında uygulanan inkübasyon sırasında, toprakların saturasyon çamurundaki pH değerleri cam-kolomel elektrodlar kullanılarak belirli aralıklarla ölçülmüştür.

Yapılan ölçümler sonunda, pH değerinin zamanla arttığı, 10 gün sonra pH değişikliklerinin pek az olduğu ve daha sonra da sabit değerler elde edildiği görülmüştür.

[3] numaralı eşilikte de açıklandığı gibi toprağın tampon faktörü, hidrojen iyon aktivitesine (mol/lt. toprak

çözeltisi) karşı, ilave edilen asit miktarı (mol/lit. toprak çözeltisi) dir. Toprakların tampon faktörleri, 10 gün sonra ölçülen ve 6-7 pH değerleri için elde

Sharon, kumlu toprak, $pH_o=7.14$

Neve Yaar, killi tın, $pH_o = 7.64$

Shuval, kireçli siltli tın, $pH_o = 7.70$

edilen doğruların eğiminden tahmin edilmiştir. Elde edilen bu değerler aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$B = 5 \times 10^{-5}$

$B = 1.6 \times 10^{-6}$

$B = 8.3 \times 10^{-7}$

Amonyak Konsantrasyonunun Dengenin Tahmini

$[NH_3] = K (Pa)$ ile gösterilen denge durumundaki amonyak konsantrasyonu, atmosfer ile dengeye getirilen çözeltilerde ölçülmüştür. Laboratuvar dışındaki hava birkaç gün müddetle sürekli olarak çözelti içerisinde geçirilmiş ve daha sonra toplam amonyum ve pH tayin edilerek NH_3 konsantrasyonu hesaplanmıştır.

Zamana ve yere bağlı olarak oldukça değişik sonuçlar elde edilmiştir. $10^{-5} - 10^{-6}$ mol/lit. lik değerler uygun bir tahmin olarak görülmektedir.

Uçma İşlemi Esnasında NH_3 ve NH_4^+ 'un Ölçülmesi

Amonyak uçuşunun seyri, pH ve tamponluk kapasitesi yönünden farklılık gösteren 4 Tris tampon çözeltisi ile takip edilmiştir (Tablo. 1). 10^{-2} mol/lit. lik NH_4^+ konsantrasyonunun elde et-

mek üzere, her çözeltiye amonyum klorür ilave edilmiştir. Ortama NaCl ilave edilerek 0.2 mol/lit. lik sabit iyonik güce erişilmiştir. Çözelti içerisinde 6 gün süre ile hava geçirilmiş ve pH ile toplam NH_4^+ konsantrasyonunu ölçmek üzere belirli aralıklarla örnekler alınmıştır. NH_3 ve NH_4^+ konsantrasyonları, [4] numaralı eşitlik ve kütle münasebetinden hesaplanmıştır.

$$[NH_3]_t + [NH_4^+]_t = N \quad [12]$$

Bu eşitlikte, N ile gösterilen toplam amonyum azotu, deneysel olarak bulunan değeri ifade etmektedir.

[11] numaralı eşitlik iyonik gücün etkisini de kapsayacak şekilde düzenlenirse, aşağıdaki eşitlik elde edilir. Bu eşitlikte; parantezler konsantrasyonları ifade etmekte, F ise NH_4^+ iyonunun

$$\frac{1}{[NH_3]_t} = - \frac{B}{F(K_w/K_b)} + \frac{[H^+]_o + B}{F(K_w/K_b)} \frac{[NH_4^+]_o}{[NH_4^+]_t} \quad [13]$$

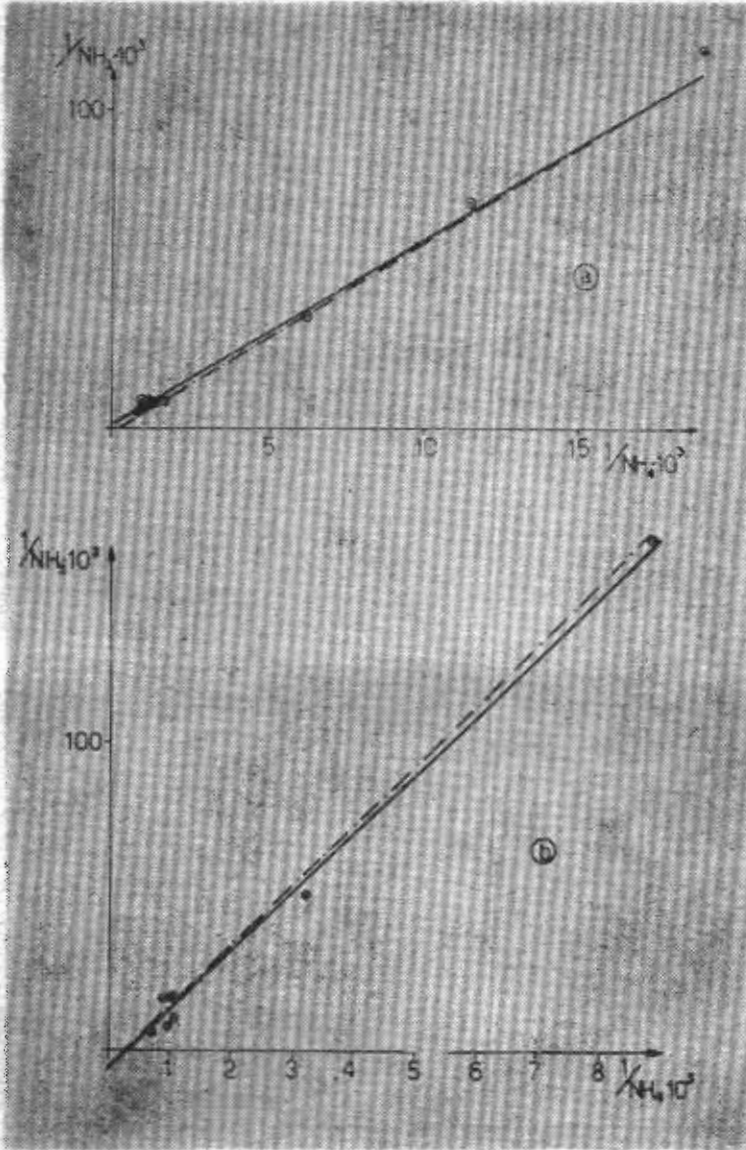
aktivite katsayısı olup Debye-Hückel eşitliğinden hesaplanmaktadır. NH_3 konsantrasyonları, bunlara karşılık elde edilen NH_4^+ konsantrasyonları ile grafiklendirilmiş ve şekil 2'de gösterilmiştir. Doğrusal eşitlik ([14]) için te-

orik ve deneysel olarak elde edilen parametreler tablo 1'de verilmiştir.

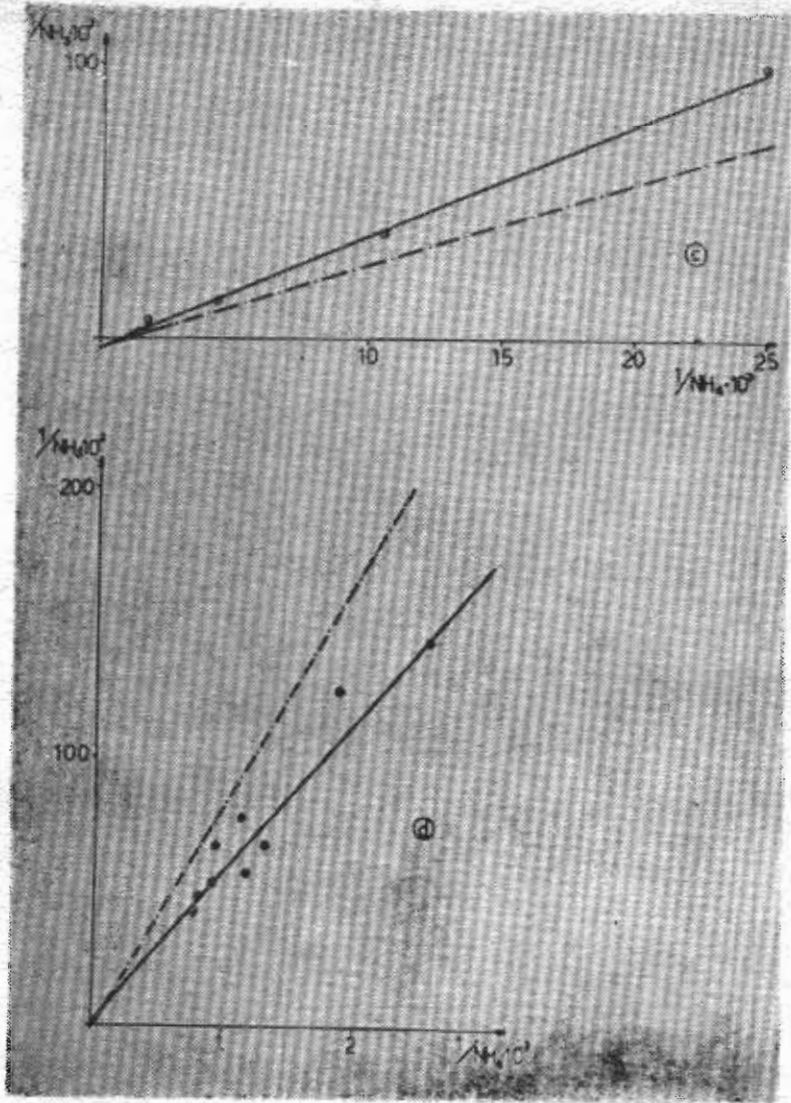
Teori ve deneme sonuçları arasındaki benzerlik çok yakın olarak görülmektedir. Denemede uygulanan ölçümlerin sayısı dikkate alındığında, elde edilen bu ilişkinin önemi daha iyi

anlaşılmaktadır. Denemedeki en önemli hata kaynağı ve bu nedenle ortaya çıkan

sapmalar, tampon faktörünün tahmininden doğmaktadır.



Şekil 2. Farklı pH değeri ve tamponluk kapasitesine sahip çözeltilerde NH_4^+ aktivitesinin bir fonksiyonu olarak NH_3 konsantrasyonları. Deneysel sonuçlar düz çizgilerle, hesaplanan ilişkiler ise kırık çizgilerle gösterilmiştir. Konu ile ilgili farklı sistemler (a-d) Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. devamı

Tablo 1. $1/[NH_3]_t = a + b 1/[NH_4^+]_t$ eşitliği için deneysel ve teorik olarak elde edilen parametreler.

Tampon faktörü	Deneysel olarak elde edilen değerler			Teorik olarak elde edilen değerler		
	pH	a	b	r	a	b
a-) 2.5×10^{-7}	8.5 — 8.7	1.409×10^{-3}	6.0	0.999	-0.65×10^{-3}	5.87
b-) 2.6×10^{-6}	8.0 — 8.4	-6.64×10^{-3}	19.29	0.997	-6.79×10^{-3}	18.25
c-) 2.8×10^{-7}	8.7 — 9.1	-3.69×10^{-3}	4.12	0.999	-0.73×10^{-3}	2.57
d-) 3.9×10^{-7}	7.4 — 7.6	1.63×10^{-3}	57.6	0.959	-1.02×10^{-3}	83.75

TARTIŞMA VE KARAR

Bu çalışmanın konusu, amonyak uçması ile ilgili denge durumunu tartışmaktır. Rüzgar hızı, topraktaki NH_3 ve NH_4^+ 'ün karışma hareketi ve tatbik derinliği gibi bazı değişkenler bu çalışmada dikkate alınmamıştır. Bu konu ile ilgili denge durumu ve şartlar tam olarak belirlenmediğinden, şimdilik bu konunun sadece kinetiği ile ilgilenmek mümkündür.

Amonyanın amonyuma oranı üzerindeki tesiri nedeniyle, sistemin pH değeri amonyanın uçması üzerinde büyük ölçüde etkili olmaktadır. Bu çalışmada, gerek miktar ve gerekse çeşit yönünden sistemin taponluk kapasitesinin önemli bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

Denge durumunu gösteren [9] numaralı eşitlik ile işlem boyunca NH_3

konsantrasyonunu belirleyen [10] numaralı eşitlikler ilerletilmek suretiyle, daha ayrıntılı bilgiler elde etmek imkanı dahilindedir.

Daha önce de belirtildiği gibi, amonyak uçmasının oranı ile ilgili hususlar bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Harici değişkenler sabit tutulmak kaydıyla, karışık bir sistemdeki uçma oranı, NH_3 konsantrasyonunun doğrusal bir fonksiyonu olacaktır.

$$-\frac{d(\text{NH}_4^+)}{dt} = K [\text{NH}_3] \quad [14]$$

Amonyak konsantrasyonu [10] numaralı eşitlikte verilmiştir. [4] numaralı eşitlikten $[\text{NH}_4^+]_t$ 'nin çıkarılması ve eşitliğin yeniden düzenlenmesi halinde, [15] numaralı eşitlik elde edilir. Elde edilen bu eşitlik te, şüphesiz amonyak

$$[\text{NH}_3]_t = \frac{K_w}{K_b} \left[\frac{[\text{NH}_4^+]_o}{[\text{H}^+]_t} - \frac{1}{B} \left(1 - \frac{[\text{H}^+]_o}{[\text{H}^+]_t} \right) \right] \quad [15]$$

uçma oranını göstermemekte, sadece işlemin seyri ile ilgili bir açıklama vermektedir. Uçma işlemi başladığı zaman; $t=0$, $[\text{H}^+]_t = [\text{H}^+]_o$ olup [15] numaralı eşitlik, amonyumun ayrışması ile ilgili eşitliğe [4] benzemektedir. Daha sonra $[\text{H}^+]_t > [\text{H}^+]_o$ olmakta ve uçma işleminin oranı düşmektedir.

Tamponluk arttığı takdirde ($B \rightarrow 0$) pH değerlerindeki değişikliklerin etkisi de artmaktadır. Bu durum, $-\Delta(\text{H}^+)/\Delta[\text{NH}_4^+]$ oranının çok düşük olduğu sistemlerde kendini göstermekte ve bu nedenle, belirli bir pH değişimi için

fazla miktarda bir amonyum azalmasına yol açmaktadır.

Denge durumunun belirlenmesi ile ilgili olan [9] numaralı eşitlik, değişik durumlar için kullanılabilir. Tamponluk kapasitesi yüksek (tampon faktörü çok düşük), başlangıçtaki amonyum konsantrasyonu düşük ve nisbeten düşük pH değerine sahip bir toprak için, adı geçen eşitlik aşağıdaki şekli almaktadır. Uçan amonyak üzerine sadece pH değerinin etkili olduğu hallerde (verilen bir deneme için Pa değerinin aynı olduğu kabul edilmiştir),

$$[\text{NH}_4^+]_f = K_b/K_w \cdot K (P_a) [\text{H}^+]_o \quad [16]$$

genellikle bu gibi durumlara rastlamak mümkündür. Bu gibi durumlarda pH sabit kalmaktadır. Bununla beraber; tamponluk kapasitesi düşük, tatbik edilen amonyum konsantrasyonu yüksek (doğru amonyum çözeltilerinin toprak üzerine püskürtülmesi) veya pH değeri yüksek olduğu zaman, bu eşitlik kullanılamamaktadır.

[9] numaralı eşitlikteki tipik parametrelerin yalnız bırakılması ile daha genel bir tahmin elde edilir. K_b/K_w oranı takriben 10^9 dur. Atmosfer ile dengede bulunan çözeltideki amonyak konsantrasyonu $10^{-5} - 10^{-6}$ mol/lt. civarında bulunmuştur. Bu suretle el-

de edilen $C = K_b/K_w \cdot K (P_a)$ değeri $10^3 - 10^4$ arasında bulunmaktadır. Topraktaki hidrojen iyonları konsantrasyonu genellikle $10^{-6} - 10^{-8}$ mol/lt. ve tampon faktörü (B) de 10^{-6} olmaktadır. Püskürtme veya granül şeklinde tatbik edildiği zaman, gübrelenen toprağın gübre tatbik edilen kısmında başlangıçtaki amonyum konsantrasyonu 1-10 mol/lt. arasındadır. Bu değerler kullanılarak [9] numaralı eşitlik basit bir forma dönüştürebilir. B değerinin düşük olmasından dolayı, paydadaki değerler pratik yönden bire eşit olmaktadır. Böylece aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir;

$$[\text{NH}_4^+]_f = K_b/K_w \cdot K (P_a) ([\text{H}^+]_o + B [\text{NH}_4^+]_o) \quad [17]$$

Birçok hallerde $B [\text{NH}_4^+]_o > [\text{H}^+]_o$ ol-

makta ve eşitlik daha da basitleştirilerek aşağıdaki şekli almaktadır.

$$[\text{NH}_4]_f = K_b/K_w \cdot K (P_a) \cdot B [\text{NH}_4^+]_o \quad [18]$$

Bu durumda uçma işlemi pH değerinden etkilenmemektedir.

Amonyak uçuşması ile ilgili olarak yapılan bu tartışma, denge durumunda toprakta mevcut olan NH_4^+ miktarının 4 esas faktör tarafından etkilendiğini ortaya koymaktadır:

a-) Havadaki kısmi amonyak basıncı (P_a): P_a çok önemli bir faktördür. Havadaki amonyak miktarı, atmosfer ile dengede bulunan bir çözeltide dolaylı veya dolaysız yollarla ölçülebilir ve bu suretle $K \cdot P_a$ terimi bulunabilir. Konu ile ilgili olarak yürütülen çalışmalarda; bu faktörün oldukça değiş-

bilir olduğu, fabrika ve yerleşim bölgelerindeki dumanlardan ve aynı zamanda yakında bulunan gübrelenmiş tarlalardan da etkilendiği tespit edilmiştir. Amonyakın mevcut olmadığı hava şartlarında, toprakta mevcut amonyumun hepsinin uçarak kaybolması bu faktörün ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

b-) Toprak pH'sı: Bu faktörün önemi tam olarak belirlenmiş bulunmamaktadır. Bununla beraber, toprağın tamponluk kapasitesinin yüksek veya toprak çözeltilisindeki amonyum konsantrasyonunun düşük ($B [\text{NH}_4^+]_o < [\text{H}^+]_o$) olması hallerinde, pH değeri-

nin en önemli faktör olduğu ortaya konulmuştur. Amonyaklı gübreler sulama suyu içerisinde tatbik edildiği veya ince öğütülmüş gübreler toprak ile iyice karıştırıldığı zaman, toprak çözeltilisindeki amonyum konsantrasyonu düşük olacaktır. Diğer taraftan, toprağın değişim kapasitesi yüksek ise, yine çözeltilideki amonyum konsantrasyonu azalmaktadır.

c-) Toprağın tamponluk kapasitesi: Bu faktörün etkisi, daha önceki araştırmacılar tarafından tartışılmamış ve sadece dolaylı olarak konuya değinilmiştir [amonyak uçması üzerine CaCO_3 'ün etkisi (7, 8)]. Yapılan denemede, aynı pH değerine sahip topraklarda, tamponluk kapasitesinin artması ile amonyak kayıplarının da arttığı bulunmuştur. pH değerinin yüksek ve toprak çözeltilisindeki amonyum konsantrasyonunun fazla olması halinde, tamponluk kapasitesinin etkisinin pH değerinden daha fazla olduğu analitik yollarla gösterilmiştir. Sıvı gübreler toprak yüzeyine püskürtüldüğü zaman, ekseriya toprak çözeltilisinde yüksek amonyum konsantrasyonuna rast-

lanır. Bu durumda, çok az miktardaki toprak parçası oldukça konsantre amonyak çözeltilisi ile ıslatılmış durumdadır.

d-) Amonyum konsantrasyonu: Tatbik edilen amonyum konsantrasyonunun etkisi ile ilgili hususlar bir önceki paragrafta belirtilmiştir. Katyon değişim kapasitesi ve gübrenin karıştırıldığı toprak hacmi bu faktör içerisinde düşünülmüştür. Amonyumun adsorbe olması, amonyum iyonları ile çözeltilideki amonyum konsantrasyonunun azalmasına yol açmakta ve bu suretle amonyak kayıpları azalmaktadır. Gübrenin karıştırıldığı toprak hacminin fazla olması halinde de aynı hususlar geçerli olmaktadır. Bununla beraber, tamponluk kapasitesi düşük olduğu zaman, bölgesel amonyum konsantrasyonu artsa dahi kayıplar azalmaktadır. Toprakta meydana gelen amonyak uçmasının oranı ile ilgili bütün maddelerde, yukarıda belirtilen faktörler ve aynı zamanda NH_4^+ 'un NH_3 'e dönüşümünü kontrol eden bütün etkenler dikkate alınmalıdır.

LİTERATÜR LİSTESİ

1. Fenn, L. B., D. E. Kissel, 1973. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils: I. General theory. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 855-859.
2. Fenn, L. B., D. E. Kissel, 1975. Ammonia volatilization from surface application of ammonium compounds on calcareous soils: IV. Effect of calcium carbonate content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 631-633.
3. Gasser, J. K. R. 1963. Some factors affecting losses of ammonia from urea and ammonium sulphate applied to soils. J. Soil Sci. 15: 258-272.
4. Glasstone, S. 1958. The elements of physical chemistry. D. Van Nostrand Co. Inc., Princeton, Nj. p. 345-340.

5. Harmsen, G. W., G. J. Kolenbrander, 1965. Soil inorganic nitrogen. In Batlolomew, W. V., and Clark, F. E. (ed.) Soil nitrogen. *Agronomy* 10: 43-92. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
6. Hutchinson, G. L., F. G. Viets Jr. 1969. Nitrogen enrichment of surface water by adsorption of ammonia volatilized from cattle feed lots. *Science* 166: 514-515.
7. Ivanov, P. 1963. Possible loss of nitrogen as a result of evaporation of ammonia when applying ammoniacal fertilizers to some soils. *Soil Fert.* 27: 323.
8. Lehr, J. J., J. C. Wesemael. 1961. The volatilization of ammonia from lime rich soils (In Dutch). *Landbouwk. Tijdschr.* 73: 1156-1168.
9. Du Plessis, M. C. F., W. Kroontje, 1964. The relationship between pH and ammonia equilibria in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 751-754.