

Topraklarda Amonyum Fiksasyonu ve Etkileri

Abide Erdil^{1*}, Ayhan Horuz, Ahmet Korkmaz, Güney Akınoğlu

Özet: Bu çalışmada topraklarda amonyumun (NH_4^+) fiksasyonu, etkileyen etmenler, fiksasyonun mekanizması, fikse edilen NH_4^+ 'dan bitkilerin yararlanması ve diğer besin elementlerinin rolü incelenmiştir. Bitkilerin büyüüp gelişmelerinde makro besin elementlerinden olan azot hayati bir öneme sahiptir. Ancak azot (N) genelde tarım topraklarında çok az düzeyde bulunur. Topraklarda az düzeyde bulunan azotu yeterli düzeye çıkarabilmek için toprağa gerek organik gerekse kimyasal gübreler verilir. Bitkiler verilen her iki azot kaynağındaki NH_4^+ -N'nun bir kısmından istifade ederlerken; diğer kısmı toprağın kil fraksiyonu tarafından tabakalar arasında fikse edilerek yarayışsız NH_4^+ formuna dönüştürülür. Fiks olan NH_4^+ toprakların kil tipi ve miktarına, sıcaklığına, organik madde kapsamına, su içeriğine, redoks potansiyeli ve potasyum (K^+) kapsamına bağlı olarak değişim göstermektedir. Çalışma sonunda sürdürülebilir toprak verimliliğinde bitkilerin NH_4^+ beslenmesinin artırılabilmesi için bahsi geçen toprak özelliklerine dikkat edilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Toprak, Amonyum, Fiksasyon

Effects of Ammonium Fixation in Soils

Abstract: In this study, the role of ammonia (NH_4^+) fixation in soil and the factors affecting this fixation, the mechanism of fixation, the utilization of plant from NH_4^+ , and other nutrients were examined. Nitrogen, one of the macro nutrients in plants' growth and development, has a vital importance. However, nitrogen (N) is generally found at very low levels in agricultural soils. Organic or chemical fertilizers are given to the soil in order to obtain sufficient level of nitrogen in the soil. While plants take advantage of some of the NH_4^+ -N in both supplied nitrogen sources; the other part is converted into the unavailible NH_4^+ form by fixing it between the layers by the clay fraction of the soil. The fixation, NH_4^+ , varies depending on the clay type and amount of clay, the temperature, the content of organic matter, the content of water, the potential of redox and the content of potassium (K^+). At the end of the study, it was determined that soil characteristics should be paid maximum attention in order to increase ammonium nutrition of plants in sustainable soil fertility.

Key words: Soil, Ammonium, Fixation

Giriş

Toprakların mineral azot formlarından biri olan amonyum (NH_4^+) toprak bünyesinin en aktif kısmını teşkil eden kil minerallerinin kristal kafes yapısı içerisine girerek haps (fikse) olması ile birlikte bitkilere yarayışsız forma dönüşebilen bir iyondur. Bu olaya

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139 Samsun,

*Sorumlu yazar: sultanasude@hotmail.com

NH_4^+ fiksasyonu adı verilir [1]. Genel olarak silikatlı topraklar, ana materyalden, amonyumlu gübrelerden veya mineralizasyon sonucu oluşan amonyumun kil minerallerinde (vermikulit, illit, simektit) adsorpsorbe veya fikse edilmiş halde amonyum içerirler. Fikse edilmiş amonyum potasyumlu çözeltilerle ekstrakte edilemeyen amonyumu tanımlar [2]. Killi tınlı topraklar siltli tınlı topraklara göre amonyumu daha fazla fikse ederler. Benzer şekilde siltli tınlı topraklar da kumlu topraklara göre daha fazla amonyum fikse ederler. Fiks edilen amonyum miktarı fiksasyonu gerçekleştiren materyalin tabiatına bağlı olarak değişir. Silisyum-alüminyum-silisyum şeklinde 3'lü tabakaya sahip 2:1 tipi killerin bulunması halinde toprakta potasyum ve amonyumun 1:1 killere (kaolonit) göre daha fazla fikse edildiği belirtilmiştir [1]. 2:1 tipi killerde silisyum tetrahedron tabakasında silisyum ile alüminyumun yer değiştirmesi sonucu oluşan negatif yükler Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , H^+ katyonlarınca dengelenmektedir [3].

Ana materyal fiks olan amonyum havuzu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Toprak ana materyali amonyum fiksasyonu yönünden Kum taşı < Bazalt = Granit < Lös = Moren < Alüviyal Sediment < Kireç taşı < Bataklık Sedimentleri şeklinde sıralanır. Kaba tekstürlü topraklarda (Kum taşı, granit) fiks olan amonyum kapsamı 10-90 ppm orta bünyeli topraklarda (lös bataklık sedimentleri alüviyal sedimentler ve bazalt ana materyali) 60-270 ppm ve ince bünyeli topraklarda (kireç taşı ve kil taşı) 90-460 ppm dir [4].

Amonyum fiksasyonu çok hızlı gelişen bir olaydır. Drury ve Beauchamp (1991) toprağa uygulandıktan sonra 6 saat içinde amonyum fiksasyonunun yarısının gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar fiks amonyumun yavaş yavaş serbestlendiğini ifade etmişlerdir. Serbestlenme hızının fiksasyon hızından daha yavaş olduğu belirtilmiştir. Kowalenko (1989) tatbik edilen amonyumun %36 sının killer tarafından hızla fikse edildiğini ve arazide 14 gün sonra bu oranın %1 den daha aşağı değerlere kadar düştüğünü ifade etmişlerdir. Sowden ve ark. (1978) amonyum fiksasyonunun %43-55 inin 2 saat içinde tamamlandığını, yaklaşık 3 gün içinde fiksasyon hızının yavaşladığını belirtmişlerdir. Fiks edilen amonyum miktarı ilave edilen amonyum miktarı arttıkça artmıştır [5, 6]. Amonyum ve potasyum fiksasyonu üzerinde yapılan çalışmalarda ıslak çeltik topraklarında montmorillonit kilinde ilave edilen amonyumun %98'inin fikse edildiği, vermikulitte %88'inin fikse edildiği; hidrus mika, klorit ve hallosit ihtiva eden

kil fraksiyonunda ise ilave edilen amonyumun %34'ünün fikse edildiği belirtilmiştir [7]. Araştırmacı ayrıca montmorillonitin diğer kil minerallerinin aksine potasyum fikse etme kabiliyetine sahip olmadığını bildirmiştir. Araştırmacı vermikulit kil mineralinin monovalan katyonları (K^+ ve NH_4^+) fikse etme gücünün montmorillonite göre daha yüksek olduğunu da bildirmiştir. Montmorillonite kıyasla beidellit en yüksek seviyede amonyum fikse eden simektit kil minerali olduğu, bunun sebebi izomorfik yer değiştirme olayının tetrahedral tabakada meydana gelmesi ile ilişkilendirilmiştir [8].

Kil minerallerine ilave olarak silt fraksiyonunun da değişebilir olmayan durumda amonyum bağladığı rapor edilmiştir. Avrupa'nın lös topraklarında fikse edilen amonyumun %65 değerlerine ulaştığı belirtilmiştir [9]. Kil fraksiyonunda fikse edilen amonyum kapsamının 255-430 ppm arasında; silt fraksiyonunda ise 72-166 ppm arasında olduğu bildirilmiştir [10]. Kanada topraklarında %37 kil kapsayan, kil ve silt fraksiyonlarında fikse edilen amonyum miktarının benzer olduğu da belirtilmiştir [11]. Fikse edilmiş amonyum kapsamının kuvars kil mineralinde 0; biotit kil mineralinde ise 266 ppm olduğu belirtilmiştir [12].

Chantigny ve ark (2004)'e göre kil mineralleri tarafından en yüksek amonyum fiksasyonunun ilk günler içerisinde meydana geldiği, kumlu topraklara (%11) göre killi topraklarda (%34) fiksasyonun daha fazla olduğu bildirmişlerdir. Vermikulit kapsamı yüksek topraklarda 15 günlük inkübasyondan sonra ilave edilen amonyumun %18-23'ünün fikse edildiği bildirilmiştir [6].

İlave edilen amonyumun fikse edilen miktarı toprağın amonyumu fikse etme kapasitesine bağlı olduğu bildirilmiştir. Amonyumu fazla miktarda fikse etme kapasitesine sahip gleysol topraklarda Fischer ve ark. (1981) ilave edilen azotun %47'sinin fikse edildiğini; buna karşılık amonyumu düşük fikse etme kapasitesine sahip histosollerde ise ilave edilen amonyumun yalnızca %7'sinin fikse edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ilave edilen amonyumun kil minerallerinin tabakaları arasına girerek fikse edildiğini de ifade etmişlerdir [13].

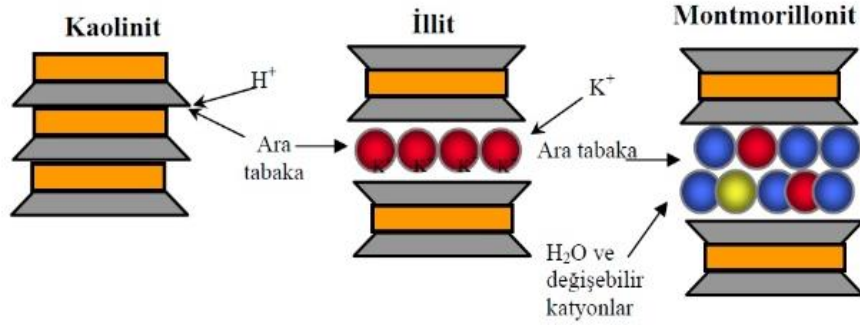
Allison ve ark (1953a)'a göre toprak rutubetinin amonyum fiksasyonunu azalttığını, kil minerallerinin ıslak koşullarda genişlediğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar kuru topraklarda tabakalar arasının daraldığını ve fikse olan amonyumun da arttığını bildirmişlerdir [14].

Osborne (1976b) kuru topraklara göre maksimum su tutma kapasitesinin %60'ında tutulan killi bir toprakta amonyum fiksasyonunun %25 azaldığını bildirmiştir [15]. Aynı zamanda Gouveia ve Eudoxie (2007) ıslak topraklarda amonyum fiksasyonunun düşük seviyede olduğunu belirtmiştir [16]. Bazı araştırmacılar çeltiklik topraklarında suya boğulma sonucu KDK'nın artması ile amonyum fiksasyonunun arttığını belirtmişlerdir [17-19]. Buna rağmen bazı araştırmacılar ise çeltiklik şartlarında amonyum fiksasyonunun çeltiklik olamayan şartlara göre daha az olduğunu belirtmişlerdir [20, 21]. Çeltik tarlasının suya boğulduktan sonra fiks olan amonyum konsantrasyonunun artmasının redoks potansiyelinin azalmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Schneiders ve Scherer,1996). Çünkü düşük redoks potansiyelinde kil minerallerinde Fe^{+3} oktahedral tabakada azalma eğilimi göstererek yük artışı ortaya çıkar ve sonuçta kationlar daha kuvvetli bir şekilde bağlanır [22]. Yüksek redoks potansiyelinde ise Fe^{+2} 'ye dönüşümün artması ile negatif yüklerde azalma meydana gelir. Bu durum NH_4^+ adsorpsiyonunda azalmaya neden olur.

Bu çalışmada topraklarda amonyumun (NH_4^+) fiksasyonu, Fiksasyonu etkileyen etmenler, fiksasyonun mekanizması, fikse olan NH_4^+ 'dan bitkilerin istifadesi edebileceği durumu ve diğer besin elementlerinin etkisi incelenmiştir

Amonyum Fiksasyon Mekanizması

Amonyum ve potasyum aynı mekanizma ile fiks edilmektedir. Her ikisi de 2:1 tipi killerin ditrigonal boşluklarına uygundur. Bu iki amonyum ve potasyum iyonunun kil mineralleri içerisine girmesi kil tabakalarını 1 nm daraltır ve sonuçta amonyum ve potasyum iyonları tabakalar arasında hapsolüp kalır (Şekil 1). Buna amonyumun fiksasyonu denilir. Amonyum iyonu ile negatif yükler arasındaki elektrostatik enerji amonyumun hidrasyon enerjisinden büyüktür. Amonyum iyonu kolaylıkla kil tabakalarının ilgili boşluklarına girerek fiks olur [23].



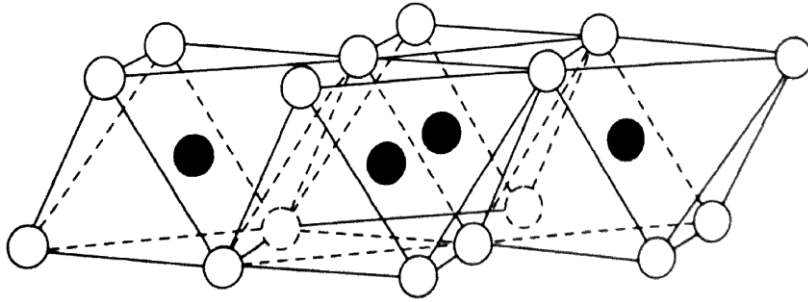
Şekil 1. Kil minerallerinin yaprakçıklarında tetrahedron ve oktahedral tabakalarının sıralanışı ile NH_4^+ ve K^+ gibi değişebilir katyonların fiksasyonu [24].

Opuwaribo ve Odu (1974), 1:1 tipi killerden oluşmuş kaolinit toprakların amonyumu fiks etme yeteneğinin çok az olduğunu ve fiksasyonun kil tipi ve denge çözeltisinin konsantrasyonuna bağlı olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir [25]. Kudayarov ve ark. (1969)_topraklarda amonyumun % 10'u ile 40'ının fikse edildiğini bunun da topraklarda uygulanan amonyumlu gübrelerin çeşit ve miktarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir [26]. Topraklarda yararışlı azot miktarı üzerine kil tarafından fikse edilen amonyumun etkisi 1950 yılından beri çalışılmaktadır [27, 28]. Toprakların çoğu içermiş oldukları killer sebebiyle ilave edilen amonyumu fikse etme kapasitesine sahiptirler [28, 29].

Tabakali yapı arz eden filosilikatlar 2:1 tipi yapıya sahip topraklarda amonyum fiksasyonundan sorumlu minarelerdir. Filosilikatlerden olan vermikülit çok yüksek yüzey yük yoğunluğunu oluşturan negatif yükler tetrahedral tabakada oluşan izomorfik yer değiştirme sonucu meydana gelmiştir [30]. Benzer filosilikat killlerinden olan montmorillonit de ise düşük yüzey yüke sahip olduğu ve bu yüklerin oktahedral tabakada izomorfik yer değiştirme sonucu meydana geldiği belirtilmiştir [31]. Amonyumun yarı çapı 0.143 nm potasyumun yarı çapı ise 0.133 nm olup tetrahedral tabakalardaki boşluğun çapı da 0.140 nm olduğu için bu katyonlar bu boşluğa kolaylıkla yerleşirler ve fikse olurlar [32]. Topraklarda amonyum fiksasyonu doğal olarak geliştiği gibi sonradan amonyumlu gübrelerin ilavesiyle de gerçekleşmektedir. Diğer bir ifade ile topraklarda doğal fiksasyon ve sonradan ilave edilen amonyumun fiksasyonu ayrı ayrı belirlenerek tespit edilmelidir. Ayrıca oktahedral tabakadaki yük artışı ve sıcaklık ilave edilen amonyumun fiksasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Kaolinit ve seskioksitlerin amonyum fiksasyonuna katkı yapmadıkları ifade edilmiştir [28]. 2:1 tipi killerden

vermikülit ıslak şartlarda amonyumu fikse eden silikat mineralidir. Fakat smektit grubu killeri ise amonyumu kuru şartlarda daha fazla fikse eder. Doram ve Evans (1983) vermikülitin ilave edilen amonyumun fiksasyonunda vermikülitin illitten daha fazla fikse ettiğini belirtmişlerdir [33].

Yapılan çalışmalarda Matschonat ve Matzner (1996) orman topraklarında KDK'nın ve baz doygunluğunun amonyum adsorbsiyonunu etkilediğini [34], Wang ve Alva (2000) kumlu topraklarda amonyum adsorbsiyonunun killi ve siltili topraklara göre daha az olduğunu tespit etmişlerdir [35]. Tang ve ark., (1996) amonyumun 2:1 tipi mika gibi benzer killerde yüzeyde bulunan hegzagonal boşluklarda fiks edildiği belirtilmiştir (Şekil 2) [36]. Chen ve ark. (1989) ise amonyum fiksasyonunun yüksek negatif yüke sahip smektit grubu killeri tarafından gerçekleştirildiğini, karbonat ve seskioksitlerin amonyum fiksasyonunu engellediğini ve yüksek organik madde kapsamına sahip topraklarda fikse edilmiş amonyumun miktarının azalma gösterdiğini de belirtmişlerdir [37].



Şekil 2. Ki minerallerinde ditrigonal yapısı [38].

Nommik (1957) amonyum fiksasyonun toprakların pH değerleri arttıkça artma eğiliminde olduğunu belirtmiştir [39]. Araştırmacı pH 5,5 den daha düşük olduğunda toprakların çok düşük fiksasyon gösterdiklerini belirtmiştir. Wiklander ve Anderson (1959) toprakların amonyumu ve potasyumu fikse etme kapasitelerinin kireçleme ile ölçülebilir düzeyde arttığını bildirmişlerdir [40]. Ayrıca ilave edilen amonyumlu gübrede fikse edilen azot miktarının deneme topraklarının pH ları arttıkça azalmıştır.

Amonyum Fiksasyonunu Etkileyen Etmenler

Toprakların amonyumu fikse etme kapasitesi ve fikse olan amonyum kapsamı toprak ana materyaline, toprak tekstürüne, kil kapsamına, kil mineral kompozisyonuna, toprak çözeltisinde potasyum konsantrasyonuna, toprak kolloidlerinin potasyum doygunluk

derecesine, 2:1 tipi kil minerallerinin tabakalarının potasyum doygunluğuna, toprak rutubet şartlarına bağlı olduğu belirtilmiştir [4].

Amonyumu fiks etme kapasitesi en yksek kil mineralinin vermikulit ve illit olduğu; buna karşın montmorillonitin amonyumu fikse etme kapasitesinin daha d1ř1k olduğu belirtilmiştir [29]. Bununla birlikte dominant kil minerali montmorillonit olan Sudan topraklarının fiks edilen amonyum miktarlarının çok az olup, 30-60 ppm arasında değiştiği bildirilmiştir [41]. Fan ve ark. (1996) yaptıkları çalışmasında kil kapsamının topraktaki amonyum fiksasyonu ile doğrusal bir ilişkisi olduğunu, amonyum fiksasyonu 1zerine toprakların kil kapsamı dışında potasyum miktarının da 1nemli olduğu ve potasyumun 1nceden toprağa verilmesinin amonyum fiksasyonunu azalttığı vurgulanmıştır [42].

Fikse Edilen Amonyumdan Bitkinin Yararlanması

Bitkiler 1z1nebilir ya da fiks edilmiş amonyumun yakınındaki değişebilir amonyumu da alabilirler. Bu durum fiks edilmiş amonyumun dif1zyonunu arttırarak bitki tarafından alınmasına imkan sağlar. Ayrıca bitki k1kleri toprağın mikro-florasını arttıracak tarzda salgılar çıkararak fiks olan amonyum havuzundan yararlanmayı etkileyebilirler [43]. Serbestlenen amonyum miktarının bitki gelişim periyodunun uzunluğuna ve bitki yoğunluğuna bağlı olarak değişim g1sterir. Serbestlenen amonyum miktarının doğal fiks edilmiş amonyum havuzu ve sonradan fiks edilmiş amonyum havuzuna bağlı olduğu belirtilerek ayrı ayrı bu havuzlardaki fiks edilmiş amonyumun serbest hale geçme oranı farklı olabilir. Ayrıca fiks edilmiş amonyum azotunun, azotlu g1brelerden ve organik azotun mineralizasyonundan da ileri gelebilir. eeği belirtilmiştir [44].

Bitkiler fiks edilen amonyumun bitkinin fiks edilmiş amonyumdan en fazla %10 oranında yararlanabilirler [45]. Allison et al (1953), serada darı bitkisi ile yaptığı çalışmada bitkinin fiks edilen amonyumun %7'si ile %12'sinden yararlandığını belirtmişlerdir. Fiks olmuş amonyumun N-15 izleme tekniği ile sera şartlarında yapılan çalışmalarda çim bitkisinin 14 hafta yetiştirildiği s1re içerisinde %90-95'inin serbestlendiği tespit edilmiştir [30]. Tarla şartlarında fiks edilen amonyumun %66'sının fiksasyonundan itibaren 86 g1n içerisinde serbestlendiği tespit edilmiştir.

Son zamanlarda yeni fikse edilen amonyum azotunun daha sıkı bir şekilde tutulan doğal fikse edilmiş amonyum azotuna g1re bitkilere daha yararlı olduğu belirtilmiştir [46].

Doğal fikse edilen amonyumun kil tabakalarının daha iç merkezlerinde tutulduğu belirtilmiş sonradan fikse edilen amonyumun ise kilin dış yüzeylerinde tutulduğu belirtilmiştir [47].

Ayrıca su altındaki topraklarda amonyum iyonu mineralize olmuş azotun ilk formudur. Amonyum iyonu bitkiler tarafından absorbe edilebilir yada toprak partiküllerinin negatif yüklü yüzeylerinde elektrostatik şekilde adsorbe edilebilir. Amonyum adsorbsiyonu ve desorbsiyonu suya boğulu topraklarda azotun tutulmasında ve tekrardan serbestlenmesinde önemli olaylar olup bitkinin azot alınımını ve azot yıkanmasını etkiler [48].

Amonyum Fiksasyonunun Diğer Besin Elementlerinin Alımına Etkisi

Toprakların çoğunda değişebilir olmayan potasyum ve amonyum miktarlarının dikkate değer ölçüde olduğu ve bu değişebilir olmayan fraksiyonun az ya da çoğunun çözeltiliye geçebildiği ya da serbestlenerek bitki tarafından alındığı bilinmektedir. Bu durumun aksine toprakların bir kısmında da değişebilir olmayan formda immobil potasyum ve amonyum iyonları bitkiye yararlı olmayan fikse fraksiyon form olarak adlandırılmıştır. Amonyumun ve potasyumun toprakta fiksasyonu ya da tekrardan serbest hale dönmesi kil minerallerinin yapısı ile ilgili olduğu kısmen potasyum, amonyum ve diğer monovalan katyonların divalen katyonlar kadar fiksetme kabiliyetine bağlı olduğu belirtilmiştir. Değişebilir potasyum ve amonyum iyonları kil ve humus partiküllerinin yüzeyine tutunmuş adsorbe formda da bulunabilirler. Ancak fikse edilmiş potasyum ve amonyum iyonları ise kil minerallerinin özellikle illit, montmorillonit ve vermikülitin tabakaları arasına hapsolmuşlardır. Toprakların amonyum ve potasyum fiksasyon kapasitesi kil minarelerine bağlı olup kuru şartlardaki fiksasyon ıslak şartlardakinden daha yüksek düzeydedir.

Fiks edilen amonyum kapsamı, amonyum potasyumdan önce uygulandığında yüksek; potasyum amonyumdan önce uygulandığında düşüktür [49]. Toprak çözeltilisinde amonyum bulunması halinde; potasyum fiksasyonu amonyum bulunmamasına göre baskılanmaktadır. Zıt olarak amonyum fiksasyonunun çözeltilide potasyum bulunduğunda potasyumsuz şartlara göre arttığını göstermektedir. Toprak çözeltilisinde potasyum bulunduğunda amonyumun fiksasyonu azalmaktadır. Lagget ve Moodie (1963) yaptıkları çalışma da potasyumun, toprakta tutulan amonyumun serbestlenmesi üzerine önleyici etki yaptığını belirtmiştir [50]. Nielsen (1971) potasyumun amonyumla

beraber verildiğinde amonyum fiksasyonunu arttırdığını, eğer amonyumdan önce verilirse fiksasyonu azalttığını belirtmiştir [51]. Temel olarak toprakların potasyum ve amonyum iyonlarını eşdeğer miktarda fiks ettiklerini, birlikte kullanıldıklarında ise amonyumun potasyuma göre daha çok fiks olduğunu belirtmiştir. Peterburgsky and Smirnov (1966) potasyumun önceden toprağa verilmesi amonyum fiksasyonunu azalttığını ve bu sebeple Sod-podzolik topraklarda amonyum fiksasyonunun 284.4 µg/g'dan 48.6 µg/g'a, Çernozyemlerde 207.0 µg/g'dan 45.0 µg/g'a düştüğünü tespit etmişlerdir [45]. Raju and Mukhopadhyay (1976) Batı Bengal'den aldıkları topraklarda amonyum sülfat şeklinde 200 µg/g azot uygulanmadan önce potasyum klorür şeklinde uygulanan potasyumun amonyum fiksasyonunu azalttığını belirtmişlerdir [52]. Bajwa (1987), yaptığı çalışmada potasyumun düşük olduğu montmorillonit killerde amonyum fiksasyonunun fazlaca görüldüğü, vermikulit ve beidellit killerdeyse düşük seviyede amonyum ve potasyum fikse edildiğini belirtmiştir [53].

Gouveia ve Eudoxie (2002) yapmış oldukları bir çalışmada fiks olan amonyumun serbestlenmesinin en az illit kil mineralinin dominant olduğu topraklarda gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Sodyum muamelesi fiks edilen amonyumun serbestlenmesinde en fazla etkiye sahip olup bunu sırası ile Ca^{+2} ve sonra da K^{+} izlemiştir. Toprağa Na^{+} muamelesi yapıldığında fiks edilen amonyumunun %18,6 sının serbestlendiği, Ca^{+2} muamelesi ile % 13,4 ünün, K^{+} muamelesi ile %12,6 sının serbestlendiği belirtilmiştir [54]. Kudeyarov (1981) toprak çözeltisinde rakip katyonların bulunması halinde fiksasyonun azaldığını bu durumun toprakların fiksasyon kapasitesine bağlı olduğunu belirtmiştir [55]. Fiks edilen amonyumun diğer katyonlarla değişimi yada serbestlenmesi ve devamında fiks edilen amonyumun yayılgılığının toprağa diğer katyonların ilavesine bağlı olup bunun gübrelemede dikkate alınması gerekmektedir. Fiks edilen amonyumla diğer katyonlar arasındaki değişim dinamiği birçok araştırmacılara konu oluşturmuştur. Fiks edilen amonyumun kil tabakaları arasına kolay ve hızlı giren katyonlarla yer değiştirdiği, aksine amonyumla benzer çapa sahip katyonların tabakalar arasındaki açıklığı düşürdüğü rapor edilmiştir. Ayrıca toprağa organik madde ilavesi karbonhidratların bir kısmının CO_2 'e yükseltgenerek uzaklaşması neticesi C/N oranının düşmesine ve mineralizasyonun artmasına neden olur [1]. Toprağa karbon ilavesinin fiks edilen azotun mobilizasyonunu arttırarak değişebilir olmayan amonyum azotunun

heterotrofik mikroorganizmalar sayesinde %64-96'sının serbestlendiği belirtilmiştir [56].

Sonuç

Tarım topraklarında amonyumlu gübreler kullanırken, toprağın kil tipi ve kapsamı, su içeriği, redoks potansiyeli ile Ca ve K kapsamı amonyum fiksasyonu üzerinde önemli parametreler olduğundan bu hususlara dikkat edilmesi gerekir.

Toprakların kuru olduğu şartlarda amonyum fiksasyonu artarken; yeterli düzeydeki neme sahip topraklarda amonyumun fiksasyonu azalmaktadır. Özellikle suya boğulu yüksek redoks potansiyeline sahip topraklarda Fe^{3+} 'ün Fe^{2+} 'ye indirgenmesi sonucu negatif yüklerdeki azalma NH_4^+ adsorpsiyonunu azalır. Toprakta yeterli düzeyde potasyum varken; amonyumun serbestlenmesi artmaktadır. Bu nedenle amonyum fiksasyonunu azaltmak için toprakların potasyum içermesi çok önemlidir. Vermikülit, montmorillonit ve illit kil tipine sahip topraklarda amonyum fiksasyonu fazla olduğundan dolayı burada yapılacak olan amonyumlu gübrelemeler de çok dikkatli olunması gerekir. Aksi takdirde ne kadar amonyumlu gübre kullanılırsa o kadar toprakta fazla amonyum fiksasyonu gerçekleşir ve bitkiler bundan yararlanamaz. Ayrıca organik madde ilavesi ile toprakta mineralizasyon şartları artırılarak, amonyumun bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından kullanımını sağlamak suretiyle fiks edilen amonyumun miktarı azaltılabilir.

Kaynaklar

1. Sezen, Y., Toprak Kimyası. 1991, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
2. Elinç, F., Bitki besleme ve toprak verimliliği. Omu, Zir. Fak. Ders Kitabı, 2007(57).
3. Karaman, M., et al., Sürdürülebilir toprak verimliliği. Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları, 2007(1).
4. Nieder, R., D.K. Benbi, and H.W. Scherer, Fixation and defixation of ammonium in soils: a review. Biol Fertil Soils, 2011. 47: p. 1-14.
5. Nommik, H., Ammonium fixation and other reactions involving a nonenzymatic immobilization of mineral nitrogen on soil. Soil nitrogen, ed. W.V. Bartholomew and F.E. Clark. 1965: Amer.Soc. Agron. Inc. (Madison).
6. Drury, C., E. Beauchamp, and L. Evans, Fixation and immobilization of recently added in selected Ontario and Quebec soils. Canadian journal of soil science, 1989. 69(2): p. 391-400.
7. Bajwa, M., Ammonium and potassium fixation by wetland rice soils. Pakistan Journal of Agricultural Research, 1985. 6(1): p. 23-25.
8. Feigenbaum, S., et al., Clay-fixed labeled ammonium as a source of available nitrogen. Soil Science Society of America Journal, 1994. 58(3): p. 980-985.

9. Niederbudde, E.A. and R. Friedrich, Einflub von Gülle und Mineraldüngung auf N- und K-spezifische Bodeneigenschaften einer Geschiebemergel-Braunerde. Bayer Landwirtsch Jahrb, 1984. 61: p. 781-789.
10. Jensen, E., B.T. Christensen, and L. Sørensen, Mineral-fixed ammonium in clay-and silt-size fractions of soils incubated with 15 N-ammonium sulphate for five years. Biology and fertility of soils, 1989. 8(4): p. 298-302.
11. Kowalenko, C. and G. Ross, Studies on the dynamics of " recently" clay-fixed NH₄⁺ using 15N. Canadian Journal of Soil Science, 1980. 60(1): p. 61-70.
12. Wlotzka, F., Untersuchungen zur Geochemie des Stickstoffs. 1961, Universität Göttingen.
13. Fischer, W., et al., Transformation of 15N-Labelled Ammonium in Two Soils Differing in N_h+ 4-Fixing Capacity. European Journal of Soil Science, 1981. 32(3): p. 409-418.
14. Allison, F., M. Kefauver, and E. Roller, Ammonium Fixation in Soils 1. Soil Science Society of America Journal, 1953. 17(2): p. 107-110.
15. Osborne, G.J., The significance of intercalary ammonium in representative surface and subsoils from Southern New South Wales. . Aust J Soil Res 1976. 14: p. 381-388.
16. Gouveia, G.A. and G.D. Eudoxie, Distribution of fertiliser N among fixed ammonium fractions as affected by moisture and fertiliser source and rate. Biology and fertility of soils, 2007. 44(1): p. 9-18.
17. Keerthisinghe, G., K. Mengel, and S. De Datta, The Release of Nonexchangeable Ammonium (15N Labelled) in Wetland Rice Soils1. Soil Science Society of America Journal, 1984. 48(2): p. 291-294.
18. Chen R, Zhang J, Guo W, Chen, W. N fertilizer (urea) topdressed on unsaturated soil and deep-placed using reflooding water. Int Rice Res Newsl, 1987a. 12:35–36.
19. Phillips, I.R. and M. Greenway, Changes in water-soluble and exchangeable ions, cation exchange capacity, and phosphorus (max) in soils under alternating waterlogged and drying conditions. Comm. Soil Sci. Plant Anal, 1998. 29: p. 51-66.
20. Williams, W.A., et al., Nitrogen immobilization by rice straw incorporated in lowland rice production. . Plant Soil 1968. 28: p. 49-60.
21. Chen, S., P. Low, and C. Roth, Relation Between Potassium Fixation and the Oxidation State of Octahedral Iron 1. Soil Science Society of America Journal, 1987b. 51(1): p. 82-86.
22. Stucki, J.W., D.C. Golden, and C.B. Roth, Effects of reduction and reoxidation of structural iron and clay swelling. Clays Clay Miner 1984. 32: p. 350-356.
23. Kittrick, J.A. 1966. Freeenergyof formationof from solubility measurements. Amer. Mineral. 51: p. 1457- 1466.
24. Keskin, İ., Zemin Mekaniği. Kil Mineralleri ve Zemin Yapısı. 2017.
25. Opuwaribo, E. and C.T.L. Odu, Fixed ammonium in Nigerian soils. Selection of a method and amounts of native fixed ammonium. . J. Soil Sci. , 1974. 25: : p. 256-264.
26. Kuderyarov, V.N., F.N. Yanshevsky, and T.P. Kachalkina, Transformation of nitrogen fertilizers in sod-podzolic soil and their availability to plants. Agrokhimiya, 1969: p. 11.
27. Bower, C., Fixation of ammonium in difficultly exchangeable form under moist conditions by some soils of semiarid regions. Soil Science, 1950. 70(5): p. 375-384.
27. Shen, S., S. I.Tu, and W.D. Kemper, Equilibrium and kinetic study of ammonium adsorption and fixation in sodium-treated vermiculite. . Soil Sci. Soc.Am. J., 1997. 61: p. 1611-1618.
29. Allison, F., J.H. Doetsch, and E. Roller, Availability of fixed ammonium in soils containing different clay minerals. Soil Science, 1953. 75(5): p. 361-382.
30. Douglas, L.A., Vermiculites 1. Minerals in soil environments, 1989(mineralsinsoile): p. 635-674.
31. Borchardt, G., Smectites. Minerals in soil environments, 1989(mineralsinsoile): p. 675-727.
32. McBride, M.B., Environmental Soil Chemistry. 1994, New York: Oxford University Press.

33. Doram, D. and L. Evans, Native fixed ammonium and fixation of added ammonium in relation to clay mineralogy in some Ontario soils. *Canadian journal of soil science*, 1983. 63(3): p. 631-639.
34. Matschonat, G. and E. Matzner, Soil chemical properties affecting NH_4^+ sorption in forest soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 1996. 159: p. 505-511.
35. Wang, F.L. and A.K. Alva, Ammonium adsorption and desorption in sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* , 2000. 64: p. 1669-1674.
36. Tang, Y., K. Feng, and S.X. Yin, Preferential fixation of ammonium to potassium by soils. *Pedosphere*, 1996. 6: p. 35-38.
37. Chen, C.-C., F.T. Turner, and J.B. Dixon, Ammonium fixation by high-charge smectite in selected Texas Gulf Coast soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1989. 53(4): p. 1035-1040.
38. Anonymous. Kil mineralinin ditrigoanal yapısı. 2007; Available from: <http://hosho.ees.hokudai.ac.jp/~tsuyu/top/dct/soil.html> [Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2018].
39. Nömmik, H., Fixation and defixation of ammonium in soils. *Acta Agr. Scand*, 1957: p. 395-436
40. Wiklander, L. and E. Andersson, Kalkens markeffekt. III. Kemiska undersökningar av ett langvarigt kalkningsförsök på skifte IV vid Lanna. 1959: Grundförbattring.
41. Said, M.B., Ammonium fixation in the Sudan Gezira soils. *Plant Soil* 1973. 38: p. 9-16.
42. Fan, X.L., Y. PZhang, and L. Liang, Effects of temperature and drying and wetting alternation on ammonium fixation in manured loessial soil. *Pedosphere*, 1996. 6 (2): p. 155- 161.
43. Marschner, H., Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. 1995, London: Academic.
44. Saha, D. and A.K. Mukhopadhyay, Availability of residual fixed ammonium to crops. *Biol Fertil Soils* 1986. 2: p. 83-86.
45. Peterburgsky, A.V. and P.M. Smirnov, Ammonium fixation by some soils in the USSR and the availability of this ion to plants. *Plant and Soil*, 1966. 25: p. 119-128.
46. Black, A. and S. Waring, Ammonium fixation and availability in some cereal producing soils in Queensland. *Soil Research*, 1972. 10(2): p. 197-207.
47. Nommik, H. and K. Vahtras, Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. *Nitrogen in agricultural soils* ed. F. Stevenson. Vol. 22:123-171. 1982: Agronomy.
48. Phillips, I.R., Nitrogen availability and sorption under alternating waterlogged and drying conditions. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 1999. 30: p. 1-20.
49. Scherer, H.W., Wechselwirkungen zwischen NH_4^+ und K^+ bei der spezifischen Bindung und der Mobilisierung im Boden. . *Kali- Briefe (Büntehof)* 1985. 17: p. 431-440.
50. Lagget, G.E. and C.D. Moodie, The release of fixed ammonium from soils by sodium as affected by small amounts of potassium or ammonium. *Soil Sci. Soc Amer. Proc.* , 1963. 27: p. 645-648.
51. Nielsen, J.D., Fixation and release of ammonium in Danish soils. *Tidsskr. For Planteavl*, 1971. 75: p. 239-255.
52. Raju, G.S.N. and A.K. Mukhopadhyay, Ammonium fixation by soils saturated with different cations. *Geoderma*, 1976. 16: p. 211-218.
53. Bajwa, M., Comparative ammonium and potassium fixation by some wetland rice soil clays as affected by mineralogical composition and treatment sequence. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1987. 158(1): p. 65-68.
54. Gouveia, G. and G. Eudoxie, Relationship between ammonium fixation and some soil properties and effect of cation treatment on fixed ammonium release in a range of Trinidad soils. *Communications in soil science and plant analysis*, 2002. 33(11-12): p. 1751-1765.
55. Kudryarov, V., Mobility of fixed ammonium in soil. *Ecological Bulletins (Sweden)*. no. 33., 1981.
56. Breitenbeck, G. and S. Paramasivam, Availability of ^{15}N -Labeled Nonexchangeable Ammonium to Soil Microorganisms. *Soil science*, 1995. 159(5): p. 301-310.