

TOPRAK REAKSİYONUNUN BİTKİ BESİN ELEMENTLERİ ELVERİŞLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

I. AZOT, FOSFOR ve POTASYUM

Serdar BİLEN (1)

Yıldırım SEZEN (1)

ÖZET : *Toprakta besin elementleri dengesinin sağlanması ve toprak özelliklerinin düzeltilmesi, toprak verimliliği ve bitkisel üretim açısından son derece önemlidir. Topraktaki besin elementi dengesi toprak reaksiyonundan fazlaca etkilenmektedir. Bu nedenle bitkisel üretimi maksimum seviyeye çıkarmak için toprak ve çevre şartlarının gözönüne alınması bitki yetiştiriciliği açısından büyük önem taşımaktadır.*

Bu derlemede bitkisel üretim için büyük öneme sahip olan Azot, Fosfor ve Potasyum gibi besin elementlerinin toprak reaksiyonundaki değişimler karşısında gösterdikleri davranışlar incelenmiştir. Bitki beslenmesinde maksimum düzeyde etkiye sahip bu besin maddeleri toprak reaksiyonu tarafından başta Fosfor olmak üzere en fazla etkilenenlerdir. Elverişlilikleri toprak reaksiyonuna bağlı olarak artan ve azalan bir durum göstermektedir.

GİRİŞ

Toprak reaksiyonu ile toprak verimliliği arasında yakın bir ilişki mevcuttur. Toprak pH'sı toprakta bulunan besin elementlerinin elverişliliğine, toprağa üretkenlik ve verimlilik kazandıran mantar, bakteri ve aktinomisetlerin aktivitesine ve toprak strüktürünün oluşumuna doğrudan ve dolaylı biçimde etkili olmaktadır (Sezen, 1991).

Asit topraklarda Al, Mn ve Fe gibi elementlerin toksik etki yapacak düzeye kadar yükseltilmeleri yanında K, Ca, Mg, P ve Mo gibi elementlerin eksiklikleri görülebilir. Buna karşın yüksek pH değerine sahip alkalın topraklarda bitki besin elementlerinden bilhassa fosforun Ca ile çözünmez Ca - fosfatlar halinde bağlanarak yararısız hale gelmeleri bu toprakların pH'ya bağlı olarak ortaya çıkan özellikleridir (Fox ve Ar., 1965).

Her bitki belli bir pH sınırına tolerans gösterir ve gelişimini o sınırlar içerisinde-

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 25240 Erzurum.

de sündürür. Bitki gelişimi, tölörans gösterdiği pH sınırlarının alt ve üst değerleri ötesinde yavaşlar ve ürün miktarında düşüş kaydedilir. Çünkü bu sınır pH değerleri ötesinde bitkilere elverişli durumda bulunan besin elementlerinin elverişliliğinin azalması veya bu elementlerin çözünürlüğünü arttırmak suretiyle bitkiler için toksit düzeye yükselmesi bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler.

Bu bilgiler ışığında bitki yetiştirilecek toprağın pH'sının yetiştirilen bitkinin tölörans gösterebileceği pH aralığında olması veya toprakların pH'larının bitkiye uygun duruma getirilmesi yoluna gidilmelidir.

AZOT

Toprak azotunun kaynağını toprak organik maddesi veya humus oluşturur. Bunu atmosfer azotu takip eder. Toprak azotunun % 92-96'sı organik maddeden sağlandığına göre organik maddenin bitki gelişmesindeki öneminin ne derece olduğunu tahmin edebiliriz.

Toprakta azot organik ve inorganik formda bulunur. Toprakta mevcut inorganik N bileşikleri Nitroz oksit (N_2O), Nitrik oksit (NO), Azot dioksit (NO_2), Amonyak (NH_3), Amonyum (NH_4), Nitrit (NO_2) ve Nitrat (NO_3) 'dan oluşur. Bunlardan ilk 4 tanesi gaz halinde bulunurken NH_4 , NO_2 ve NO_3 toprak çözeltisinde iyonik formda bulunurlar. Topraktaki Organik Azot formlarını ise organik madde ve aorganik azot bileşikleri oluşturular (Öğüş, 1970; İsmailçelebioğlu, 1980; Kacar, 1984).

Toprak Reaksiyonunun N Yararışlılığına Etkisi

Bitkiler azotu büyük pH farkı gözetmeden NH_4 ve NO_3 formunda alırlar. Bitkiler azottan en fazla pH = 6-8 arasında faydalanırlar. Yüksek asit koşullarda mikrobiyal faaliyet yavaşlar ve asit karakterli hüminler teşekkül eder. Bunun sonucu olarak NO_3 oluşumu düşer. Dolayısıyla bitkiler asit şartlarda NO_3 azotundan gerektiği kadar istifade edemezler. Asit şartlarda NO_3 şeklinde kalevi şartlarda ise NH_4 şeklinde azot kaybı sözkonusudur. Nitrifikasyon bakterileri pH = 5-10 sınırları arasında faaliyet gösterirler. Yani nitrifikasyon nötr veya nötre yakın pH'da maksimum seviyeye ulaşır. Asit topraklarda yavaşlayan nitrifikasyon olayı yükselen pH ya bağlı olarak özellikle Ca^{+2} iyonunun artması sonucu artar (Sezen, 1991).

Toprak azotunun kaynağını oluşturan organik madde mikroorganizmalar tarafından parçalanarak bitkilere yararışlı forma dönüştürülür. Nitrifikasyon olayını gerçekleştiren nitrifikasyon bakterileri toprak tepkimesindeki değişikliklere karşı çok duyarlıdırlar. Genç olarak nitrifikasyon bakterileri pH = 5.5 - 10 arasında etkinlik

gösterir. Optimum pH'ları nötr civarındadır (Morris and Dowson, 1962; Ögüş, 1970).

Topraktaki organik azotun inorganik azota çevrilmesinde (mineralizasyonunda) toprak reaksiyonu ve mikroorganizmaların büyük rolü vardır. Bitkiler genellikle pH'nın 6-8 arasında olduğu durumda topraktaki organik azottan azami istifadeyi sağlarlar. Nötr ve Kalevi topraklarda C/N oranı dar hümin maddeleri teşekkül ederken, kuvvetli asit topraklarda asit karakterli doymamış hümin maddeleri teşekkül eder. Nitrifikasyon bakterilerinin nötr veya nötre yakın ortamlarda daha etkin oldukları görülmüştür. $pH = 5 - 3.5$ arasındaki çayır-mer'a ve benzeri topraklarda nitratlaşmanın olduğu, ancak pH'nın düşmesi ile nitratlaşmanın güç ve yavaş yürüdüğü, buna karşın oluşan nitrat miktarında yeterli olduğu bilinmektedir. Asidik reaksiyon gösteren topraklarda kireçlemenin nitratlaşma üzerine olumlu etki yapması pH'nın yükselmesi ile yarıyışlı P, Cu, Mn ve benzeri besin iyonlarının artması ortama yeteri kadar Ca^{+2} verilmiş olmasıyla açıklanabilir. Bazı araştırmacılar pH'sı 5.2-7.8 arasında değişen 50 toprak örneğinde yaptıkları inkübasyon denemelerinde pH'nın azot mineralizasyonunu önemli derecede etkilemediğini ortaya koymuşlardır (Ünal ve Başkaya, 1981).

Kimi araştırmacıların çalışmalarına göre toprakların kireçlenmesi ile suda çözünmeyen Al ve Fe fosfatların, çözünürlüğü daha fazla olan Ca fosfata dönüştüğü, bunun sonucu olarak NH_4 iyonunun kolaylıkla NO_3 formuna geçtiği ifade edilmiştir. Bitkilerce NH_4 azotu alımının nötr pH aralığında optimum seviyede olduğu, toprak asitleştikçe NH_4 alımının azaldığı, buna karşın NO_3 alımının da arttığı, pH'nın yükselmesi sonucu ise NH_4 azotunun bitkilerce alımının fazla, NO_3 alımının ise az olduğu gözlenmiştir (Ateşalp, 1977; Aydemir, 1992).

Asit topraklara kireç uygulanıldığı zaman genellikle mineralizasyonun arttığı gözlenmiştir. Buna karşın asit reaksiyonlu mineral topraklarda nitrifikasyonun zayıf olduğu ileri sürülürken bazı araştırmacılar nitrojen mineralizasyonu ile pH arasında bir ilginin bulunmadığını ve kireçlemenin mineralizasyon üzerine geçici bir etkisinin olduğunu ileri sürmüşlerdir (Ögüş, 1970; Akalan, 1983).

Bazı topraklarda $pH = 4.5$ de çayır-mer'a topraklarında ise $pH = 3.8$ civarında nitratın oluştuğu saptanmıştır. Buna göre nitrifikasyon olayı düşük pH'lı topraklarda önemli derecede gerilemektedir. Nitrifikasyon bakterileri Ca, P, Fe, Cu ve Mn gibi elementlere gereksinim gösterir. Toprak pH'sının ve Ca'un nitrifikasyon bakterileri üzerine etkinliklerinin fazla olması, asit toprakların kireçlenmesine olan zorunluluğu ortaya koymuştur. Örneğin asit tepkimeli toprağa kireç verildiği zaman azot mineralizasyonu artmaktadır, bu durum belli bir süre devam etmekte ve sonra azalmaktadır. Asit tepkimeli toprağa verilen kireç, toprak organik maddesinin bir

bölümünü parçalamaya ve mineralizasyona uygun bir duruma getirmeye yardımcı olur. Kireçlemenin mineralizasyon üzerine etkisi 5 yıl kadar sürerken, bu süre boyunca mineralizasyon oranında düşer (Kacar, 1984).

Rao ve Rains (1976)'e göre, bitkilerin nitrat alınma ve taşınmasına etkisi yüksek pH'da artan OH iyonlarının rekabetinden kaynaklanır. Amonyum azotu alımı ise bitkinin karbonhidrat kapsamınca etkilenir.

Toprak Reaksiyonunun Mikrobiyal Aktiviteye Etkisi

Mikroorganizmalar tarafından havanın bağımsız azotunun doğrudan kullanılarak azotun tutulması "Asimbiotik Azot Tutulması" dır. Asimbiotik azot tutulmasını gerçekleştiren mikroorganizmalar Azotobacter ve Clostridium'dur. Bunlardan Azoto bacter aerobik, Clostridium ise anaerobiktir. Azotobacterler toprak asitliğine karşı çok duyarlıdır. Bunlar pH = 7-8 arasında optimum etkinlik gösterirler. Azotobacter'in etkinliği pH'nın 6 ve daha düşük olduğu durumlarda sınırlıdır. Clostridium türü mikroorganizmalar asit tepkimeli topraklarda daha fazla etkinlik gösterirler ve bu topraklarda fazlaca bulunurlar. Toprakta bulunan ve Rhizobium adı verilen bakterilerin baklagil bitkileri ile ortak yaşamları sonucu havanın bağımsız azotunun tutulması olayına "Simitiotik Azot Tutulması" denir. Rhizobium bakterileri pH = 5.5 - 7.0 arasında en yüksek düzeyde etkinlik gösterirler. pH'nın 4'ün altında olması ve pH'nın 9'un üzerinde olması Rhizobium etkinliğini büyük ölçüde azaltır (Kacar, 1984). Yine Kacar'ın bildirdiğine göre Alilson 1955'de yaptığı bir çalışmada gaz halinde uçarak azot kaybının şu mekanizmalarla ilgili olduğunu ifade etmiştir.

1) pH'sı 7'nin üzerinde olan topraklarda yüzey kurudukça NH_3 şeklinde azot kaybolur.

2) Nitrifikasyonda ara ürün olarak oluşan Nitrit (NO_2) asit tepkimeli ortamlarda (pH = 4-5) Nitrik oksit (NO) ile Azot dioksit (NO_2) gazları haline dönüşür ve uçarak kaybolur. pH'nın 5.5 in üzerine çıktığı durumda nitroz asit (HNO_2) oldukça duragandır. Asit tepkimeli topraklarda kaybolan azotun bir bölümünü de NO ve NO_2 oluşturur.

3) Ortamın pH'sına bağlı olarak denitrifikasyon sonucu N_2 , N_2O ve NO gazları oluşur. Ortamın pH'sı 7'nin üzerinde olduğu zaman N_2O ve pH 7'nin altında olduğu zaman NO gazı çoğunluktadır.

İsmailçelebioğlu (1990)'un bildirdiğine göre Watanabe'nin yaptığı bir çalışmada toprakta azotabacterden başka suya doygun ve nötr reaksiyona sahip ortamlarda N tesbit eden Mavi-Yeşil alflerinde bulunduğunu ve bunların 16 türünün

atmosferik nitrojeni asimile ettiğini ifade etmiştir.

Bazı araştırmacıların mikrobiyolojik gübreleme konusunda yaptıkları çalışmalarda *Azotobacter chroococcum* türü bakterinin pH'nın 6'dan yüksek olduğu şartlarda faaliyet göstermesine karşın *Azotobacter Beijerinckia* türünün pH = 3'e kadar olan asit reaksiyonlu topraklarda mevcut olduğunu ve N tesbit ettiğini ifade etmişlerdir *Azotobacter chroococcum* üzerine yapılan bazı araştırmalarda bu bakteri ile aşılamanın tahıl bitkilerinde, şeker pancarında, patatete, havuçta ve patlıcanda ürün artışına sebep olduğu ve bu artışın % 15-75 arasında değiştiği tesbit edilmiştir (Rubenchick, 1960; Brown ve Çal. Ark., 1964; İsmailçelebioğlu, 1973; 1990; Aydemir, 1992).

Sonuç olarak azotun asit tepkimeyi toprakta NO_3 şeklinde, alkalın tepkimeyi topraklarda ise NH_4 şeklinde kayba uğraması bitkinin yararlanabileceği N miktarını da etkilemektedir. Bitkilerce NH_4 formunda azot alımının nötr pH aralığında optimum seviyede olduğu, NO_3 formunda azot alımının ise asit şartlarda arttığı ve nitritikasyonun nötr pH aralığında optimum seviyede olduğu göz önüne alındığında bitki tarafından Azot alımının nötr pH aralığında maksimum seviyede bulunduğu söylenebilir.

FOSFOR

Toprakta fosfor Ca, Fe ve Al fosfatlar halinde ve apatit şeklinde bulunur. Bitki açısından fosfor kök gelişimi, bitki olgunlaşması, erken tohum teşekkülü, dölleme ve hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından büyük önem arzeden bir besin elementidir. Fakat fosforun topraktaki fiksasyonu fazla olduğu için bitki açısından da elverişliliği ortam şartlarına göre az olabilmektedir.

Toprakta fosfor fiksasyonuna toprakta bulunan kil tipi ve miktarı, toprak pH'sı, organik madde miktarı ve kireç gibi etmenler etki eder. Toprak fosforu asit koşullarda Al, Fe, Mn ve bu elementlerin çözünmeyen hidrate oksitleri ile, alkalın koşullarda ise Ca ve Mg ile reaksiyona girerek elverişsiz duruma geçmektedir. Çeşitli araştırmacılar asit topraklara kireç ilavesi ile fosfor elverişliliğinin arttığını ancak kireç ihtiyacından fazla miktarda verilen kirecin fosfor fiksasyonunu artırarak bitkiler tarafından alınabilirliğini azalttığını ileri sürmüşlerdir (Larsen, 1965; 1967; Estrade ve Cummings, 1968; Smilde, 1973; Amarasiri ve Olsen, 1973; Sezen, 1981; Martini ve Mutter, 1985; Aydın, 1988).

Fosfor toprak reaksiyonundan en fazla etkilenen bitki besin elementidir. Bitkiler fosforu çoğunlukla topraktan H_2PO_4 ve HPO_4 formunda alırlar. pH'nın 6,71'den düşük olduğu durumda bitkiler fosforun H_2PO_4 formundan, pH'nın

6,71'den büyük olduğu durumda ise HPO_4 formundan yararlanırlar. pH'nın 9'dan yüksek olduğu durumda topraktaki fosforun PO_4 formu hakim durumda bulunur, fakat bitki bu formdan genellikle yararlanamaz. Fosfor ait koşullarda çözünürlüğü güç Fe ve Al bileşikleri, alkalın koşullarda ise çözünürlüğü güç Ca bileşikleri oluşturmaktadır (Sezen, 1991).

Chen ve Ark. (1973), ve Huang (1975) yapıkları çalışmalarda fosforun Al oksitler üzerinde pH = 4-5 sınırları arasında maksimum seviyeye çıktığını bildirmişlerdir. pH 3'ün altında fosfor Al-oksit kafeslerinden çözünen Al^{+3} iyonları ile kompleksler oluşturur. Yine asit koşullarda ve pH 3'ün üzerinde, yükselen pH 'ya bağlı olarak Al^{+3} iyonlarının hidrolize olmaları sonucu fosfor, hidrate Al iyonları ile daha kuvvetle adsorbe edilen kompleksler meydana getirir (Örneğin Vavelit ($\text{Al}_3(\text{OH})_3(\text{PO}_4)_2$) pH 6,5-7 'nin üzerine çıktığı zaman Al (OH)₃, Alüminyum fosfattan (AlPO_4) daha stabil hale geçer, böylece katı faz tarafından P tutulması azalır.

Uzun yıllar yapılan tarla denemeleri ve araştırmalar sonucuna göre toprak asiditesi 5,5'den fazla olduğunda bitkinin fosfordan faydalanması mümkün olmamakta, zira fazla asit ortamda fosforik asit toprak çözeltisine intikal ettikçe Al ve Fe ile birleşerek çok zor çözünen Alüminyum fosfat veya Demir fosfat meydana gelmekte ve bitkiler için elverişsiz olmaktadır. Fakat çok fazla kireçleme ile de fosfor trikalsiyum fosfat haline geçerek yine bitkilerce elverişsiz form oluştururlar (Çeçen, 1962).

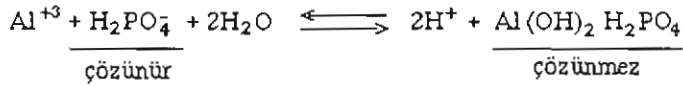
Topraktaki alkalın tuzların miktarı pH'ya bağlı olarak çoğaldıkça fosfatların çözünürlüğü artar. Fosfor pH'nın 6'dan küçük olduğu durumda topraklarda çözünürlüğü artan Fe ve Al'lu bileşikler halinde, pH'nın 7,5-8,2 arasında ve topraklarda kalsiyum bikarbonatların hakim olduğu durumda trikalsiyum fosfat halinde çözünürlüğü güç bileşikler oluşturarak çökeliirler. pH > 8,2 olduğunda CO_3 iyon konsantrasyonu artar ve Ca iyonları çökeliir. Dolayısıyla ortamın Na iyon konsantrasyonu artarak Na fosfatları oluştururlar. Sodyum fosfatların çözünürlüğü yüksek olduğundan bitkiler fosfordan daha fazla yararlanırlar. Ancak Na iyonları toprağın fiziksel özelliklerini bozarak toprağın üretkenlik gücünü düşürür; ayrıca pH'nın yükselmeside bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler. Bu konumda fosfor elverişliliğinin artmış olması bitki gelişmesine bir fayda sağlamaz. Böylece bitkiler, pH'nın 5'den nötral noktaya kadar toprakta oluşan, çözünebilir durumdaki Ca ve Mg fosfatlardaki fosfordan daha fazla yararlanma durumunda kalırlar (Fox ve Ark., 1965; Ünal ve Başkaya, 1981; Ergene, 1987).

Fosforun Toprak pH'sına Bağlı Olarak Elverişsiz Forma Dönüşümü

a) **Asit topraklarda** : Asit tepkimeli topraklarda fosforun primer ortofosfat formu (H_2PO_4), kireçli alkalın topraklarda ise sekonder ortofosfat (HPO_4) formu hakimdir. Dolayısıyla bitkiler buldukları konumlara göre fosfor formunun birisinden daha fazla yararlanırlar.

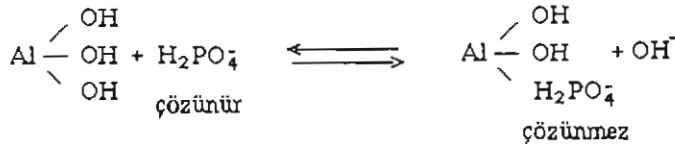
Asit topraklarda Fe, Al ve Mn elementlerinin elverişsiz formlara dönüşümü aşağıdaki kimyasal eşitlikler halinde oluştuğu kabul edilmektedir.

a.1) Fosforun toprakta bulunan Fe, Al ve Mn gibi kationlarla çökelti oluşturarak fikse olması



Bu reaksiyon çoğunlukla asit tepkimeli topraklarda, Fe ve Al miktarları H_2PO_4 miktarından fazla olması durumunda sağa doğru yönelir.

a.2) Kolloidal yapıdaki Fe, Al ve Mn'in sulu oksitleriyle fosfat iyonlarının fikse olması



Fe, Al ve Mn'in sulu oksitlerine fazla miktarda sahip olan topraklarda bu eşitliğe uygun P fiksasyonu daha yüksektir.

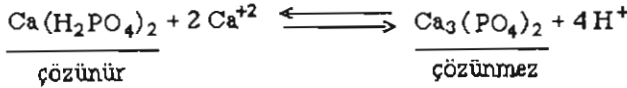
a.3) Silikat Killerinin Yapısında yer alan Al ve benzeri iyonlar yardımıyla fosforun fikse olması

Bu durumda H_2PO_4 iyonları kilerdeki Al atomlarına bağlı hidroksil iyonları ile yer değiştirmek suretiyle fikse edilirler.

b) **Alkalın Topraklarda** : pH'sı yüksek topraklarda fosfor tutulması çoğunlukla dikalsiyum fosfat ($CaHPO_4$) ve trikalsiyum fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) şeklinde olmaktadır. Bunlar içerisinde trikalsiyum fosfatın çözünürlüğü çok sınırlıdır. Alkalın toprakta fosfor 3 şekilde fikse edilir.

b.1) pH > 7,5 olan kireçli alkalın toprakta fosfor fiksasyonunun aşağıdaki

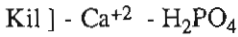
kimyasal eşitliğe benzer biçimde oluştuğu kabul edilmektedir.



b.2) Ca CO₃'ün yüzeyinde çökelen fosfor kimyasal eşitlikteki gibi Ca ile tepkimeye girerek fikse olmaktadır.



b.3) Kireçli alkalın topraklarda da fosfor fiksasyonu yüksektir. Şöyleki iki değerlikli katyon olan Ca⁺² ile doymuş olan killer bir değerlikli iyonlarla doymuş killere oranla daha fazla fosfor fikse ederler.



Bu şekilde kil yüzeylerine bağlı fiksasyon pH ≅ 7 civarında olan topraklarda daha çok cereyan eder (Akalan, 1983; Kacar, 1984, Aydemir, 1992).

Sonuç olarak fosfor, asit reaksiyonlu topraklarda Fe, Al ve Mn gibi katyonlarla birleşerek çözünürlüğü güç bileşikler halinde fikse olurken, alkalın topraklarda pH yükselmesine paralel olarak pH = 8,2 sınırına kadar dikalsiyum fosfat (CaHPO₄) ve trikalsiyum fosfat (Ca₃(PO₄)₂) şeklinde fikse olmakta. pH'nın 8,2'nin üzerine çıktığı durumlarda da toprakta Na iyonunun fazlalığı sebebiyle çözünürlüğü yüksek olan sodyum fosfatları oluştururlar. Fakat toprak pH'sının yüksek olması nedeniyle bitkilere yararlı olamazlar.

POTASYUM

Potasyumun toprakta tutulması veya tekrar faydalı forma geçmesiyle ilgili olaylar henüz tam anlamıyla aydınlatılamamıştır. Buna rağmen topraktaki potasyumun dinamik yapısını; toprağın tekstürel yapısı, organik madde, donma-çözünme ve ıslanma-kuruma, kireç ve pH'nun etkilediği bilinmektedir. Potasyumu bitkiler R⁺ iyonu şeklinde alırlar. Toprakların kireç, pH ve diğer bazı özellikleri toprak potasyumunun serbest bırakılmasına veya tutulmasına (fikse olma) tesir ettiği bilinmektedir.

Potasyumun topraklarda hangi pH koşullarında fiksasyonunun arttığı kesin olarak aydınlatılmış değildir. Genel kural olarak yüksek pH koşullarında K fiksasyonunun arttığı kabul edilmektedir. Topraklarda yükselen pH'ya bağlı olarak artan baz doygunluğu yanında K fiksasyonunda artış göstermektedir. Böylece alkalın topraklarda K daha fazla fikse olurken, asit topraklarda K, Demir, Alüminyum ve Hidrojen ile rekabet edemediğinden fiksasyonu son derece zayıftır. pH'nın yükselmesi ile kolloidal yüzeylerden uzaklaşan Fe, Al ve H'in boşalttığı negatif yük-

lerdeki yerine K^+ 'un geçtiği kabul edilmektedir (Sezen, 1975; 1991).

Toprakta potasyum bileşiklerinin oluşumuna pH etkili isede potasyum tuzlarının çözünürlüklerine pek etkili olduğu söylenemez. Çözünebilir potasyum tuzlarından bitkiler her pH derecesinde istifade edebilirler, fakat pH'nın yükselmesi ile hem toprağın potasyum elverişliliğinin hemde potasyum fiksasyonunun artacağı ileri sürülmektedir (Ünal ve Başkaya, 1981).

Potasyum Fiksasyonuna pH'nın Etkisi

Toprak pH'sı ile K fiksasyonu arasındaki ilişkiyi araştıran Harris (1937), pH'ları 5,3-8,5 arasında değişen topraklarda potasyumun fikse edildiğini saptamıştır. Martin ve Ark (1945), düşük pH'larda toprakların ve kilerin potasyum fiksasyon sığalarının azaldığını, pH 3'ün altında ise fiksasyonun görülmediğini saptamışlardır. Asit tepkimeli toprakların kireçlenmesi ile kimi koşullarda K fiksasyonu azalırken kimi koşullarda artışı belirtilmiştir (Kacar, 1984).

Kimi araştırmacılara göre Kireçleme, ekseriye toprağın potasyum fiksasyonunu artırmaktadır. Bu da toprak pH'sı arttıkça artan negatif yüklere bağlı olarak doygunluk yüzdesinin yükselmesi sonucu yıkanma ile değişebilir K kaybının azalmasına bağlıdır (Tisdale and Nelson, 1975; Akalan, 1983).

Asit topraklara kireç ilavesi ile K fiksasyonu arasındaki ilişki araştırılmış ve toprağa kireç uygulamasının üründe artışa katkıda bulunduğu, bitki tarafından alınan potasyumun pH artışı ile sürekli azaldığı gözlenmiştir. Toprağa kireç ilavesi ile pH'nın yükselmesi ve toprakların değişebilir potasyum içeriklerindeki azalma, kireçleme sonucu yüksek pH'da K fiksasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır (Aydın, 1988; Sezen, 1981; 1990).

Çeçen (1962)'in ifade ettiğine göre Jenny; yüksek pH'nın K alımına ters etkisini şöyle açıklamıştır. Yüksek pH'da Ca topraktaki bakteri faaliyetini artırarak, K'un bakteriler tarafından tesbit edilip faydasız kalmasına sebep olmaktadır. Yine Çeçen, Neubauer'in yaptığı bir denemede bitki köklerinin K alımının yükseltilen pH ile doğru orantılı olarak (takriben $pH = 7$ 'ye kadar) arttığının ifade etmiştir.

Sonuç olarak bitki gelişiminde ve beslenmesinde önemli bir etkiye sahip olan potasyumun pH ile ilişkisi tam olarak aydınlatılmış sayılamaz. Ancak potasyumun asit topraklarda Fe, Al ve H iyonları ile rekabeti sonucu fiksasyonunun azaldığı, alkalın topraklarda ise bunun aksine daha fazla fiksasyona uğradığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

Akalan, İ., 1983. Toprak Bilgisi. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 878, 295-305.

- Amarasiri, S.L.; S.P. Olsen, 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. *Soil Soc. Amer. Proc.* 37 : 716-721.
- Ateşalp, M., 1977. Aşırı Kireçlemenin Doğu Karadeniz Bölgesi asit topraklarının makro ve mikro besin maddeleri kapsamlarına ve verimlerine etkisi. *Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müd. Yay. No : 72*, 24-33.
- Aydemir, O., 1992. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üni. Yay. No : 734, 117-192.
- Aydın, A., 1988. Doğu Karadeniz Bölgesi asit topraklarına kireç ilavesinin bazı besin elementlerinin elverişliliğine etkisi üzerinde bir araştırma. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Toprak Anabilim Dalı, Erzurum (Yüksek Lisans Tezi).
- Brown, M.E., S.K. Burlingham; R.M. Jackson, 1964. Studies on Azotobacter Species in Soil. III. Effect of Artificial Inoculation on Crop Yields. *Plant and Soil.*, 2 : 194-213.
- Chen, Y.S.R., Butler, J.N., Stumm, W., 1973. Adsorption of Phosphate on Alumina and Kaolinite from Dilute Aqueous Solutions. *J. Colloid Interface Sci.*, 43 : 421-436.
- Çeçen, K., 1962. Topraklarınızı Kireçleyiniz. *Topraksu Genel Müd. Neşriyatı, Sayı : 145*, 34-40.
- Ergene, A., 1987. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 289, 227-232.
- Estrade, J.; C.A. Cummings. 1968, Effects of Lime and Phosphorus treatments in specific horizons of acid soil on growth and chemical content of Corn. *Agron. J.* 60 : 447-450.
- Fox, R.L.; S.K. Datta; J.M. Wang, 1965. Phosphorus and Aluminum Uptake by Plants From Lotosols in Relation to Liming Trans, gth Int. Congr. Soil Sci., 4, 595-603.
- Huang, C.P., 1975. Adsorption of Phosphate at the Hydrous Al₂O₃ Electrolyte interface *J. Colloid interface Sci.* 53 : 175-186.
- İsmailçelebioğlu, Y.N., 1973. Muhtelif Bölgelerden İzole Edilen Azotobacter Chrococum ile Aşılamanın Erzurum Kan Siltli Kili ve Palandöken Çakıllı Tınında Yetiştirilen Buğday ve Patates Bitkilerinin Verimi Üzerine Etkisi. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 274, 69-96.
- İsmailçelebioğlu, Y.N., 1980. Toprak Mikrobiyolojisi Ders Notları. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay., 32-41.

- İsmailçelebioğlu, Y.N., 1990. Değişik kökenli *Azotobacter chroococcum* kültürleriyle farklı aşılama işlemlerinin iki ayrı toprakta yetiştirilen şeker pancarı ve domates bitkilerinin ürün verimine etkisi. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 298, 25-32.
- Kacar, B., 1984. Bitki Besleme. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 899, 169-175.
- Larsen, S., 1965. The influence of calcium chloride concentration on the determination of lime and potentials of soil. J. Soil Sci., 16 : 275-278.
- Larsen, S., 1967. Soil Phosphorus. Advances in Agron. 19 : 151-210.
- Martini, J.A.; R.G. Mutter, 1985. Effect of lime rates on nutrient availability, mobility and uptake during the soybean growing season. 2. Calcium magnesium, potasium, iron, cooper and zinc. Soil Sci., 139 : 333-343.
- Morrill, L.G., and J.E. Dowson, 1962. Growth rates of nitrifying chemoautotrophs in soil. Jour Bacteriologia. 16 : 418-428.
- Öğüş, L., 1970. Toprak Bitki Münasebetleri. Çeviri. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 75.
- Rao, K.P.; D.W. Rains, 1976. Nitrate absorbtion by barley. Plant Physiol. 57 : 55-58.
- Rubenchik, L.I., 1960. Azotobacter and Its Use in Agriculture. Translated from Russian. Published for the National Science Foundation Washington D.C. and the Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem, 179-217.
- Sezen, Y., 1975. Doğu Anadolu'nun değişik yerlerinden alınan toprak örneklerinin bitkiye potasyum sağlama durumları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 195, 26-29.
- Sezen, Y., 1981. Asit topraklara kireç ilavesinin fosfor ve potasyum elverişliliğine etkisi. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 12 : 71-83.
- Sezen, Y., 1990. Kireçlemenin Doğu Karadeniz Bölgesi asit topraklarının bazı özellikleri ile bazı makro ve mikro besin elementlerinin elverişliliğine etkisi. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 21 : 94-105.
- Sezen, Y., 1991. Toprak Kimyası. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 127, 120-122.
- Smilde, K.W., 1973. Phosphorus and micronutrient metal uptake by prosphate and lime applied to an acid sandy soil. Plant and Soil, 39 : 131-178.
- Tisdale, S., and W. Nelson., 1975. Soil Fertility and Fertilizers (Third Ed.). Collier Macmillan Intern. Editions. New York, London.
- Ünal, H., Başkaya, H.S., 1981. Toprak Kimyası. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay No : 759, 144-232.