

2.BİTKİLERDE BESİN ELEMENTİ ALIMI

2.1. BİTKİ KÖKLERİ VE KÖK SİSTEMLERİ

Bitkiler gereksinim duydukları besin elementlerinin büyük bir bölümünü geliştikleri ortamdan toprak altı organlarıyla (kök sistemleriyle) ve az bir bölümünü de toprak üstü organlarıyla (gövde, dal, yaprak vb.) alırlar.Bu nedenle bitkilerde kök sistemi büyük önem taşır.

Su ve besin elementi alımında, bitki kök sistemlerinde kök ucu yaşamsal bir öneme sahiptir.Kök uçları besin çözeltisi içerisinde bulundurulmak koşuluyla sürekli olarak yukarı çekilen bir bitkiyi beslemek ve geliştirmek olasıdır.Yetişkin bir bitkinin kök sisteminde dallanma nedeniyle milyarlarca kök ucu bulunur. Adi bir büyüteç yada çıplak gözle incelenmesi sonucu kök ucunda birbirini izleyen dört ayrı absorpsiyon yöresinin bulunduğu kolaylıkla anlaşılabilir. Bunlar;

1- Kökün en uç kısmında bulunan beyaz renkli ve olağanüstü kısa yöre **“kök başlığı”** dir.

2- Kök başlığını izleyen ve sarımsı rengeyle kolaylıkla ayırt edilebilen birkaç milimetre uzunluğundaki **“meristematik yöre”** göreceli olarak küçük, ince duvarlı e büyük çekirdekli hücrelerden oluşmuştur.

3- Meristematik yöreyi **“uzama yöresi”** izler. Çoğunlukla birkaç mm uzunluktadır. Kökün uzunluğuna büyümesi özellikle bu yörede gerçekleşir.

4- Uzama yöresini **“kök tüyü yöresi”** izler. Kök tüyü belli epidermal hücrelerin dış duvarlarının tüy şeklinde dışa doğru uzamasıyla oluşur.

Yapılan araştırmalar göreceli olarak en fazla su absorpsiyonunun kök ucunun kök tüyü yöresinde olduğunu göstermiştir. Besin elementi absorpsiyonu ise su absorpsiyonunun tersine en fazla kök ucunun meristematik yöresinde meydana gelir.

2.2. BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN KÖK ETKİ ALANINA TAŞINMASI

Bitki besin elementleri toprağın katı, sıvı, gaz fazlarında bulunur. Toprağın katı fazı bitki besin elementlerinin temel kaynağıdır.Katı fazın inorganik parçacıkları K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, ve Co gibi katyonlar için kaynaklık ederken, organik parçacıkları da başta N olmak üzere P ve S için kaynaklık eder. Toprağın sıvı fazı yani toprak çözeltisinde elementler iyon şeklinde içerir. Burada O₂ ve CO₂ çözülmüş şekilde bulunur. Toprak boşluklarını dolduran gaz fazı ile atmosfer arasında sürekli bir değişim ve yenileme söz konusudur.Toprak havasında bulunan O₂ ve CO₂ temelde bitki köklerinin, bakteri, mantar ve canlıların solunum ürünleridir.

Toprak çözeltisi basit olarak **“içerisinde çözülmüş şekilde madde içen toprak suyu”** olarak tanımlanabilir. Bitkiler, toprak çözeltisinde çözülmüş şekilde bulunan besin elementlerinden göreceli olarak en kolay yararlanırlar. Bunu toprağın katı fazında adsorbe edilmiş elementler, sonrada katı fazdaki organik ve kimyasal bileşikler şeklinde bulunan elementler izler.

Bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilmeleri için kök etki alanına taşınmaları gerekir. Bu taşınma olayında toprak çözeltisinin önemi büyüktür. Bitki besin elementleri toprağın katı fazından bitkinin en tepesine ulaşmaya kadar çeşitli aşamalardan geçer, bunlar;

- a) Besin elementlerinin toprak katı fazından toprak çözeltisine geçişi,
- b) İyonların toprak çözeltisinin herhangi bir bölümünden kök etki alanına taşınması,
- c) İyonların köke girişi,
- d) İyonların bitki tepesine taşınması.

Toprak çözeltisinde bulunan iyonların kök bölgesine taşınmaları iki yolla olur. Bunlar; a) Kitle akımı, b) Difüzyon.

2.2.1 Kitle Akımı

Kitle akımı ile iyonların kök bölgesine taşınmaları, toprakta suyun çeşitli şekillerde hareket etmesiyle gerçekleşir. Suyun hareketi sonucunda, suyun içerisinde bulunan iyonlar taşınırlar. En hızlı kitle akımı yağış ve sulamadan sonra, en yavaş kitle akımı buharlaşma anında görülür. Bitkiler tarafından topraktan su alındıkça kök bölgesine doğru suyun hızı artar.

Kitle akımı ile bitkilerin besin elementi alma miktarı, bitkiden bitkiye farklılık gösterir. Örneğin kitle akımı ile yazlık buğday bitkisinde Ca ve Mg, pancar bitkisinde Ca alımı fazlasıyla karşılanmış ancak her iki bitkide de K alımının karşılanmasında kitle akımının bir etkisi olmamıştır.

2.2.2. Difüzyon

Difüzyon genel olarak bir maddenin yoğunluğunun fazla olduğu bir ortamdan düşük olduğu ortama hareketidir. Difüzyon ile bitki kök bölgesine iyon taşınması kitle akımına göre çok azdır. Difüzyon özellikle fosfor ve potasyumun kök yüzeyine taşınmasında ana mekanizmadır.

Bitkilerin gereksinim duydukları besin elementlerinin ne kadarının kök ve toprağın kontak değişimi ile ne kadarının da kitle akımı ve difüzyon ile karşılandığı hesap yoluyla belirlenebilmektedir.

2.3. BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN KÖK ÜZERİNE ALINMASI

Toprak çözeltisinde çözülmüş şekilde olan ve toprakta adsorbe edilmiş şekilde bulunan bitki besin elementlerinin kök üzerine alınması başlıca iki kurama göre gerçekleşir.

2.3.1 Karbonik Asit Kuramı

Bu kuramı gerçekleştiren araştırmacılara göre toprakta adsorbe edilmiş şekilde bulunan bitki besin elementleri önce çözeltiye geçmekte ve sonra kök üzerine alınmaktadır. Bu nedenle kurama “Çözelti Kuramı” da denir. Bitki kökleri yanında mikroorganizmalar ve öteki canlılar tarafından açığa çıkarılan CO₂, toprakta su ile birleşerek karbonik asidi (H₂CO₃) oluşturur. Karbonik asidin dissosyasyonu ile (H⁺ + HCO₃⁻) bağımsız şekilde geçen H⁺, kil üzerinde adsorbe edilmiş şekilde bulunan katyonlarla yer değiştirirler. Çözeltide oluşan iyon çiftindeki (K⁺ + HCO₃⁻) katyon kök üzerinde bulunan H⁺ ile yer değiştirerek kök üzerine alınır.

2.3.2. Kontak Değişim Kuramı

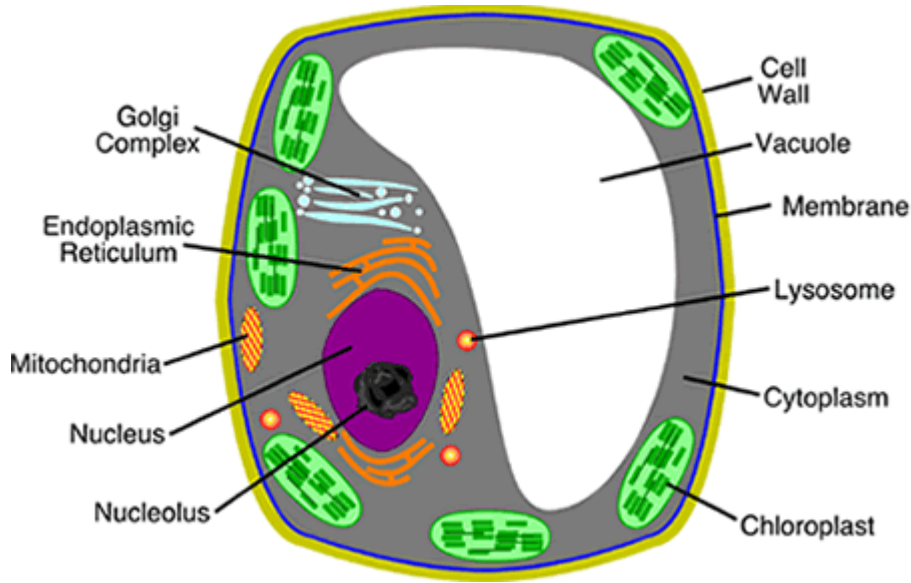
Bu kuramı geliştiren araştırmacılara (Jenny ve Overstreet 1939) göre toprakta adsorbe edilmiş şekilde bulunan katyonlar değişim sonucunda doğrudan kök üzerine alınmaktadır. Değişim sonucu bitki kökü üzerinde bulunan H⁺ 'nin osilasyon hacmi (katyonların sürekli hareket halinde oldukları hacim) kil minerali üzerinde adsorbe edilmiş şekildeki katyonun osilasyon hacmi ile üst üste geldiğinde H⁺ ile katyon (K⁺) yer değiştirerek (K⁺) kök üzerine alınır.

2.4. KÖK ÜZERİNDEKİ BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN KÖK İÇERİSİNE ALINMASI

Bitkiler derine ve yana doğru köklerini geliştirerek toprak parçacıklarıyla olabildiğince fazla değişim sağlarlar. Toprak parçacıklarında bulunan besin elementleri ise kök salgılarıyla yayarışlı şekle dönüştürülür.

Bitkilerin ve bitki organlarının temel yapı maddesi diğer canlılarda olduğu gibi hücrelerdir. **Besin elementlerinin bitki kökleri tarafından alınması temelde besin elementlerinin kök hücresine girmesi olayıdır.** Hücre içine giren ve gereksinim duyulan bölgeye ulaşmak için bitki besin elementleri hücreden hücreye taşınırlar. Hayvan hücrelerinin aksine bitki hücreleri göreceli olarak ince fakat mekanik olarak güçlü olan ve hücreyi çepeçevre saran hücre duvarına sahiptir. Bitkilerde hücre duvarı; hücre hacmini ayarlama ve hücre şeklini belirleme olarak iki önemli işleve sahiptir.

Bitkilerin fizyolojisinde ve gelişmesinde cereyan eden çoğu olaylarda hücre duvarı temel etkindir. Hücre şeklinin belirleyicisi ve koruyucusu olan hücre duvarı, hücreye giren su miktarının ve hücre hacminin ayarlayıcısıdır. Hücre duvarları ayrıca bitkilerin dik durabilmesi, sert olabilmeleri ve iletim boruları içerisinde su ve suda çözülmüş besin elementlerinin taşınmasında gereksinim duyulan basıncın etkinliği hücre duvarının özelliği ile yakından ilgilidir. Hücreyi biraz daha yakından tanımamız konunun anlaşılması açısından önem arz etmektedir(Şekil.1)



Şekil 1. Bitki Hücresi

Biyolojik Membranlar, genel olarak proteinlerle lipidlerden oluşur. Biyolojik membranların dış yüzeyine elektrostatik güçle bağlı olan proteinler *dışsal proteinler* dir. İçeride olanlar ise *taşıma proteinleri* dir. Biyolojik membranlarındaki kanallarda iyonlar taşıma proteinleri ile taşınırlar.

Plazma Membranı, hücre ile çevre ilişkisini sağlayan, iyon ve moleküllerin hücreye giriş ve çıkışlarını düzenleyen, atık maddeleri hücre dışına atılma görevini yerine getiren ve tüm hücrelerde bulunan, hücreleri çepeçevre saran membrandır.

Mitokondri, hücrede solunumun gerçekleştiği organeldir, **Kloroplastlar** ise klorofil içeren ve fotosentezin meydana geldiği organellerdir. **Çekirdek** ise metabolizma büyüme ve hücre farklılaşmasını düzenleyen genetik esasların bulunduğu organeldir. **Endoplazmik Retikulum**, protein sentezinin gerçekleştiği yerdir. **Apoplast**, hücre duvarlarında polisakkarit kafesler

arasındaki boşluklardan oluşan kanallardır.Su ve suda çözülmüş besin elementleri hücreler arasındaki boşlukların oluşturduğu kanal olan apoplast içerisinde difüzyon ve kitle hareketi ile hücre içine taşınır.

2.5.BESİN ELEMENTLERİNİN ALINMASINDA TEMEL İLKELER

Bitkiler tarafında besin elementlerinin alınmasında ve hücreden hücreye taşınmasında geçerli dört önemli ilke vardır.

2.5.1.Çoğu Besin Elementleri Hücre İçerisinde Biriktirilir

Bitki hücreleri tarafından mutlak gerekli besin elementleri ortamdaki başlangıçta hızlı şekilde adsorbe edilmekte ve belli bir zaman süreci sonunda hücre içerisindeki element konsantrasyonu çevredeki çözeltiye göre çok daha yüksek olmaktadır. Bu önemli olgu *Besin Elementlerinin Birikimi* olarak tanımlanır.

2.5.2. Besin Elementleri Özelliklerine Göre Seçilerek Absorbe Edilir

Bitki fidelerinin kesilmiş kökleri kullanılmak suretiyle 1950 li yıllarda başlatılan ve 1970'li yıllardada sürdürülen araştırmalar bitkiler tarafından besin elementlerinin özelliklerine göre seçilerek absorbe edildiğini göstermiştir (Epstein 1972). Besin elementlerinin özelliklerine göre seçilerek absorbe edilmeleri membranlarda yerleşik protein özellikli taşıyıcıların varlığı ile yakından ilişkilidir.

2.5.3. Absorbe Edilen Besin Elementleri Hücre Dışına Çok Yavaş Çıkar

Absorbe edilerek hücrelerin sitoplazmalarına yada vakuollerine giren iyonların yada organik moleküllerin hücre dışına geri çıkmaları çok yavaş cereyan eder.Hızlı çıkış sıcaklık, zehirli madde ve Oksijen noksanlığı ve hücre membranlarının zara görmesi sonucu oluşur. Hücre dışına çıkışın çok yavaş olması, özellikle tuz içerikleri düşük bitki köklerinde besin elementleri absorpsiyon yönünün hücre içine doğru, tek yönlü olduğunun açık bir göstergesidir.

2.5.4. Besin Elementlerinin Absorpsiyonu Konsantrasyonlarına Bağlı Olarak Değişir

Yapılan çeşitli araştırmalar belli bir düzeye değin iyon konsantrasyonu arttıkça iyon absorpsiyonunun arttığını, ortamda iyon konsantrasyonunun daha fazla artması durumunda artış miktarının azaldığını ve durduğunu göstermiştir.

2.6. BESİN ELEMENTLERİNİN HÜCRE MEMBRANLARINDA TAŞINMASI

Bitki hücrelerine çevreden besin elementleri plazma membranlarından taşınarak girer. Bu nedenle plazma membranının besin elementlerinin alınmasındaki önemi büyüktür.Plazma membranı iyon ve molekül şeklindeki besin elementlerinin hücreye girişini ve atık maddelerin hücreden dışarı atılmasını düzenler. Besin elementinin alımı plazma mebranı tarafında saniye saniye sürekli kontrol edilir.

Biyolojik membranlardan besin elementlerinin taşınması iki şekilde olur.Bunlar; (a) Pasif Taşınma, (b) Aktif Taşınma

2.6.1. Pasif Taşınma

Pasif taşınma: metabolik enerji kullanmadan, hücre ve çözeltide denge oluşuncaya kadar, besin elementlerinin konsantrasyon farkına uygun olarak biyolojik membranlardan taşınmasıdır. Pasif taşınma, (a) Basit Difüzyon (b) Kolaylaştırılmış Difüzyon şeklinde gerçekleşir.

a) Basit Difüzyon ile Taşınma

Çözeltide bulunan moleküller, Fick tarafından geliştirilen yasaya uygun olarak, konsantrasyonu yüksek olan taraftan düşük olan tarafa doğru biyolojik membranlardan taşınırlar.

b) Kolaylaştırılmış Difüzyon ile Taşınma

Kolaylaştırılmış difüzyon ile taşınmada membranda yerleşik olan ve Taşıyıcı olarak adlandırılan Taşıyıcı Proteinler, taşımakla yükümlü oldukları, ve dışarıdan aldıkları besin elementini özel yörelerine yükleyerek membrandan taşırlar. Taşıyıcılar ile saniyede 100 ile 1000 kadar iyon yada molekülün taşındığı saptanmıştır.

2.6.2. Aktif Taşınma

Aktif taşınma; metabolik enerji kullanılarak besin elementlerinin konsantrasyon farkına yada elektrokimyasal eğimine karşıt yönde olmak üzere biyolojik membranlardan taşınmasıdır. Biyolojik membranlarla yerleşik taşıyıcı proteinler aktif taşınmada görev yaparlar.

2.9. BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN ALIMINA AETKİ YAPAN ETMENLER

Bitkinin fiziksel ve biyokimyasal aktiviteleri iç ve dış etmenlerin etkisi altındadır. Buna bağlı olarak bitki besin elementlerinin alımı artar, azalır yada değişmeden kalır. Bu etmenler;

- 1-Sıcaklık,
- 2-Işık, 3-Havalanma,
- 4-pH,
- 5-İyonların karşılıklı etkileri,
- 6-Bitki çeşidi,
- 7-Bitkinin büyüme durumu

2.9.1. Sıcaklık

Kök bölgesinde sıcaklığın değişmesi pasif absorpsiyonu olduğu gibi aktif absorpsiyonuda etkilemektedir. Sıcaklığın azalmasıyla molekül yada iyonların kinetik enerjileri azalmakta ve dolayısıyla bağımsız difüzyonda azalmaktadır. Kök bölgesinde sıcaklığın belli bir düzeyin üzerine çıkması sonucu iyon alımının hızla azalması besin elementi alımında rol oynayan enzimlerin işlemlerini yitirmeleri sonucu ortaya çıkar. Yüksek sıcaklıkta solunumun etkilenmesi, membranların geçirgenliği azalır ve buna bağlı olarak pasif absorpsiyon ve element birikimi azalır.

Düşük kök bölgesi sıcaklığının elementlerin alımı üzerine olan etkisi farklılık gösterir. Örneğin besin elementlerine kıyasla fosfor düşük kök sıcaklığından göreceli olarak daha fazla etkilenmektedir. Kök bölgesi sıcaklığı kalsiyum ve magnezyum alımına göre potasyum alımını göreceli olarak daha fazla etkilemektedir.

2.9.2. Işık

Işığın yeterli olduğu koşullarda yetiştirilen bitkilerin göreceli olarak daha fazla bitki besin elementi aldıkları yapılan çalışmalarla saptanmıştır (Keltjens ve Nijenstein 1987). Yapılan çalışmada karanlık ortamda bırakılan mısır bitkisinin nitrat alımı hızla düşerken, bitkinin ışıkta bırakılması ile nitrat alımı hızla artmaya başlamıştır. Bitkilerde gözeneklerin açılıp kapanmalarına ve fotosenteze etki yapmak suretiyle ışık, besin elementi alımını dolaylı olarak

etkiler. Örneğin gözeneklerin daha fazla açılıp kapanması buna bağlı olarak buharlaşmanın artmasıyla bitkinin su ve besin elementi artar.

2.9.3. Havalanma

Yeterli düzeyde besin elementlerini alabilmeleri için bitki köklerinin oksijene gereksinim gösterdikleri yapılan çalışmalarla saptanmıştır. Su ile kaplı yada yeterince havalanmayan topraklarda bitkilerin besin elementi alımlarındaki gerileme kök bölgesindeki O₂ miktarı ile yakından ilgilidir. Öte yandan iyi havalanmayan ortamlarda CO₂ birikimi, solunum ve iyon alımını etkilediği gibi kök üzerinde de zehir etkisi yapar.

Kök bölgesinde oksijen miktarının azalması özellikle potasyum ve fosfor alımını olumsuz şekilde etkilemekte, oksijenin düşük düzeyde olması durumunda element alımı çok azalmaktadır.

Çizelge 1. Arpa bitkisinde kök bölgesine uygulanan oksijen basıncının element alımına etkisi

Oksijen Kısmi Basıncı (%)	Besin elementi alımı	
	Potasyum	Fosfor
20	100	100
5	75	56
0.5	37	30

2.9.4. pH

Bitki besin elementi absorpsiyonu üzerine ortam pH'sının etkisi çeşitli şekillerde ortaya çıkar. Düşük pH'larda genellikle katyonların absorpsiyonu azalırken anyonların absorpsiyonları artmaktadır. Düşük pH'larda katyon alımı anyon alımına göre daha fazla etkilenmektedir.

- Düşük pH'larda potasyum absorpsiyonu daha azdır.
- Fosfor absorpsiyonu üzerine ortamın pH'sı önemli etki yapar. pH düşük ise H₂PO₄ iyonları çoğunlukta iken, yüksek pH'larda PO₄⁻³ iyonları çoğunlukta olur.
- Yüksek pH larda bitkiler çeşitli mikro elementlerle demiri yeterince alamamaktadır.
- Ortam pH sı düştükçe NO₃ alımı artarken, NH₄ alımı azalır.
- İyon alımı üzerine pH, kök büyümesini engelleyerek dolaylı şekilde etkili olabilmektedir.

2.9.5. İyonların Karşılıklı Etkileri

Oramda bulunan iki değişik iyonun birbirinin alımını olumsuz şekilde etkilemesi *interaksiyon*, olumlu bir şekilde etkilemesi *sinergizm* olarak tanımlanmaktadır. İyonlar arasındaki bu karşılıklı etki asal olarak iyonların kompleks oluşturdukları taşıyıcılarla yakından ilgilidir. Eğer bitkide yeterli miktarda taşıyıcı bulunuyorsa bir sorun yok demektir, eğer ortamda yeteri kadar taşıyıcı yoksa, bu durumda Mg gibi taşıyıcılarla kompleks kurma gücü zayıf olan elementlerin alımı azalır. Bir başka deyişle Ca ve K, Mg ye göre taşıyıcılarla daha güçlü bağ kurduğundan alımları daha fazla olmaktadır.

İyon alımında iyonların karşılıklı olumlu etkileşimi ilk kez Viets (1944) tarafından saptanmıştır.Yapılan çalışmalarda, düşük pH'da Ca'un K alımını arttırdığı gibi uygulanan Ca'un Cl alımını da arttırdığı saptanmıştır.

2.9.6.Bitki Çeşidi

Bitkilerin ayrımlı miktarlarda besin elementi absorbe etmeleri genetik özellikleri ile yakından ilgilidir.Örneğin buğday, mısır ve ayçiçeği bitkilerinin çok az sodyum absorbe etmelerine karşın tuz seven bitkiler (halofitler) fazla miktarda sodyum absorbe ederler.

Bitkilerin sahip oldukları kök sistemlerindeki farklılık ta besin elementi alımını etkilemektedir.Yapılan çalışmalarda kireçli topraklarda baklagil bitkilerinin fosfor, potasyum ve sodyumu baklagil olmayan bitkilere göre daha fazla mobil (hareketli) hale getirdikleri belirlenmiştir.

2.9.7. Bitkilerin Büyüme Durumu

Uzun süreli araştırmalarda iyon absorpsiyonu üzerine büyümenin dikkate değer etkileri vardır. Bitkinin yada dokunun büyümesi sonucu değinim yüzeyinin artması, hücre sayısının çoğalması, yeni taşıyıcıların sentezlenmesi gibi besin elementi alımını olumlu yönde etkileyen gelişmeler olur. Bu arada hücre geliştikçe daha fazla alınan su ile hücre içi sıvısının yoğunluğu azalır ve buna bağlı olarak iyon alımı artar.

Gelişmesini tamamlamış hücreler, hızlı bölünen ve gelişen hücrelere göre çok daha az iyon absorbe ederler. Gelişmesini tamamlamış hücrelerde protein sentezinin yeterince yapılamaması ve gereksinim duyulan taşıyıcıların oluşmaması nedeniyle iyon alımınının büyük ölçüde durduğu ileri sürülmektedir.

4.AZOT

4.1. BİTKİLERİN AZOT ALIMI

Yaşamsal öneme sahip olan azot, bitkiler tarafından nitrat (NO₃) ve amonyum (NH₄) iyonları şeklinde alınır. Genel olarak bitkinin azot gereksinimleri vegetatif gelişme dönemlerinde daha yüksektir. Toprak çözeltisinde çözünürlüğünü koruyan nitrat, kök bölgesine kitle akımı ile taşınır. Örneğin mısır bitkisinde azotun kök tarafından alınması %79 kitle akımı, % 20 difüzyon ve % 1 de kontak değişimi ile gerçekleşmektedir.

Yapılan çeşitli araştırmalar azot alımı üzerine ortam sıcaklığının önemli etki yaptığını ve düşük sıcaklıklarda nitrat ve amonyum alımının azaldığını göstermiştir. Bitkiler tarafından nitrat ve amonyum alımı ortam pH'sı ile yakından ilgilidir. Nötr yada nötr'e yakın pH'larda amonyum alımı yüksek olup pH asit yöne doğru değiştikçe alım azalır. Buna karşın nitrat asit pH'larda daha fazla ve daha hızlı alınır. Yüksek pH'larda ortamda fazla bulunan OH iyonları taşıyıcılar tarafından kökün iç yöresine taşınmada yarışmaya girerek nitrat alımını geriletirler. Diğer taraftan yüksek pH'larda ortamda fazla bulunan H iyonları kök içine taşınmada yarışmaya girerek amonyum alımını geriletir.

Amonyak (NH₃) gazı da bitkilerin toprak üstü organları tarafından gözenekler (stomalar) aracılığıyla absorbe edilir. Üre [CO(NH₂)₂], çok az miktarda da olsa doğrudan bitkiler tarafından alınır. Üre hidrolize uğrayarak oluşan amonyumun yükseltgenmesiyle nitrata dönüşür ve bitkilere yararlı hale geçer.

4.2. BİTKİLERİN AZOT İÇERİKLERİ

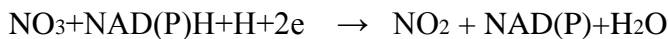
Bitkilerin çeşidine, yaşına, organlarına bağlı olarak azot (N) içerikleri değişir. Belli türdeki bitkilerin N içerikleri genotip ve çevre koşullarına bağlı olarak ta farklılık gösterir. Genç bitkilerin azot içerikleri olgunluk dönemine yaklaşanlara göre çok daha yüksektir. Bu durum özellikle olgunluk dönemine değin gelişmeye bırakılmış otlara göre çayır-mera bitkilerinin hayvan beslenmesindeki değerini ortaya koyması yönünden önemlidir. Bitkinin genç organlarında azot, yaşlı organlarına göre daha fazladır. Kimi tarla bitkileriyle, meyve ve sebzelerin azot içeriklerine ilişkin optimum (yeterli, uygun) değerler Çizelge 1.de verilmiştir.

4.3. BİTKİLERDE AZOT ASİMİLASYONU

Bitkiler tarafından alınan NO₃ ve NH₄ asimile edilerek organik bileşiklere dönüşür. Amonyumun tamamına yakını bitki köklerinde asimile edilirken, nitrat bitkinin kök ve gövdesinde asimile (Benzeşmek, Kendine uydurmak) edilir. Nitrat ksilem iletim boruları tarafından gereksinim duyulan yerlere iletilir. Ayrıca bitkilerin kök ve gövdelerinde hücre vakuelleri ile depo organlarında biriktirilir. Nitrat indirgenmek suretiyle asimile edilir.

4.3.1 Nitratın Asimilasyonu

Bitki kökleri tarafından alınan nitratın büyük bir bölümü organik bileşiklere dönüştürülerek asimile edilir. Nitrat asimilasyonunun ilk evresi *nitrat redüktaz* (NR) katalizörlüğünde nitratın nitrite indirgenmesidir. Formül aşağıdaki gibidir.



Burada yer alan NAD(P)H *Nikotinamid Adenin Dinükleotit Hidrojen* dir. Nitrat redüktaz (NR) enzim aktivitesini başta ışık olmak üzere bitkinin karbonhidrat içeriği artırırken karanlık koşullar ile yeterli düzeyde Mg un bulunmaması aktivitenin azalmasına neden olur. Yani ışık intensitesi arttıkça nitrat redüktaz (NR) enzim aktivitesinin artmasına bağlı olarak bitkideki nitrat miktarı azalmaktadır.

Nitrat asimilasyonunun ikinci evresinde yukarıdaki formülde gösterildiği gibi oluşan nitrit (NO₂), nitrit redüktaz (NR) enziminin katalizörlüğünde amonyuma (NH₄) dönüştürülür.

Çizelge 1. Bazı tarla bitkileri, sebze ve meyve bitkilerinin azot içeriklerine ilişkin optimum değerler

Tarla Bitkileri		Meyveler		Sebzeler	
Bitki Çeşidi	% N, Yeter	Bitki Çeşidi	% N, Yeter	Bitki Çeşidi	% N, Yeter
Arpa	1.75-3	Armut	2.2—2.8	Bezelye	4—6
Buğday (kışlık)	1.75-3	Asma	1.6—2.8	Biber	4—6
Buğday (yazlık)	2-3	Ceviz	2.5—3.25	Domates	4—6
Çavdar	4-5	Çilek	2.5—4	Havuç	2.1—3.5
Çeltik	2.8-3.6	Elma	1.9—2.69	Hıyar	4.3—6
Mısır	3.5-5	Erik	2.4—3	Ispanak	4—6
Pamuk	3-4.5	Fındık	2.3—2.6	Kabak	4—6
Sorgum	3.2-4.2	Greyfurt	2.4—3	Kavun	4—5
Soya fasulyesi	4.01-5.5	İncir	2—2.5	Kereviz	1.6—2
Şeker pancarı	4.3-5	Kayısı	2—2.5	Lahana	4.5—5.5
Tütün	3.5-4.25	Vişne	2.6—3	Marul	4.7—5.5
Yer fıstığı	3.5-4.5	Kiraz	2.1—3	Mısır (tatlı)	2.5—3
Yulaf	2-3	Limon	2.2—2.7	Pancar	4—5.5
		Mandalina	3—3.4	Patates	3.3—5.5
		Muz	2.5—3	Patlıcan	4—6
		Portakal	2.2—3.5	Sarımsak	3.4—4.5
		Şeftali	3—3.5	Soğan	4.5—5.5
		Zeytin	1.5—2.5	Turp	3.5—5

Çoğu bitkilerin gerek köklerinde ve gerekse yapraklarında nitrat asimilasyonu pek çok etmenin etkisi altında gerçekleşir. Bu etmenlerin başında bitki köklerine sağlanan NO₃ miktarı ve bitki çeşidi yer almaktadır. Bitki köklerinde nitrat indirgenmesi üzerine sıcaklığın olumlu ve önemli etki yaptığı saptanmıştır. Köklerindeki nitratın indirgenmesi yönünden çeşitli bitkiler şu şekilde bir sıra göstermektedir. Yulaf>Mısır>Ayçiçeği>Arpa>Turp

4.3.2. Amonyumun Asimilasyonu

Nitritin indirgenmesi sonucu oluşan yada bitki tarafından geliştiği ortamdan alınan amonyum (NH₄) bitkinin hiçbir organında bu şekilde muhafaza edilemez. Amonyum bitki hücrelerinde zehir etkisi yapar. Kloroplastlarda ve mitokondria'da ATP oluşumunu engeller. Bu nedenle amonyumun tamamı öncelikle glutamin (glutamin = bir amino asit çeşidi) içerisindeki amid gurubuna dönüştürülür. Bunun sonucunda glutamik asit, aspartik asit ve asparagin oluşur. Diğer bileşiklere göre içerdiği azotun karbona oranı yüksek olması nedeniyle glutamin, çeşitli bitkilerde önemli bir azot deposudur. Bitkilerin yaşlı yapraklarında proteinlerin parçalanması sonucu oluşan NH₄ ile glutamik asidin birleşmesi ile oluşan glutamin, floem iletim borularından genç yapraklara, köklere, çiçeklere, tohuma ve meyveye taşınır.

4.4. BİTKİLERİN AZOT KAYNAKLARI

Bitkilerin azot kaynaklarını; bitkilerin genelde yetiştirildikleri toprak, atmosfer, ve azotlu gübreler oluşturur.

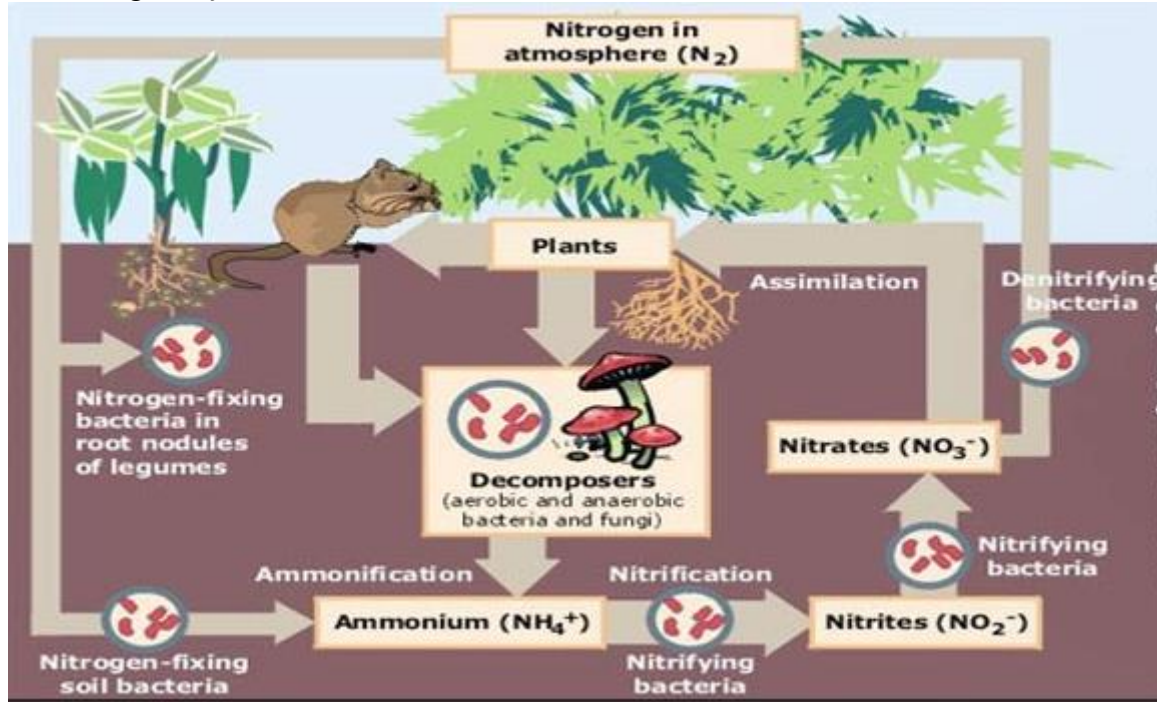
4.4.1 Azot Kaynağı Olarak Toprak

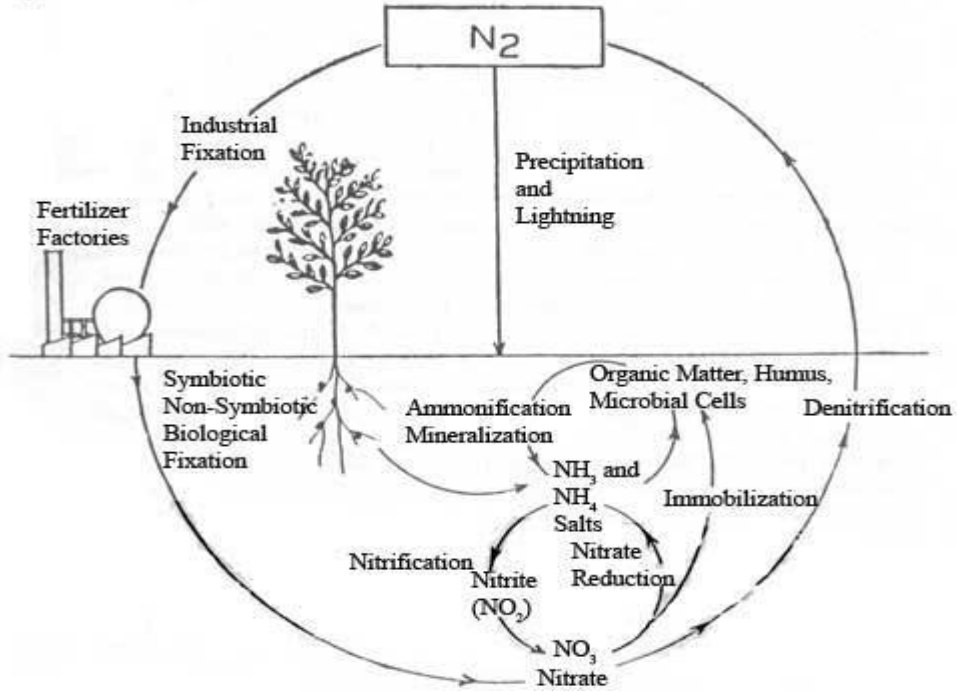
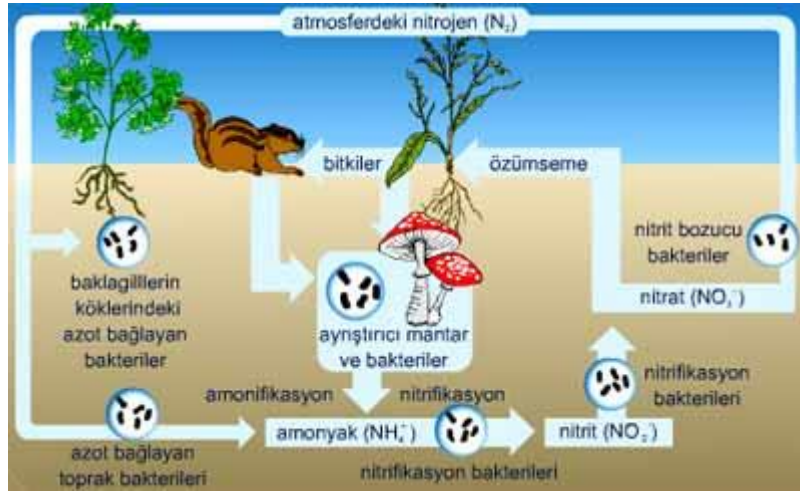
Bitkisel üretimin tamamına yakını toprakta gerçekleştirilir. Bu nedenle toprak bitkilerin azot dahil besin elementlerinin temel kaynağıdır. Azot, kömürün çok çeşitli kayaların ve minerallerin bileşiminde yer alır. Atmosferde bulunan azot miktarıyla karşılaştırıldığında

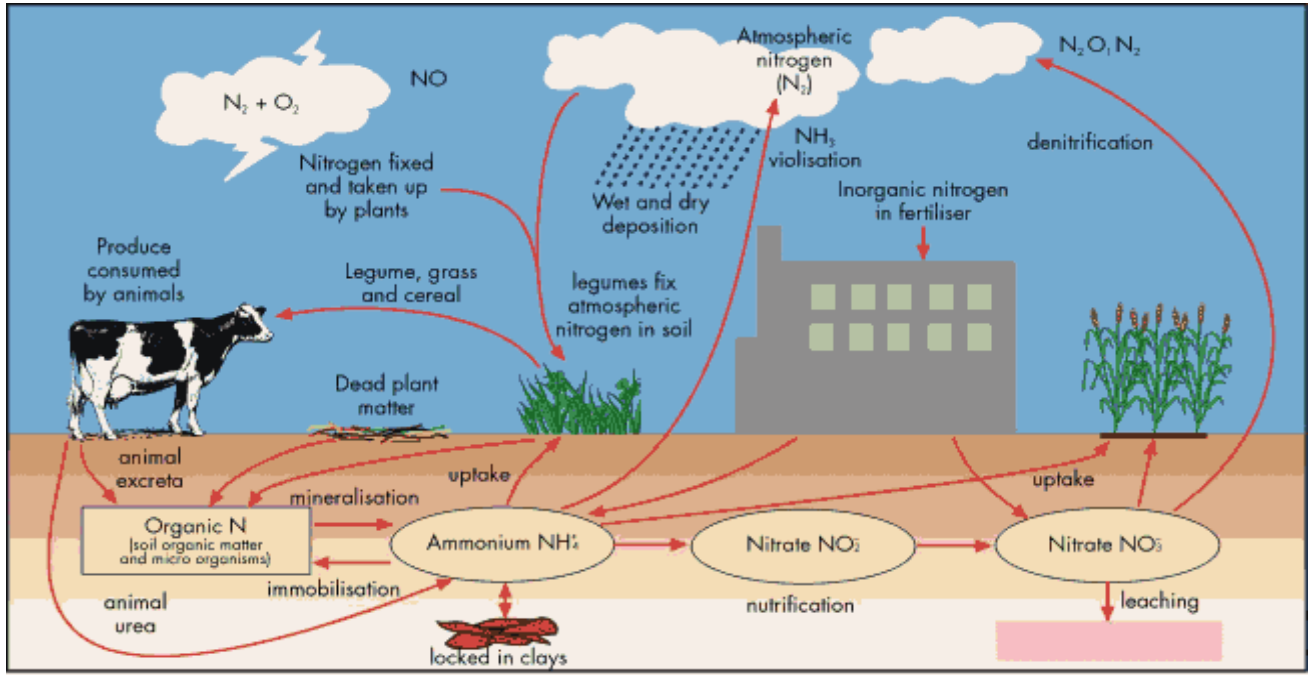
toprakta bulunan N miktarı çok azdır. Çoğu mineral toprakların toplam N içerikleri %0.02 ile %0.5 arasındadır. Toprakta bulunan azotun büyük bir bölümü organik şekildedir. Normal koşullar altında her yıl organik azotun %2-3 kadar mineralize olur. Yüzeysel toprakta bulunan azotun % 8 ve alt toprakta bulunan azotun ise % 40 kadar NH_4 şeklinde kil mineralleri tarafından fikse edilmiş durumdadır. Fikse edilmiş azottan bitkilerin yararlanmalı yavaş ve güçtür. Toprakta bitkiler tarafından kolay alınabilir şekilde bulunan NO_3 ve NH_4 miktarı toplam azotun %1-2 kadarıdır. Ancak fazla miktarda kimyasal gübrelerin kullanıldığı topraklarda bu oran artar.

4.4.1.1 Toprakta Azot Döngüsü

Bitkiler tarafından alınan NO_3 ve NH_4 toprakta karmaşık bir döngü içerisinde oluşur ve yiter (Şekil 4.1). Döngüde cereyan eden belli başlı tepkimeler; 1- organik maddenin mineralizasyonu sonucu NO_3 ve NH_4 oluşumu. 2- amonyumun nitrata yükseltgenmesi (nitrifikasyon), 3- nitratın denitrifikasyonu ile N_2O ve N_2 oluşumu, 4- topraktan yıkanarak nitratın yitmesi, 5- buharlaşma sonucu NH_3 yitmesi, 6- Bitkiler tarafından azotun alınması, 7- Gübrelerle toprağa azotun uygulanması, 8- Yağışlarla toprağa azot aktarılması, 9- Mikroorganizmalar tarafından toprağa azot verilmesi, 10- Mikroorganizmalar tarafından azotun organik şekilde fikse edilmesi.







Şekil 4.1. Azot Döngüsü

4.4.1.2. Toprakta Azot Şekilleri

Topraklarda bulunan azot üç grupta toplanabilir. Bunlar; **1-Elementel azot**, **2-İnorganik azot bileşikler**, **3-Organik azot bileşikler**

1-Elementel Azot :Elementel azot (N_2) toprak havasında gaz ve toprak suyunda çözülmüş şekilde bulunur.Nitratin denitrifikasyonu sonucunda nitroz oksit (N_2O) ve dinitrojen (N_2) gazları oluşur.Toprak havasında bulunan azot bağımsız yaşayan birtakım mikroorganizmalar tarafından kullanılır.

2-İnorganik Azot Bileşikler:Toprakta bulunan inorganik azot bileşikler nitroz oksit (N_2O), nitrik oksit (NO), azot dioksit (NO_2), amonyak (NH_3), amonyum (NH_4), nitrit (NO_2) ve nitrat (NO_3) ten oluşur.Buların ilk dört tanesi gaz şeklinde, diğer azot bileşikler ise toprak çözeltisinde iyonik formda bulunur.

Toprakta bulunan toplam azotun yaklaşık olarak % 2'sini değişebilir ve suda çözülmüş amonyum ile nitrit ve nitrat oluşturmaktadır. Bitkiler ise azot gereksinimlerinin çok büyük bir bölümünü belirtilen azot bileşiklerinden sağlamaktadır.

3- Organik Azot Bileşikler: topraklarda organik azot, amino asitler yada proteinler, bağımsız amino asitler, amino şekerler ve diğer organik N içeren bileşikler şeklinde bulunur. Mikrobiyal parçalanma sonucu organik azot bileşikler inorganik azot bileşiklerine yada elementel azota dönüşür. Bitkiler tarafından absorbe edilebilen küçük moleküllu organik azot bileşikler içerisinde kimi amino asitler ile amino şekerleri yer almaktadır. Ancak organik azotlu bileşiklerin azot açısından bitkilere yararlılığı bu bitkilerin mineralizasyona ve mineralizasyon koşulları ile ilgilidir.

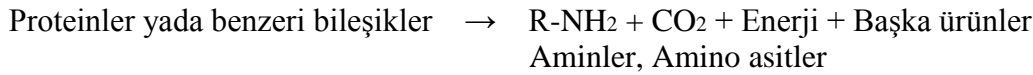
4.4.1.3 Toprakta Azot Değişimi

4.4.1.3.1 Azotun Mineralizasyon ve İmmobilizasyonu

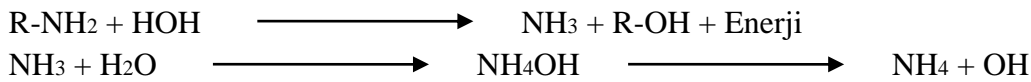
Topraklarda bulunan ve azot kapsayan organik maddelerin parçalanarak inorganik azot bileşiklerinin açığa çıkmasına *Mineralizasyon* denir. İnorganik azot bileşiklerinin organik azot bileşiklerine dönüştürülmesine ise *İmmobilizasyon* denir.

Organik özellikteki azotlu maddelerin parçalanarak amonyağın, nitritin ve nitratın oluşması Mineralizasyondur. İmmobilizasyon, mikroorganizmalar yada yüksek bitkiler tarafından NH_4 veya NH_3 kullanılması sonucu oluşur. Mikroorganizmalar tarafından cereyan eden immobilizasyon, toprakta yararlanılabilir azotun mikrobiyal dokulara dönüştürülmesidir. Mikroorganizmalar kendi vücut proteinlerini yapabilmek için ortamdan azot almak durumundadır. Toprakta bitkiler tarafından yararlanılabilir şekildeki azotun ana kaynağı toprak organik maddesi veya humus tur. Bu maddeler yada toprağa uygulanan azot, içeren organik bileşikler uygun koşullar altında mikroorganizmalar tarafından *aminizasyon*, *amonifikasyon*, *nitrikasyon* adı verilen ve birbirini izleyen tepkimeler sonucu parçalanır.

a.Aminizasyon: Çeşitli bakteri, mantar ve aktinomisetlerden oluşan heterotrofik toprak mikroorganizmaları organik maddenin parçalanmasında görev yaparlar. Nötr ve alkalik topraklarda protein parçalanmasında temelde bakteriler, asit topraklarda ise mantarlar görev yaparlar. Protein yada benzeri azotlu bileşiklerin hidrolitik parçalanmaları sonucu aminler ve amino asitler oluşur. Aşağıda formüle edilen bu olguya *aminizasyon* denir.

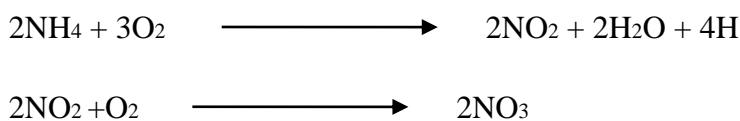


b.Amonifikasyon: Yukarıda gösterildiği şekilde açığa çıkan ve amino asitler başka bir grup heterotrofik mikroorganizmalar tarafından ileri düzeyde parçalanır. Bu parçalanma sonucunda amonyak şekline azot açığa çıkar ki buna *amonifikasyon* denir. Bağımsız şekilde geçen amonyak su ile birleşir ve NH_4 iyonu oluşur.



Parçalanma sonucu oluşan amonyak miktarı çeşitli etmenlerin etkisi altındadır. Bunlar; 1- Yarayışlı karbonhidrat miktarı, 2- Azotlu bileşiklerin kimyasal içeriği, 3- Parçalanmada görev yapan mikroorganizmaların cins ve miktarları, 4- Toprağın asitliği, havalanması nemi gibi özellikler.

c.Nitirifikasyon: Amonifikasyon sonucu oluşan amonyumun bir bölümü nitrata dönüşür. Biyolojik yükseltgenme ile amonyağın nitrata dönüşmesi *nitirifikasyon* olarak adlandırılmıştır. İki aşamada gerçekleşen nitirifikasyonun birinci aşamasında amonyak nitrite ve ikinci aşamada da nitrata dönüşür. Bu olay bir grup ototrof bakteriler tarafından gerçekleştirilir.



Nitirifikasyonun iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için şu üç durumun bilinmesi gereklidir.

1-Tepkimenin oluşabilmesi için her şeyden önce molekül halinde oksijene ihtiyaç vardır.

2-Tepkime sonucunda hidrojen iyonu açığa çıkar. Toprağa verilen amonyumlu gübrelerin nitrate dönüştürülmesiyle toprak tepkimesi asit yöne doğru bir değişim gösterir. Çay topraklarımızda asitlik bu nedenlerden dolayı geçen 30 yıl içerisinde önemli ölçüde artmıştır

3-Nitrifikasyon mikroorganizmalar tarafından yapılabildiğine göre, nem ve sıcaklık gibi mikroorganizma etkinliği üzerine olumlu etki yapan ortam etmenleri nitrifikasyonun daha hızlı bir şekilde oluşmasını sağlar.

d.Nitrifikasyona Etki Yapan Etmenler:

1-Toprak havalanması :iyi havalanan topraklarda nitrat daha fazla oluşmaktadır. Topraktaki oksijen miktarının artışına paralel olarak nitrat oluşum düzeyi de artar.

2-Amonyum iyonunun miktarı: Nitrifikasyon NH_4 'ün NO_3 'e yükseltgenmesi şeklinde tanımlandığına göre oluşan nitrat miktarı ortamda bulunan amonyum miktarı ile yakından ilgilidir.

3-Toprak tepkimesi: Genel olarak nitrifikasyon bakterileri pH 5.5-10 arasında etkinlik gösterirler. Optimum pH nötr civarındadır. Burada bilinmesi gereken nokta düşük pH'larda nitrifikasyonun önemli derecede gerilediğidir.

4-Toprak nemi : Toprak boşlukları su ile doldukça hava miktarı azalır. Havanın azalmasıyla nitrifikasyon olumsuz şekilde etkilenir.

5-Sıcaklık : Toprak sıcaklığı nitrifikasyon bakterilerinin etkinliği üzerine olağanüstü önemli etkiye sahiptir.Genel olarak bakteriler 1-40 °C arasında etkinlik gösterirler. Optimum sıcaklık 30-35 °C arasındadır.

6-Inhibitörler: Kimi kimyasal maddeler nitrifikasyonu geriletici etki göstermektedir. Bu maddelere *inhibitör (önleyici) maddeler* adı verilir. Bu maddelere siyanamid, disiyandiamid, klorür, hidrazin örnek olarak gösterilebilir.

4.4.1.3.2. Azotun Mineralizasyon ve İmmobilizasyonu'nu Etkileyen Etmenler

a.Azotlu organik maddelerin C:N oranı: Çeşitli araştırmacılar toprağa uygulanan organik materyallerin C:N oranı 33:1'den büyük olduğu zaman net immobilizasyon ve bu oran 17:1'den küçüldükçe net mineralizasyon'un daha fazla cereyan ettiğini saptamışlardır.

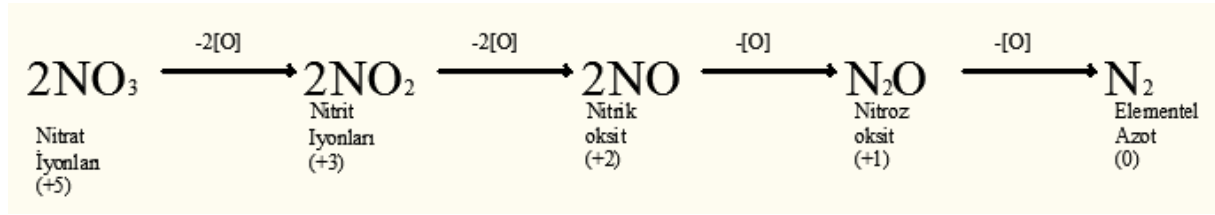
b. Toprak tepkimesi pH :Toprakların pH'larındaki farklılıklar toprakta azotun mineralizasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin asit tepkimeli toprağa kireç verildiği zaman azot mineralizasyonunun hızla arttığı görülmüştür.

c.Toprağın su içeriği: Toprağın su içeriği ile azotun mineralizasyonu arasında yakın bir ilişki vardır.Toprağın su içeriği havada kuru düzeyinden başlayarak arttırıldıkça azotun mineralizasyonunun da bunla ilgili olarak artmaktadır.

4.4.1.3.3. Denitrifikasyon

Topraklarda biyokimyasal tepkimeler sonucu nitrat (NO_3) ve nitritin (NO_2) indirgenerek azot gazlarına (NO , N_2O ve N_2) dönüşümüne *denitrifikasyon* denir. Bu olay aşağıda formülde gösterilmektedir. Bu önemli bir olgudur. Bu şekilde tarım topraklarında yılda yaklaşık 200-

300 milyon ton azot yiter. Denitrifikasyon su içeriği yüksek ve özellikle su ile kaplı oksijen içerikleri çok düşük olan topraklarda cereyan eder. Nötr toprak pH'sı, yüksek toprak sıcaklığı ve toprağın yüksek organik madde ile NO₃ içeriği denitrifikasyonu artırıcı etki yapar.



4.4.1.3.4. Amonyum Fiksasyonu

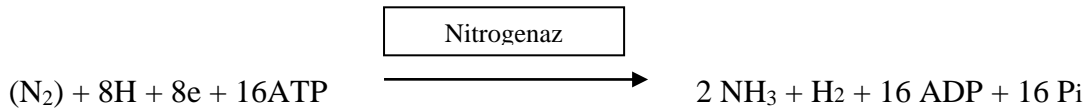
Katyonik özelliği nedeniyle NH₄ iyonları toprak kolloidleri tarafından tutulur. Toprakta toprağa farklılık göstermekle beraber amonyum, toprakta önemli düzeylerde adsorbe ve fikse edilir. Amonyum daha çok montmorillonit, illit ve vermikulit gibi 2:1 tipi kil mineralleri tarafından fikse edilir. Kil minerallerinin şişen tabakaları arasındaki Ca, Mg, Na, H gibi kationlarla yer değiştirmek suretiyle NH₄ fikse edilir. Fikse edilen amonyum iyonlarından yüksek bitkiler ve mikroorganizmalar daha güç yararlanabilmekte ve bunun içinde uzun bir süreye gereksinim duyulmaktadır. Topraklarda NH₄ fiksasyonu üzerine çok çeşitli etmenler etki yapmaktadır. Toprağa amonyumdan önce verilen potasyum amonyum fiksasyonunun azalmasına neden olur. Organik madde yönünden zengin topraklarda amonyum fiksasyonunun yüksek olduğu saptanmıştır.

4.4.2 Azot Kaynağı Olarak Atmosfer

Bitkiler için azotun ikinci önemli kaynağı atmosferdir. Evrendeki toplam azotun % 2 kadarı atmosferde bulunur. Bitkiler atmosferde bulunan azottan doğrudan yararlanamazlar. Bitkilerle ortak yaşam sürdüren yada bağımsız yaşayan mikroorganizmalar aracılığıyla bu azottan yararlanılır.

4.4.2.1 Atmosfer Azotunun Tutulması (Fiksasyonu)

Çevremizdeki atmosfer, azotun tükenmez ve miktarı sınırsız bir deposudur. Ancak yüksek bitkiler bu azottan doğrudan yararlanamazlar. Yararlanabilmesi için atmosfer azotunun (N_2) öncelikle yükseltgenerek nitrat (NO_3^-) azotuna yada indirgenerek amonyak (NH_3) azotuna dönüştürülmeleri gerekir. Bu olay mikroorganizmalar tarafından kolayca gerçekleştirilir. İşte atmosferde bulunan azotun çeşitli mikroorganizmalar aracılığıyla bitkiler tarafından yararlanılabilir şekle dönüştürülmesi olayına *biyolojik azot tutulması* (fiksasyonu) denir. Yılda yaklaşık olarak 139-170 milyon ton azot biyolojik yolla toprağa sağlanır. Biyolojik N_2 fiksasyonunda *nitrogenaz* enzimi önemli göreve sahiptir. Bu enzim enerji kaynağı olarak 16 ATP kullanılmak suretiyle aşağıda formüle edildiği gibi atmosfer azotunu (N_2) amonyağa (NH_3) indirger.



Tepkime sonunda oluşan NH_3 organik asitlerle birleşerek amino asitleri ve amino asitlerde proteinleri oluşturur. Atmosferdeki azotun biyolojik fiksasyonu temelde Prokaryotik hücre yapısına sahip bakteriler ve mavi-yeşil algler tarafından gerçekleştirilir. Toprak ortamında bakteriler tarafından N_2 fiksasyonu üç değişik sisteme göre gerçekleştirilir. Bakteriler, bitkilerle 1-Ortak, 2- Birlikte, 3- Bağımsız yaşam sürdürerek N_2 fikse ederler. Bu üç sisteme göre N_2 fikse eden mikroorganizmalar arasında gerek enerji kaynakları gerekse fikse ettikleri N_2 miktarı bakımından önemli farklılıklar bulunur. Bitkilerle ortak yaşam süren mikroorganizmalar enerji kaynağı olarak konukçu olduğu bitkiler tarafından sağlanan fotosentez ürünlerini kullanır ve fikse ettikleri N_2 miktarı en yüksektir. Fikse edilen N_2 nin % 90'nı bitkiye aktarılır. Bitkilerle birlikte yaşayan mikroorganizma gurubu tarafından fikse edilen N_2 'nin konukçu bitkiye yararı dolaylı olup, mikroorganizma öldükten sonra fikse edilen N_2 'nin % 90'ından fazlası bitki tarafından kullanılır. Bağımsız yaşayan ve N_2 fikse eden mikroorganizmalar aerobik fakültatif ve anaerobik olmak üzere gruplandırılmıştır. Aerobik olanl indirgenmiş oksijenden yararlanarak *mikroaerobik* koşullarda N_2 fiksasyonunu gerçekleştirir.

Nodül Oluşum Mekanizması: Nodül oluşumu azot bağlayan bakterilerin kök hücrelerine girmesiyle oluşan yumrulardır. Ortak yaşam ile baklagil olmayan bitkilerin köklerinde nodul oluşturularak gerçekleştirilen N_2 fiksasyonu tarımsal yönden büyük önem taşımaktadır. Bitki köklerinin bakterilerle enfekte olmalarından sonra değişik aşamalardan geçilerek nodul oluşumu gerçekleşir. Bakterileri uyarıcı ve davet edici kimyasallar salgılayan bitkinin kök tüylerine *Rizobiyum* bakterileri tutunur. Kök tüyü kıvrılarak bakterileri hapseder. Kıvrım alanında kök tüyü hücre duvarları delinir. Nodül oluşumunun çekirdeğini oluşturan bu özel yöreye konukçu bitkiden çeşitli metabolitler aktarılır ve hücre bölünmesi hızlandırılır. Bitki cins ve türüne, çevre koşullarına bağlı olarak N_2 fiksasyonu enfeksiyondan 10-21 gün sonra başlar. Nodül şekli ve büyüklüğü bitkiden bitkiye farklılık gösterir. Nodül içerisinde

bakteroidler tarafından N₂ fiksasyonu sonucu oluşan NH₃'ün zehir etkisi yapmaması için en kısa sürede organik bileşiklere dönüştürülmesi gerekir. Daha sonra bu organik bileşikler ksileme yüklenerek bitkide gereksinim duyulan yerlere taşınmaktadır. Toprak pH'sı baklagil bitki köklerinde yumru (nodül) oluşumunu etkilemektedir. pH'nın yükseltilmesi ile fasülye ve yonca bitkilerinin kök yumru sayısının arttığı saptanmıştır. Baklagil bitkilerinin kökünde yumru oluşumu üzerine fosforun etkisi ve önemli bulunmuştur. En yüksek düzeyde fosfor uygulaması ile kök ve gövde ağırlıklarında sıra ile 2.3 ve 5.4 kat bir artış sağlandığı, yumru ağırlığında da bu artışın 9.1 kat olduğu gözlemlenmiştir.

Molibden nitrogenaz enziminin metal elementi olması nedeniyle N₂ fiksasyonunda önemli düzeyde etken bir maddedir. Molibden noksanlığı bulunan yörelerde yetiştirilen baklagil bitkileri yeterli düzeyde N₂ fikse edemediğinden azot noksanlığı göstermektedir. Demir çeşitli enzimlerin gereksinim duymaları nedeniyle N₂ fiksasyonunda önemli etkinliğe sahiptir. Demir eksikliğinde bazı baklagil bitki köklerinde nodül gelişmesinin azaldığı görülmüştür. Biyolojik yoldan tutulan atmosfer azotu toprağın azot içeriği üzerine olumlu etki yapmak suretiyle bitkilerde ürün miktarı ve kalite üzerine önemli etki yapar.

4.4.2.2 Atmosferden Yağışlarla Toprağa Azot Aktarımı

Toprak ve bitkilerden olduğu gibi petrol ürünlerinin ve kömürün yanması sonucu atmosfere amonyak, nitrat, nitrit, nitroz oksitler, ve organik bileşikler şeklinde azot karışır. Atmosferde şimşek çaktığı zaman az da olsa N₂ ile O₂ birleşerek NO₃ oluşur. Toprağa aktarılan NO₃ – N'un yaklaşık %10 – 20'si şimşek çakması sonucu atmosferde oluşur. Atmosferden toprağa özellikle amonyak ve nitrat şeklinde aktarılan azotlu bileşiklerin miktarı mevsimden mevsime ve yöreden yöreye farklılık gösterir. Genelde yağışlı ılıman yörelere yağışlarla aktarılan azot miktarı yarı kurak ılıman yörelere aktarılan azot miktarına göre daha fazladır. Aynı şekilde endüstri alanlarına ve şehirlere yakın bölgelerde kırsal alanlara göre atmosferden daha fazla azotlu bileşik aktarılmaktadır. Çizelge 4.2 de ABD de değişik bölgelerde toprağa aktarılan azot miktarı verilmiştir. Atmosferden toprağa yağışlarla genelde nitrat azotuna göre daha fazla amonyum azotu aktarılır.

Çizelge 4.2 ABD'de değişik bölgelerde toprağa aktarılan azot miktarı

Yöre	Toprağa aktarılan yıllık azot miktarı kg ha ⁻¹		Toplam azot, kg ha ⁻¹
	NO ₃ – N	NH ₄ – N	
Kuzeydoğuda endüstri yöresi	4.3 – 7.4	8.6 – 14.8	12.9 – 22.2
Endüstri yöresine yakın alanlar	2.8 – 4.1	5.6 – 8.2	8.4 – 12.3
Batı yöresinde açık alanlar	0.4 – 0.6	0.8 – 1.2	1.2 – 1.8

4.4.3 Azot Kaynağı Olarak Azotlu Gübreler

Bitkilerin önemli bir azot kaynağı da azotlu gübrelerdir. Azotlu gübreler içerdikleri azotun bulunuş şekillerine göre (a) *Organik Azotlu Gübreler* ve (b) *Kimyasal Azotlu Gübreler* şeklinde gururlandırılabilir. Azotu organik şekilde içeren gübrelerin başında büyük ve küçük baş hayvanların sıvı ve katı dışkıları gelir. (Çizelge 4.3). Ayrıca bitkisel ve hayvansal kökenli tüm atıklar da önemli düzeyde azot içerir. Örneğin çay atık maddesi ahır gübresine göre 3 kat kent atıklarından üretilmiş çöp gübresine göre 4.6 kat daha fazla N içermektedir (Çizelge 4.4). Kimyasal azotlu gübreler bitkilerin önemli azot kaynağıdır. Kimyasal yöntemlerle üretilen bu gübrelerin yapı taşı amonyak olup tüm azotlu kimyasal gübreler amonyaktan üretilir. Çeşitli azotlu kimyasal gübrelerin azot ve diğer bitki besin elementi içerikleri Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Değişik hayvan dışkılarında su, azot, fosfor ve potasyum içerikleri (%)

Hayvanın Cinsi	Su		N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Katı	Sıvı	Katı	Sıvı	Katı	Sıvı	Katı	Sıvı
At	15	90	0.55	1.35	0.3	Eseri	0.04	1.25
Sığır	85	92	0.4	1	0.3	Eseri	0.4	1.35
Koyun	60	85	0.75	1.35	0.5	0.05	0.45	2.1
Domuz	80	97	0.55	0.4	0.5	0.01	0.4	0.45
Kümes hayvanları	55		1		0.8		0.4	

Çizelge 4.4 Çay atık maddesi, ahır gübresi ve çöp gübresinde N, P ve K içerikleri (%)

Organik Gübreler	N	P	K
Çay atık maddesi	2.67	0.172	1.4
Ahır gübresi	0.92	0.36	0.96
Çöp gübresi	0.58	0.12	0.6

Çizelge 4.5 Kimyasal azotlu gübrelerin bitki besin elementi içerikleri (%)

Gübre	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Cl
Amonyum klorür	25 - 26	-	-	-	-	-	66
Amonyum nitrat	33 - 34	-	-	-	-	-	-
Amonyum sülfat	21	-	-	-	-	24	-
Amonyum nitrat sülfat	30	-	-	-	-	5-6	-
Amonyak karışimli normal süperfosfat	4	16	-	23	0.5	10	0.3
Amonyum fosfat sülfat	13 - 16	20-39	-	-	-	3-14	-
Diamonyum fosfat (DAP)	18 -21	46-54	-	-	-	-	-
Kalsiyum nitrat	15	-	-	34	-	-	-
Kireçli amonyum nitrat	20.5	-	-	10	7	0.6	-
Monoamonyum fosfat (MAP)	11	48-55	-	2	0.5	1-3	-
Potasyum nitrat	13	-	44	0.5	0.5	0.2	1.2
Sodyum amonyak	16	-	-	-	-	-	0.6
Üre	82	-	-	-	-	-	-
Üre - amonyum fosfat	45 -46	-	-	-	-	-	-
Üre - amonyum fosfat	21-38	13-42	-	-	-	-	-
Üre - sülfat	30-40	-	-	-	-	6-11	-

4.4.3.1 Azotlu Gübrelerin Etkinliklerini Sınırlayan Etmenler

Çeşitli bitkiler üzerinde yapılan araştırmalar sonucu azotlu gübrelerin ürün artışı üzerine önemli bir etki yaptığını göstermiştir. Azotlu gübrelerin etkinliklerini sınırlayan etmenlerin başında toprağın yarıyışlı su içeriği gelmektedir. Toprağın yarıyışlı su içeriği ile ilgili olarak azotun ürün miktarı üzerine olumlu bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Kurak geçen yıllarda azotun olumsuz etkilerini gören Anadolu çiftçileri bu durumu *ürün yandı* diye açıklarlar. Azotlu gübrelerin etkinliklerini sınırlayan bir başka etmen de bitkilerin öteki besin elementlerine yeterli düzeyde sahip olup olmamalarıdır. Yapılan araştırmalarda bitki gelişmesi üzerine toprağa tek olarak N'nin uygulanmasının etkisi P ve K ile birlikte uygulanmasına göre çok daha azdır (Çizelge 4.6). Toprağa uygulanacak azotlu gübre miktarı kış aylarındaki yağış ile yakından ilgilidir. Yıkanmadan ileri gelen kayıpları en aza indirmek için azotlu gübrelerin uygun aralıklarla birkaç kez uygulanması daha doğru olacaktır.

Susuz amonyak, gübre olarak ülkemizde henüz kullanılmamasına rağmen başta ABD olmak üzere çeşitli gelişmiş ülkelerde kullanılmaktadır. Azotlu gübrelere göre daha ucuz ve N içeriğinin çok yüksek (% 82) olması, kullanım kolaylığı bunun temel nedenini oluşturmaktadır. Üre gübresi, dünyada ve ülkemizde çeşitli nedenlerle giderek yaygın şekilde tüketilmektedir. Bunlar;(a) Ürenin yüksek düzeyde azot içermesi (b) Tarımsal değerinin

yüksek olması (c)Aletlere daha az paslandırıcı etki yapması (d) Fiziksel özelliklerinin uygun olması (e)birim azot yönünden daha ucuza mal olmasıdır.Üre çeşitli şekillerde toprağa uygulandığı gibi sulama suyu ile yada püskürtülerek de toprağa uygulanmaktadır.

Çizelge 4.6 fosfor ve Potasyumlu birlikte toprağa artan miktarda uygulanan azotun çayır bitkisinde ürün miktarına etkisi

Toprağa uygulanan besin elementleri kg ha ⁻¹			Ürün, ton ha ⁻¹ kuru madde
N	P	K	
112	-	-	5.54
112	25	-	5.6
122	-	88	5.54
112	25	88	6.12
224	-	-	7.51
224	50	-	7.12
224	-	176	8.24
224	50	176	8.8
448	-	-	8.65
448	100	-	9.13
448	-	352	11.35
488	100	352	12.35

Amonyum sülfat gübresi özellikle kireçli alkalın topraklarda başarı ile uygulanabilir. Ancak asit tepkimeli topraklarda uzun yıllar uygulanmaları sonucu toprak asitliğinin armasına ve nötr topraklarda tepkimenin asit yöne doğru değişmesine neden olur.Amonyum sülfat, kireçli alkalın topraklarda kalsiyum karbonat ile tepkimeye girerek jips oluşur ve amonyum karbonatın parçalanması sonucu amonyak şeklinde azot yiter. Amonyum nitrat susuz amonyak ve üre gibi toprakta hızlı pH değişimine neden olmaz. Amonyumun sülfatin aksine amonyum nitrat kireçli topraklarda amonyum karbonat ve çözünürlüğü az öteki tuzları oluşturmaz. Bundan dolayı amonyum nitratın uygulanmasıyla amonyak şeklinde fazla azot yitmesi gerçekleşmez. Sodyum nitrat ve kalsiyum nitrat nötr tuzlar olup toprak tepkimesi üzerine etkili olurlar. Öteki azotlu gübreler uzun vadede toprakların pH'sını düşürürken, sodyum nitrat ve kalsiyum nitrat yükseltir. Üre formaldehit, kükürt, kaplanmış üre vb yavaş çözünür şekilde azot içeren gübreler son yıllarda uygulamaya giren gübrelere dir. Bu gübrelerin üretimindeki asıl amaç azot kaybını en az düzeye indirerek azottan en yüksek düzeyde yararlanmayı sağlamaktır.

Özet olarak denilebilir ki, çeşitli azotlu gübrelerin etkinlikleri asal olarak toprağa uygulanan gübre miktarına uygulama zaman ve şekline, çevre koşulları ile yetiştirilen bitkiye bağlıdır. Bununla birlikte gübrelerin sahip oldukları fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre de kullanılmış olmaları önemli bir etmendir.

4.5. BİTKİLERDE AZOT NOKSANLIĞINDA GÖRÜLEN BELİRTİLER

Bitkilerde azot noksanlığının somut belirtisi yapraklarda görülen genel sarımadır. Sararma yaşlı yapraklardan başlayarak genç yapraklara doğru gelişir. Yaşlı yapraklarda sararma olurken genç yapraklar bir süre yeşil renklerini korurlar. Ancak dikkatle bakıldığı zaman genç yapraklarda yeşil renk, olması gerekenden daha açıktır.Azot noksanlığında bitkilerde sarı rengin görülmesinin temel nedeni proteinlerin parçalanmasını plastidlerin parçalanmasının izlemesi ve bunun sonucu olarak klorofil sentezinin gerilemesi yada durmasıdır. Azot noksanlığı bitkilerde vejetatif gelişmeyi geriletirken generatif faaliyetin hızlanmasına ve ürün miktarının da önemli düzeyde azalmasına neden olur.

Tahıl bitkilerinde azot noksanlığında gövde ince ve kısadır. Bitkiler solgun açık sarımsı yeşil renklidir. Yaşlı yapraklar sarı renkli olup, yaprak ucundan başlayarak kahverengi renk alır ve zamanından önce ölür. Patates bitkisinde azot noksanlığında yapraklar normalden daha küçük olup açık yeşil renklidir. Pamuk bitkisi azot noksanlığında soluk yeşil renktedir. Gövde ince olup dallanma çok azdır. Elma, armut, kiraz ve erik ağaçlarında yapraklar küçük, ensiz soluk ve yeşil olup yaşlı yapraklar sarımsı portakal bir renk gösterir ve zamanından önce dökülürler.Şeftali ağaçlarında sürgünler kısa ince ve sıkışık görünümündedir. Kabuk kahverenginden pembemsi renge değin değişir. Yapraklar sarımsı yeşil renklidir. Narenciyelerde yapraklar küçük olup soluk sarımsı yeşil renklidir. Ağaçlarda büyüme düzensiz olup çalı görünümündedir.

4.6. AZOTUN BİTKİ GELİŞMESİNE ETKİLERİ

4.6.1. Azotun Bitkilerin Karbonhidrat İçerikleri Üzerine Etkisi

Gelişme ortamına uygulanan azot miktarındaki artışa bağlı olarak bitkilerde karbonhidrat içeriği azalır. Bir başka deyişle karbonhidrat-azot dengesi bozulur. Gereğinden fazla azot, bitkilerde şeker sentezini olumsuz şekilde etkiler. Bu durum özellikle şekerpancarı için önemlidir. Gereğinden fazla azotun şeker içeriği üzerine olumsuz etkisi Çizelge 4.7’de ki değerlerde açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.7. Artan miktarlarda uygulanan azotun şekerpancarı bitkisinde ürün miktarı ile pancarın sakaroz içeriği üzerine etkisi

N miktarı, kg ha ⁻¹	Pancar miktarı, kg ha ⁻¹	Pancarın sakaroz içeriği, %
0	46	18
90	54	17
180	59	16
269	61	15

Toprağa gereğinden fazla uygulanan azot tahıllarda tanenin azot içeriğinin artmasına buna karşın nişasta miktarının önemli düzeyde azalmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde meyve ve sebzelerde de olumsuz şekilde etkilenmektedir. Azota bağlı olarak amidlerin birikmesi sonucu meyve ve sebzelerin tadı ekşimi olmaktadır.

4.6.2. Azotun Bitki Suyu Üzerine Etkisi

Azotun bitki suyu üzerine dolaylı olarak olumlu yönde etki yapmaktadır. Azotun bitki suyu üzerine etkisi özellikle lif bitkilerinde çok daha önemlidir. Azotlu gübre lif bitkilerinin ürün miktarını artırırken yüzde lif oranını düşmesine yol açar. Ancak kenevir bitkisinde azot, lif hücrelerinin ince duvarlı, büyük ve bol protoplazmalı olmasını sağlayarak lifin kırılmaya karşı daha az dayanıklı olmasına yol açar. Kuşkusuz bu istenmeyen durumdur.

4.6.3. Azotun Kök Büyümesi ve Ürün Miktarı Üzerine Etkisi

Bitkilerin tepe ve kök büyüme organları üzerine azotun etkisi aynı değildir. Genel olarak toprağa uygulanan azot miktarı ile ilgili olarak bitkinin tepe büyümesi kök büyümesine göre çok daha fazladır. Yeterli düzeyde azot bulunmayan ortamda bitkilerin kökleri uzun, ince ve çok az dallanmış olmasına karşın, azotun ortamda yeterli olması durumunda kökler kısa, kalın ve iyi dallanmış bir gelişme gösterir. Genellikle yarayışlı azot yönünden yoksun olan ortamda yetiştirilen bitkilerde kök sistemi göreceli olarak az olmaktadır.

Ülkemizde azotlu gübre uygulanmak suretiyle çeşitli bitkiler üzerinde yapılan araştırmalarda azot miktarı ile ürün arasında olumlu ve önemli ilişkiler saptanmıştır. Amasya da (Ateşalp ve Işık 1978) yapılan elma denemesinde azot miktarının artmasına paralel olarak ürün miktarının da arttığı saptanmıştır. Azotlu gübre miktarı ile pancar verimi arasındaki ilişkiyi araştıran İnal

(1994) azotlu gübre uygulaması ile pancar verimi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Aynı şekilde Bursa da artan azot miktarının buğday da tane ve sap verimi üzerine olan olumlu etkisi ile tane ve sap miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir.

4.6.5. Azotun Bitkilerde Yatma Üzerine Etkisi

Ortamda gereksinim duyulan miktarın üzerinde azotun bulunması bitkilerin yatmasına yol açar. Bu durum azotun, sap, dal, yaprak gibi vejetatif oranlarının fazlaca gelişmesi ile yakından ilgilidir. Yatma özellikle tahıl bitkilerinde önemli bir sorundur. Tahılda yatmayı önlemek için: 1-Yatmaya dayanıklı çeşitler yetiştirilmekte, 2-hormon ve benzeri kimyasal maddeler uygulanmak suretiyle bitkinin vejetatif gelişmesi önlenmekte ve 3-Azotlu gübreler yeteri düzeyde ve olabildiği kadar geç, başlık gübre olarak kullanılmaktadır.

4.6.6. Azotun Hasat Zamanı Üzerine Etkisi

Ortamda gereğinden fazla bulunan azot hasat zamanının gecikmesine neden olmaktadır. Orta Anadolu yöresinde azotlu gübre uygulanan parsellerde buğday hasadının 8-10 gün daha geciktiği gözlenmiştir. Hasat zamanının gecikmesi özellikle yağışların erken başladığı ve ilk donun erken görüldüğü yörelerde önemlidir. Tarla bitkilerinde hasat zamanı ile meyvelerin olgunluğa erişme zamanı üzerine azotun etkisi değerlendirilirken: 1- toprağın azot durumu, 2- Toprağa uygulanacak azot miktarı, 3- Azotun toprağa uygulanma zamanı ve 4- Bitkinin özelliği dikkate alınmalıdır.

4.6.7. Azotun Bitkilerin Hastalıklara Karşı Dayanıklılığı Üzerine Etkisi

Bitki ve çevre koşullarına bağlı olarak azot bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılığı üzerine etki yapmaktadır. Ortamda gereğinden fazla bulunan azotun bitkilerde mantari hastalıklara neden olduğu saptanmıştır. Örneğin arpa bitkisinde kahverengi pas, çeltik bitkisinde kahverengi yaprak lekesi, ve buğday bitkisinde kök boğazı ve başak çürüklüğü hastalıklarının azot fazlalığına bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir. Azot fazlalığı taze, yeşil ve genç bitki dokularında fakültatif patojenlere karşı dayanıklılığın artmasına buna karşın obligat parazitlere karşı dayanıklılığın azalmasına neden olmuştur. Toprağa uygulanan azot çeşidi bitkilerde hastalık oluşumu üzerine etkilidir. Belli bir azot şeklinin bitkilerde hastalığın ortaya çıkması üzerine bitki çeşidi, önceden yetiştirilen bitki, uygulanan azot dozu, önceden uygulanan azotun kalıntı etkisi, azotun uygulanma zamanı, toprak mikroflorası, NH_4 iyonunun NO_3 iyonuna oranı gibi çok çeşitli etmenler etki yapmaktadır.

5.FOSFOR

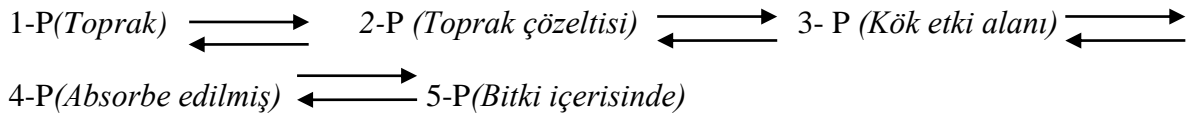
5.1. BİTKİLERİN FOSFOR ALIMI

Bitkiler geliştikleri ortamdan fosforu primer ortofosfat iyonu H_2PO_4 ve sekonder ortofosfat iyonu HPO_4 şeklinde alırlar.Bitkilerin iyi gelişme gösterdikleri topraklarda göreceli olarak daha fazla miktarda bulunduğu için bitkiler H_2PO_4 iyonunu daha fazla alırlar. Genelde bitkiler asit tepkimeli topraklarda H_2PO_4 iyonunu ve alkali tepkimeli topraklarda HPO_4 iyonunu daha fazla alırlar. Bitkiler pirofosfatlar ve metafosfatlar şeklinde fosfor içeren kimyasal gübrelerin toprak çözeltisinde hidrolize olmaları sonucu oluşan ortofosfat iyonlarını da alırlar. Nitrat ve sülfat anyonlarının aksine bitkide fosfat anyonları indirgenmezler ve yükseltgenmiş şeklini korurlar. Örneğin H_2PO_4 şeklinde alınan fosfat anyonu bitkide ya inorganik fosfor (Pi) şeklinde bulunur yada karbon zincirine hidroksil gurubu aracılığıyla bağlanarak basit bir fosfat esteri $[C - O - (P)]$ şeklinde veya yüksek enerjili fosfat (P) ~ (P) zincirinde yer alır.Bitki gereksinim duyduğu fosforun çok büyük bir bölümünü toprak çözeltisinden ve çok azda olsa bir bölümünü doğrudan toprağın katı fazından alır. Toprak çözeltisinde azalan fosfor toprağın katı fazı tarafından tekrar eski haline getirilir. Toprak katı fazı ile toprak çözeltisi arasında diğer bitki besin elementleri için olduğu gibi fosfor için sürekli bir denge vardır. Çeşitli bitkilerde optimum gelişme sağlanabilmesi için toprak çözeltisinde bulunması gerekli P miktarları Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Çeşitli bitkilerde optimum gelişme için bulunması gereken P miktarları

Bitki	Toprak çözeltisinde yaklaşık P konsantrasyonu, mg/L
Cassava	0.005
Yer fıstığı	0.01
Mısır	0.05
Sorgum	0.06
Lahana	0.04
Soya fasulyesi	0.2
Domates	0.2
Marul	0.3

Fried ve Shapiro (1960) bitkiler tarafından toprak sisteminden fosforun alınmasını 5 evrede incelemiştir.



Fosforun topraktan alınarak bitkinin içine girinceye değin geçen her evrede belli bir oran içerisinde gerçekleşen olaylar toprak ve bitki ile ilgili çeşitli elementlerin etkisi altındadır. Bitkilerin gelişme dönemleri içerisinde belli bir zamanda toprak çözeltisinde çözülmüş şekilde bulunan fosfora “*intensite etmeni*”, toprak çözeltisine azalana fosfor kadar sürekli olarak fosfor veren katı fazdaki fosfora da “*Kapasite etmeni*” denir. Kök etki alanına fosfor kitle akımı ve difüzyon ile taşınır.Ancak kitle akımına göre difüzyon ile taşınımçok daha fazladır. Bitki kök hücrelerinin ve ksilem özsuunun P içeriği toprak çözeltisinin P içeriğinden genelde çok yüksektir. Bitki kökleri toprak çözeltisinde miktarı birkaç mmol m⁻³ olan fosforu absorbe edebilir. Bunun nedeni bitki hücrelerinde fosfor konsantrasyonunun çok yüksek olmasıdır. Bitki kökleri tarafından alına ve iletim borularına yüklenen fosfor mobil olup bitkide yukarı ve aşağı doğru gereksinim duyulan yerlere taşınır.

5.2. BİTKİLERİN FOSFOR İÇERİKLERİ

Bitkilerde fosfor, N,K,Ca, ve Mg'ye göre daha az miktarda bulunur.Vejetatif gelişme dönemlerinde bitkilerin optimum P içerikleri kuru madde ilkesine göre % 0.3 ile % 0.5 arasında değişir. Bu değer % 1'in üzerine çıktığında fosfor bitkide zehirlenme etkisi yapabilir. Bitkiler gereksinim duydukları fosforun büyük bir bölümünü gelişmelerinin ilk dönemlerinde alırlar.Bitkilerin yaşlı organlarına göre genç organlarında fosfor miktarı daha fazladır.Gelişmenin sonlarına doğru fosfor tohum ve meyveye aktarılmakta, oralarda birirmektedir.Örneğin arpa bitkisinde sap'taki P miktarı ,% 0.1 iken tane de % 0.38 dir. Aynı şekilde soya fasulyesinde sap'taki P miktarı % 0.08 iken tanede % 0.7 dir. Kimi tarla bitkileri ile meyve ve sebzelerin fosfor içeriklerine ilişkin olması gereken optimum değerler Çizelge 5.2 de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Bazı tarla bitkileri, sebze ve meyve bitkilerinin fosfor içeriklerine ilişkin optimum değerler

Tarla Bitkileri		Meyveler		Sebzeler	
Bitki Çeşidi	% P, Yeter	Bitki Çeşidi	% P, Yeter	Bitki Çeşidi	% P, Yeter
Arpa	0.2 – 0.5	Asma	0.3 – 0.6	Bezelye	0.3 – 0.8
Buğday (kışlık)	0.2 – 0.5	Ceviz	0.12 – 0.3	Biber,Hıyar	0.35 – 1
Çavdar	0.52 – 0.65	Çilek	0.25 – 1.0	Domates,Kavun	0.22 – 0.7
Çeltik	0.1 – 0.18	Elma, Erik	0.14 – 0.4	Havuç	0.2 – 0.5
Mısır	0.3 – 0.5	Fındık	0.16 – 0.4	Ispanak, Kereviz	0.3 – 0.6
Pamuk	0.25 – 0.45	Greyfurt	0.13 – 0.5	Kabak	0.3 – 0.5
Sorgum	0.13 – 0.25	İncir,Limon,Zeytin	0.1 – 0.3	Lahana	0.3 – 0.75
Soya fasulyesi	0.26 – 0.5	Kayısı	0.13 – 0.35	Marul	0.5 – 1.0
Şeker pancarı	0.45 – 1.1	Kiraz	0.16 – 0.5	Pancar, Patates	0.25 – 0.5
Tütün	0.27 – 0.5	Muz	0.18 – 0.5	Patlıcan	0.3 – 1.2
Yer fıstığı	0.25 – 0.5	Portakal	0.12 – 0.5	Sarımsak	0.28 – 0.5
Yulaf	0.20 – 0.5	Şeftali	0.14 – 0.25	Soğan	0.3 – 0.45
		Zeytin	0.1 – 0.3	Turp	0.33 – 0.6

Değişik bitkiler tarafından ürün miktarıyla topraktan önemli ve farklı miktarlarda fosfor kaldırılır. Bir yılda çeşitli bitkilerle (mısır, sorgum, yonca ...) bir hektar topraktan 19 ile 54 kg arasında değişen miktarlarda fosfor kaldırılmaktadır.

5.3. BİTKİLERDE FOSFOR BİLEŞİKLERİ VE METABOLİK İŞLEVLERİ

Bitkilerde fosfor bileşikleri; *organik fosfor bileşikleri* ve *inorganik fosfor bileşikleri* olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

5.3.1. İnorganik Fosfor Bileşikleri ve Metabolik İşlevleri

Bitkilerde inorganik fosfor (Pi) ortofosforik asidin tuzları şeklinde bulunur. Toplam fosforun genelde % 60 kadarı suda çözünebilir olup bunun çok az bir bölümü inorganik durumdadır. Organik ve inorganik fosfor miktarları arasındaki oran analiz edilen bitki organı, bitkinin yaşı, ekstrakt çözeltisinin özelliği vb etmenlere bağlı olarak değişiklik gösterir.Bitki öz suyunda inorganik fosfor miktarı, organik fosfor miktarına göre genelde daha fazladır. Vejetatif bitki organlarında fosforun büyük bir bölümü inorganik şekilde iken tohumlarda fosforun çoğunluğu organik şekildedir. Örneğin buğday tanesinde toplam fosforun % 96'sı organik şekilde bulunurken sapta organik fosfor miktarı % 28 dir.

Enzimatik tepkimelerin çoğunda inorganik fosfor (Pi) ya etki yapılan madde ya da son üründür. (örneğin ATP →ADP+Pi) Bu nedenle bitkilerin sitoplazma ve kloroplastlarında cereyan eden metabolik tepkimelerde (Pi) temel işleve sahiptir.Vakuollerden sitoplazmaya aktarılan (Pi) fosforütkinaz enzim aktivitesini arttırmak suretiyle domates meyvesinin olgunlaşmasına yardımcı olur. Yüksek bitkilerde Pi vakuollerde toplanır. Toplam inorganik fosforun (Pi) % 85 – 95 kadarı vakuollerde bulunur.Fosfor noksanlığı gösteren bitkilerde ise Pi'nin tamamı sitoplazma ve kloroplastlarda toplanmaktadır.

5.3.2. Organik Fosfor Bileşikleri ve Metabolik İşlevleri

Organik fosfor bileşikleri, ortofosfatın şeker ve alkollerle esterleşmesiyle ya da bir pirofosfat bağıyla başka bir fosfat gurubuna bağlanmasıyla oluşan bileşiklerdir. Fosfat guruplarının pirofosfat bağları ile bağlandığı en önemli bileşik bir koenzim olan Adenozin trifosfattır (ATP). ATP; adenin (N bazı), riboz (pentoz) ve 3 fosfat gurubunun birleşmesiyle oluşmuştur. Fosfat gurupları birbirlerine yüksek enerjiye sahip pirofosfat bağı ile bağlanmışlardır. Hidrolize olduğu zaman ATP bu yüksek enerjiye sahip pirofosfat bağı nedeniyle 32 kg/mol enerji verir. Fotosentezde absorbe edilen ve solunum yada karbonhidratların anaerobik parçalanmaları sonucu açığa çıkan enerji ATP'de yüksek enerjiye sahip pirofosfat bağlarının sentezlenmesinde kullanılır. Bu şekilde ATP içerisinde oluşan “saklı enerjiden” besin elementlerinin aktif absorpsiyonlarında ve çeşitli organik bileşiklerin sentezinde yararlanır. Bitki metabolizmasında inorganik fosfatın en önemli işlevi yüksek enerji aktarımına olanak sağlayan pirofosfat bağlarını oluşturmasıdır. Yüksek enerjili pirofosfat bağına sahip ATP, bitkilerde nişasta sentezi için temel enerji kaynağıdır. Fitin, bitkilerde bulunan önemli bir fosforlu organik bileşiktir. Tane ve tohumlarda fosfor, fitat şeklinde depo edilir. Fitatlar ise fitik asidin tuzlarıdır. Tahıllarda ve baklagil bitkilerinde oluşum evresinin başlarında tane ve tohumun fitat içeriği düşüktür. Ancak nişasta sentezi ile birlikte fitat içeriği de hızla artar. İnorganik fosfor (Pi) içeriği ise tane ve tohum oluşumunun başlangıcında genelde düşük olup fitat oluşumu ile Pi miktarı daha da azalır. Tane dolumu yada yumru oluşumu evrelerinde nişastanın düzenli şekilde sentezlenmesinde fitatlar önemli rol oynar.

Tohumlarda çimlenme evresinde fitatlar önemli işleve sahiptir. Çimlenmede oluşan fideciklerin başlangıçta iyi gelişip büyüebilmeleri için tohumdaki fitatlar parçalanır. Bunun bir sonucu olarak fitat şeklinde bağlı fosfor miktarı azalırken fosfolipid miktarı artar. Çimlenmenin 24 saatlik evresinde fitatın parçalanması ile açığa çıkan fosfor, fosfolipidlere bağlanmış olup buda hücre membranlarının oluşumunda kullanılır.

5.4. BİTKİLERİN FOSFOR KAYNAKLARI

Yetiştirme ortamı olarak toprak ve toprağa uygulanan fosforlu gübreler bitkilerin temel fosfor kaynaklarıdır.

5.4.1. Fosfor Kaynağı Olarak Toprak

Toprakların fosfor içerikleri üzerine toprağı olduğu ana materyalin cinsi, iklim, dağılıp parçalanma derecesi, organik madde içeriği ve tekstür gibi çok çeşitli etmenler etki yapar. Toplam fosfor içerikleri yönünden topraklar arasında önemli farklar vardır. Genellikle kireç taşı, marn ve benzeri materyallerden oluşmuş toprakların toplam fosfor içerikleri asidik yığıntılardan oluşmuş toprakların toplam fosfor içeriklerinden daha yüksektir. Bunun nedeni kireçli yığıntılarda bulunan kalsiyum karbonatın orijini kalsiyum ve fosforca varsıl su hayvanlarının kalıntı, iskelet ve kabuklarının oluşturmasıdır. Genellikle tekstür incelidikçe toprakların toplam fosfor içerikleri de artar. Toprakların toplam P içerikleri toplam N ve K içeriklerinden daha azdır. Genel olarak toprakların P içerikleri 500 – 800 mg/kg arasında değişir. Toprakların toplam P miktarları genelde A horizonunda en yüksek düzeyde olup A horizonunun altında ve B horizonunun üst kısmında bitki tüketimi nedeniyle daha azdır. Türkiye topraklarında toplam P miktarları 146.2 mg/kg ile 3125 mg/kg arasında değişmektedir. Ortalama en yüksek toplam P miktarı 977.6 mg/kg olarak Çarşamba Ovası topraklarında belirlenmiştir. Tarım toprakları genellikle bitki tarafından yararlanılabilir şekildeki fosfor yönünden yoksuldu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü'nde Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınarak analizi yapılan 65008 toprak örneğinin % 66.1'nde az veya çok az, % 18'nde orta ve % 15.9'nda fazla yada çok fazla olduğu belirlenmiştir.

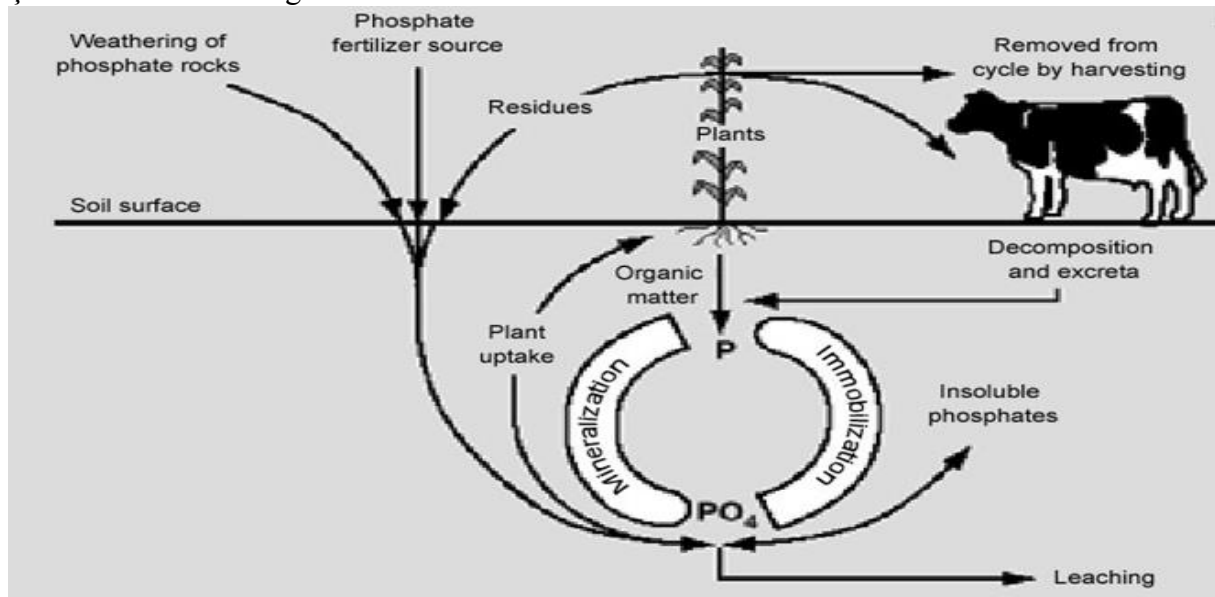
Bitkiler gereksinim duydukları fosforu temelde toprak çözeltisinden alır. Bu nedenle toprak çözeltisinin fosfor içeriği bitkiler için büyük önem taşır. Toprak çözeltisinde 10^{-4} M fosfor bitki gereksinimi karşılamaya yetecek miktar olarak kabul edilmektedir. Bitki gereksinimin rahatlıkla karşılanabileceği düzeyde fosfor içeren bir toprak çözeltisinin P içeriği 0.3 ile 3

kg/ha arasında değişir. Hızlı gelişme gösteren ürün ile ünde yaklaşık 1 kg/ha P alınır. Buradan açıkça görüleceği gibi toprak çözeltisinde azalan fosfor, katı fazdan günde birkaç kez olmak üzere sürekli tamamlanmalıdır.

5.4.1.1. Toprakta Fosfor Döngüsü

Toprakta fosfor döngüsü toprak ve bitki arasında tamamlanır. Azot ve kükürtün aksine fosfor döngüsü atmosferle bağlantılı değildir (Şekil 5.1). Şekilden de anlaşılacağı gibi bitkiler gereksinim duydukları fosforun çok büyük bölümünü toprak çözeltisinde çözülmüş şekildeki inorganik fosfordan, çok azını da organik şekildeki fosfordan kökleriyle alır. Bitkilerdeki fosfor, bitki artıklarıyla olduğu gibi insan ve hayvan artıklarıyla da toprağa döner. Toprakta bitkisel ev hayvansal kökenli organik bileşikler mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve açığa çıkan fosforun bir bölümü toprak organizmaları tarafından vücut proteini şekline dönüştürülür. Bir bölümü organik maddeye bağlanarak ileride bitkiler tarafından yararlanılabilir şekilde açığa çıkar. Bir bölümü de yavaş yavaş yarıyışlı şekle dönüşür ve bundan bitkiler yararlanır ve döngü tamamlanır.

Şekil 5.1. Fosfor Döngüsü



Topraklarda fosfor 1. *Organik fosfor* ve 2. *İnorganik fosfor* olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

1. *Organik Fosfor*

Organik P miktarı topraklarda birkaç mg ile 0.5 g/kg arasında değişir. Organik P, toplam P miktarının % 20'si ile % 80 arasında değişiklik gösterir. Organik P miktarı; iklim, bitki örtüsü, tekstür, toprağın kullanım şekli, uygulanan kimyasal gübreler ve sulama gibi çok çeşitli etmenlerin etkisi altında değişir. Bitkideki organik bileşiklere benzer şekilde topraklarda bulunan organik bileşikler 3'e ayrılır.

a-İnositol Fosfatlar: inositol fosfatlar, şeker benzeri bileşik olan inositolün fosfat esterleridir. Fitik asit ise topraklarda bulunan bu grubun en önemli esteridir. İnositol fosfatlar toplam fosforun % 10 ile % 50 sini oluştururlar. Bu fosfatlar asit koşullarda demir ve alüminyum ile alkalın koşullarda da kalsiyum ile güç çözünebilir tuzları oluştururlar.

b-Nükleik Asitler: Ribonükleik asit (RNA) ve deoksiribonükleik asit (DNA) topraklarda bilinen ve en önemli fosfor içeren organik bileşiklerdir. Nükleik asitler, fosforik asit ile şeker ve azot içeren bazların birleşmelerinden oluşmuştur. Nükleik asitler toprakta inositol fosfatlara göre daha hızlı açığa çıkarlar ve çok daha çabuk parçalanırlar. Nükleik asitler şeklinde toprakta fosfor miktarı çok azdır.

c-Fosfolipidler: toprak fosfolipidleri, fosfor içeren yağ asitlerinin esterleridir. Fosfatidkolin ve fosfatidiletanolamin topraklarda bulunan temel fosfolipidlerdir. Toprak ta fosfolipid miktarı 0.2 ile 14 mg/kg arasında değişir. bu miktarlar organik fosforun % 52'nden daha az bir kısmını oluşturmaktadır.

2.İnorganik Fosfor

Topraklarda bulunan inorganik fosfor: a-Kalsiyum içerenler, b- Demir ve alüminyum içerenler başta olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

a.Kalsiyum İçeren İnorganik Fosfor Bileşikleri: Kalsiyum içeren inorganik fosfor bileşikleri –Florapatit, -Karbonatapatit, -Hidroksiapatit, -Oksiapatit, -Trikalsiyum fosfat, -Dikalsiyum fosfat, -Monokalsiyum fosfat'tır. Florapatitten monokalsiyum fosfata doğru gidildikçe bileşiklerin çözünürlüğü artar. Florapatit güç çözüldüğünden aşırı derecede parçalanmış topraklarda fazlaca belirgin şekilde görünür. Bitki besleme yönünden en önemli bileşikler di ve mono-kalsiyum fosfat bileşikleridir.

b-Demir ve Alüminyum İçeren İnorganik Fosfor Bileşikleri: Fosfat iyonları kolaylıkla demir ve alüminyumla bileşik meydana getirir. Oluşan bileşiklerin özellikleri kristalleşmenin derecesine, yaşına ve metal hidroksit ve fosfat iyonlarının oranına bağlı olarak değişmektedir. Çukurova topraklarında yapılan araştırmada fosfor fraksiyonu olarak en fazla Ca-P fraksiyonu olarak tespit edilmiştir. Bu durum araştırmada kullanılan toprak örneklerinde pH'nın 7 nin üzerinde olması ve ortamda fazla miktarda CaCO₃'ün bulunması ile açıklanmıştır. Ca-P fraksiyonunu sırasıyla Al-P, Fe-P fraksiyonları izlemiştir. Aynı şekilde Orta Anadolu'da çeltik tarımı yapılan toprakların inorganik fosfor fraksiyonları içerisinde Ca-P fraksiyonu miktar olarak en fazla bulunmuştur.

5.4.1.2 Topraklarda Fosforun Değişimi

5.4.1.2.1. Fosfor Fiksasyonu

Fiksasyon tabiri ilk olarak azot için kullanılmıştır. Daha sonra fiksasyon sözcüğü fosfor içinde geniş ölçüde kullanılmıştır. Fosfor için kullanılan fiksasyon, azot için kullanılan fiksasyondan tamamıyla farklı anlam taşımaktadır. Fosfor fiksasyonu, bitki tarafından alınabilir şekildeki fosforun bitki tarafından alınmaz veya daha az alınabilir şekilde geçmesi anlaşılmaktadır. Fosfor fiksasyonu bilimsel yönden olduğu kadar ekonomik yönden de büyük önem taşımaktadır. Topraklara verilecek fosforlu gübre miktarları belirlenirken ve münavebe programı hazırlanırken fosfor fiksasyonu kapasitelerinin bilinmesine gereksinim vardır. Fosfor fiksasyonu temelde biyolojik ve kimyasal olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır.

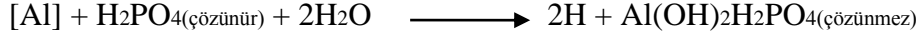
1-Biyolojik Fosfor Fiksasyonu: Biyolojik fosfor fiksasyonları toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Mikroorganizmaların toprakta yararışlı şekilde (mobil durumda) bulunan fosforu alarak vücutlarında organik şekle dönüştürmelerine yani immobilizasyonuna *biyolojik fosfor fiksasyonu* denir. Biyolojik olarak fikse edilen fosfordan bitkiler, mikroorganizmalar yaşamlarını tamamlayıp toprakta parçalanıncaya değin yararlanamazlar. Fosfor yalnız bitkilerin gelişmeleri için önemli olan bir element değil, toprak mikroorganizmalarının yaşamlarını sürdürmeleri için de mutlak gerekli bir elementtir.

2-Asit Tepkimeli Topraklarda Fosfor Fiksasyonu: Asit tepkimeli topraklarda fosfor fiksasyonu genellikle aşağıdaki şekillerden biri yada birkaçı ile olabileceğine inanılmıştır.

■ **Aktif şekilde bulunan Fe, Al ve Mn gibi katyonlarla çökelti oluşturmak suretiyle fosfor fiksasyonu:** Asit tepkimeli topraklarda Fe, Al ve Mn bol miktarda bulunur. Böyle topraklarda H₂PO₄ ile söz konusu elementlerin tepkimeleri çok kısa zamanda gerçekleşir ve fosfor çözünemez şekilde fikse edilir yani bitkilerin yararlanamayacağı şekilde olur.

■ **Fe, Al ve Mn'in sulu oksitleriyle tepkimeye girmek suretiyle fosfor fiksasyonu:** Asit tepkimeli topraklar fazla miktarda Al, Fe ve Mn'in sulu oksitlerine sahiptir. Bu sulu oksitler koloidal özelliktedir. Fosfat iyonları bu koloidal özellikteki sulu oksitlerin yüzeylerinde bazik demir, alüminyum veya mangan fosfatlar şeklinde tutulur ve çökelti oluşur.

■ *Silikat killeri aracılığıyla fosfor fiksasyonu*: toprakta bulunan kil mineralleri silisyum ve alüminyum tabakalarının sandviç gibi üst üste sıralanmalarından meydana gelmişlerdir. 1:1 ve 2:1 şeklinde iki tip kil minerali vardır. 1:1 tipi killerde tepkimeye hazır durumda fazlaca hidroksil gurubu bulunduğundan fiksasyon bu topraklarda daha fazladır. Burada meydana gelen fiksasyon aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.



3-Kireçli Alkalin Topraklarda Fosfor Fiksasyonu: Buradaki fiksasyon asit tepkimeli topraklarda gerçekleşen fiksasyondan farklıdır. Alkalin ortamda sekonder ortofosfat (HPO_4) iyonlarının çoğunluğu oluşturmalarına karşın, asit ortamda primer ortofosfat iyonları (H_2PO_4) çoğunluğu oluşturur. pH'sı yüksek olan kireçli alkalin topraklarda dikalsiyum fosfat ($Ca HPO_4$) ile trikalsiyum fosfatlar $Ca_3(PO_4)_2$ daha fazla oluşmaktadır. Monu, -di, ve tri-kalsiyum fosfatların suda çözünürlük dereceleri ise Ca'un PO_4 'a olan oranı büyüdükçe azalmaktadır. Bu duruma göre monokalsiyum fosfat daha fazla çözünür şekildedir. Kireçli alkalin topraklarda fosforun üç şekilde fikse edildiği ortaya konmuştur: (a)-pH'sı 7.5'in üzerinde olan kireçli alkali topraklarda fosfor, çözünürlüğü oldukça az olan trikalsiyum fosfat şekline dönüşmek suretiyle fikse edilmektedir. (b)-Bu topraklarda serbest halde bulunan $CaCO_3$ ile çözünebilir fosforun değinimi sonucunda fosfor çökeler ve daha sonra Ca ile tepkimeye girerek çözünmez şekilde bileşiği oluşturur. (c)-Kireçli alkalin topraklarda fosfor, kalsiyum ile sature olmuş killer tarafından fikse edilmektedir. Kalsiyum ile sature olmuş killer, sodyum veya diğer bir değerlikli iyonlarla satura olmuş killere göre daha fazla fosfor fikse eder.

4-Fosfor Fiksasyonuna Etki yapan Etmenler

Toprağa uygulanan fosforun bitkiler tarafından yararlanılmadan fikse edilmesi arzu edilmediğinden, fiksasyonu etkileyen etmenler önem kazanmaktadır.

a-Kilin Cinsi: Topraklarda bulunan kilin cinsi, fiksasyonu önemli düzeyde etkilemektedir. 1:1 tipinde kaolinitik killere sahip olan toprakların 2:1 tipinde montmorillonitik killere sahip topraklara göre daha fazla fosfor fikse edilmektedir. Değişik kil mineralleri tarafından fosfor fiksasyonu yüksekten düşüğe doğru şu şekildedir: Amorf sulu oksitler > Goetit = Gibsit > Kaolin > Montmorillonit. Genel olarak kilce varsıl topraklarda fosfor fiksasyonu daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni killerin çok geniş bir değinim yüzeyine sahip olmasıdır.

b-Tepkime Süresi: toprak ile toprağa uygulanan fosfor arasındaki değinim, yani tepkime süresi uzadıkça fikse edilen fosfor miktarı da artmaktadır.

c-Toprak Tepkimesi: Toprak tepkimesi bitkilerin toprağa uygulanan fosfordan yararlanmaları üzerine etki yapan önemli etmenlerden birisidir. Topraklarda bitkiler fosfordan toprak tepkimesi pH 6.5-7.0 arasında olduğu zaman çoğunlukla en yüksek düzeyde yararlanmakta ve pH bu miktarlardan azalır çoğaldığı zaman bitkilerin fosfordan yararlanmaları azalmaktadır.

d-Sıcaklık: Genel bir kural olarak sıcaklık arttıkça kimyasal tepkimelerde artmaktadır. Bu genel kuraldan hareket ederek sıcaklığın fosfor fiksasyonu üzerine olumlu etki yaptığı söylenebilir. Sıcak iklim bölgesi toprakları fosforu genel olarak fazla miktarda fikse etmektedir.

e-Organik Madde: Genel olarak bitki atıklarının toprakla karıştırılması ve yeşil gübreleme yapılması bitkilerin toprak fosforundan daha fazla yararlanmalarına yol açar. Organik atıkların parçalanma ürünlerinin toprakta fosforun yayırlılık oranına etkileri üzerinde son yıllarda geniş ölçüde durulmuştur. Toprakta bulunan humusun veya toprağa karıştırılan organik maddenin fosforun yayırlılık oranını arttırması genel bir kural olarak kabul edilmiştir.

5.4.1.3. Organik Fosforun Mineralizasyonu

Organik fosfor bileşiklerinin parçalanarak inorganik fosfor bileşiklerini meydana getirmesine "mineralizasyon" denir. Toprakta bulunan organik fosforun mineralize olduğu başlıca iki şekilde anlaşılır. Birincisi; uzun yıllar tarım yapılan kültür topraklarında organik fosfor göreceli olarak daha az bulunur. İkincisi; laboratuarda inkübasyona bırakılan topraklarda inorganik fosfor miktarı artar. Organik fosforun mineralizasyonuna birçok etmen etki

yapmaktadır. Bunlar; 1-Topraklarda kireçleme sonucu, toprakların organik fosfor içeriklerinde önemli derecede azalma olmaktadır. 2-pH arttıkça organik fosfor azalmaktadır. 3-Belli bir sınıra kadar sıcaklık arttıkça organik fosforun mineralizasyonu da artmaktadır. 4-İyi havalandırılan topraklarda organik fosforun mineralizasyonu göreceli olarak daha fazla olduğu saptanmıştır.

5.4.2. Fosfor Kaynağı Olarak Fosforlu Gübreler

Fosforlu gübreler içerdikleri fosforun bulunuş şekline göre: 1. Organik gübreler 2. Kimyasal gübreler şeklinde gururlandırılır. Organik gübre içerisinde başta ahır gübresi olmak üzere tüm bitkisel ve hayvansal kökenli materyaller yer alır. Kimyasal fosforlu gübreler ise ham fosfatların asitlerle işleme sokulması yada yakılması sonucu fosforun bitkilere yararlı şekle dönüştürülmesi suretiyle üretilmektedir. Fosforlu kimyasal gübreler ve bu gübrelerin besin elementi içerikleri Çizelge 5.3 te verilmiştir. Fosforlu kimyasal gübrelerin yararlılıkları üzerine çeşitli etmenler etki eder. Bunlar; 1. Gübrelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, 2. Gübrelerin uygulanma şekli ve zamanı, 3. Toprak özellikleri, 4. İklim, 5. Bitki çeşididir.

Çizelge 5.3 Fosforlu kimyasal gübreler ve bu gübrelerin besin elementi içerikleri

Gübre	N %	K %	S %	Ca %	P %	Yararlı fosfor (Toplam P nin % si)
Amonyaklaştırılmış normal süperfosfat	2-5	-	10-72	17-21	6-9	96-98
Amonyaklaştırılmış tripl süperfosfat	4-6	-	0-1	12-14	19-21	96-99
Amonyum fosfatlar (N-P-K)						
21-53-0	21	-	-	-	23	100
21-61-0	21	-	-	-	27	100
11-48-0	11	-	0-2	-	21	100
16-48-0	16	-	0-2	-	21	100
18-46-0	18	-	0-2	-	20	100
16-20-0	16	-	14	-	8.7	100
Amonyum fosfat nitrat	30	-	-	-	4	100
Amonyum polifosfat	15	-	-	-	25	-
Dikalsiyum fosfat	-	-	-	29	25	98
Fosforik asit	-	-	0-2	-	23	100
Ham fosfat	-	-	-	33-36	11-17	14-65
Normal süperfosfat	-	-	11-12	18-21	7-9.5	97-100
Potasyum fosfat	-	29-45	-	-	18-22	100
Süper fosforik asit	-	-	-	-	34	100
Tripl süperfosfat	-	-	0-1	12-14	19-23	96-99
Zenginleştirilmiş süperfosfat	-	-	7-9	16-18	11-13	96-99
Bazik slag	-	-	0.2	32	3-8	62-94
Florsuzlaştırılmış ham fosfat	-	-	-	20	9	85
Kalsiyum meta fosfat	-	-	-	19	27	99
Potasyum meta fosfat	-	29-32	-	-	24-25	-
Renania fosfat	-	-	-	30	12	97

5.5. BİTKİLERDE FOSFOR NOKSANLIĞINDA GÖRÜLEN BELİRTİLER

Fosfor noksanlığında ortaya çıkan belirtiler, nedeni tam olarak bilinmemekle beraber çoğu bitkilerde benzerlik gösterir. Genellikle fosfor noksanlığında belirtilerin gözle tanısı çoğu zaman güç olmakta ve belirtiler değerlendirme analiz sonuçlarına bakılarak yapılmaya çalışılmaktadır. Tarla bitkilerinde ve meyve ağaçlarında fosfor noksanlığında kuru madde ilkesine göre P miktarı < % 0.18 ve sebzelerde ise < % 0.25 düzeyindedir. Fosfor noksanlığı her zaman toprağın fosfor miktarının az olmasıyla ilgili değildir. Bitkilerde fosfor noksanlığına; pH, sıcaklık, nem, tekstür, strüktür, ile öteki besin elementlerinin cins ve miktarları da etki etmektedir. Fosfor noksanlığında bitkilerde yaprak gelişimi ve yaprak yüzey alanı önemli derecede azalır. Benzer azalma yaprak sayısında görülür. Fosfor noksanlığında yapraklarda klorofil düzeyi etkilenmemekle beraber bazen artış gösterir. Bu nedenle yapraklar koyu yeşil renk gösterir. Fosfor noksanlığı görülen bitkilerde fotosentez göreceli olarak daha az gerçekleşir. Fosfor noksanlığında gövde büyümesine göre kök büyümesi daha az etkilenir. Bu nedenle, gövde:kök kuru ağırlık oranı önemli derecede azalır. Fosfor noksanlığında bitki

kökünde nişasta ve sakkaroz miktarı önemli düzeyde artar. Fosfor noksanlığında bitkiler daha geç çiçek açar. Bazı bitkilerin fosfor noksanlık belirtileri aşağıdaki gibidir;

-Mısır:Püskül gelişmesi yavaşlar, dölllenme normal olmaz. Koçanlar normal gelişemediklerinden tanelerin koçan üzerindeki dizilişleri düzenli olmaz.

-Buğday, Yulaf, Arpa:Yavaş cılız ve bodur büyüme fosfor noksanlığının en belirgin tanısıdır.

Patates: Yapraklar koyu yeşil renkli ve kıvrık olur.Daha sonralarda alt yapraklar pembeleşir.

Sebzeler: Bitki gelişmesinde yavaşlama ve olgunlukta gecikme ortaya çıkar. Yapraklar koyu yeşil renk alır.Noksanlık tanısı yapmak diğer bitkilere göre güçtür.

Domates:İlk belirtiler yaprakların alt kısımlarında kırmızımsı pembe damarların oluşmasıdır.

Turunçgil:Meyveler kalın ve kaba kabuklu, gevşek yapılı, yumuşak bir yapı gösterir.Fosfor noksanlığında ağaçlardaki meyvelerin üçte ikisi hasattan önce dökülür.

5.6. FOSFORUN BİTKİ GELİŞMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Noksanlıkta olduğu gibi fosfor fazlalığında da bitkilerde gelişme olumsuz etkilenir.Fazlalık azottaki gibi zehir etkisi yapmaz.Toprağa gereğinden fazla uygulanan fosfor bitkilerde çinko yada demir gibi besin elementleri noksanlıklarının artmasına neden olur.Fosfor fazlalığı bitkilerde kalsiyum, bor, bakır ve mangan noksanlığını teşvik eder.Fosforun bitki üzerine etkisi şu şekildedir:

a.Fosfor Metabolik Enerji Kaynağıdır:Bitkilerde cereyan eden tüm metabolik olaylarda yüksek enerjili fosfat bileşiği önemli rol oynar. Besin elementlerinin hücre içine taşınması metabolik enerji ile gerçekleşir.

b.Fotosentezin Oluşumunda Fosfor Önemli Rol Oynar:Yeşil bitkiler topraktan aldıkları suyu yükseltgeyerek ve havadan aldıkları karbondioksit'i indirgeyerek sentezledikleri organik madde içerisinde fiziksel güneş enerjisini kimyasal gıda enerjisine dönüştürürler.Fotosentez olayının gerçekleşmesinde ATP ve NADPH+H bileşikleri fotosentezin oluşumunda karbondioksitin karbonhidratlara sentezinde rol oynarlar.

c.Fosfor Biyolojik Azot Fiksasyonunu Arttırır:Baklagil bitkileriyle ortak yaşam sürdürerek havanın bağımsız azotunu fikse eden bakterilerin daha fazla azot fikse edebilmeleri üzerine fosfor önemli ve olumlu etki yapar.

d.Kök Gelişimi Üzerine Fosforun Etkisi: Bitkiler geliştikleri ortamdan yeterli miktarda fosfor alamadıkları zaman toprak üstü organlarında büyümeyi durdurup yavaşlatarak kök büyümesine hız verirler.Kültür bitkilerinde kök gelişmesi üzerine fosforun olumlu etkisi yapılan araştırmalar sonucu saptanmıştır.

e.Ürün Miktarı Üzerine Fosforun Etkisi: Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde değişik kültür bitkileri üzerinde yapılan araştırmalar fosforlu gübrelerin ürün miktarını dikkate değer düzeylerde artırdığını göstermiştir.Örneğin kışlık buğdayda ortalama %49, Marul da ortalama % 15 oranında ürün miktarı artmıştır.

f.Hasat Zamanı Üzerine Etkisi:fosfor bitkilerde generatif gelişmeyi hızlandırmakta ve bitkilerin daha erken hasada gelmelerine neden olmaktadır.Bu durum özellikle erkenci çeşitlerde hasat zamanının öne alınmasında ve ürünün Pazar değerinin artmasında büyük önem taşır.

g.Mevsim Boyunca Fosforun Etkisi:bitkiler gereksinim duydukları fosforun büyük bir bölümünü gelişmelerinin ilk dönemlerinde alırlar.Bu nedenle gelişme mevsimi başında ve gelişmenin ilk dönemlerinde bitkiler üzerine fosforun etkisi daha fazla olmakta ve bu etki olgunluk dönemine yaklaştıkça azalmaktadır.

h.Hastalıklara Dayanıklılığa Karşı Fosforun Etkisi: Potasyum gibi fosforda bitki dokularının daha güçlü olmasını sağlamak suretiyle bitkilerde dayanıklılığı artırmaktadır. Yapılan araştırmalar fosforun bitkilerde bakteri ve mantar hastalıklarına göre virüs hastalıklarına karşı dayanıklılığı daha fazla artırdığını göstermiştir.

6.POTASYUM

6.1.BİTKİLERİN POTASYUM (K) ALIMI

Bitkiler geliştikleri ortamdan potasyumu K^+ iyonu şeklinde alırlar.Potasyum alımı azot dışında öteki elementlerin alımından daha fazladır.Bitki fizyolojisi yönünden potasyum en önemli elementlerden biridir.Membranlardan kolayca geçmesi nedeniyle potasyum bitkilerde olağanüstü hareketliliğe sahiptir. Bitkide yaşlı organlardan genç organlara doğru hareket eder. Bu nedenle genç yaprakların potasyum içerikleri yaşlı yapraklardan daha fazladır. Bitkiler gereksinim duydukları K^+ 'nın büyük bir kısmını vejetatif gelişme döneminde alırlar. Bitkilerde potasyum organik bileşikler şeklinde bağlanmaz. Bu nedenle gelişme mevsimi sonunda potasyum bitkiden yıkanma sonucu yitebileceği gibi azda olsa köklerden toprağa potasyum aktarılır.

Bitkiler gereksinim duydukları potasyumun büyük bölümünü toprak çözeltisinden alırlar.Toprak minerallerinde bulunan K^+ dağılıp parçalanma sonucu toprak çözeltisine geçer. Toprak çözeltisindeki çözünebilir haldeki K^+ 'da toprak mineralleri tarafından adsorbe edilerek tutulur. Bitki alımı ile toprak çözeltisinde K^+ miktarı azaldıkça toprak minerallerinden çözeltilmeye sürekli K^+ takviyesi yapılarak denge sağlanmaya çalışılır. Kök etki alanına potasyum difüzyon ve kitle akımı ile taşınır.

6.1.1 Potasyum Alımını Etkileyen Etmenler

Bitkilerde potasyum alımı değişik bitkisel ve toprak etmenlerinin etkisi altında gerçekleşir.

Bitkisel Etmenler:Değişebilir K^+ içerikleri aynı olan topraklarda yetiştirilen değişik bitkilerde tarafından farklı miktarda potasyum alınır. Kök katyon değişim kapasitesi göreceli olarak düşük olan bitkiler daha fazla K^+ ve daha az Ca^{2+} alır.Kök katyon değişim kapasitesi baklagil bitkilerine göre yaklaşık iki kat daha düşük olan baklagil olmayan bitkilerde K^+ alımı yaklaşık %80 daha fazladır.Aynı bitkilerin genotipleri arasında da potasyum alımı yönünden önemli farklılıklar saptanmıştır. Bitkilerde kök çapı, kök uzunluğu ve kökün büyüme oranı K^+ alımını önemli düzeyde etkilemektedir. Ayrıca bitki yaşı da potasyum alımına etki yapmaktadır.

Toprak Etmenleri: Bu başlık altında toprağın su içeriği, katyon değişim kapasitesi, öteki besin elementleri, toprak havalanması, toprak sıcaklığı ve toprak pH'sı potasyum alımını etkilemektedir.

a.Toprağın Su İçeriği:Gelişme mevsimi boyunca bitki köklerine difüzyon ile giren su miktarına bağlı olarak K^+ alımı da doğrusal şekilde artar.

b.Katyon Değişim Kapasitesi:Kilin cins ve miktarı ile organik madde içerikleri, toprakların KDK'ları yakından ilişkilidir.ince tekstürlü topraklar daha yüksek KDK'ya ve değişebilir potasyuma sahiptirler. Su içerikleri aynı olmak koşuluyla KDK'sı yüksek olan ince tekstürlü topraklara göre KDK'sı düşük olan kaba tekstürlü topraklarda yetiştirilen bitkiler göreceli olarak daha fazla K^+ alırlar.

c.Öteki Besin Elementleri:Bitkilerin potasyum alımı üzerine Ca ve Mg ile K arasındaki karşılıklı ilişkiler etkili olmaktadır.Ortamda fazla bulunan Ca ve Mg bitkilerde potasyum alımının azalmasına neden olur.

d.Toprak Havalanması:Toprağın su ile kaplanması yada herhangi bir şekilde toprakta O_2 miktarının azalması bitkilerde K^+ alımının önemli düzeyde azalmasına neden olur.

e.Toprak Sıcaklığı:Toprak sıcaklığı, kök aktivitesini, fizyolojik işlevleri, bitki büyümesini etkilediğinden potasyum alımını etkiler.Örneğin kök sıcaklığı 15 C den 29 C ye yükseldiğinde mısır bitkisinin potasyum alımı 2.6 kat artmıştır.

f.Toprak pH'sı:Asit tepkimeli topraklarda fazla miktarlarda bulunan değişebilir alüminyum ve mangan bitkilerde kök gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmak suretiyle potasyum alımının azalmasına neden olur.

6.2 BİTKİLERİN POTASYUM İÇERİKLERİ

Bitkilerin potasyum içerikleri, toprakta alınabilir formda bulunan potasyum miktarı, toprakta bulunan başka kationların cins ve miktarları, bitki türleri, gelişme durumu, yaşı gibi çeşitli etmenlerin etkisi altında değişiklik gösterir.Bitkilerin metabolik yönden etkin olan büyüme ucu, genç yaprak, kök ucu gibi organlarında potasyum göreceli olarak daha fazladır. Bitkiler gereksinim duydukları potasyumun büyük bir kısmını vejetatif gelişme döneminde alırlar. Bitkilerin vejetatif organlarında potasyum miktarı tohumdakine oranla çok daha fazladır. Optimum bitki büyümesi için genelde gereksinim duyulan potasyum miktarı % 1-5 arasında değişir. Bazı tarla-bahçe bitkilerine ait optimum potasyum içerikleri Çizelge 6.1 de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Bazı tarla-bahçe bitkilerine ait optimum potasyum içerikleri

Tarla Bitkileri		Meyveler		Sebzeler	
Bitki Çeşidi	% K, Yeter	Bitki Çeşidi	% K, Yeter	Bitki Çeşidi	% K, Yeter
Arpa	1.5-3	Armut	1—2	Marul	7.5—9
Buğday (kışlık)	1.5-3	Asma	2.6—5	Biber	4—6
Buğday (yazlık)	1.5-3	Ceviz	1.2—3	Domates	2.9—5
Çavdar	1.9-2.3	Çilek	1.2—3	Havuç	2.8—4
Çeltik	1.2-2.4	Erik	1.6—3	Hıyar	3.5—4.5
Mısır	2.5-4	İncir	1—5	Ispanak	4—5.5
Pamuk	0.9-2	Kayısı	2.5—3	Kavun	3.5—4.5
Sorgum	2-3	Kiraz	2.5—3	Kereviz	8.6—10
Soya fasulyesi	1.71-2.5	Limon	1—2	Pancar	3—4.5
Şeker pancarı	2-6	Muz	2.3—4	Patates	6—8
Tütün	2.5-3.2	Portakal	1.2—3	Patlıcan	3.5—5
Yer fıstığı	1.7-3	Şeftali	2—3	Soğan	3.5—5
Yulaf	1.5-3	Zeytin	0.9—1.2	Turp	3.5—5

6.3 BİTKİLERDE POTASYUMUN METABOLİK İŞLEVLERİ

1.Enzim Aktivitesinde Potasyumun İşlevi: Potasyum çoğu enzim aktivitesi için gerekli bir elementtir. Bu nedenle yeterli kadar potasyum içermeyen bitkilerde önemli kimyasal değişimler ortaya çıkar. Örneğin çözünebilir karbonhidratlar birikir, nişasta miktarı azalır ve çözünebilir azotlu bileşiklerin miktarı artar.Bu durum yeterli düzeyde K^+ un bulunmaması nedeniyle karbonhidrat metabolizmasındaki bozulmadan kaynaklanır. Nişasta sentezini gerçekleştiren *nişasta sentetaz* enzim aktivitesinde değişik bir değerlikli kationlar etkilidir. Ancak bu bir değerli kationlar içerisinde K^+ un etkinliği en yüksek düzeydedir. Bitki besin elementlerinin aktif absorpsiyonlarında rol oynayan ATP'az enziminin aktive olmasında da K^+ önemli işleve sahiptir.

2.Fotosentezde Potasyumun İşlevi: Fotosentezin ışık tepkimeleri sonunda oluşan ve matabolik enerji kaynağı olan ATP'nin sentezlenmesinde K^+ temel göreve sahiptir.Bitki yapraklarında potasyum miktarı arttıkça fotosentez ile *ribülozdifosfat karboksilaz* enzim aktivitesinin ve fotorespirasyonun arttığı saptanmıştır. Kurak koşullarda oluşan kuraklık stresinde bitkilerde fotosentezin olumsuz şekilde etkilenme şiddeti yüksek miktardaki K^+ 'a bağlı olarak azalmakta ve bitki daha az zarar görmektedir.

3. Fotosentez Ürünlerinin Taşınmasında Potasyumun İşlevi: Bitkide K^+ miktarı ile ilişkili olarak floeme fotosentez ürünlerinin yüklenmesi ve taşınması artar. Potasyum fotosentez ürünlerinin floeme taşınması üzerinde olduğu gibi depo edilmiş materyallerin taşınabilir şekle dönüştürülmesinde de etkilidir.

4.Hücre Büyümesinde Potasyum İşlevi: Hücre büyümesi hücre hacminin % 80-90'ını kaplayan geniş merkezi bir boşluğun hücre içerisinde oluşmasıyla gerçekleşir. Bunun için iki ana hususun yerine getirilmesi gerekir. Bunlar hücre duvarının büyümesi ve besin elementi birikimi ile hücrede osmotik potansiyelin artmasıdır.Hücre duvarının büyümesi hücrede K^+ birikimi ile yakından ilgilidir. Hücre büyümesinde önemli rolü olan fitohormonlar üzerine K^+ önemli ve olumlu etki yapar.

5.Bitkide Su Dengesi Üzerine Potasyumun İşlevi : Aktif absorpsiyon ile K^+ 'un alınması ve birikmesi sonucu hücrede osmotik potansiyel artar ve buna bağlı olarak hücreye daha fazla su girişi olur. Bu nedenle potasyum hücrede ve dolayısıyla bitkide su dengesinin sağlanmasında büyük öneme sahiptir. Yeteri düzeyde K^+ içeren bitkilerde transpirasyon oranındaki azalmaya paralel olarak atmosfere buhar şeklinde yitirilen su miktarı da azalmaktadır.

6.4. BİTKİLERİN POTASYUM KAYNAKLARI

6.4.1. Potasyum Kaynağı Olarak Toprak

Potasyum yer kabuğunun temel elementidir. Göreceli olarak fosfordan daha fazla bulunur. Topraklarda potasyum miktarı % 0.5 ile % 2.5 ortalama % 1.2 dir.Topraklarda potasyum potasyumlu mineralleri içeren kayaların dağılıp parçalanmaları sonucu oluşur.

Topraklarda Potasyum Fraksiyonları:Topraklarda bulunan potasyum başlıca 4 gurup altında toplanabilir. 1-Toprak çözeltilisinde bulunan potasyum. 2-Değişebilir potasyum. 3-Değişemez potasyum. 4- Mineral potasyum

Potasyum Fiksasyonu: Potasyum fiksasyonu denildiği zaman toprakta bitkiler tarafından yararlanılabilir şekildeki potasyumun yararlanılamaz yada daha az yararlanılabilir şekle dönüşmesi anlaşılır. Topraklarda kolaylıkla hareket edebilen potasyumun fiksasyonu, yıkanma ile potasyum kaybını önlediği gibi bitkilerin gereğinden fazla potasyum almasını önler.

Potasyum Fiksasyonuna Etki Yapan Etmenler:

*a-Kilin Cinsi:*Montmorillonit veya vermikulit gibi 2:1 tipindeki, su aldıkları zaman şişebilen, killere sahip topraklarda potasyum daha fazla fikse edilir.

b-Sıcaklık: Sıcaklık arttıkça genel olarak fiksasyon artar.

c-Donma ve Çözülme: Islak toprakların donması ve sonra çözülmesi fikse edilmiş potasyumun değişebilir şekle dönüşmesinde etkili olduğu saptanmıştır.

d-İslanma ve Kuruma: Değişebilir potasyumca zengin bir toprak birbiri arkasından ıslatılıp kurutulursa potasyumun büyük bir bölümü az yararlanılabilir hale geçer.

*e-pH:*Asit tepkimeli topraklarda pH, kireçleme yapılarak yükseltildiğinde potasyum fiksasyonu doğrusal şekilde artmaktadır.

f-Organik Madde: Organik maddenin toprağa uygulanması sonucu potasyum fiksasyonu azalmaktadır.

*g-Tepkime Süresi:*Yapılan araştırmalar topraklarda potasyum fiksasyonunun hızlı şekilde cereyan ettiğini göstermiştir.

6.4.1. Potasyum Kaynağı Olarak Potasyumlu Gübreler:

Bitkilerin önemli bir potasyum kaynağı da potasyumlu gübrelerdir. Potasyum tüm bitkisel ve hayvansal atıklarda bulunur.Ahır gübresi potasyumun iyi bir kaynağıdır.

Çizelge 6.2 Potasyumlu Gübreler

Gübre	N %	K %	S %	P %	Cl %
Potasyum hidroksit	-	83	-	-	-
Potasyum klorür	-	60-62	-	-	45-48
Potasyum nitrat	13	4	-	-	-
Potasyum ortofosfat	-	30-50	-	30-60	-
Potasyum Sülfat	-	50-52	17	-	-

6.5 BİTKİLERDE POTASYUM NOKSANLIĞINDA GÖRÜLEN BELİRTİLER

Potasyum noksanlığına özgü belirtiler hemen ortaya çıkmaz. Potasyum noksanlığında önce bitkilerde büyüme geriler ve sonra sararma ve lekelenme oluşur. Potasyum noksanlık belirtileri genellikle önce yaşlı yapraklarda görülür. Noksanlık belirtileri çoğu bitkilerde yaprak kenarlarında ve uçlarında görülür.Yaprak kenarları önce sararır daha sonra bu kısımlarda renk koyu kahve rengine döner.

Mısır: Büyüme azalmasıyla ortaya çıkar. Genç yapraklar sarımsı yeşil renkten sarı renge değin değişen renk gösterir.

Patates:İlk belirti büyümede gerilemedir. Boğum araları daralır.Yaprak boyutları küçülür, dallar birbirine yaklaşır. Yapraklarda sararma daha sonra bronzlaşma görülür.

Pamuk:İlk belirti yapraklarda sarımsı beyaz renklerin oluşmasıdır.Lekelerin ortalarından başlayan ölümler giderek yayılır. Yaprak uç ve kenarları kırılır ve aşağı doğru kıvrılır.

Şeftali: İlk belirti yapraklarda kırışıklık ve kıvrımlar oluşur.

6.6. BİTKİ GELİŞMESİ ÜZERİNE POTASYUMUN ETKİLERİ

1-Kök Gelişmesi ve Ürün Miktarı Üzerine Potasyumun Etkileri: Yeteri kadar potasyumun bulunması durumunda çayır bitkileri daha fazla dallanmış saçak kök oluştururlar. Potasyum bitkilerde genelde kök gelişmesini hızlandırır, daha fazla dallanma ile yan kök oluşumunu teşvik eder. Potasyum ürün miktarı üzerine önemli ve olumlu bir etki yapmaktadır. Yapılan çeşitli denemelerde belirli bir seviyeye kadar toprağa uygulanan potasyum miktarının artmasıyla ürün miktarının arttığı tespit edilmiştir.

2-Soğuğa Dayanıklılığa Karşı Potasyumun Etkisi: Yeteri kadar potasyuma sahip olmayan bitkiler dondan daha fazla zarar görürler. Potasyum uygulanmadığında patates bitkisi yapraklarında don zararı oranı % 30 iken hektara 84 kg potasyum uygulandığında zararlanma oranı % 7 ye düştüğü saptanmıştır.

3-Bitkilerde Yatma Üzerine Potasyumun Etkisi: Yeteri kadar potasyum içeren bitkilerde yatma oranı oldukça düşmüştür

4-Hasat Zamanı Üzerine Potasyumun Etkisi: Yeteri kadar potasyum içeren bitkiler hasada, potasyum içermeyen bitkilere göre daha erken gelirler.

5-Azotun Etkinliği Üzerine Etkisi: Yapılan araştırmalar potasyumun azot alımını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Yüksek düzeyde azotun olumlu etkisi ortamda yeteri kadar potasyumun bulunup bulunmamasının büyük ölçüde etkisi altındadır.

6- Hastalıklara Dayanıklılığa Karşı Potasyumun Etkisi:Potasyum yalnızca büyüme gelişme ve metabolik işlevler üzerine değil bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direnç kazanmalarında da önemli etkiye sahiptir. Bu anlamda potasyumun etkisi % 65 olarak tespit edilmiştir. Potasyum hücre duvarını kalınlaştırarak hastalığa karşı dayanıklılığı arttırmaktadır.

7-Kalite Üzerine Potasyumun Etkisi: Potasyum protein içeriklerini arttırmak suretiyle gıda ve yem bitkilerinin besin değerini yükseltir ve kaliteyi olumlu bir şekilde etkiler. Ürünlerde raf ömürlerinin artmasına neden olurken depolama sırasında oluşan ağırlık kaybının azalmasını sağlamak suretiyle kaliteyi artırır.

7.KALSIYUM

1.Bitkilerin Kalsiyum Alımı: Bitkiler kalsiyumu Ca^{+2} iyonu şeklinde alırlar. Aşırı derecede yıkanmış ve kireçleme yapılmamış asit topraklar dışında bitkilerin gereksinimlerinden fazla kalsiyum kök etki alanına kitle akımı ile taşınır. Bitkiler tarafından alınan kalsiyum miktarı bitkilerin genetik yapılarıyla yakından ilgilidir. Baklagil bitkileri baklagil olmayan bitkilere göre daha fazla Ca alır. Ayrıca kök katyon değişim kapasiteleri yüksek olan bitkiler kök katyon değişim kapasitesi düşük olan bitkilere göre daha fazla Ca alırlar. Kalsiyum alımı üzerine Mg, NH_4 , K, NO_3 , ve toprak pH'sı etkilidir. Toprak sisteminde bitkilerin yetiştirilmesinde Ca ile pH arasında belirgin bir etkileşim vardır. Asit tepkimeli toprakların kireçlenmesi sonucu Al ve H miktarı azalmakta dolayısıyla bitki daha fazla Ca alabilmektedir.

2.Bitkilerin Kalsiyum İçerikleri: Bitkilerin kalsiyum içerikleri kuru ağırlık ilkesine göre % 0.2 ile % 3 arasında değişir. Çoğu bitkilerde yeterli kalsiyum miktarı % 0.3 ile % 1 arasındadır.Çeşitli bitkilerle topraktan kaldırılan Ca miktarı bitkiden bitkiye farklı olduğu gibi saman, tane, meyve gibi çeşitli bitki organlarıyla topraktan kaldırılan Ca miktarları da önemli derecede farklıdır. Bitkilerin kalsiyum içerikleri üzerine ortam koşulları, bitki çeşidi ve bitki organları gibi çeşitli etmenler etki yapar. Bitkilerin kalsiyum içerikleri üzerine ortamda bulunan öteki katyonların cins ve miktarları da önemli etki yapar. Bu etki kök üzerinde değişim yerleri için yarışma nedeniyle ortaya çıkar. Başta Al olmak üzere ağır metaller, Na, K, Mg, ve N, Ca ile kök üzerindeki değişim yerleri için yarış içerisindedir. Bitkilerin gelişme durumlarına bağlı olarak kalsiyum içerikleri değişmektedir. Gelişme oranları hızlı olan bitki ve organlarında sulandırma etmeni nedeniyle Ca miktarı göreceli olarak azdır.

3. Bitkilerde Kalsiyumun Metabolik İşlevleri: Bitki bünyesinde bulunan kalsiyum, hücre duvarlarının ve bitki dokularının güçlenmesinde temel görevi üstlenmiştir. Hücre duvarında bulunan kalsiyum, bitki dokularını ve meyveleri bakteri ve mantar enfeksiyonlarına karşı korurlar.Kalsiyum bitkilerde kök uzamasına ve hücre bölünmesine etki yapar. Ayrıca bitki dokularını donma ve çözünme stresine karşı korur.

4.Bitkilerin Kalsiyum Kaynakları

a.Kalsiyum Kaynağı Olarak Toprak: Kalsiyum yer kabuğunda en fazla bulunan beş elementten biridir. Yer kabuğunun kalsiyum içeriği yaklaşık %3.6 dır. Türkiye topraklarının büyük bir bölümünde pH 7.0'üzerinde olup $CaCO_3$ miktarı diğer ülke topraklarıyla kıyaslandığında çok yüksektir. Kalsiyum içerikleri yönünden topraklar arasında büyük farklar vardır. Yağışlı yörelerde kumlu toprakların kalsiyum içerikleri çok düşük olup, Kireçli toprakların kalsiyum içerikleri %1-25'in üzerinde değişiklik gösterir. Kurak yöre toprakları tekstürleri ne olursa olsun kalsiyumca varsıldır. Bu durum yağış nedeniyle yıkanmanın az olmasından ileri gelir. Toprakta bulunan kalsiyum temelde 3 değişik kaynaktan sağlanır.1- Kalsiyum içeren mineraller. 2- Humus 3- Kil ve humusun katyon değişim kompleksi üzerinde bulunan kalsiyum'dur. Topraklarda kalsiyumun bitkiler tarafından yararlanılabilirliğini belirleyen etmenler çeşitlidir ve bunlar; (a) Toprakta değişebilir şekilde bulunan kalsiyum kolloidlerinin cinsi, (b) Kilin kalsiyum ile doygunluk derecesi, (c)Toprak kolloidlerinin cinsi, (d) Kil tarafından adsorbe edilmiş şekilde bulunan iyonlarının cinsi. Kil tarafından adsorbe edilen katyonların birbirleriyle yer değiştirme sırası: $H^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$

b.Kalsiyum Kaynağı Olarak Kalsiyumlu Gübreler: Asit tepkimeli topraklara uygulanan ve kireçleme materyali olarak bilinen maddeler, bitkilerin kalsiyum gereksinimlerini karşıladıkları için kalsiyumlu gübreler şeklinde de tanımlanırlar. Ancak kalsiyumlu gübreler

bitkilerin kalsiyum gereksinimlerini karşılayabilmek için üretilmezler. Genellikle asit tepkimeli topraklarda hidrojen ve alüminyumun aktivitesinin azaltılmasında görev alırlar. Bazı kalsiyum içerikleri gübreler şunlardır; *Kalsiyum nitrat* (%Ca=19.4), *Jips* (%Ca=22.3), *Ham fosfat* (%Ca=33.1), *Kalsiyum siyanamid* (%Ca= 38.5). Uygulamada kalsiyumlu gübre olarak en fazla kireç taşı (CaCO₃), Kalsiyum oksit (CaO) ve kalsiyum hidroksit Ca(OH)₂ kullanılmaktadır. Kalsiyumlu gübreler, öteki kimyasal gübrelerden farklı olarak toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etki yaparlar. Kalsiyumlu gübreler; *-Çeşitli bitki besin elementlerinin topraktaki yayılmasını artırır.* *-Mikroorganizmaların etkinliklerini artırır.* *- Toksik bileşiklerin nötrleştirilmesini sağlar.*

5.Bitkilerde Kalsiyum Noksanlığı: Asit tepkimeli topraklar başta olmak üzere çeşitli nedenlerle yeterli düzeyde kalsiyum alımının gerçekleşmediği topraklarda kalsiyum noksanlığı belirtileri yaygın belirgin bir şekilde görülür. En belirgin noksanlık belirtisi mersimatik dokulardaki gelişme gerilemesidir. Noksanlık belirtileri önce büyüme noktalarında ve genç yapraklarda görülür. Genç yapraklarda sararma ve şekil bozulmaları olur. Noksanlığın ileri aşamalarında ise yaprak kenarlarında siyah ve kahverengi nekrozlar oluşur. Noksanlıktan zarar gören dokular, hücre duvarları eridiğinden, yumuşak bir yapı kazanır. vtoprak çözeltisinden Ca'un alınması kök uçlarında gerçekleşmektedir. Bu nedenle yeni köklerin oluşumunu engelleyen düşük sıcaklık, yetersiz havalanma vb etmenler Ca alımını engelleyerek noksanlığa neden olur. Kalsiyum noksanlığı asit tepkimeli topraklarda yetişen çay bitkisinde çok sık ve yaygın görülür.

8. MAGNEZYUM

1.Bitkilerin Magnezyum (Mg²⁺) Alımı: Bitkiler magnezyumu Mg²⁺iyonu şeklinde alırlar. Bitkilerin magnezyum alımı üzerine; 1) *Ortamda bulunan iyonların cinsi:* Ortamda K⁺ ve NH₄⁺ün fazla bulunması Mg alımını olumsuz etkiler. Benzer etki Mg²⁺ ve Mn²⁺ arasında da bulunmakta olup Mn²⁺ konsantrasyonu arttıkça Mg²⁺ alımını azalmaktadır. Ortamdaki NO⁻³ iyonları ise Mg²⁺ alımını üzerine olumlu etki yapmaktadır. 2) *Transpirasyon oranı:* Transpirasyon oranı ile Mg alımı arasında doğrusal ilişki vardır. 3) *Gelişme ortamının pH'sı:* Genel olarak bazı bitkilerde pH<5 olduğunda Mg alımı azalır. 4) *Ortam sıcaklığı:* Sıcaklık artışıyla Mg alımı artar. Kalsiyumun aksine Mg²⁺ iyonları floemde hareketlidir (mobildir). Bu nedenle Mg yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru taşınır. Özellikle meyvelerde besin elementi sağlanması floem yoluyla olduğu için meyvelerin K ve Mg içerikleri Ca içeriklerinden daha yüksektir.

2.Bitkilerin Magnezyum İçerikleri: Bitkilerin Mg içerikleri kuru madde ilkesine göre %0.15–1,0 arasında değişir. Çoğu bitki için yeterli miktar %0.25'dir. Tahılların Mg içerikleri sebzeler, meyveler ve baklagillere göre düşüktür. Bitkilerde Mg çoğunlukla; •Hücre özsuyunda inorganik tuzlar şeklinde •Klorofil molekülünün yapı maddesi olarak • Protoplazmada bileşikler şeklinde bulunur. Mg bitkilerin yaprak ve tohumlarında öteki organlara göre daha fazla bulunur.

3.Bitkilerde Magnezyumun Metabolik İşlevleri: Bitkilerde Mg'un %70'inden fazlası malat ve sitrat şeklindedir, bunlar çözünebilir durumda olduğu için kolaylıkla difüzyon edilebilir, bir bölümü de oksalat ve pektat şeklinde bulunur bu bileşikler çözünemez oldukları için difüzyon edilemezler. Yeşil bitki yapraklarında Mg'un en önemli işlevi klorofil moleküllerinde merkezi atom olarak yer almasıdır. Protein sentezinde de Mg etkilidir. Mg, hücre çekirdeğinde DNA ve RNA sentezinde dolaylı olarak etkilidir. Ortamda yeteri kadar bağımsız Mg'un bulunmaması yada ortamda gereğinden fazla K⁺un bulunması durumunda Protein sentezinin durduğu belirlenmiştir. Ayrıca inorganik fosforun (Pi)ADP' ye bağlanmasında görev yapan enzimin işlevleri için mutlaka Mg'a gereksinim vardır.

4.Bitkilerin Mg Kaynakları

a.Magnezyum Kaynağı Olarak Toprak: Toplam Mg içerikleri, yağışlı yörelerdeki kaba tekstürlü topraklarda % 0.1, kurak ve yarı kurak yörelerde Mg içerikleri yüksek ana

materyalde oluşmuş ince tekstürlü topraklarda % 4 geniş sınırlar içerisinde değişir. Besin çözeltisinde ise Mg^{2+} miktarları ise 30-100 mg/L arasındadır. Genel olarak 24 mg/L bitkilerin beslenmelerini karşılamaya yetecek miktardır. Mg topraklarda; Dolomit, Olivin, Serpantin gibi primer minerallerin yapısında olduğu gibi, Vermikulit İllit Montmorillonit Klorit gibi kil minerallerinin yapılarında yer alır. Magnezyum toprakta, *değişebilir, değişemez ve suda çözünebilir* olmak üzere üç şekilde bulunur. Bitkiler suda çözünebilir Mg den yararlanırlar.

b.Magnezyum Kaynağı Olarak Gübreler: Katyon değişim kapasiteleri ve bazik elementlerle doygunluk yüzdeleri düşük asit tepkimeli kumlu topraklarda Mg noksanlığının görülme olasılığı yüksektir. Fazla miktarda uygulanan N ve K'lu gübrelerle toprak çözeltisinde K^+ ve NH_4^+ iyonları Mg^{2+} iyonları ile rekabete girerek Mg^{2+} alınımını engellemektedir. Dünyada Mg'lu gübrelerin tüketimi giderek yaygınlaşmaktadır. Mg'lu gübreler içerisinde Magnezyum sülfatlar (Epsom tuzu % 9.8, Kiserit % 17.5) ve Magnezya (% 55) en çok kullanılan Mg'lu gübrelerdir. Sulama suyuna karıştırılarak yada püskürtülerek uygulamalarda; Epsom tuzu, Magnezyum klorür (% 9) ve Magnezyum nitrat (%16) çok kullanılan gübrelerdir. Ahır gübresiyle de toprağa önemli miktarlarda Mg verilmektedir. Çünkü hayvanlar yedikleri yemlerdeki çok az bir bölümünü vücutlarında tutmakta geriye kalan büyük bir bölümü dışkı şeklinde dışarıya atılmaktadır.

5.Bitkilerde Magnezyum Noksanlığı: Mg noksanlık belirtileri bakımından bitkiler arasında farklılıklar vardır. Bitkide Mg^{2+} mobil olması nedeniyle noksanlık belirtileri öncelikle gelişmesini tamamlamış yaşlı yapraklarda görülür. Mg noksanlığının en tipik belirtisi gelişmesini tamamlamış yapraklarda sararma olmasıdır. Önce yapraklarda damarlar arasında sararma başlar ve ileri aşamada kahverengi ve siyah nekrotik lekelenmeler oluşur.

9.KÜKÜRT

1.Bitkilerin Kükürt Alımı:Bitkiler gereksinim duydukları kükürdün büyük bir bölümünü kökleri aracılığıyla toprak çözeltisinden SO_4 iyonları şeklinde alırlar.Bitkiler azda olsa stomalar aracılığıyla atmosferden kükürtdioksit (SO_2) absorbe ederler. Ancak bu gazın fazlası zehir etkisi yapar. Toprak yada besin çözeltilerinde 3-5 mg/L SO_4 konsantrasyonu çoğu bitkilerde normal gelişme için yeterlidir. Bitkilerin SO_4 alımı üzerine ortamın pH'sı, fosfat, nitrat ve klor konsantrasyonları, ortamın sıcaklığı etkilidir. Bitkilerde SO_4 genelde aşağıdan yukarı doğru taşınmakta ve aşağı doğru taşınma daha az olmaktadır. Kükürt bitkide mobil durumdadır.

2.Bitkilerin Kükürt İçerikleri:Bitkilerde kükürt asal olarak (a) Proteinler, (b) Uçucu bileşikler, (c) Sülfat bileşikleri şeklinde bulunur. Bitkisel proteinlerde % 0.003 -7.2 arasında değişen miktarlarda kükürt bulunmaktadır. Uçucu kükürt bileşikleri başta hardal olmak üzere soğan sarımsak vb bitkilerde bulunur. Bitkilerde kükürt miktarı kuru madde ilkesine göre % 0.15 ile % 0.5 arasında değişir. Kimi bitkilerin kükürt içerikleri kalsiyum, fosfor ve magnezyumdan daha fazladır (Ör: lahana, şalgam, hardal..). Bitkiler içerisinde tahıllar en az, baklagiller daha fazla, turpgiller en fazla kükürt içeriğine sahiptir.

3.Bitkilerde Kükürdün Asimilasyonu: Kükürt gereksinimlerini karşılamak üzere bitkiler kökleriyle aldıkları SO_4 iyonlarını ve atmosferden absorbe ettikleri SO_2 'i asimile edebilmek için sülfüre (S^{2-}) indirgerler. Kükürdün asimilasyonu pek çok yönden nitratın asimilasyonuna benzer. Sülfatın indirgenmesi yüksek bitkiler, algler, mantarlar, mavi-yeşil algler ve bakteriler gibi çeşitli organizmalarda meydana gelir.

4.Kükürdün Metabolik İşlevleri: Yüksek bitkilerde protein sentezinin temel elemanları kükürt içeren sistein, methionin ve sistin gibi amino asitlerdir. Bitkilerde kükürdün % 90 kadarı bu amino asitlerin içerisinde bulunur. Proteinlerde yada polipeptidlerde kükürdün temel işlevi polipeptid zincirleri arasında disülfid bağımlı oluşturmaktadır. Disülfid bağı ile diğer amino asitler de bağlanarak zincir genişletilmek suretiyle polipeptidler ve proteinler

oluşur. Görüldüğü gibi protein oluşumunda disülfid bağı (-S-S-) önemli bir temel taşıdır. Unun ekmeçlik kalitesi disülfid bağı ile yakından ilgilidir. Koenzim A, biyotin, thiamin yada B1 vitamini ile glutasyon sentezinde kükürt önemli rol oynar.

5. Bitkilerin Kükürt Kaynakları

a. Kükürt Kaynağı Olarak Toprak

Kükürt döngüsü: Azot döngüsü ile yakın benzerlik gösteren kükürt döngüsü de atmosfer ile bir bütünlük içerisinde. Toprak ile atmosfer arasında sürekli kükürt alış verişleri olur. Kimyasal gübreler, ahır gübresi, bitki artıkları ve toprak düzenleyicileri ile toprağa kükürt verilmektedir. Toprakta kükürt yitmesi temelde bitkiler tarafından alınma, yıkanma, erozyon ve gaz şeklinde gerçekleşir. Bir yandan çözünebilir şeklindeki sülfatlar indirgenerek organik kükürt bileşiklerine dönüşürken öte yandan organik kükürt bileşikleri yükseltgenerek sülfatlara dönüşmektedir.

Toprakta kükürt bileşikleri ve değişimi: Yer kabuğunda kükürt miktarı ortalama %0.06 ile %0.1 arasında değişmektedir. Topraklarda kükürt organik ve inorganik bileşikler şeklinde bulunur. Sülfid, sülfat ve elementel kükürt inorganik şekilde kükürttür. Yağışlı yörelerde tarım topraklarında suda ve zayıf asitlerde çözünebilir 50-500 mg/kg sülfat şeklinde kükürt bulunur. Kurak ve yarı arak yöre topraklarında toplam kükürdün çoğunluğu çözünebilir kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum sülfatlar şeklindedir.

Toprakta sülfatın tutulması: Bir anyon olarak sülfat topraklarda çok az tutulur. Ancak iyi drene olan kültür topraklarında sülfatın tutulması daha fazladır. Genelde toprakların kil içeriklerine bağlı olarak sülfat adsorpsiyonu artar. 1:1 tipi kil mineralleri tarafından 2:1 tipine göre daha fazla sülfat adsorbe edilir. Topraklarda yüzey horizonlara göre alt horizonlarda daha fazla sülfat adsorbe edilir. Bunun nedeni alt kısımlarda kil minerallerinin daha fazla olmasıdır.

b. Kükürt Kaynağı Olarak Gübreler: Toprağa bitki artıkları ve ahır gübresiyle önemli miktarda kükürt verilir. Çoğunlukla gübre materyalleri dikkate değer miktarlarda kükürt içermektedirler. Örneğin azotlu gübre olarak yaygın şekilde kullanılan amonyum sülfat gübresinde %24.2, demir sülfatta %18.8, normal süperfosfatta %13.9 ve potasyum sülfatta da %17.6 kükürt bulunmaktadır. Gübre endüstrisinde kükürdün temel kaynağı elementel kükürttür. Kükürt çiçeği olarak da bilinen % 100 S içeren elementel kükürt, doğal olarak elde edildiği gibi çeşitli yollardan yapay olarak da üretilir. Elementel kükürt asal olarak kireçli alkalın topraklarda pH'nın düşürülmesi ve alkali toprakların ıslah edilmesi için kullanılır. Kükürlü gübreleri üç gruba altında toplamak olanaklıdır. (a) elementel kükürt içeren gübreler, (b) Sülfat şeklinde kükürt içeren gübreler, (c) Kükürdün başka şekillerini içeren kükürlü gübrelerdir. Kükürt noksanlığının giderilmesi için yaygın şekilde sülfat şeklinde kükürt içeren gübreler kullanılmaktadır.

c. Kükürt Kaynağı Olarak Atmosfer: Yağışlarla her yıl dikkate değer miktarlarda toprağa kükürt verilmektedir. Özellikle endüstri bölgelerinde bu miktar daha fazladır. Atmosferde bulunan SO₂'in bir bölümü çözünerek yağışlarla toprağa karışır ve toprakta yükseltgenerek SO₄ oluşur. Bu yolla toprak asitlik kazanır.

6. Bitkilerde Kükürt Noksanlığı: Kükürt noksanlığında bitki normaline göre küçük olur. Özellikle kök gelişmesine göre tepe gelişmesi kükürt noksanlığında daha fazla etkilenir. Gelişmenin ilk dönemlerinde noksanlık bitkilerde bodur gelişmeye neden olduğu gibi yaprakların küçülmesine, boğum aralıklarının kısalmasına, gövde ve dalların incelmelerinden oluşur.

10.DEMİR

1.Bitkilerin Demir Alımı: Yaşlı yapraklardan genç yapraklara demirin aktarılamaması nedeniyle bitki, büyüme organlarının demir gereksinimini sürekli demir alarak karşılayabilmektedir. Kök etki alanında demir Fe^{2+} , Fe^{3+} ve organik bağlı yada kilyetler şeklinde bulunur. Bitki metabolizmasında Fe^{2+} kullanılır. Bitkilerin demir alımı üzerine çeşitli etmenler etki yapar (bitkisel, çevresel ve toprak etmenleri).

2.Bitkilerin Demir İçerikleri:Bitkilerin demir içerikleri üzerine çeşitli etmenler etki yapar. Bunlar; -Bitkinin türü, - Örneğin alındığı zaman, - Bitkinin yaşı, -Toprak tepkimesi, - Toprağın kireç içeriği, - topraktaki ağır metallerin cinsi, - Toprağın fosfor içeriğidir. Bitki yapraklarında Fe miktarı kuru madde ilkesine göre 10-1000 mg/kg arasında değişir. Yeterli Fe miktarı ise genelde 50-250 mg/kg dir. Fe miktarı 50 mg/kg'nin altına düştüğü zaman noksanlık belirtileri görülür.

3.Bitkilerde Demirin Metabolik İşlevleri: Demir bitkilerde önemli fizyolojik işlevleri olan ve pek çok biyokimyasal tepkimeleri katalize eden çeşitli enzimleri aktive eder.Örneğin demir hemin enzimlerini oluşturur. Bu enzimler yükseltgenme tepkimelerde olağanüstü önem taşıyan enerji metabolizmasında elektron taşıyıcı olarak görev yapar.

4.Bitkilerin Demir Kaynakları: Toprak: Diğer elementlere göre demir daha fazla bulunur.Genel olarak toprakta demir miktarı % 0.02 ile % 10 arasında değişir.ortalama miktar %3.8 dir.Gübreler:Bitkilerde demir noksanlığının giderilmesi için çoğunlukla kullanılan demir kaynakları;Ferro sülfat (190 g/kg), Ferro oksit (690 g/kg), Demir kilyetler (50-140 g/kg) dir.

5.Bitkilerde Demir Noksanlığı: Demir noksanlığına karşı bitkiler çok duyarlıdır. Noksanlık en fazla kireçli ve alkalın topraklarda görülür.Demir noksanlığı belirtileri genç yapraklarda ve özellikle son çıkan yapraklarda görülür. Noksanlıkta damarlar arasında sararma şeklinde ortaya çıkar.Demir noksanlığının en tipik belirtisi yapraklarda en ince damarların bile yeşil kalması ve damarlara arası rengin tamamen sarıya dönmesidir.

11.MANGAN

1.Bitkilerin Mangan Alımı: Bitkiler geliştikleri ortamdan manganı kökleri aracılığıyla Mn^{2+} iyonu şeklinde alırlar. Bitki kökleri tarafından alınan mangan miktarında difüzyonun katkısı yaklaşık %80 olup kitle akımının katkısı çok azdır. Mangan alımını etkileyen bazı etmenler vardır. En önemlisi toprak içeriğidir.kireçli alkalın topraklarda iyi drene olmayan topraklarda ve kaba tekstürlü asidik topraklarda noksanlık gösterir.

2.Bitkilerin Mangan İçerikleri:Bitkilerin mangan içerikleri bitkilerin tür ve çeşitlerine bağlı olduğu gibi bitkilerin yetiştirme ortamlarına bağlı olarak da değişiklik gösterir.Bitkiler öteki mikro elementlere göre daha fazla mangan içerirler.Bitkilerin mangan içerikleri kuru madde ilkesine göre pH'sı 7-8 arasında bulunan topraklarda yetişen bitkilerde 6-185 mg/kg iken, pH'sı 4.5-5.5 olan orman topraklarında yetişen aynı bitkide 70-1200 mg/kg dir.

3.Bitkilerde Manganın Metabolik İşlevleri: Çok kolay yükseltgenmeleri nedeniyle ($Mn^{2+} > Mn^{3+} > Mn^{4+}$ e yükseltgenir) bitkilerde Mn, fotosentezde elektron aktarımı ve oksijen içermeyen radikallerin zehir etkilerinin giderilmesi gibi önemli görevler yapar.

4.Bitkilerin Mn Kaynakları:Toprak:Üç değişik şekilde bulunur; değişebilir Mn, suda çözünebilir Mn, organik bağlı suda çözünür ve çözünemez Mn, kolay indirgenebilir Mn ve Manganın çeşitli oksitleridir. Gübreler:En fazla ve yaygın olarak kullanılan gübre Mangan sülfattır(230-280 g/kg), Bununla birlikte Mangan klorür(170 g/kg), Mangan oksit (400 g/kg) ve Mangan kilyet (50-120 g/kg) kullanılır.

5.Bitkilerde Mangan Noksanlığı: Mangan noksanlığında bitkilerde büyüme gerilemesi yada bodur büyüme yanında gen yapraklarda damarlar arasında sararma görülür. En önemli belirtisi çift çenekli bitkilerde damarlar arası kloroz tek çenekli bitkilerde yapraklarda gri lekelenme görülür.

12.ÇİNKO

1.Bitkilerin Çinko Alımı: Bitkiler çinkoyu genelde Zn^{2+} iyonu şeklinde alırlar. Toprakta yada besin çözeltilerinde bulunan Zn-kilyetler, bitkiler tarafından kilyet şeklinde değil doğrudan Zn şeklinde alınır.Bitki kökleri tarafından alınan Zn miktarında kitle akımının payı, toprak çözeltilisinde bulunan Zn miktarının olağanüstü az olması nedeniyle düşüktür. Zn alımı büyük bir oranda difüzyon ile gerçekleşir.Çinko alımını;-Bitki etmenleri(Genotipi bitki türü ve yaşı), -Toprak etmenleri(pH,sıcaklık,diğer elementlerin cinsi) etkilemektedir.

2.Bitkilerin Çinko İçerikleri:Kültür bitkilerinin Zn içerikleri kuru madde ilkesine göre normal olarak 20-100 mg/kg arasında değişir. Çoğu tahıl bitkilerinde 10-15 mg/kg, çift çenekli bitkilerde 20-30 mg/kg dir.

3.Bitkilerde Çinkonun Metabolik İşlevleri:Çinko insan ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de çok çeşitli ve önemli metabolik işlevlere sahiptir. Çeşitli enzimlerin yapılarında yer alır ve çok sayıda enzimi aktive eder. Karbonhidrat, protein ve oksin metabolizmasında rol oynar. Bitkilerin klorofil içerikleri çinko noksanlığında olağanüstü azalmaktadır.

4.Bitkilerde Çinko Kaynakları:Toprak; Oluştukları ana materyale bağlı olarak toplam Zn miktarı topraktan toprağa ayrımıcılık gösterir. Genelde toplam Zn miktarının 10-300 mg/kg arasında olduğu kabul edilir.Çinko içeren minerallerin %90'ndan fazlası çözünemez şekildedir.Bitkiler öncelikle toprak çözeltilisinde çözülmüş şekilde bulunan Zn^{2+} olmak üzere değişim komplekslerinde adsorbe edilmiş ve toprak çözeltilisinde ya da toprağın katı fazında organik kompleks oluşturmuş Zn^{2+} 'dan yararlanırlar.Gübreler;Organik ve kimyasal gübreler çinko kaynağı olarak başarılı şekilde kullanılmaktadır.Ahrı gübresi kuru madde ilkesine göre 82 mg/kg Zn içerir.En yaygın kullanılan çinko içeren kimyasal gübreler, Çinko sülfat (550 g/kg), çinko klorür (500 g/kg), çinko kilyet (140 g/kg) dir.

5.Bitkilerde Çinko Noksanlığı:Bitkilerde çinko noksanlığının en belirgin görüntüsü bodur büyümedir. Yapraklarda damarlar yeşil renklerini korurken damarlar arası açık yeşil, sarı ve hatta beyaza döner.Çinko noksanlığında kök göreceli olarak daha fazla büyür ve kök salgıları artar.

13.BAKIR

1.Bitkilerin Bakır Alımı: Bakır bitkiler tarafından temelde Cu^{2+} iyonu şeklinde alınır.Bitkiler doğal ve yapay organik bileşikler şeklindeki bakırı da aldıkları gibi yaprakları aracılığıyla bakır tuzlarını ve komplekslerini alırlar. Bitkiler bakırı çok küçük miktarlarda alırlar. Bakır alımında demir, manganez, çinko ve nikel gibi ağır metaller arasında rekabet söz konusudur.

2.Bitkilerin Bakır İçerikleri: Bitkilerin bakır içerikleri Fe, Mn ve Zn içeriklerine göre daha azdır . Kuru madde ilkesine göre bitkilerin Cu içeriği 5-20 mg/kg arasındadır.

3.Bitkilerde Bakırın Metabolik İşlevleri: Bakır bitkilerin köklerinde yoğunlaşır, azot metabolizmasında, proteinlerin kullanılmasına görev yapar. Çeşitli enzimlerin bir yapı taşıdır. Karbonhidrad ve protein kullanan enzimlerin bir parçasını teşkil eder. Vitamin, karbonhidrat ve protein sentezi, fotosentez ve solunum gibi çok sayıda kompleks olaylarda görev alır. Bitkilerin üreme organlarının ve verim yönünden bitkilerin gelişmesinde büyük önem taşır.

4.Bitkilerin Bakır Kaynakları:Toprak;Yer kabuğunun Cu içeriği 55-70 mg/kg arasında değişir.Tarım topraklarında toplam Cu miktarı ise 1-50 mg/kg dir.Gübreler; Organik ve kimyasal gübreler bakır kaynağı olarak başarılı şekilde kullanılmaktadır. Ahr gübrelerinde en fazla tavuk gübresi bakır içermektedir.Bakır kaynakları içerisinde suda çözünürlüğü yüksek göreceli olarak ucuz ve kolay bulunabilir olması nedeniyle Bakır sülfat (350 g/kg) en fazla ve en yaygın şekilde kullanılmaktadır.Bundan başka bakır klorür (470 g/kg), bakır kilyet (130 g/kg) diğer gübrelerdir

5.Bitkilerde Bakır Noksanlığı: En belirgin noksanlık belirtileri genç yapraklar durgunluk geçirmiş ve bozuk şekilli gözükür. Yapraklar daralır ve hafifçe uzar. Yaprak kenarları dalgalı

bir şekil alır. Noksanlığında sürgün uçlarında kuruma meydana gelir ve terminal yapraklarda kahverengi benekler oluşur.

14.BOR

1.Bitkilerin Bor Alımı:Bor bitkiler tarafından borik asit $B(OH)_4$, şeklinde alınır. Bitki tarafından % 65 oranında kitle akımı, % 32 oranında difüzyon ile alınır. Bitki, çevre ve toprak etmenleri bor alımını etkilemektedir. En önemli etmen toprak pH'sı olarak gösterilmektedir.(pH'nın artmasıyla B alımı azalmaktadır).Bununla birlikte organik maddenin artışına paralel olarak B alımı da artmaktadır.

2.Bitkilerin Bor İçerikleri: Bitkilerin B içerikleri de bor alımını etkileyen etmenlerin etkisi altındadır.Bitkilerde immobil olması nedeniyle bor miktarı genç yapraklara göre yaşlı yapraklarda daha fazladır.Genellikle çift çenekli bitkilerin B içerikleri tek çenekli bitkilere göre daha fazladır.Genel olarak bitkilerin normal gelişmeleri için gerekli olan B miktarı 5-70 mg/kg arasındadır.

3.Bitkilerde Borun Metabolik İşlevleri: Şekerin ve karbonhidratların oluşmasında, kalsiyum'un taşınmasında ve yerleştirilmesinde, hücre bölünmesinde etkilidir. Hormon oluşumunu teşvik eder.

4.Bitkilerin Bor Kaynakları:*Toprak;* ana materyal ve ana materyalin dağılıp parçalanma derecelerine bağlı olarak topraklarda B miktarı 20-200 mg/kg dir.Kumlu toprakların B içeriği diğer topraklara nazaran daha düşüktür.Toprakta dört şekilde bulunur;-Kayalar ve mineraller, -kil yüzeylerine adsorbe edilmiş şekilde, -OM'ye bağlanmış olarak,-Toprak çözeltisinde borik asit şeklinde.*Gübreler;* Organik ve kimyasal gübreler bor kaynağı olarak başarılı şekilde kullanılmaktadır. Ahır gübresi kuru madde ilkesine göre 17.4 mg/kg bor içermektedir.Kimyasal gübre olarak da Boraks ve Sodyum tetraborat en fazla tanınan ve kullanılan gübrelerdir.

5.Bitkilerde Bor Noksanlığı: Noksanlığı durumunda çiçeklenme, tohum ve meyve tutumu azalırken büyüme noktalarında ölümler görülmektedir. Genç yapraklarda büzülme ve kıvrılmalar meydana gelir.

15.MOLİBDEN

1.Bitkilerin Molibden Alımı:Molibden bitkiler tarafından molibdat (MoO_4) iyonu şeklinde alınır.Asit tepkimeli topraklarda bitkilerin Mo alımı azdır.pH'nın yükselmesiyle alım artar.Fosfor genellikle Mo alımını artırır.

2.Bitkilerin Molibden İçerikleri:Bitkilerin Mo içerikleri kuru madde ilkesine göre genelde 1 mg/kg'den daha azdır. Buna karşın bitkilerin Mo alma kapasiteleri öteki mikro elementlerle karşılaştırıldığında daha yüksektir.

3.Bitkilerde Molibdenin Metabolik İşlevleri: Azotun bitkiler tarafından alımı ve kullanımında etkilidir. Demir ve fosforun kullanılmasında rol oynamaktadır. Bitkilerde nitratın azota (nitrojen) indirgenmesi ve azotun sabitlenmesi fonksiyonlarına sahiptir.

4.Bitkilerin Molibden Kaynakları:*Toprak;*Tarım topraklarında toplam molibden 0.2-5 mg/kg arasında değişir.Verimli topraklarda bitkiye yararlı Mo miktarı 0.2 mg/kg civarındadır.Bitki ye yararlı Mo organik maddece zengin genç topraklarda fazla olmasında karşın aşırı derecede dağılmış kireç taşlarından oluşmuş topraklarda azdır.*Gübreler;*Çözünürlüğü yüksek olan molibdat sülfat ile amonyum molibdat en fazla kullanılan bileşiklerdir.

5.Bitkilerde Molibden Noksanlığı: Noksanlığında toprak kaynaklı hastalıklar bitkide daha kolay ilerler, çiçekler solar, bitki boysuzlaşır. Bitkide C vitamini oluşumu engellenir, klorofil miktarında azalma ve dolayısıyla gelişme çok zayıflar.

16.KLOR

1.Bitkilerin Klor Alımı:Klor bitkiler tarafından kökleri ve toprak üstü organları aracılığıyla Cl⁻ iyonu şeklinde alınır.Bitkilerin klor gereksinimi çok azdır.Klor alımı temelde besin çözeltisinin yada toprak çözeltisinin Cl⁻ konsantrasyonuna bağlıdır.Klor alımı ve birikimi üzerine ortamda fazla miktarda bulunan NO₃ ve SO₄ anyonları olumsuz etki yapar.

2.Bitkilerin Klor İçerikleri:Bitkilerde kuru madde ilkesine göre Cl⁻ miktarı çoğunlukla %0.2-%1.8 arasında değişir.Bu miktar bitkilerin makro besin elementleri içeriklerine benzerlik gösterir.Ancak optimum bitki büyümesi için gereksinim duyulan Cl miktarı yaklaşık 100 kat daha azdır(150-300 mg/kg).

3.Bitkilerde Klorun Metabolik İşlevleri: Kloroplastların granulları içinde, fotosentezin ışık tepkimelerinde rol alır. Gözeneklerin açılıp, kapanmasında rol oynayarak fotosentezi dolaylı etkiler. Membran geçirgenliğinde rol üslenir

4.Bitkilerin Klor Kaynakları:Toprak; Topraklarda klor genellikle çözünebilir klor bileşikleri, örneğin NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ şeklinde bulunur.Toprakların toplam Cl⁻ içerikleri 50-500 mg kg⁻¹ arasında değişiklik gösterir. Silvit, halit, apatit ve sodalit önemli minerallerdir.Gübreler;Bitkilerin klor gereksinimleri kimyasal gübreler kullanılarak giderildiği gibi, ahır gübresi ve bitkisel artıklar kullanılarak ta giderilebilir.En yaygın kullanılan gübre Amonyum klorür, Kalsiyum klorür ve Potasyum klorür'dür.

5.Bitkilerde Klor Noksanlığı: Bitkilerde solma belirtileri, yaprakların yüzey alanları küçülürken kuru madde ağırlıklarında da azalmalar görülür. Olgun yapraklarda damar arasında kloroz oluşur.

17.SODYUM

1.Bitkilerin Sodyum Alımı: Bitkiler Sodyumu Na⁺ iyonu şeklinde alırlar. Bitkilerde sodyum temelde floem iletim boruları içersinde taşınır. Bitkiler aldıkları sodyum miktarı ve sodyum tepkimeleri yönünden iki grup altında toplanır; *a.Natrofilik bitkilerde*, sodyumun bitki organları arasında üniform şekilde dağılır. *b.Natrofobik bitkilerde* ise sodyum kökte toplanır.

2.Bitkilerin Sodyum İçeriği: Bitkilerin Na içerikleri genelde % 0.01 ile %10 arasında değişir. Baklagil bitkileri baklagil olmayan bitkilere göre daha fazla Na içerirler. Bitkilerin yapraklarında Na miktarı tohumdaki miktara göre daha fazladır.

3.Bitkilerde Sodyumun Metabolik İşlevleri: Sodyum kimyasal yönden potasyuma büyük benzerlik gösterir. Kimi bitkilerde sodyum kısmen potasyumun görevlerini yüklenmektedir. Pek çok bitki için sodyum mutlak gerekli bir bitki besin elementidir. Yere düşen çığden, atmosferden ve taban suyundan su absorbe edebilmesi nedeniyle sodyum, kurak dönemlerde bitkilerin solmalarını geriletir ve su ekonomisine olumlu etki yapar.

4.Bitkilerin Sodyum Kaynakları:Toprak; Sodyum yerkabuğunda en fazla bulunan (%2.8) altı elementten biridir.Tarım topraklarının Na içerikleri %0.1 ile %1 arasındadır ve ortalama miktar %0.63' dür. KDK %15' inden fazlasını Na⁺ un oluşturduğu topraklara sodik (alkali) topraklar denir. Bu topraklar doğrudan tarımda kullanılamazlar. Islah edildikten sonra tarımda yararlanılabilir.Gereğinden fazla sodyum toprağın fiziksel yapısını bozar. Toprak agregatları parçalanır, su ve hava geçirgenliği azalır.Gübreler; Kimyasal gübrelerle ve ahır gübresiyle olduğu kadar bitkisel ve hayvansal kökenli atıklarla da karşılanabilir. Endüstri yörelerinde yağışlarla her yıl toprağa önemli miktarda sodyum karışmaktadır. Şili güherçilesi olarak da bilinen sodyum nitrat (NaNO₃) en çok kullanılan gübredir. Değişik miktarlarda NaCl içeren potasyumlu gübrelerden de yararlanılmaktadır.

5.Bitkilerde Sodyum Noksanlığı: Yaprakların olağanüstü incilmesi, Yaprakların metalik yeşil renk alması ve yaprak altlarının pembemsi görünüm kazanmasıyla ortaya çıkar.Yaprak kenarları yukarı doğru kıvrılırken ana damar boyunca kırışıklık ve koyu kahverengi nekrotik lekeler oluşur.

18.KOBALT-VANADYUM-SİLİSYUM (KVS)

1.Bitkilerin KVS Alımı ve İçerikleri: Kobalt bitkiler tarafından Co^{2+} iyonu şeklinde, Vanadyum VO^{2+} ve VO_3 iyonu şeklinde, Silisyum $Si(OH)_3$ şeklinde alınır. Bitkilerin KVS içerikleri sırasıyla, Co:40-180 $\mu g/kg$, V:1-10 mg/kg, Si:%0.5'ten daha az.

2.Torakta KVS:Toprakların toplam Co içerikleri 1-70 mg/kg, V içerikleri 20-500 mg/kg, Si % 27.6'dır.Yeryüzünde oksijenden sonra en fazla bulunan silisyumdur.

3.Bitkilerde KVS nın Metabolik İşlevleri:Kobalt baklagil bitkilerinin daha fazla N_2 fikse edilmesinde etkilidir.Geviş getiren hayvanlar için mutlak gerekli bir elementtir.Vanadyumun ve Silisyumun metabolik işlevleri hakkında çalışmalar devam etmekte olup günümüzde belirli özellikleri mevcut değildir.

4.Bitkilerde KVS Noksanlığı:Kobalt noksanlığı, yem olarak kullanılan bitkilerde kalitenin azalmasına neden olur. Noksanlığın giderilmesinde kobalt klorür, ve kobalt sülfat kullanılır.Bitkilerde V noksanlığını yansıtan belirtilere ilişkin literatürde bildirim bulunmamaktadır. Fosforlu gübrelerin V içerikleri yüksek olduğundan gübre olarak genelde fosforlu gübreler kullanılmaktadır.Silisyum noksanlığında bitkilerde gövde büyümesi olumsuz şekilde etkilenir, yapraklarda şekil bozukluğu yanında sertleşmeler ve kırılmalar görülür.Noksanlığın giderilmesinde Kalsiyum silikat ve sodyum metasilikat kullanılmaktadır.