

Alüviyal Bir Toprakta Amonyum - Potasyum Fiksasyon İlişkileri¹

Hüseyin Eroğlu² Sadık Usta³

ÖZET

Bu çalışmada toprakta amonyum ve potasyum fiksasyonuna amonyumlu ve potasyumlu gübrelemenin karşılıklı etkileri inkübasyon çalışması yapılarak araştırılmıştır. Bu gübrelerin toprağa tek başlarına verilmeleri amonyum veya potasyumun fiksasyonunu artırmış ancak diğer iyonun yarayışlılığı artmıştır. Doz artışına bağlı olarak fiksasyon da artmıştır. Amonyum ve potasyumlu gübreler toprağa birlikte verildiğinde; potasyum fiksasyonu amonyum fiksasyonundan yüksek bulunmuştur. Fiksasyon tek başlarına uygulamalara göre amonyumda azalırken potasyumda fazla değişmemiştir. Önce amonyumun toprağa verilip on gün sonra potasyumun verilmesi veya tersi uygulandığında, potasyum fiksasyonu açısından herhangi birisinin önceliği istatistiği olarak önemli bulunmamıştır. Ancak amonyum fiksasyonu açısından öncelik önemli bulunmuştur. En düşük amonyum fiksasyonu önce potasyum sonra amonyum uygulamasında görülmüştür. Buna göre toprakların gübrelenmesinde amonyum ya da potasyum fiksasyonu önemli bir önceliğe sahip değilse; potasyumlu gübrelerin amonyumlu gübrelerden daha önce verilmesi bu iki iyonun da fiksasyon miktarını azaltabileceği ileri sürülebilir.

Anahtar Sözcükler : Amonyum, potasyum, fiksasyon, alüviyal toprak

Ammonium - Potassium Fixation Relationships in an Alluvial Soil

ABSTRACT

This incubation study investigated the effects and interactions of ammonium and potassium fertilization on their fixation by soil. Fixation of the ammonium or potassium increased when applied alone, which however making the other more available. In this case, increase in the fertilizer dose resulted in increased fixation. When the fertilizers were applied together, the potassium fixation was greater than that of ammonium. When compared with the single application, the amount of ammonium fixed by soil was less, and that of potassium remained similar. In case of applying the ammonium first and the potassium ten days later, or vice versa, the fixation of potassium was not statistically altered.

¹ Yüksek Lisans tez projesinden hazırlanmıştır.

² Ziraat Yüksek Mühendisi

³ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara

On the other hand, applying the potassium first significantly decreased the ammonium fixation. Experimental results have shown that application of first potassium than ammonium to a soil might reduce the fixations of these ions if the priority of fixation of potassium or ammonium is not crucial.

Key Words: Ammonium, potassium, fixation, alluvial soil

GİRİŞ

Toprak çözeltisinde bulunan çeşitli elementlerin, kil mineralleri tarafından kil tabakaları arasında hapsedilerek, bitkilere yarayışsız ya da az yarayışlı hale dönüşmesi olayına, genel olarak fiksasyon denir. Toprakta fiksasyona uğrayan elementlerin başında amonyum ve potasyum gelmektedir. Bu iki elementin iyonik yarıçaplarının sonucu olarak, toprakta fikse olma olasılığı çok yüksektir.

Toprağa gübrelerle verilen amonyum ve potasyum iyonlarının, toprak özelliklerine bağlı olarak bir bölümü fikse edilmektedir. Fikse edilmiş durumdaki bu iyonlardan bitkiler ve mikroorganizmalar çok az yararlanabilmektedir. Fikse durumdaki bitki besin maddelerinin, bitkiler tarafından ne kadarlık bir süre sonunda yararlanabilir bir duruma geleceği konusunda yeterli inceleme olmasa da, bitkilerin fikse edilmiş durumdaki amonyum ve potasyumdan yararlanması toprakta bu elementlerin konsantrasyonlarıyla ilgili olmaktadır. Toprağa yeterince amonyumlu ve potasyumlu gübreler verilmezse, bitkilerin fikse durumdaki bu elementlerden yararlanma hızı artmaktadır (Ünal ve Başkaya, 1981). Toprakta azot ve potasyum makro besin elementleri arasında yer alıp, bugün bütün dünyada çok kullanılan gübre elementleridir. Türkiye’de potasyumlu gübrelemeye fazla yer verilmesine de, bugün artık pek çok topraklarımızda potasyumlu gübreler kullanılmaya başlanmış ve bu konuda pek çok araştırma yapılmaktadır. Bütün bunlardan dolayı topraktaki amonyum ve potasyum fiksasyon mekanizmasının bilinmesinin yanında, toprağa ilave edilen amonyumlu ve potasyumlu gübrelerin ne şekilde, hangi şartlarda ve ne kadarının fikse edildiğinin bilinmesi, uygulama yönünden büyük fayda sağlayacaktır.

Bugüne kadar yapılan araştırmalarda ise birbirinden farklı pek çok görüş ileri sürülmüştür. Kullanılan gübrelerdeki amonyum ve potasyum iyonlarının bir kısmının toprak tarafından fikse edilmesi, verimlilik ve ekonomik açıdan istenmeyen bir durum olduğu yönünde fikir beyan edenler olduğu gibi (Lumbanraje ve Evangelou, 1994; Chen ve Mackenzie 1992; Ünal ve Başkaya 1981; Sağlam, 1974); kimi

araştırmacılar ise fiksasyonu yıkanmaya karşı korunma, amonyak gazı şeklinde azot kaybının önlenmesi ve rezerv besin maddesi kaynağı olarak bakmaktadırlar (Dou ve ark., 1991; Mamo ve ark., 1993). Ayrıca bir çok bilim adamı ve araştırmacı ise amonyumlu gübrelerle potasyumlu gübrelerin birlikte kullanılmasının amonyumlu gübrelerin yararlılığını arttırdığını ve bunun için bu elementlerin gübrelemede birlikte verilmesi gerektiği yönünde görüş beyan etmektedirler (Yan ve ark., 1996; Kacar ve ark., 1995; Nomnik ve Vohtras, 1982). Buna karşılık bu iki elementin toprağa birlikte verilmesinin verimlilik açısından hiçbir etkisinin bulunmadığı yönünde fikir ilere sürenler de vardır (Drury ve Beauchamp, 1991).

Bu çalışmada, amonyum ve potasyum fiksasyonu hakkında şimdiye kadar yapılan ve değişik sonuçlar veren çalışmaların ışığında; Orta Anadolu Bölgesi'nde pancar münavebesinde yer alan vermikulit ve illit kil minerallerince zengin alüviyal toprak örneği üzerinde öncelikle amonyum ve potasyum iyonlarının toprakta fiksasyonlarında karşılıklı etkileşimlerini, buna bağlı olarak amonyumlu ve potaslı gübrelemede koşullara göre önceliğin hangisinde olması gerektiğini irdelemektir. Buradaki amaç uygulamaya da dönük olup toprağa çeşitli dozlarda ilave edilen amonyum ve potasyumun ne kadarının fikse olduğu, doz farklılıkları ve uygulama zamanlarının birbirlerine olan etkileri araştırılmaya çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmanın amacına uygun toprak örneğinin seçiminde daha önce Munsuz ve ark. (1996)'nın yaptıkları çalışmada belirlenmiş 2:1 tipi kil minerallerinin hakim olduğu, vermikulit ve illit kil minerallerince zengin, Orta Anadolu Bölgesi'nde, Ankara Şeker Fabrikası pancar ekim sahasında, Polatlı ilçesi Yenice Köyünde yer alan alüviyal bir tarla toprağı tercih edilmiştir. Jackson (1962) tarafından belirtilen ilkelere uygun olarak yüzey örneği alınmıştır. Mevcut potasyum ve amonyumun sömürtülmesi amacıyla çim bitkisi ekilerek biçilmiştir. Sonra bu toprak deneme ve analizler için hazırlanmıştır.

Toprak örneği üzerinde yapılan tanımlayıcı rutin analizlerden tekstür analizi, hidrometre yöntemi ile belirlenmiş ve tekstür sınıfı saptanmıştır (Bouyoucos, 1951). Toprak reaksiyonu (pH); 1:2,5 oranında toprak-su karışımında cam elektrotlu pH-metrede (Grewelling ve Peech, 1960), elektriksel iletkenlik (EC); toprak-su karışımından (1:2,5) elektriksel iletkenlik aleti ile ölçülerek (Richards, 1954), kireç içeriği

Çağlar (1949) tarafından bildirildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile, Organik madde (OM); Jackson (1962)'a göre, toplam azot tarafından Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1965). Katyon değişim kapasitesinde ise (KDK) Na-asetat yöntemi ile Chapman (1965)'e göre yapılmıştır.

Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinden 150 ml' lik plastik kaplara 60 g FKT hesabıyla toprak tartılıp, üzerine 60 ml $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve K_2SO_4 çözeltileri Çizelge 1' de gösterilen tesadüf parselleri deneme planına göre ilave edilmiştir. Toprak örneği karıştırılıp laboratuvar koşullarında, tarla kapasitesinde, her muameleden sonra 15 gün olacak şekilde, oda sıcaklığında (20-25 °C), inkübasyona bırakılmıştır. Deneme sekiz tekerrürlü olarak düzenlenmiş olup; bunlardan dördünde fikse amonyum, diğer dördünde ise fikse potasyum analizleri yapılmıştır. Tanık için aynı muameleler tekrar edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda, Silva ve Bremner (1965) ile Fleige ve ark. (1971)'na göre fikse amonyum analizi uygulanmıştır. Kontrol toprağının fikse amonyum değeri örneklerden elde edilen değerlerden düşürülerek yeni fikse miktar elde edilmiştir. Potasyum fiksasyonu için; inkübasyon sonunda kalan diğer dört örnek üzerine 50 ml 0,05M EDTA ile 1M NH_4OAC çözeltisi ilave edilip çalkalanmış ve sonra santrifüj edilip üzerindeki berrak kısımlar 250 ml' lik balonlarda toplanmıştır. Bu işlem üç sefer tekrar edildikten sonra (Cl^- giderilene kadar), balon derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler üzerinde fleymfotometrik yöntemle değişebilir potasyum belirlenmiş ve aşağıdaki formülden yararlanılarak fikse olan potasyum bulunmuştur (Yan ve ark., 1996). $K_f = K_i + K_{dk} - K_{dt}$; K_f : Fikse olan potasyum miktarı (mg kg^{-1}), K_i : İnkübasyondan önce ilave edilen potasyum miktarı (mg kg^{-1}), K_{dk} : Kontrol toprağında okunan değişebilir potasyum miktarı (mg kg^{-1}), K_{dt} : Analiz sonucu örneklerde okunan değişebilir potasyum miktarı (mg kg^{-1}) dır.

Deneme sonucu varyans analizi, ANOVA yöntemine göre yapılmış DUNCAN testi kullanılmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar MINITAB ve MSTAT paket programında yapılmıştır

Çizelge 1. Araştırmada uygulanan deneme planı

No	Uygulama simgesi	N/K ekivalent oranı	Uygulama şekli ve miktarı*	
			İnkübasyon başlangıcında verilen azot ve potasyum miktarı	İnkübasyon başlangıcından 10 gün sonra ilave verilen azot veya potasyum miktarı
1	N ₁ K ₀	-	0,50 cmol N kg ⁻¹ tek başına	-
2	N ₂ K ₀	-	1,00 cmol N kg ⁻¹ tek başına	-
3	K ₁ N ₀	-	0,25 cmol K kg ⁻¹ tek başına	-
4	K ₂ N ₀	-	0,50 cmol K kg ⁻¹ tek başına	-
5	N ₁ K ₁	2	0,50 cmol N kg ⁻¹ + 0,25 cmol K kg ⁻¹ birlikte	-
6	N ₁ K ₂	1	0,50 cmol N kg ⁻¹ + 0,50 cmol K kg ⁻¹ birlikte	-
7	N ₂ K ₁	4	1,00 cmol N kg ⁻¹ + 0,25 cmol K kg ⁻¹ birlikte	-
8	N ₂ K ₂	2	1,00 cmol N kg ⁻¹ + 0,50 cmol K kg ⁻¹ birlikte	-
9	N ₁ +K ₁	2	0,50 cmol N kg ⁻¹	0,25 cmol K kg
10	N ₁ +K ₂	1	0,50 cmol N kg ⁻¹	0,50 cmol K kg
11	N ₂ +K ₁	4	1,00 cmol N kg ⁻¹	0,25 cmol K kg
12	N ₂ +K ₂	2	1,00 cmol N kg ⁻¹	0,50 cmol K kg
13	K ₁ +N ₁	2	0,25 cmol K kg ⁻¹	0,50 cmol N kg
14	K ₁ +N ₂	4	0,25 cmol K kg ⁻¹	1,00 cmol N kg
15	K ₂ +N ₁	1	0,50 cmol K kg ⁻¹	0,50 cmol N kg
16	K ₂ +N ₂	2	0,50 cmol K kg ⁻¹	1,00 cmol N kg

* Azot (NH₄)₂SO₄, potasyum K₂SO₄ halinde verilmiştir

Çizelge 2. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

	Kum	28,83	
Tekstür	Kil	33,18	Sınıfı: CL
	Silt	37,99	
pH (top:su) 1:2,5		7,7	
EC (Top:su) 1:2,5 (ds m ⁻¹)		0,232	
CaCO ₃ (%)		16,2	
Organik Madde (%)		1,20	
Toplam N (mg kg ⁻¹)		965	
KDK (cmol (+) kg ⁻¹)		32,46	

BULGULAR ve TARTIŞMA

Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2’de toplu olarak verilmiştir. Toprak bünye analizi sonuçlarına göre killi tın tekstür sınıfından olup hafif alkalın özellik göstermekte ve tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Anonim (1991)’e göre fazla kireçli, organik maddece fakirdir. Toplam azot içeriği Anonymous (1990)’a göre yeterli düzeyde olduğu görülmektedir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) 32,46 cmol(+)kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Deneme sonucu elde edilen ortalama, toplam fikse amonyum, toplam değişebilir potasyum, gübre uygulamaları sonucu fikse olan amonyum ve potasyum değerleri ile fiksasyon oranları Çizelge 3’de toplu olarak verilmiştir. Uygulamalar sonrası topraklarının toplam fikse amonyum değerleri 161,47 mg kg⁻¹ ile 193,98 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, tanıkta ise doğal fikse amonyum değeri 168,25 mg kg⁻¹ bulunmuştur. En yüksek amonyum fiksasyonu, amonyumlu gübrenin tek başına verildiği uygulamalarda meydana gelmiştir. Amonyumun ikinci dozu uygulamasında (N₂K₀) 25,73 mg kg⁻¹ amonyum fiksasyonu meydana gelmiştir. Ancak fiksasyon oranı birinci dozda % 25,8 iken ikinci dozda % 18,4 olmuştur. Sağlam (1974), Özgümüş ve Kacar (1980), Usta ve Başkaya (1985), Taban ve ark. (1993)’de yaptıkları araştırmalarda benzer sonuçları elde etmişlerdir. Deneme sonrası en yüksek değişebilir potasyum değerleri 697,6 mg kg⁻¹ ile K₂+N₂ uygulamasından, en düşük değer ise 487 mg kg⁻¹ ile N₂K₀ uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 3). Fikse olan potasyum değerlerine baktığımızda en az fiksasyonun N₁K₀ uygulamasında olduğu, burada elde edilen değişebilir potasyumun tanık değerden 28,8 mg kg⁻¹ yüksek bulunduğu görülmektedir. En yüksek potasyum fiksasyonu N₁K₂ uygulamasında 55,7 mg kg⁻¹ olarak elde edilmiştir. Bunu 52,6 mg kg⁻¹ ile K₂N₀ uygulaması izlemektedir. İlave olandan fikse olan yüzde potasyum miktarlarına bakacak olursak en yüksek

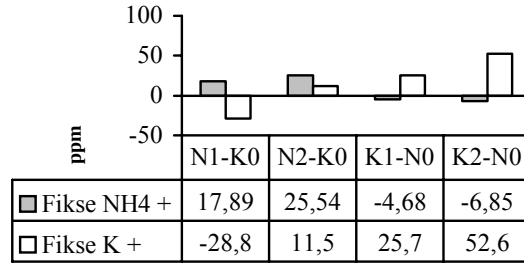
fiksasyonun %39,3 olduğu gör÷lür. Katkat (1977) ve Kütük ve ark. (1998)'da yaptıkları denemelerde bu durumu teyit etmektedirler. Deneme sonucu, verilen amonyumlu ve potaslı gübreden fikse olan amonyum ve potasyum değeri üzerinde yapılan varyans analizi sonucunda uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuştur (Çizelge 4). Tanıkların ortalaması doğal fikse amonyum değeri olarak alınmıştır. Ancak iki ayrı uygulama dönemlerindeki tanık değışebilir potasyum değeri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunduğundan (p: 0,011) ilk uygulama dönemi için tanık-1 ikinci uygulama dönemi için tanık-2 değeri hesaplama için esas alınmıştır. Genel olarak deneme topraklarının ilave edilenden fikse olan amonyum fiksasyon değeri, ilaveden fikse olan potasyum fiksasyonun değeriyle düşük olarak bulunmuştur. Bu durum Yan ve ark. (1996) tarafından ileri sür÷len amonyumun tercihli bir şekilde toprakta fiksasyona uğradığı şeklindeki ifadesi ile uyumsuzsa da, denemedeki, önce amonyum on gün sonra potasyum veya tersi uygulamalarda potasyum fiksasyonlarında çok önemli düşüşler meydana gelmiştir. Ayrıca Türkiye topraklarının gübrelemesinde potasyumlu gübrelere fazla yer verilmediğinden, potasyuma karşı aç olabileceğini de düşünmeliyiz.

Çizelge 3. Deneme toprağına amonyumlu ve potasyumlu gübre ilavelerinin NH_4^+ ve K^+ fiksasyonuna etkisi

Uyg. No	Uyg.	N/K Oranı	Toplam fikse NH_4^+ miktarı (mg kg^{-1})	Uygulama sonucu fikse NH_4^+ durumu (mg kg^{-1})	İlave edilenden fikse olan NH_4^+ oranı (%)	Toplam değişebilir K^+ miktarı (mg kg^{-1})	İlave edilenden tanığa göre fikse olan net K^+ miktarı (mg kg^{-1})	İlave edilenden fikse olan K^+ oranı (%)
1	N_1K_0		186,33	18,08	25,8	527,3	-28,79	-
2	N_2K_0		193,98	25,73	18,4	487,0	11,55	-
3	K_1N_0		163,76	-4,49	-	570,3	25,80	26,4
4	K_2N_0		161,47	-6,78	-	640,9	52,61	27,0
5	N_1K_1	2	170,62	2,37	3,39	557,7	38,28	39,3
6	N_1K_2	1	171,90	3,65	5,21	637,8	55,70	28,6
7	N_2K_1	4	175,21	6,96	4,97	569,7	26,30	27,0
8	N_2K_2	2	182,43	14,18	10,13	655,6	37,90	19,4
9	N_1+K_1	2	175,78	7,53	10,75	614,6	-7,59	-7,8
10	N_1+K_2	1	176,59	8,34	11,91	695,7	8,75	4,5
11	N_2+K_1	4	175,80	7,55	5,39	609,8	-2,81	-2,9
12	N_2+K_2	2	178,50	10,25	7,32	688,6	15,90	8,2
13	K_1+N_1	2	170,69	2,44	3,2	602,4	4,56	4,7
14	K_1+N_2	4	168,38	0,13	0,0	595,1	11,85	12,2
15	K_2+N_1	1	167,49	-0,78	1,4	695,4	9,04	4,7
16	K_2+N_2	2	168,60	0,35	0,2	697,6	6,87	3,5

Not: Tanıkta belirlenen toplam fikse amonyum miktarı 168,25 mg kg^{-1} , değişebilir potasyum miktarı birlikte uygulamalarda 498,5 mg kg^{-1} , on gün arayla uygulananlarda 509,5 mg kg^{-1} dir

Amonyum ve potasyumun toprağa tek başına verilmesinin amonyum ve potasyum fiksasyonuna etkisi : Amonyumun toprağa tek başına ve artan dozlarda uygulanması amonyum fiksasyon değerlerini arttırmaktadır (Çizelge 3, şekil 1). Amonyumun birinci dozunda ilaveden fikse olan amonyum 18,08 mg kg⁻¹, amonyumun ikinci dozunda 25,73 mg kg⁻¹ olmaktadır. Her ne kadar fiksasyon miktarı artsa da ilaveden fiske olan oran (% 25,8' dan % 18,4' e) azalmaktadır. Tek başına potasyum uygulamalarında toprakta belirlenen fikse amonyum değerleri tanık değerinin altına düşmektedir. Burada potasyumun birinci doz uygulamasında 4,49 mg kg⁻¹, ikinci doz uygulamasında 6,78 mg kg⁻¹ serbest hale geçen amonyumdan söz edilebilir. Duncan testi sonucunda (Çizelge 4) amonyumun birinci dozunda elde edilen fiksasyon değeri ile ikinci dozunda elde edilen arasındaki fark önemli bulunmuştur. Buna karşılık uygulanan potasyum dozlarının amonyum fiksasyonuna etkisi yine önemli fakat dozlar açısından aralarındaki fark önemli olmamıştır (Çizelge 4). Elde edilen bu sonuç, Nommik (1957), Chen ve Mackenzie (1992) başta olmak üzere Ting ve ark. (1995), Yan ve ark. (1996), Liu ve ark. (1997), Saltalı ve ark. (1999) gibi bir çok araştırmacıların bulguları ile uyum göstermektedir. Ayrıca Chappell ve Evangelou (2000) de bu iki iyonun ilave edilen miktarına bağlı olarak fiksasyonda bir değişikliğin görülmediğini vurgulamışlardır.



Şekil 1. Tek başına amonyum ve potasyum uygulamalarının toprakta amonyum ve potasyum fiksasyonuna etkisi

Potasyum fiksasyon değerlerine gelince, uygulanan amonyumun birinci dozunda 28,8 mg kg⁻¹ serbest hale geçen potasyum söz konusudur. Bu durumu toprağa amonyum uygulanması ile kil tabakaları arasındaki doğal fikse potasyumun serbest hale geçmesi olarak açıklayabiliriz. Amonyumun artan ikinci dozunda ise elde edilen değişebilir potasyum değeri tanığa göre 11,5 mg kg⁻¹ düşük bulunmuştur. Amonyum doz artışının konsantrasyonun bir etkisi mi

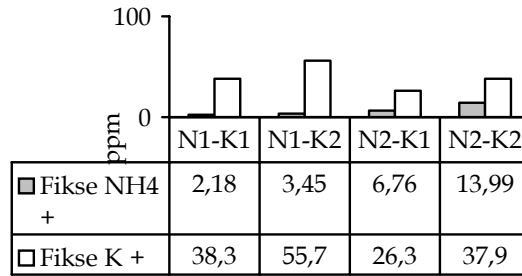
olduğu veya kil mineralleri katları arasındaki değişebilir potasyum iyonlarının amonyum iyonlarınca hapsedilmesi mi olduğu doğrusu üzerinde durulması gerekli bir konudur. Diğer taraftan potasyumun birinci dozunda 25,7 mg kg⁻¹, ikinci dozunda 52,6 mg kg⁻¹ tanığa göre net fikse potasyum görülmektedir. Bu durumda toprağa verilen potasyum tek başına ve artan dozlarda olursa fiksasyon oranı artmamasına karşılık fikse olan potasyum miktarı artmaktadır (sırasıyla % 26,4 ve % 27,0). Duncan testinde potasyum fiksasyonu açısından potasyum dozları arasında fark önemli bulunmazken azot dozları arasındaki fark önemli bulunmuştur. Schneider (1997), Oskay ve Çağatay (1976) ile Katkat (1977) gibi araştırmacılarda yaptıkları çalışmalarda toprağa artan miktarda potasyum ilavesinin potasyum fiksasyon kapasitesini azalttığını, Conti ve ark. (2001) ise Arjantin’de, kil cinsi ve miktarına bağlı olarak araştırma topraklarının fiksasyon yaptıklarını bunun doza bağlı olmadığını saptamışlardır. Bu da elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

Amonyum ve potasyumun toprağa birlikte verilmesinin amonyum ve potasyum fiksasyonuna etkisi: Amonyum ve potasyumun beraber uygulamalarında (Çizelge 3, Şekil 2) amonyum fiksasyon değerleri potasyum dozuna bağlı olmaksızın tanık değerine yakın bulunmuştur. Duncan Testi sonucunda bu dört uygulamadan N₂K₂ hariç diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuş ve aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4). N₂K₂ uygulaması ise tek başına amonyum uygulamaları yapılmış olanlara yakın bir sonuç vermiş ve N₁K₀ uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Chen ve Mackenzie (1992) ve Kılıç (1994) yaptıkları çalışmalarda bulduğumuz bu sonuçla paralel sonuçlar elde etmişlerdir. Sağlam (1974) ve Saltalı ve ark. (1999) gibi diğer araştırmacılar da yaptıkları çalışmalarda amonyum ve potasyumun birlikte verilmesiyle fikse amonyum miktarının arttığını, Nielsen (1971) ise değişmediğini bildirmiştir. Dou ve ark. (1991), etiketlenmiş üre azotu ile yaptıkları sera çalışmalarında amonyum ve potasyumun toprağa birlikte verilmesi durumunda amonyum fiksasyonunun daha az olduğu ve amonyum fiksasyonu ile birlikte NH₃ gazı şeklindeki kayıpların da azaldığını bildirmişlerdir. Azot ve potasyumun birlikte uygulamalarında potasyum fiksasyon değerleri ile tek başına potasyum uygulanan muamelelerden elde edilen potasyum fiksasyon değerleri Duncan testinde aynı dozlarda aynı grupta, N₁K₂ ile N₂K₁ uygulamaları ise ayrı grupta yer almışlardır (Çizelge 4). Şekil 2’de görüldüğü gibi potasyum fiksasyonunda en önemli etken potasyum dozu olmaktadır. Bu durumu N/K oranlarında da görmek mümkündür (Çizelge 3). En yüksek potasyum fiksasyon miktarı N/K oranı 1 olan

uygulamada, en düşük fiksasyon miktarı ise N/K oranı 4 uygulamalarda görülmektedir. Birlikte uygulamalarda potasyum oranının artması bu iyonun fiksasyonunu da artırmaktadır. Sonuçlardan birlikte uygulamalarda amonyum ve potasyum dozlarının birlikte artmasıyla veya amonyum oranının yükselmesi ile potasyum fiksasyon oranının azaldığını görmekteyiz. Oskay ve Çağatay (1976), Katkat (1977), Kacar vd. (1979) ile Ünal ve Başkaya (1981)' de bu iki elementin birlikte uygulanması ile potasyum fiksasyonunda azalma görüleceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4. Deneme sonucu elde edilen ortalama fikse olan amonyum, potasyum değerleri ile bu değerlerde yapılan Duncan testi sonuçları

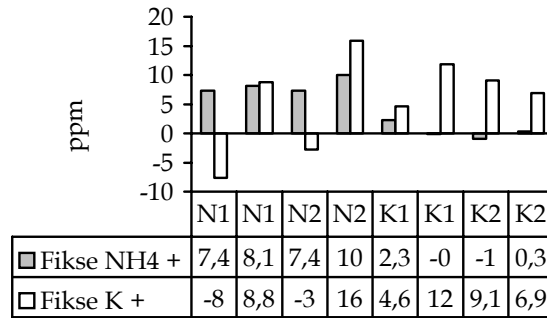
No	Uyg.	Fikse olan amonyum (mg kg ⁻¹)	Duncan Testi								Fikse olan potasyum (mg kg ⁻¹)	Duncan Testi					
			A	B	C	D	E	F	G	H		A	B	C	D	E	F
1	N ₁ K ₀	18,08		B							-28,79						F
2	N ₂ K ₀	25,73	A								11,55			C	D	E	
3	K ₁ N ₀	-4,49							G	H	25,80		B	C	D		
4	K ₂ N ₀	-6,78								H	52,61	A	B				
5	N ₁ K ₁	2,37					E	F			38,28	A	B	C			
6	N ₁ K ₂	3,65					E	F			55,70	A					
7	N ₂ K ₁	6,96				D	E				26,30		B	C	D		
8	N ₂ K ₂	14,18		B	C						37,90	A	B	C			
9	N ₁ +K ₁	7,53				D	E				-7,59					E	F
10	N ₁ +K ₂	8,34				D	E				8,75			C	D	E	
11	N ₂ +K ₁	7,55				D	E				-2,81				D	E	F
12	N ₂ +K ₂	10,25			C	D					15,9			C	D	E	
13	K ₁ +N ₁	2,44					E	F			4,56				D	E	
14	K ₁ +N ₂	0,13						F	G		11,85			C	D	E	
15	K ₂ +N ₁	-0,78						F	G		9,04			C	D	E	
16	K ₂ +N ₂	0,35						F	G		6,87				D	E	



Şekil 2. Birlikte amonyum ve potasyum uygulamalarının topraktaki amonyum ve potasyum fiksasyonuna etkisi

Potasyumun veya amonyumun onar gün arayla verilmesinin amonyum ve potasyum fiksasyonuna etkisi: Deneme toprağına amonyumun ve potasyumun on gün ara ile verilmesi durumunda, genel olarak her iki elementin fiksasyonunun da azaldığı görülür (Çizelge 3 ve Şekil 3). Deneme toprağına on gün öncesinden amonyum verilip sonra potasyum verildiğinde amonyum fiksasyonu potasyum fiksasyonuna göre bir miktar yüksek olmaktadır. Buna karşılık potasyum fiksasyonu, diğer birlikte ve tek başına yapılan uygulamalara göre önemli oranda azalmaktadır. Önce amonyum uygulanıp sonra potasyum uygulamasında en yüksek potasyum fiksasyonu N_2+K_2 uygulamasında görülmekte, en düşük potasyum fiksasyonu ise N_1+K_1 uygulamasında görülmektedir. Deneme toprağına önce amonyum uygulanıp sonra potasyum uygulanan bu dört uygulama sonucu elde edilen amonyum ve potasyum fiksasyon değerleri sıralama bakımından aynı sıralamayı göstermektedir. Burada hem amonyum fiksasyonu hem potasyum fiksasyonu toprağına on gün sonra ilave edilen potasyum dozundan direkt etkilenmiştir. Bu etki amonyumda az olmasına karşılık potasyumda çok net bir şekilde gözükmemektedir.

Amonyum verildikten on gün sonra verilen potasyumun birinci dozlarında (N_1+K_1 , N_2+K_1) amonyum fiksasyon değerleri en düşük değerleri alırken, potasyum fiksasyonu tanık değerinin altına düşmekte ve burada fiksasyon değil serbest hale geçmeden söz edilebilmektedir. Buna karşılık amonyumdan sonra uygulanan iki doz potasyum (N_1+K_2 , N_2+K_2) uygulamasıyla amonyum fiksasyonu bir miktar artmasına karşılık, potasyum fiksasyonu çok büyük değişiklik göstermiş ve -7,6 ppm den 15,9 ppm düzeyine çıkmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Amonyum veya potasyumun onar gün arayla uygulamalarının toprakta amonyum ve potasyum fiksasyonuna etkisi

Aynı şekilde N/K oranı 4 olan (1 meN/0,25 meK= 4) N₂+K₁ uygulamasından elde edilen fikse potasyum değeri negatif olmuş ve fiksasyon yerine serbest hale geçme görülmüştür. Birlikte uygulamalarda da aynı muamelenin diğerlerine göre çok düşük potasyum fiksasyon değeri vermesi gösteriyor ki bir doz potasyuma karşılık iki doz amonyum uygulanan topraklarda potasyum fiksasyonu azaltılabilmektedir. N/K oranının 1 olduğu N₁+K₂ uygulamasında ise potasyum fiksasyonu artış göstermiştir. Buna karşılık önce amonyum verilip on gün sonra potasyum verilen uygulamalarda genel olarak amonyum fiksasyonu birlikte verilenlere göre artmış, bununla birlikte tek başına amonyum verilen muamelelerden elde edilmiş amonyum fiksasyon değerlerine göre amonyum fiksasyonu düşmüştür. Önce potasyum uygulandıktan on gün sonra amonyum uygulanan muamelelerde potasyum fiksasyonu 4,6 ppm ile 11,9 ppm arasında değişmektedir. Genel olarak dozlarına ve N/K oranına bakılmaksızın potasyum fiksasyonu, tek başına potasyum uygulaması ve amonyumla potasyumun birlikte uygulandığı uygulamalara göre önemli oranda azaltılabilmektedir.

Öte yandan önce potasyum uygulanıp sonra amonyum uygulanan muamelelerden elde edilen amonyum fiksasyon değerleri genel olarak N/K oranına bakılmaksızın birbirine çok yakın değerler vermekte ve her birisi tanıktan elde edilen fiksasyon değerlerine çok yakın değerler göstermektedir. Elde edilen bu değerlerden amonyum fiksasyonunun önemli olduğu topraklarda önceden potasyum uygulaması hem amonyum fiksasyonunu azaltabilecek hem de toprakların potasyum eksikliği giderilmiş olacaktır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma sonucu elde edilen bulgulardan araştırmanın amacına dönük olarak aşağıdaki değerlendirmelerde bulunmak mümkündür. Türkiye topraklarının kil kapsamları genellikle yüksek olduğundan, topraklarımızda amonyum ve potasyum fiksasyonu önemli bir sorun olarak görülmektedir. Bu araştırma sonucuna göre uygulamalara bağlı olarak verilen amonyumlu gübrenin yaklaşık 6 kg da⁻¹'a varan kısmının, potasyumlu gübrenin de 12 kg da⁻¹'a varan kısmının fikse olduğu düşünülürse bitki beslemesi açısından konunun ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında son yıllarda özellikle 2:1 tipi kil minerallerince zengin toprakların gübrenmesinde, amonyumlu gübrelemenin yanında potasyumlu gübrelemenin de gerekliliği konusunda tüm araştırmacılar neredeyse görüş birliğine varmaktadırlar.

Bu araştırmada potasyum fiksasyon değerlerinin amonyum fiksasyon değerlerinden genelde yüksek bulunması bu görüşleri doğrulamaktadır.

Amonyumlu ve potaslı gübrelerin tek başlarına toprağa verilmesiyle bu iyonların topraktaki fiksasyonu da artmakla beraber fiksasyon oranı buna paralel artmamaktadır. Bu iki iyonun toprağa tek başına verilmesi aynı zamanda gübrelemenin amacına da pek uygun düşmemektedir. Çünkü toprağa verilen gübrenin önemli bir kısmı (bu araştırmada uygulanan K₁ dozunun % 39,3'lere varan bir kısmı) fikse edilerek bitkinin yararlanamayacağı bir forma dönüşmektedir. Bu da ekonomik olarak daha fazla girdi ve iç gücü olduğu gibi, aşırısı da tuzlanma ve evre kirliliğine de yol açabilmektedir. Ayrıca aşırısının potasyum yarayışlılığını azalttığını dikkate almalıyız. Bu sakıncalarına karşın her birinin toprağa tek başına verilmesiyle diğerinin fiksasyonu azaltılabilmektedir. Bu durumdan yararlanarak fiksasyon gücü yüksek toprakların gbrenmesinde bu konu dikkate alınarak gerekirse bu tip gübrelemeye yer verilmelidir.

Deneme sonuçlarına göre her iki iyonun toprağa aynı zamanda verilmesi durumunda potasyum fiksasyonu değerleri diğer grup uygulamalardan fazla bulunmuştur. Buna karşılık amonyum fiksasyonu, tek başına ve on gün önceden amonyum, sonra potasyum verilen gruplara göre daha az bulunmuştur. Bu iyonların toprağa birlikte uygulamasında doz farklarının da dikkate alınması gerekmektedir. Zira araştırma sonucuna göre birlikte uygulamada uygulanan amonyum dozu arttırıldığında potasyum fiksasyonu bir miktar düşmekte, buna karşılık amonyum fiksasyonu ise artmaktadır.

Diğer taraftan bu elementlerin toprağa belli bir süre arayla verilmesinin fiksasyonu çok yönlü değiştirdiği görülmektedir. Genel olarak önce potasyumun toprağa verilip sonra amonyumun verilmesi potasyum fiksasyonunu, hem tek başına amonyum uygulaması, hem de amonyum ve potasyumun birlikte uygulamalarına göre geriletmiş, tanık değerine yaklaştırmış, amonyum fiksasyonunu da azaltarak tanık değerleriyle aynı grupta yer almasını sağlamıştır (izelge 4). Buna karşılık önce amonyumun verilip sonra potasyumun verilmesiyle, amonyum fiksasyonu, sadece tek başına amonyum uygulamasına göre azalmaktadır. Potasyum fiksasyonu da tek başına potasyum uygulaması ve amonyum ve potasyumun birlikte aynı zamanda uygulamalarından daha düşük bulunmuştur. Her ne kadar toprağa önce potasyum verilip sonra amonyum verilmesiyle potasyum fiksasyonunda amonyum fiksasyonuna göre bir artış görülse de, elde edilen bu sonuçlar birlikte ve tek başına yapılan uygulamalardan elde edilen potasyum fiksasyon

değerlerinden düşük seviyededir. Buna göre toprakların gübrelemesinde amonyum ya da potasyum fiksasyonu önemli bir önceliğe sahip değilse, toprağa önce potasyumlu gübrelerin verilip sonra amonyumlu gübrelerin verilmesinin, her iki elementin fiksasyonunu azaltacağını söylememiz olanaksız değildir. Eğer toprak bu iki elementin herhangi birisine karşı öncelikli öneme sahipse, buna göre gübrelemenin yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1991. Türkiye toprakları verimlilik envanteri. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonymous, 1990. Micronutrient, assesment at the country level: an international study. FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Bouyoucos, G. D., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal*. 43: 434-438.
- Bremner, J. M., 1965. Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and microbiological properties. In.ed.C.A. Black. American Soc. Agron. Inc. Agron. Series. No: 9. Madison, USA.
- Chapman, H. O., 1965. Cation-exchange capacity. Methods of Soil Analysis (Gd. C. A. Black et al.) *Agronomy* No:9, Part 2, p: 899-900 Madison, Wisconsin USA.
- Chappell, M. A. and V. P. Evangelou, 2000. Influence of added K⁺ on inducing ammonium fixation and inhibiting nitrification. *Soil Science*. 0038-075C/00/16505-420-426.
- Chen, J. S. and A. F. Mackenzie, 1992. Fixed ammonium and potassium as affected by added nitrogen and potassium in three Quebec soils. *Communications in Soil Sci. and Plan. Anal.* 23:11-12, 1145-1159.
- Conti M. E, A. M de la Horra, D. Efron, D. Zourarakis, 2001. Factors affecting potassium fixation in Argentine agricultural soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (17-18): 2679-2690 .
- Çağlar, K. Ö., 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 10, Ankara.
- Dou, H., D. Steffens, H. T. Dou, 1995. Recovery of 15N labelled urea as affected by fixation of ammonium by clay minerals. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 158: 4,351-354.
- Drury, C. F. and E. G. Beauchamp., 1991. Ammonium fixation release nitrification and immobilization in high and low fixing soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.* 55: 1, 125-129.

- Fleige, H., B. Mayer, H. Scholz, 1971. Fraktionierung des stickstoffs for N Haushaltsbianzen, Göttinger Bodenkundl. Ber. 18,1-37.
- Grewelling, T. and M. Peech, 1960. Chemical soil tests. Cornell University. Agr. Expt. Station Bull.
- Jackson, M. L., 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall. Inc. Eng. Cliff, USA.
- Kacar, B., 1994. Gübre Bilgisi Ders Kitabı 4. Baskı. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 1383. Ders Kitabı, No: 397.
- Kacar, B., M. A. Malik, S. Taban, 1995. Orta Anadolu Bölgesi'nde çeltik tarımı yapılan topraklarda amonyum fiksasyonu. Tr. J. of Agriculture and Forestry. 19: 51-58. Tübitak.
- Katkat, A. V., 1977. Antalya kıyı yöresi topraklarında potasyum adsorbsiyon ve fiksasyonu ile bunları etkileyen önemli etmenler üzerine bir araştırma. Ank.Üniv. Ziraat Fak. Toprak Anabilim Dalı. Ankara.
- Kılıç, K., 1994. Tokat yöresi büyük toprak gruplarında amonyum fiksasyonu ve amonyum fiksasyonunu etkileyen bazı etmenler. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Toprak Anb. D. Yüksek lisans tezi. Adana.
- Kütük, C., S., Taban, H. Özcan, Ç. Olgun, B. Kacar, 1998. Fixation of potassium in the rice growing soils of Central Anatolia. Department of Soil Science Faculty of Agriculture, University of Ankara, Turkey.
- Liu, Y. J., D. A. Laird and P. Barak, 1997. Release and fixation of ammonium and potassium under Long-Term fertility management. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 310-314.
- Lumbanraje, J. and V. P. Evangelou, 1994. Adsorption desorption of potassium and ammonium at low cation concentratios in three Kentucky subsoils. Soil Sci. 157: 5, 269-278.
- Mamo, M., R., W. Taylor, J. W. Shuford, 1993. Ammonium fixation by soil and pure clay mineralys. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 24 (11-12), 1115-1126.
- Munsuz, N., G. Çaycı, A. Sueri, M. Turhan, K. Erel, 1996. İç Anadolu Bölgesi şeker fabrikaları pancar ekim alanı topraklarının kil mineralleri ile potasyum sağlama kapasiteleri arasındaki ilişkiler. Türkiye Şeker Fabrikası A.Ş. Yayın No: 219. Ankara.
- Nielsen, J. D., 1971. Fixation and release of ammonium in Danish soils. Tidsskr. for Planteavl, 75: 239-255.
- Nommik, H., 1957. Fixation and defixation of ammonium in soils. Acta Agric. Scand. 7: 395-436.
- Nommik, H. and K. Vahtras, 1982. Ketention and fixation of ammonium and ammonia in soils. İn Stevenson, F.J. Led, Nitrogen in Agricultural Soils. Am. Soc. Agron. Madison, Wis. p: 123 - 171.

- Oskay, K. S. ve M. Çağatay, 1976. Meriç Havzası topraklarında potasyum adsorbsiyon ve fiksasyonu ile bunları etkileyen önemli etmenler üzerine bir araştırma. (Doktora tezi). Ank. Üniv. Zir. Fak. Bitki Bes. Kürs. (Rota) Ankara.
- Özgümüş, A. ve B. Kacar, 1980. Çukurova yöresi topraklarında amonyum fiksasyonu ve bunu etkileyen etmenler üzerine bir araştırma. A. Ü. Zir. Fak. Doktora Tez Özetleri. 1: 593-605.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook, 60.
- Sağlam, M. T., 1974. Erzurum, Hasankale ve Erzincan Ovası topraklarında amonyum fiksasyonu, amonyum fiksasyonu ile potasyum arasındaki bazı ilişkiler, mineralize olan nitrojen ve nitrojen kayıpları üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi, Zir. Fak. (Basılmamış), Erzurum.
- Saltalı, K., M. R. Derici, K. Kılıç, 1999. The ammonium fixation in great soil groups of Tokat region and some factors of potassium on ammonium fixation. Tr. J. of Agr. and Forestry. 23: 673-678. Tübitak.
- Schneider, A., 1997. Release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samples. E. J. of Soil Sci. June 1997, 48: 263-271.
- Silva, J. A. and J. M. Bremner, 1966. Determinate and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: V. Fixed ammonium, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 587-594.
- Taban, S., M. A. Malik, B. Kacar, 1993. Orta Anadolu Bölgesi'nde Çeltik Tarımı Yapılan Topraklarda Amonyum Fiksasyonu. Tr.J.of Agriculture and Forestry 19: 51-58. Tübitak.
- Ting, D. H., D. Steffens, H. T. Dou, 1995. Recovery of ¹⁵N labelled urea as affected by fixation of ammonium by clay minerals. Zeitschrift für pflanzenernährung und Bodenkunde. 158: 4, 351-354.
- Usta, S. ve H. S. Başkaya, 1985. Ankara yöresi buğday/nadas ekim nöbeti uygulanan ve ahır gübresi verilen tarla toprağında azot formlarının tüm ekim nöbeti boyunca dağılımları üzerinde bir araştırma. Doğa Bilim Dergisi, cilt: 9, sayı 1, s: 51-60
- Ünal, H. ve H. S. Başkaya, 1981. Toprak Kimyası Ders Kitabı. Ank. Üniv. Ziraat. Fak.Yay. No: 759. Ders Kitabı No: 218.
- Yan, T., F. Ke and Y. Shuxue, 1996. Preferential fixation of ammonium to potassium by soils. Pedosphere 6: 1, 35-38.