

TOPRAK pH DENGESİZLİKLERİ

Asitlik, Kireçlilik, Sodiklik ve
Tuzluluk Yönetimi ve Islahı



Prof.Dr.Rıdvan KIZILKAYA – Dr.Rahila İSLAMZADE

Yazarlar:

Prof.Dr.Rıdvan KIZILKAYA



📍 Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

OrganoPlantis MMC, Bakü, Azerbaycan

✉️ ridvan.kizilkaya@organoplantis.com

Dr.Rahila İSLAMZADE



📍 Azərbaycan Devlet Petrol və Sənaye Universiteti, Bakü, Azərbaycan

OrganoPlantis MMC, Bakü, Azərbaycan

✉️ rahila.islamzade@organoplantis.com

Telif Hakkı © 2025 — Kızılkaya, R., İslamzade, R., Tüm hakları saklıdır.

ISBN: 9 7 8 - 9 9 5 2 - 3 9 - 4 7 2 – 6

Yayın Tarihi: 1 Ekim 2025

Bu yayın, yazarların yazılı izni olmaksızın hiçbir biçimde çoğaltılamaz, dağıtılamaz veya herhangi bir elektronik ortama aktarılıp yayımlanamaz. Alıntı yapılması durumunda, kaynak olarak bu esere ve yazarlara açık atıf yapılması zorunludur. Bu kitap, ISBN numarasıyla tescillenmiş özgün bir eserdir ve yalnızca OrganoPlantis web sayfası üzerinden yasal olarak erişilebilir. İzinsiz çoğaltma, paylaşım veya ticari amaçlı kullanımlar Fikir ve Sanat Eserleri Kanunları kapsamında suç teşkil etmektedir.

Kızılkaya, R., İslamzade, R., Toprak pH Dengesizlikleri – Asitlik, Kireçlilik, Sodiklik ve Tuzluluk Yönetimi ve Islahı.- Bakü, 2025. – 35 s. - ISBN 978-9952-39-472–6

OrganoPlantis web sitesini ziyaret edebilirsiniz.



📍 Nasimi district, Bulbul avenue 80/82, AF City Business Center, Bakü, Azərbaycan

🌐 www.organoplantis.com

✉️ info@organoplantis.com

ÖNSÖZ

Tarımsal üretimin geleceği, toprağın sadece bir üretim alanı değil, yaşıyan bir ekosistem olarak yönetilmesine bağlıdır. Kuraklık, tuzluluk, pH dengesizlikleri ve organik madde kayıpları gibi sorunlar, günümüz tarımının en önemli sınavlarını oluşturur.

Bu el kitabı, bilimsel bilgiyi sahadaki uygulama tecrübeleriyle birleştirerek, çiftçiden mühendise, araştırmacıdan karar vericiye kadar geniş bir kullanıcı kitlesine pratik çözümler sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

OrganoPlantis'in geliştirdiği **sıvı organomineral çözümler**, geleneksel toprak ıslah materyallerine göre çok daha hızlı, kontrollü ve çevre dostu etkiler sağlar. Bu yaklaşım, yalnızca toprakların kimyasal dengesini değil, aynı zamanda mikrobiyal yaşamı ve bitki fizyolojisini de destekleyerek sürdürülebilir verimliliğin kapısını aralar.

Bu rehberde, pH yönetimi, sodiklik–tuzluluk ayrımı, kireçli ve asidik topraklarda mikro besin stratejileri gibi konular sade ama bilimsel temelde ele alınmıştır. Her bölüm, sahada uygulanabilirliği kanıtlanmış çözüm örnekleriyle desteklenmiştir.

Bilimin rehberlięinde, toprağın gücüyle...

Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA
Dr.Rahila İSLAMZADE

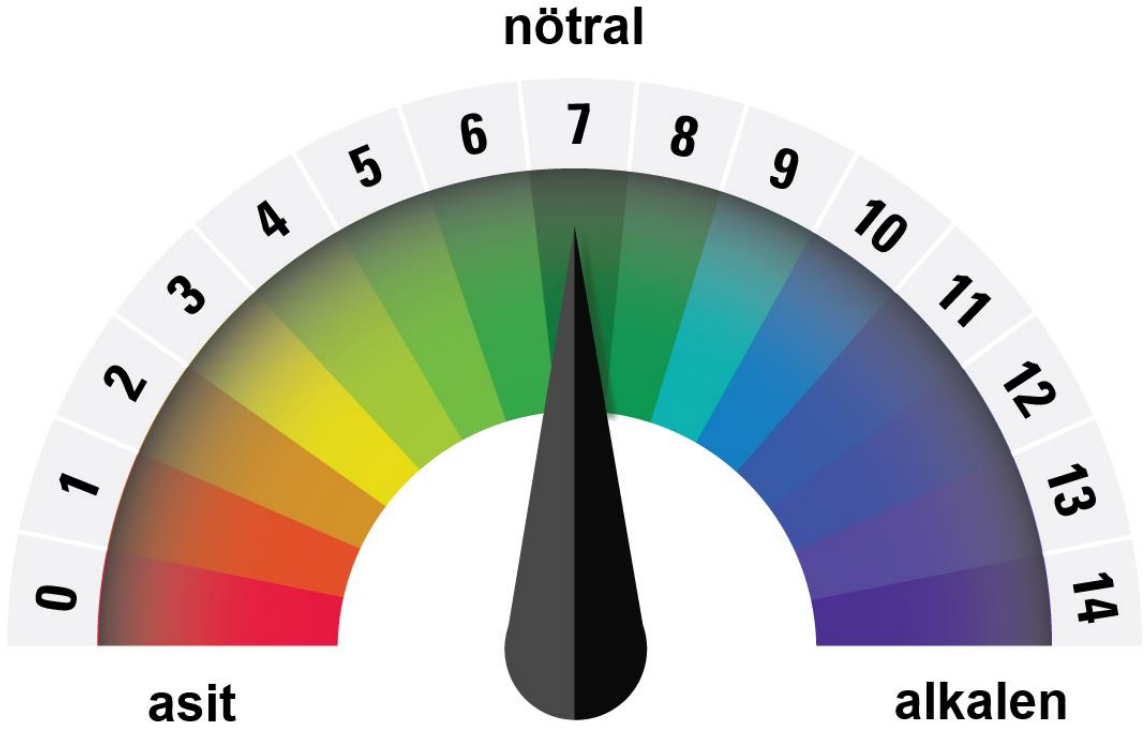
İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No.</u>
1. TOPRAK pH'SINA GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR	1
1.1. pH'IN TANIMI VE ÖNEMİ	2
1.2. TOPRAK pH'SININ ETKİLEDİĞİ KRİTİK SÜREÇLER	4
1.3. TOPRAK pH'SININ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	7
2. TOPRAK ASİTLİĞİ VE YÖNETİMİ	8
2.1. ASİTLİĞİN KAYNAKLARI VE OLUŞUMU	10
2.2. TOPRAK ASİTLİĞİNİN SINIFLANDIRILMASI: AKTİF VE REZERV ASİTLİK	12
2.3. ASİTLİĞİN ZARARLI ETKİLERİ	14
2.4. ASİTLİĞİN ISLAHI	17
3. ALKALİN TOPRAKLARIN YÖNETİMİ: KİREÇLİLİK, TUZLULUK VE SODİKLİK	21
3.1. KİREÇLİLİĞE BAĞLI YÜKSEK pH (Kalsiyum Karbonat Etkisi)	22
3.2. SODYUM KÖKENLİ ALKALİLİK (SODİK TOPRAKLAR)	25
3.3. TUZLULUK (SALİN TOPRAKLAR)	30
4. PRATİK UYGULAMA VE YÖNETİM STRATEJİLERİ	33
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	34



1.

TOPRAK pH'SINA GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR



pH skalası

1.1

pH'IN TANIMI VE ÖNEMİ

1.1.1. pH Nedir? (Hidrojenin Gücü)

Toprak pH'ı, toprak çözeltisinin kimyasal reaksiyonunu —yani asitlik (ekşilik) veya baziklik (alkalilik/kireçlilik) derecesini— ifade eden kritik bir göstergedir.

Bu değer, çoğu zaman toprağın “**kimyasal parmak izi**” olarak adlandırılır çünkü topraktaki hemen her kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreç doğrudan pH tarafından kontrol edilir.

Bilimsel Tanım:

pH terimi, Latince *potentia hydrogenii* (hidrojenin gücü) ifadesinden türetilmiştir. Matematiksel olarak pH, toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır:

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

Bu formül, ortamda bulunan serbest H^+ iyonlarının miktarındaki değişimin toprak asitliğini nasıl belirlediğini açıklar.

Logaritmik Ölçeğin Anlamı:

pH ölçeği 0 ile 14 arasında değişir ve **logaritmik** bir ölçektir. Yani her bir pH birimi, H^+ iyon konsantrasyonunda **10 katlık bir fark** anlamına gelir.

Örnek:

- pH 5.0 olan bir toprak, pH 6.0 olan bir topraktan **10 kat daha fazla H^+ iyonuna** sahiptir.
- pH 4.0 ise pH 6.0'dan **100 kat daha asidiktir**.

1.1.2. pH Ölçeği ve Üç Ana Reaksiyon

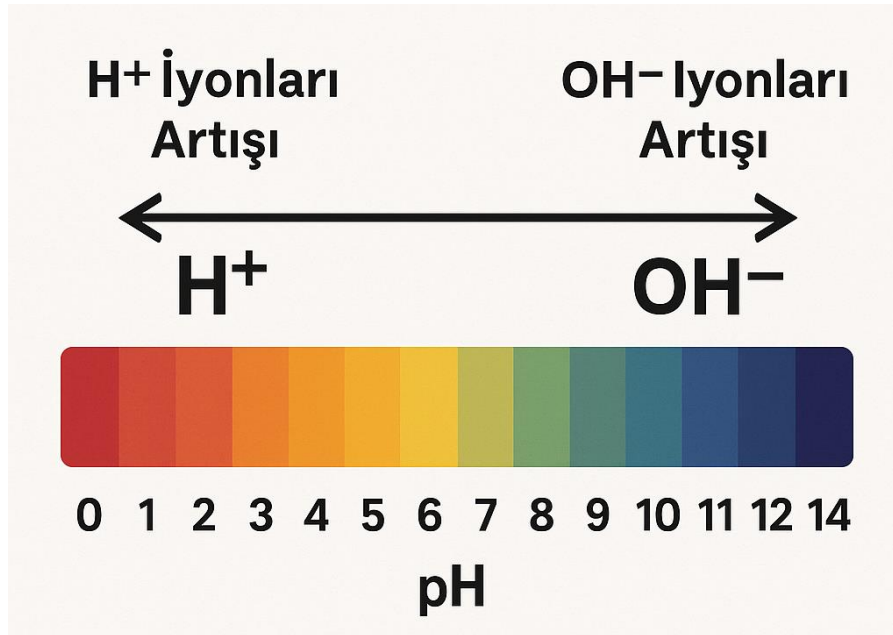
Doğadaki toprakların pH değeri genellikle **3.5 (aşırı asidik)** ile **10.0 (aşırı alkalın)** arasında değişir. Bu ölçek, suyun iyonlaşmasına dayalı olarak üç temel reaksiyon tipine ayrılır:

Reaksiyon Tipi	pH Aralığı	İyon Dengesi	Özellikler
Asidik Topraklar	<7.0	$H^+ > OH^-$	Genellikle nemli ve yağışlı bölgelerde görülür. Al^{3+} toksisitesi riski yüksektir.
Nötr Topraklar	≈ 7.0	$H^+ = OH^-$	Bitki besin elementlerinin en dengeli yayılımı gösterdiği aralıktır.
Alkalın (Bazik) Topraklar	>7.0	$OH^- > H^+$	Kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygındır. Fe, Zn, Mn noksanlıkları sık görülür.

Toprak Yönetimi ve Tarım için Kritik Aralıklar:

pH Aralığı	Reaksiyon Derecesi	Tarımsal Önemi
4.5–5.5	Kuvvetli Asidik	Çoğu ürün için yüksek Al toksisitesi riski. pH'nın düzenlenmesi zorunludur.
6.0–7.0	Hafif Asidik–Nötr	Çoğu bitki için optimum aralık. Maksimum besin yararlanılabilirliği.
7.5–8.5	Hafif Alkalin	Kireçli topraklar. Fe, Zn, Mn noksanlık riski artar.
>8.5	Kuvvetli Alkalin	Genellikle sodyum kökenli topraklar. Fiziksel yapı bozulması görülür.

Standart pH Skalası ve İyon Dengesi



Nötr pH = 7.0 koşulunda H⁺ ve OH⁻ iyonları her biri 10⁻⁷ mol/L konsantrasyonundadır. pH 4.0'a düştüğünde H⁺ konsantrasyonu 10⁻⁴ mol/L'ye yükselir; bu, H⁺ miktarının **1000 kat artması** anlamına gelir.

1.2. TOPRAK pH'SININ ETKİLEDİĞİ KRİTİK SÜREÇLER

Toprak pH'ı, toprak sisteminin “biyokimyasal termostatı” olarak işlev görür. pH'daki küçük bir değişim bile, bitki gelişimini, besin döngülerini ve mikrobiyal dengeyi doğrudan etkileyen zincirleme reaksiyonları tetikler.

1.2.1. Bitki Besin Elementi Yarayırlılığı: pH'nın Ana Etkisi

pH, bitki besin elementlerinin çözünürlüğünü ve kökler tarafından alınabilirliğini belirleyen en kritik faktördür.

◆ Optimal Aralık (pH 6.0–7.0): Neden Kritiktir?

Bu aralık, çoğu bitki için ideal kabul edilir çünkü:

- **Makro Besinlerin Çözünürlüğü:**
Azot (N), Potasyum (K) ve Sülfür (S) bu pH aralığında yüksek çözünürlükte bulunur.
- **Fosfor (P) Dengesi:**
6.0–7.0 aralığında fosfor, bitki tarafından kolay alınan $H_2PO_4^-$ ve HPO_4^{2-} formlarında bulunur.
 1. **Asidik pH'ta:** Fosfor, Al^{3+} ve Fe^{3+} iyonları ile bağlanarak çözünmez bileşikler oluşturur.
 2. **Alkalin pH'ta:** Fosfor, $CaCO_3$ ile birleşerek kalsiyum fosfat bileşikleri şeklinde fikslenir.
- **Mikro Besinlerin Erişilebilirliği:**
pH 7.0'nin üzerine çıktıkça Fe, Zn, Mn ve Cu iyonları hidroksit formunda çöker. Bu nedenle yüksek pH koşullarında özellikle **demir klorozu** sık görülür.
- **Toksisite Önlenmesi:**
6.0–7.0 aralığında, Al^{3+} ve Mn^{2+} iyonları toksik seviyelere ulaşmaz.

Besin Elementi	Optimal pH Aralığı	Asidik Koşullarda Sorun	Alkalin Koşullarda Sorun
P (Fosfor)	6.0–7.0	Fe ve Al ile fiksasyon	Ca ile fiksasyon
Fe, Zn, Mn	5.0–6.5	Toksisite riski	Düşük çözünürlük, noksanlık
Al (Alüminyum)	—	Toksisite (<5.5)	Çözünmez
Mo (Molibden)	6.5–8.0	Düşük çözünürlük, noksanlık	Artan yarayırlılık

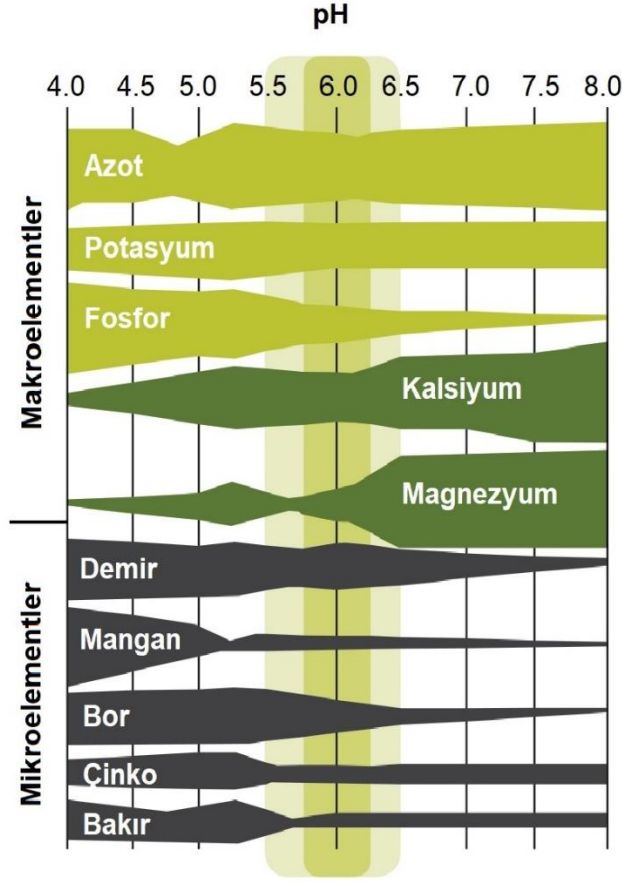
Toprak pH'sının bitki gelişmesi üzerine olan ve yaygın etkisi beslenme ile ilgilidir. Toprak pH'sı bitki besin elementlerinin ayrışma olayları ile serbest hale geçmesine, çözünürlüklerine ve iyon tutucular tarafından tutularak depolanmasını etkiler. Bitki besin elementlerinin yarayırlılığı doğrudan doğruya toprak pH'sına bağlıdır. Toprak pH'sına bakarak toprakta noksanlığı olası olan besin maddelerinin neler olabileceğini tahmin etmek mümkündür.

TOPRAK pH DENGESİZLİKLERİ

Asitlik, Kireçlilik, Sodiklik ve Tuzluluk Yönetimi ve Islahı
(Rıdvan KIZILKAYA – Rahila İSLAMZADE)



OrganoPlantis



Şekil: Toprak pH'sı ile bitki besin maddeleri arasındaki ilişki

Not: Toprak pH'sına bakarak, hangi besin maddelerinin eksik veya toksik olabileceği tahmin edilebilir.

Ayrıca, her bitkinin ideal gelişim gösterdiği belirli bir pH aralığı bulunmaktadır. Bazı bitkilerin optimum pH aralıkları ise aşağıdaki Tablo'da verilmiştir. Çok yıllık bitkiler başta olmak üzere, toprak reaksiyonun bitkiler için optimum olduğu pH aralıkları ile beraber değerlendirilmesi, gerekiyorsa toprak pH'sını düzenlemek için gerekli önlem veya uygulamaların yapılması bitkisel üretim için önemlidir.

Bitki	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Arpa								
Buğday								
Yulaf								
Çavdar								
Mısır								
Çeltik								
Domates								
Salatalık								
Lahana								
Çilek								
Pamuk								
Asma								
Patates								
Soğan								
Elma								
Armut								

1.2.2. Mikrobiyal Aktivite ve Azot Döngüsü

Toprak pH'sı, mikroorganizmaların tür dağılımını, yoğunluğunu ve metabolik hızını belirler.

◆ Nitrifikasyon ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$):

- Nitrosomonas ve Nitrobacter bakterileri 6.0–7.5 aralığında en aktiftir.
- pH <6.0 olduğunda nitrifikasyon keskin biçimde azalır → Azot dönüşümü yavaşlar, verim düşer.

◆ Azot Fiksasyonu (Baklagiller):

- Rhizobium bakterileri 6.0–7.0 aralığında en etkindir.
- pH <5.5 olduğunda:
 - Al^{3+} toksisitesi artar.
 - Nodül oluşumu zayıflar.
 - Mo eksikliği nedeniyle azot fiksasyonu düşer.

◆ Organik Madde Ayrışması:

- Bakteriler → nötr pH tercih eder.
- Mantarlar → asidik pH'a daha toleranslıdır.
→ Asidik topraklarda ayrışma yavaşlar, besin salınımı azalır.

1.2.3. Fiziksel ve Kimyasal Etkileşimler

pH, toprak parçacıkları arasındaki elektrostatik etkileşimleri ve besin tutma kapasitesini doğrudan etkiler.

◆ Katyon Değişim Kapasitesi (KDK):

- pH yükseldikçe, kil ve organik madde yüzeyinde negatif yük artar → KDK artar → besin tutma gücü yükselir.

◆ Mineral Çözünmesi ve Al Toksisitesi:

- Kuvvetli asidik koşullarda (pH<5.0) $\text{Al}(\text{OH})_3$ çözünür → Al^{3+} serbest kalır → kök toksisitesi başlar.

◆ Sodyum Alkaliliği (Dispersiyon):

- pH>8.5 olduğunda Na^+ iyonları kil yüzeyini doyurur → kil parçacıkları dağılır → geçirgenlik azalır, su sızması ve havalanma bozulur.

1.3. TOPRAK pH'SININ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Toprak pH'sını yönetmenin ilk adımı, onu **doğru ölçmekten** geçer. Yanlış ölçülen bir pH değeri, yanlış (ve maliyetli) bir ıslah stratejisine yol açabilir. Ölçüm yöntemleri iki ana grupta değerlendirilir:

1. **Saha Yöntemleri:** Hızlı, pratik ve yerinde teşhis sağlar.
2. **Laboratuvar Yöntemleri:** Yüksek doğrulukta, standardize analizlerdir.

1.3.1. Saha Ölçüm Yöntemleri – Hızlı ve Pratik Tanı

Bu yöntemler, anlık durum tespiti, sorunlu alanların belirlenmesi ve genel bir fikir edinmek için idealdir. Ancak hassas kireç veya kükürt tavsiyeleri için genellikle yeterli değildir.

Bu yöntemler, **sorunlu alanların belirlenmesi** veya **genel pH profili çıkarılması** için idealdir; ancak kireçleme ve kükürt dozlarının hesaplanmasında yeterli hassasiyet sağlamaz.

A. Portatif (Taşınabilir) pH Metre

Bir cam elektrot aracılığıyla toprak çözeltisindeki H⁺ iyonu aktivitesini ölçer ve sonucu dijital olarak gösterir.

Avantajları

- Anında ve tekrarlanabilir sonuçlar verir.
- Doğru kalibre edildiğinde yüksek güvenilirlik sağlar.

Dikkat Edilmesi Gerekenler

- **Kalibrasyon:** Her ölçüm serisinden önce pH 4.0 ve 7.0 (gerekirse 10.0) tampon çözeltileriyle yapılmalıdır.
- **Elektrot Bakımı:** Elektrotlar hassastır; temiz tutulmalı ve özel saklama solüsyonlarında nemli bırakılmalıdır.

Uygulama: 1 birim toprak + 1 birim saf su karıştırılır, 15–30 dk beklenir, elektrot daldırılarak ölçüm alınır.

B. Renk İndikatörlü Test Kitleri (Kalorimetrik Yöntem)

Bu kitler, pH değişimine bağlı olarak renk değiştiren kimyasal indikatörler içerir.

Avantajları

- Ucuz, taşınabilir ve kalibrasyon gerektirmez.
- Eğitim veya ön tanı amacıyla idealdir.

Kısıtları

- **Hassasiyet düşüktür:** Sonuç aralıkları genelde ± 0.5 –1.0 pH birimidir.
- **Renk yorumlama hatası:** Toprağın kendi rengi ve bulanıklık ölçümü zorlaştırabilir.

Uygulama: Test tüpüne toprak + reaktif eklenir, çökme sonrası renk skalasıyla karşılaştırılır.



1.3.2. Laboratuvar Analizleri – Güvenilir ve Standardize Ölçümler

Tarımsal kararlar (özellikle pH yükseltme uygulamaları ve gübreleme) öncesinde laboratuvar ölçümleri zorunludur.

Laboratuvarlar, uluslararası standartlara göre kalibre edilmiş cihazlarla güvenilir sonuçlar verir.

Suda pH Ölçümü [$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$]

Toprağın **aktif asitliğini** ölçer, yani çözeltideki serbest H^+ iyonlarını belirler. Bu değer, bitki kökünün “hissettiği” gerçek pH’dır ancak mevsimsel ve tuzluluk değişimlerinden etkilenir.



Tuz Çözeltisinde pH Ölçümü [$\text{pH}(\text{KCl})$ veya $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$]

Toprağın hem **aktif** hem de **potansiyel (rezerv)** asitliğini ölçer.

Mekanizması:

Tuz çözeltisindeki K^+ veya Ca^{2+} iyonları, kil ve organik madde yüzeyinde tutulan H^+ ve Al^{3+} iyonlarını yerinden sökerek çözeltiye geçirir.

Böylece hem çözeltideki hem de bağlı haldeki asitlik ölçülmüş olur.

Avantajları:

- Daha kararlı ve tekrarlanabilir sonuçlar verir.
- Mevsimsel değişimlerden daha az etkilenir.
- Toprağın **tamponlama kapasitesi** hakkında bilgi sağlar.

1.3.3. İki Ölçümün Karşılaştırılması ve Yorumlanması

Tuz çözeltisinde ölçülen pH değeri genellikle **suda ölçülenden 0.5–1.5 birim daha düşüktür**.

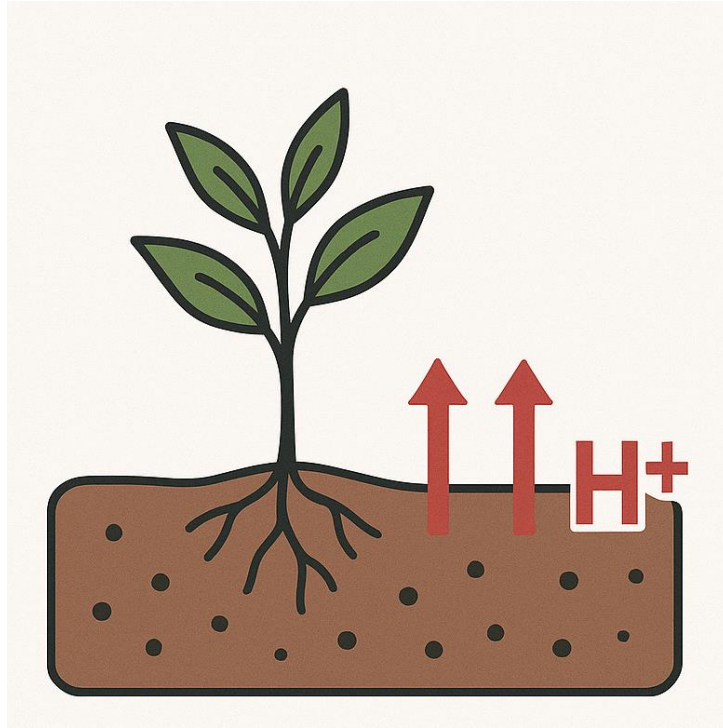
Özellik	Suda pH ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$)	Tuz Çözeltisinde pH ($\text{pH}(\text{KCl}/\text{CaCl}_2)$)
Ölçtüğü Asitlik	Aktif (yalnızca çözeltideki H^+)	Aktif + Potansiyel (H^+ ve Al^{3+} dahil)
Değer Aralığı	Genellikle daha yüksek	Genellikle daha düşük
Avantajı	Bitkinin anlık ortamını gösterir	Toprağın asitlik rezervini yansıtır
Dezavantajı	Mevsimsel değişimlerden etkilenir	Bitki köküyle birebir aynı ortamı temsil etmez

✦ **Yorum:** Bir analiz raporu değerlendirirken mutlaka ölçüm yöntemini kontrol edin. Uzun vadeli ıslah programları, özellikle pH yükseltme işlemleri, $\text{pH}(\text{KCl})$ değerine göre planlanmalıdır çünkü bu değer toprağın “asidi tutma kapasitesi”ni daha doğru yansıtır.

🔗 **Pratik Öneri:** pH ölçümü öncesi toprak örnekleri mutlaka temiz plastik kaplarda toplanmalı, metalik aletlerle temas ettirilmemelidir. Metal iyonları ölçüm sonuçlarını bozabilir.

2.

TOPRAK ASİTLİĞİ VE YÖNETİMİ



2.1. ASİTLİĞİN KAYNAKLARI VE OLUŞUMU

Toprak asitlenmesi, kabaca bazik katyonların (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) kaybı ve asidik türlerin (özellikle H^+ , Al^{3+}) üretilmesi/serbestleşmesiyle ilerler. Doğal süreçler yavaş işlerken modern tarım uygulamaları bu süreci hızlandırabilir.

2.1.1. Doğal Asitlenme Mekanizmaları

Doğal koşullar altında, asitlenme, uzun jeolojik ve iklimsel süreçlerin sonucudur.

A) Yağışla Bazik Katyonların Yıkanması (Leaching)

- **Mekanizma:** Yüksek yağışta süzülen su, çözeltideki serbest iyonları taşır. Değişim kompleksinde tutulan Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ uzaklaştıkça bu yerleri H^+ ve Al^{3+} doldurur.
- **Sonuç:** Tamponlama kapasitesi zayıflar, pH düşme eğilimi artar.

B) Solunum–Karbonik Asit Oluşumu (CO_2)

- **Mekanizma:** Kökler ve mikroorganizmalar kaynaklı CO_2 , suda çözünerek **karbonik asit** oluşturur:
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$
- **Sonuç:** Açığa çıkan H^+ doğal asitlenmeye katkı yapar; OM (organik madde) ve biyolojik aktivitesi yüksek topraklarda etki daha belirgindir.

C) Organik Madde Ayrışması ve Organik Asitler

- **Mekanizma:** Ayrışma sırasında **fulvik/hümkik, laktik, asetik** vb. organik asitler oluşur; bu asitler H^+ salar ve $\text{Al}^{3+}/\text{Fe}^{3+}$ 'ü şelatlayarak hareketliliğini artırabilir.
- **Not:** Asidik koşullarda $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}^{3+}$ çözünmesi hızlanır; Al-hidrolizi de H^+ üretimine katkı sağlar.

İleri örnek (varsa bölgesel ek): Sülfürlü minerallerin (ör. pirit) oksidasyonu **asidik sülfat toprakları** oluşturur ve güçlü asitlenmeye yol açar.

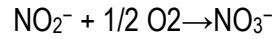
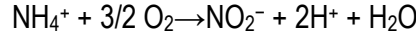




2.1.2. Tarımsal Asitlenme: Amonyum Türevleri, Kükürt Oksidasyonu ve Alım Dengesi

A) Amonyum İçeren Gübrelerin Nitrifikasyonu

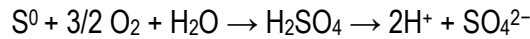
- Kaynaklar:** Üre $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (hidroliz $\rightarrow \text{NH}_4^+$), **Amonyum sülfat** $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$, **DAP** $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$, **Amonyum nitrat** (NH_4NO_3) vb.
- Süreç:** NH_4^+ önce nitrite, sonra nitrata oksitlenir (nitrifikasyon):



- Net:** 1 mol $\text{NH}_4^+ \rightarrow 2 \text{ mol H}^+$ üretir $\rightarrow$ pH düşer.
- Uyarı:** Üre, hidroliz sırasında geçici olarak pH'ı **yükseltebilir**; ancak izleyen **nitrifikasyonun net etkisi asitleştiricidir**.

B) Elementel Kükürt ve Asitleştirici Tuzlar

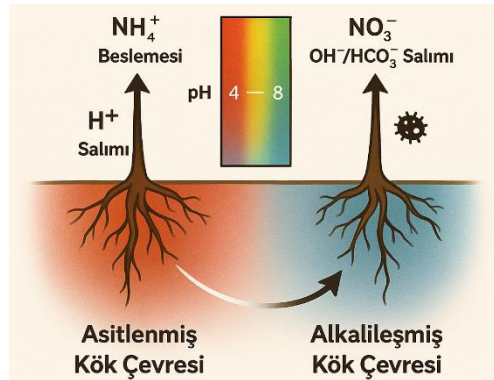
- Elementel S (S^0) oksidasyonu:**



Asitleştirme amacıyla (alkali/kireçli topraklarda) kontrollü kullanılır; **dozaj ve güvenlik** kritik önemdedir.

C) Bitki Alımı ve Kök Bölgesi pH'ı (Rhizosfer pH)

- Kasyon ağırlıklı alım (Ca^{2+} , K^+ , $\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$):** Kök H^+ salar $\rightarrow$ **rhizosfer pH düşer** (asidikleşme).
- Anyon ağırlıklı alım ($\text{NO}_3^- > \text{kasyonlar}$):** Kök $\text{OH}^-/\text{HCO}_3^-$ salar $\rightarrow$ **rhizosfer pH yükselir** (alkalileşme).
- Not:** NH_4^+ beslemesi rhizosferi asitleştirir; NO_3^- beslemesi rhizosferi alkalileştirir.

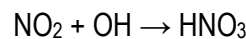
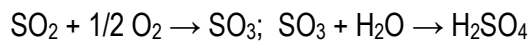


D) Ürün Hasadı ile Bazik Katyon Uzaklaştırılması

- Mekanizma:** Hasatla bitki bünyesindeki **Ca, Mg, K** uzaklaşır $\rightarrow$ toprakta baz rezervi azalır $\rightarrow$ uzun vadede asitlenmeye katkı.

2.1.3. Asit Yağışları ve Atmosferik Girdiler (SO_2 , NO_x)

Mekanizma: Fosil yakıt yanmasıyla SO_2 ve NO_x salınır; atmosferde su buharıyla reaksiyonla H_2SO_4 ve HNO_3 oluşur ve ıslak/kuru çökelimle toprağa taşınır:



Sonuç: Asitler bazik katyonları yıkar, H^+ **girdisi** artar, pH düşer. Bölgesel/kentsel alanlarda etkisi daha belirgindir.

2.2

TOPRAK ASİTLİĞİNİN SINIFLANDIRILMASI: AKTİF VE REZERV ASİTLİK

Toprak asitliği tek bir kaynaktan değil, iki etkileşimli formdan oluşur. Toprağın pH'ını doğru yönetebilmek için bu iki form arasındaki farkı anlamak zorunludur:

2.2.1. Aktif Asitlik (Active Acidity)

Tanım:

Toprağın sıvı fazında, yani toprak çözeltisinde serbest halde bulunan H^+ iyonlarının konsantrasyonu aktif asitliği ifade eder.

Özellikler:

- **Ölçüm:** pH metre ile suda ölçülen $pH(H_2O)$ değeri.
- **Miktar:** Toplam asitliğin yalnızca %1'inden az kısmını oluşturur.
- **Etkisi:** Bitki köklerinin doğrudan hissettiği ortamdır; Al^{3+} toksisitesini belirleyen formdur.
- **Hızlı Değişim:** Gübreleme, yağış veya sulama ile kısa sürede dalgalanabilir.

◆ Küçük bir pH düşüşü bile, H^+ konsantrasyonunu logaritmik olarak artırarak bitki köklerinde ani stres yaratır.

2.2.2. Rezerv (Potansiyel) Asitlik (Reserve / Potential Acidity)

Tanım:

Toprağın katı fazında (kil mineralleri ve organik madde yüzeylerinde) tutulan asidik iyonlardır. Toprağın pH değişimine karşı direncini, yani **tamponlama kapasitesini** belirler.

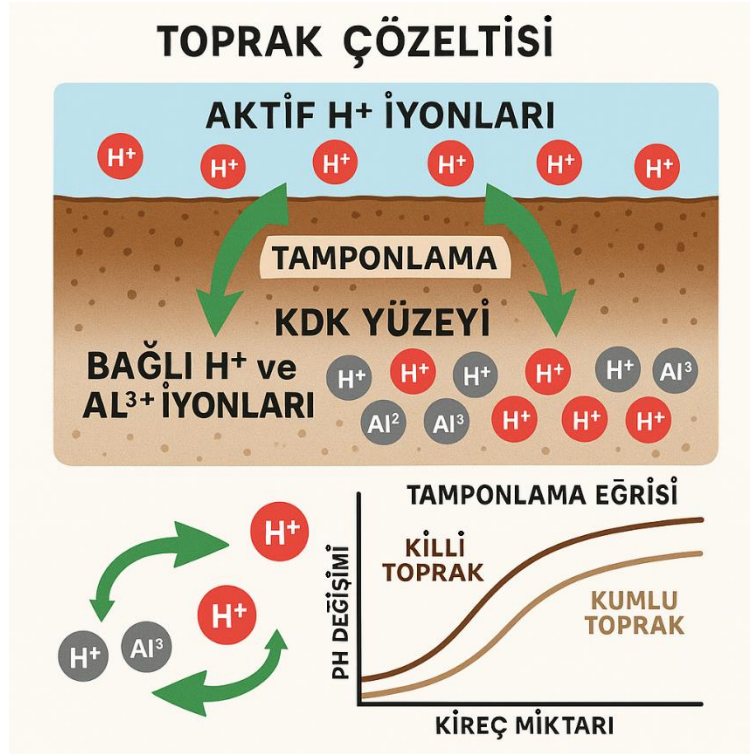
Bileşenleri:

- **Bağlı H^+ iyonları** → KDK yüzeyine sıkıca tutunmuş halde bulunur.
- **Bağlı Al^{3+} iyonları** → pH 6.0'nın altına düştüğünde minerallerden çözünür ve KDK'ya bağlanır. Bu iyonlar, topraktaki **rezerv asitliğin ana kaynağıdır**.

Özellikler:

- **Miktar:** Toplam asitliğin %99'undan fazlasını oluşturur.
- **Konum:** Kil mineralleri ve organik madde yüzeylerinde (KDK).
- **Islah Açısından Önemi:**
 - Kireç veya sıvı pH düzenleyiciler önce **aktif asitliği** nötralize eder;
 - Ancak asıl hedef, **rezerv asitliği oluşturan H^+ ve Al^{3+} iyonlarını KDK'dan uzaklaştırmaktır**.

◆ pH yükseltme uygulamaları, rezerv asitliğin nötralizasyon gereksinimine göre hesaplanmalıdır.



2.2.3. Aktif ve Rezerv Asitlik Arasındaki Denge

Bu iki asitlik formu **tamponlama dengesi** içinde çalışır.

- **Nötralizasyon Sonrası Yenilenme:**
Kireç veya alkali çözeltiler aktif asitliği nötralize ettiğinde, KDK'daki rezerv H^+ ve Al^{3+} iyonları çözeltide çözünerek **aktif fazı yeniler**.
- **Tamponlama (Buffering):**
Bu dinamik denge, toprak pH'sının ani değişmesini engeller.

Tamponlama Kapasitesi ve Toprak Tipi:

- **Yüksek kil / organik madde içeren topraklar:**
Yüksek rezerv asitliğe sahiptir → pH değişimine karşı dirençli.
- **Kumlu topraklar:**
Düşük rezerv asitliğe sahiptir → pH kolay değişir.

Asitlik Tipi	Konum	Ölçüm Yöntemi	Miktar	Yönetmelik Önemi
Aktif Asitlik	Toprak çözeltisi (sıvı faz)	pH(H_2O)	Çok düşük (%<1)	Bitki toksisitesini ve anlık kök ortamını belirler
Rezerv Asitlik	Kil + OM yüzeyi (KDK)	pH(KCl), tampon testleri	Çok yüksek (%>99)	Kireçleme (veya ıslah materyali) ve pH düzenleme ihtiyacını belirler

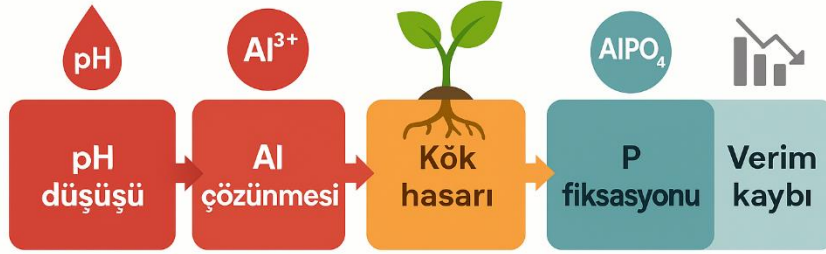
Uygulama Notu

🔗 “Kireç uygulandı ama pH yine düştü” ifadesinin nedeni çoğu zaman yüksek **rezerv asitliktir**.

Toprak sadece aktif asitlik açısından değil, **tamponlama kapasitesi** açısından da değerlendirilmelidir.

2.3. ASİTLİĞİN ZARARLI ETKİLERİ

Asitliğin Bitkide Etki Zinciri



Toprak pH'nın 6.0'ın altına düşmesiyle başlayan asitleşme süreci, bitki gelişimini üç ana mekanizma üzerinden olumsuz etkiler:

1. Metal toksisiteleri
2. Besin noksanlıkları
3. Mikrobiyal inhibisyon (biyolojik aktivitenin baskılanması)

2.3.1. Alüminyum (Al) Toksisitesi – Asidik Toprakların Birincil Düşmanı

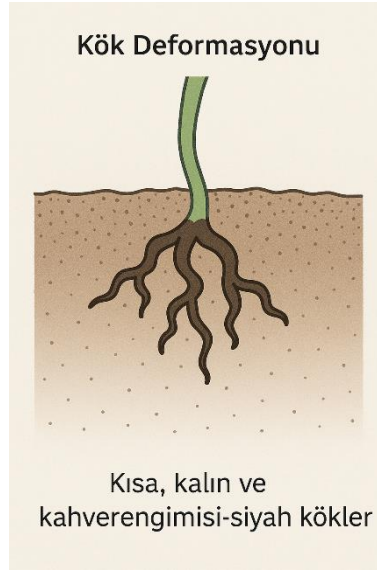
pH <5.5 olduğunda, toprak asitliğinin en ciddi sonucu **Alüminyum iyonlarının çözünmesi ve toksik hale gelmesidir.**

A) Çözünme ve Toksisite Mekanizması

- **Çözünme Eşiği:** pH 5.5'in altına indiğinde, minerallerde bağlı bulunan Al yapısal kararlılığını kaybeder.
- **Toksik Form:** En zararlı form, serbest $Al(H_2O)_6^{3+}$ iyonudur.
- **Kritik Artış:** pH 5.5'ten 4.5'e düşerken çözeltildeki Al^{3+} konsantrasyonu **yaklaşık 1000 kat** artar.
- **Etki Alanı:** H^+ 'tan sonra değişim kompleksindeki baskın katyon Al^{3+} olur.

B) Kök Morfolojisine Etkileri

- **Hücre Bölünmesi Baskılanır:** Al^{3+} kök meristemlerinde DNA replikasyonunu ve hücre uzamasını engeller.
- **Kök Deformasyonu:** Kök uçları kısa, kalın ve kahverengi–siyah renklidir; yan kök gelişimi durur.
- **Su ve Besin Alımı Azalır:** Kök yüzey alanı küçülür, bitki **su stresi** ve **besin noksanlığı** belirtileri gösterir.



C) Besin Alımını Engellemesi (Ca–Mg Antagonizması)

- **Mekanizma:** Al^{3+} , kök yüzeyindeki katyon alım noktalarına bağlanarak Ca^{2+} ve Mg^{2+} alımını engeller.
- **Sonuç:** Sekonder **Ca ve Mg noksanlıkları** gelişir; yaprak yanıkları ve uç kurumaları görülür.
- ⇒ Alüminyum toksisitesi, asidik toprakların en yaygın ve en verimi düşüren kimyasal stresidir.

2.3.2. Mangan (Mn) ve Demir (Fe) Toksisitesi

Asitliğin ilerlemesiyle Mn^{2+} ve Fe^{2+} iyonları çözünürlük kazanarak toksik seviyelere ulaşabilir.

Mangan Toksisitesi (pH <5.5)

- **Belirti:** Yapraklarda demir noksanlığına benzer **kloroz** (sararma) ve kahverengi–siyah **nekrotik lekeler**.
- **Etki:** Fazla Mn, Fe ve Zn metabolizmasını bozar; fotosentezi zayıflatır.

Demir Toksisitesi (pH <5.0)

- **Koşullar:** Aşırı asidik, suyla doymun (oksijensiz) topraklarda Fe^{2+} çözünürlüğü artar.
- **Bitkisel Etki:** Pirinç gibi su kültürü bitkilerinde köklerde **Fe birikimi** ve hücre zararı oluşur.

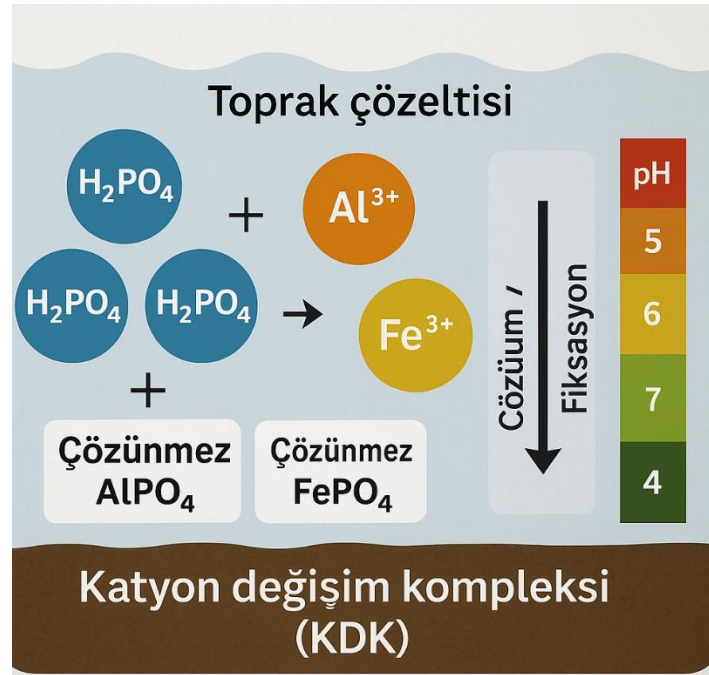
⚠ Mn ve Fe toksisitesi, Al toksisitesi kadar sık görülmesine de özellikle suyla doymun asidik alanlarda önemli bir verim düşürücüdür.

2.3.3. Besin Noksanlıkları

Asidik ortam, bazı besin elementlerinin **çözünürlüğünü azaltarak** veya **bağlayarak** bitki için kullanılamaz hale getirir.

A) Fosfor (P) Fiksasyonu

- **Mekanizma:** pH <5.5 olduğunda Al^{3+} ve Fe^{3+} iyonları artar; bunlar $H_2PO_4^-$ iyonlarıyla reaksiyona girerek çözünmez **Al–P** ve **Fe–P** bileşikleri oluşturur.
- **Sonuç:** Toprakta yeterli P olsa bile bitki P alamaz; **P noksanlığı belirtileri (morarma, bodurluk)** görülür.
- **Ekonomik Etki:** Uygulanan fosforlu gübrenin önemli bir kısmı fiksasyona gider → düşük gübre verimliliği.



B) Molibden (Mo) Yarayırlılığının Azalması

- **Farklı Davranış:** Mo, diğer elementlerin aksine, **pH yükseldikçe** çözünürlüğü artan tek mikro besindir.
- **Sorun:** pH <6.0 olduğunda çözünmez bileşikler oluşturur.
- **Sonuç:**
 - Rhizobium bakterilerinde **N-fiksasyonu** zayıflar.
 - Nitrat redüktaz aktivitesi düşer.
 - Özellikle baklagillerde **N noksanlığı** belirtileri oluşur.

2.3.4. Mikrobiyal İnhibisyon (Biyolojik Aktivitenin Azalması)

- Asidik koşullar bakterileri baskılar, mantarları ise görece avantajlı hale getirir.
- **Nitrifikasyon bakterileri (Nitrosomonas, Nitrobacter)** pH <5.5'te aktivitesini büyük ölçüde kaybeder.
- Organik madde ayrışması yavaşlar → **humifikasyon yerine ham organik birikim** oluşur.
- Bu durum azot döngüsünü ve mikrobiyal dengeyi bozar.

Özet Kutusu: Asitliğin Bitkilere Etki Zinciri

Etkileşim Alanı	Asidik Ortamda Sonuç	Bitkisel Etki
Al³⁺ çözünmesi	Al toksisitesi	Kök hasarı, su–besin alımı düşer
Mn²⁺/Fe²⁺ çözünmesi	Mikro element toksisitesi	Yaprak lekeleri, kloroz
P fiksasyonu	Al–P, Fe–P bileşikleri	Fosfor noksanlığı
Mo çözünmezliği	Rhizobium aktivitesi azalır	N-fiksasyonu zayıflar
pH <5.5'te mikrobiyal düşüş	Nitrifikasyon durur	Azot kaybı, organik madde birikimi

2.4. ASİTLİĞİN ISLAHI

Kireçlemenin temel amacı, toprak çözeltisindeki H^+ iyonlarını ve toprak değişim kompleksine sıkıca bağlı olan toksik Al^{3+} iyonlarını nötralize etmektir. Geleneksel yöntemler genellikle katı materyallere dayanırken, modern yaklaşımlar sıvı çözümler sunar.

2.4.1. Kireç Materyalleri: Avantajlar ve Dezavantajlar

Kireçleme amacıyla kullanılan materyaller, içerdikleri ana kimyasal bileşenlere göre sınıflandırılır. Her bir materyalin nötralizasyon gücü (Kireç Nötralizasyon Değeri - KND) ve uygulama hızı farklıdır.

Materyal Adı	Kimyasal Formül	KND*	Avantajları	Dezavantajları
Kalsitik Kireç Taşı	$CaCO_3$	%80–100	En yaygın, ucuz, kullanımı güvenli, uzun vadeli etki.	Reaksiyon hızı yavaştır (öğütme inceliğine bağlıdır).
Dolomitik Kireç Taşı	$CaMg(CO_3)_2$	%85–109	Aynı anda Ca ve Mg sağlar. Mg eksikliği olan asidik topraklarda ideal.	Reaksiyon hızı yavaştır.
Sönmüş Kireç	$Ca(OH)_2$	%120–135	Hızla çözünür ve çok hızlı etki eder.	Fiyatı yüksek, kullanımı zor (tozuma ve yakıcılık), kısa süreli etki.
Yanmış Kireç	CaO	%150–175	Tüm materyaller içinde en yüksek KND'ye sahiptir.	Su ile temas ettiğinde şiddetli ısı açığa çıkarır, uygulaması zordur ve tehlikelidir.

*Kireç Nötralizasyon Değeri (KND): Saflığı %100 olan saf $CaCO_3$ 'ün nötralizasyon gücü 100 kabul edilir. Diğer materyallerin değerleri buna göre hesaplanır.

2.4.2. Kireçlemenin Kimyası: Nötralizasyon Reaksiyonları

Kireçlemenin temel amacı, toprak çözeltisindeki H^+ iyonlarını ve toprak değişim kompleksine sıkıca bağlı olan toksik Al^{3+} iyonlarını nötralize etmektir. Kireçleme materyallerinin hepsi, nihayetinde su ile reaksiyona girerek Hidroksil (OH^-) iyonu sağlar.

A. Kalsiyum Karbonatın ($CaCO_3$) Nötralizasyon Mekanizması

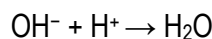
En yaygın kireçleme materyali olan $CaCO_3$ 'ün etki mekanizması iki ana reaksiyon zinciri ile açıklanır:

1. Hidroliz ve OH^- Üretimi: Kireçtaşı suda yavaşça çözünür:



Açığa çıkan OH^- iyonu, asitliği nötralize eden ana ajandır.

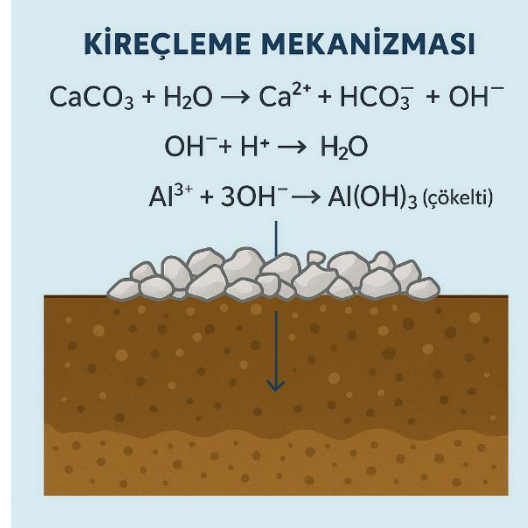
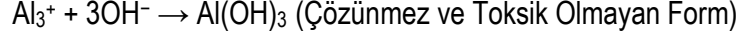
2. Serbest Hidrojenin (H^+) Nötralizasyonu:



Bu reaksiyon, aktif asitliği (toprak çözeltisindeki H^+) hızla ortadan kaldırır.



3. Toksik Alüminyumun (Al^{3+}) Nötralizasyonu: Bu, kireçlemenin en kritik ve kalıcı faydasıdır. OH^- iyonları, toksik Al^{3+} ile tepkimeye girerek, bitkiler ve mikroorganizmalar için zararsız olan Alüminyum Hidroksit'i oluşturur:



B. Nötralizasyonun Önemi

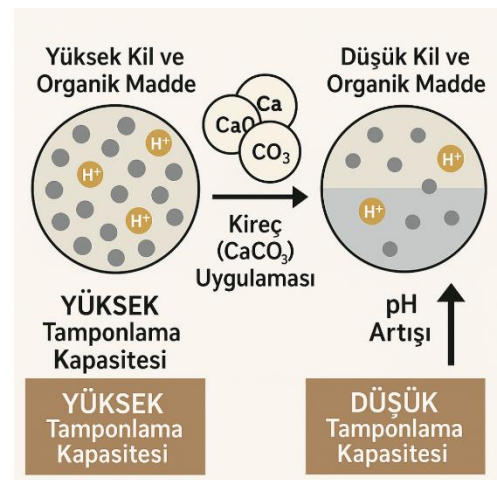
Alüminyum, topraktan H^+ 'dan daha güçlü bir asitlik kaynağıdır, çünkü çözelti pH'ını 4.0'a kadar düşürebilmek için H^+ iyonlarından 100 kat daha güçlü bir kapasiteye sahiptir. Kireçleme, Al^{3+} 'ı çöktürmek suretiyle P fiksasyonunu önler ve Ca/Mg alımındaki Al antagonizmasını ortadan kaldırır.

2.4.3. Kireç İhtiyacı Hesaplaması: Tamponlama Kapasitesi Testleri

Yanlış kireç uygulaması, ya yetersiz pH artışına ya da gereksiz maliyete yol açar. Gerekli kireç miktarını belirlemek için sadece pH değerine bakmak yeterli değildir; toprağın **rezerv asitliğini (tamponlama kapasitesini)** bilmek gerekir.

A. Tamponlama Kapasitesinin Rolü

- **Tanım:** Tamponlama kapasitesi, toprağın pH değişimine karşı gösterdiği dirençtir. Yüksek kil ve organik madde içeriğine sahip toprakların rezerv asitliği yüksektir, bu yüzden pH'larını yükseltmek için daha fazla kireç gerekir. Kumlu topraklarda ise pH'ı değiştirmek daha kolaydır.
- **Sonuç:** pH 5.5 olan iki farklı toprağın kireç ihtiyacı, tamponlama kapasiteleri farklı olduğu için 2 kat, hatta daha fazla farklı olabilir.





B. Kireç İhtiyacı Testleri (Buffer pH Metotları)

Kireç ihtiyacı, laboratuvarlarda özel **tampon çözeltileri (Buffer Solüsyonları)** kullanılarak ölçülür.

- **Prensip:** Toprak numunesi, bilinen bir pH ve tamponlama kapasitesine sahip standart bir tampon çözeltisine karıştırılır (örneğin Shoemaker, McLean, Pratt (SMP) Buffer veya Mehlich Buffer).
- **Hesaplama:** Toprak, tampon çözeltisinin pH'ını ne kadar düşürürse, o kadar yüksek rezerv asitliğe sahip demektir. Laboratuvar, tampon çözeltisindeki bu pH düşüşünü kullanarak, toprak pH'ını hedeflenen değere çıkarmak için gereken kesin CaCO_3 miktarını hesaplar.
- **Sonuç:** Kireçleme tavsiyeleri genellikle **"Dönüm başına kg Saf Kalsiyum Karbonat Eşdeğeri"** olarak verilir.

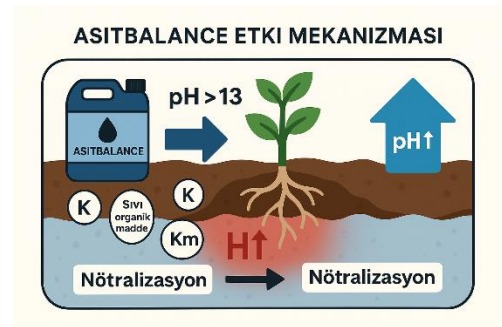
2.4.4. Uygulama İpuçları ve En İyi Uygulamalar

1. **Öğütme İnceliği:** Kirecin reaksiyon hızı, parçacık büyüklüğüne bağlıdır. İnce öğütülmüş (örneğin 100 mesh elekten geçen) kireç, daha hızlı etki eder.
2. **Karıştırma Derinliği:** Kireç etkisini göstermek için asitli toprak parçacıklarıyla temas etmelidir. Kireç, uygulanır uygulanmaz toprak işleme aletleriyle (diskaro, rotovator vb.) **15–20 cm derinliğe homojen bir şekilde karıştırılmalıdır**. Yüzeyde bırakılan kireç, genellikle etkisiz kalır.
3. **Zamanlama:** Kireçleme, genellikle hasattan sonra veya ekimden hemen önce, yani toprağın işlendiği zaman yapılmalıdır. Toprağa karıştıktan sonra tam etki göstermesi birkaç ay sürebilir.

2.4.5. OrganoPlantis Çözümü: Asitbalance

Geleneksel kireçleme materyallerine göre daha hızlı ve uygulanması kolay bir alternatif olarak, özellikle damla sulama sistemlerinin de kullanıldığı modern tarımda sıvı pH düzenleyicileri tercih edilmektedir.

- **Ürün Amacı:** Asit reaksiyonlu (düşük pH) toprakların pH seviyesini hızlıca yükseltmek ve Alüminyum toksisitesini gidermek.



- **Kimyasal Yapı ve Mekanizma:**

- **Yüksek Alkalen Reaksiyon:** pH değeri 13'ün üzerindedir. Bu yüksek alkalilik, güçlü bir nötralizasyon kapasitesine işaret eder.
- **İçerik:** **%10 Organik Madde** içerir. Bu organik madde, pH düzenleme etkisiyle birlikte toprak yapısını ve mikrobiyal aktiviteyi destekler. Ayrıca, Alüminyum gibi toksik metalleri şelatlayarak etkilerini azaltır.
- **Islah Mekanizması:** İçerdiği yüksek alkalen reaksiyonlu iyonlar, toprak çözeltisindeki serbest H^+ ve Al^{3+} iyonlarıyla hızla reaksiyona girerek onları nötralize eder ve pH'ı anlık olarak yükseltir.

- **Avantajları:** Geleneksel toz kireç materyallerine göre **uygulanması kolaydır**, damla sulama sistemleri ile de verilebilir ve hızlı etki gösterir.

Kireç ve AsitBalance Etkinlik Karşılaştırması

Geleneksel kireç materyalleri (özellikle CaCO_3 formu), toprak pH'sını yükseltmede etkili olsa da **suda çözünürlükleri son derece düşüktür (yaklaşık 0.013 g L^{-1})**. Bu nedenle kirecin toprak çözeltisine geçmesi, reaksiyon yüzeyine temas etmesi ve pH'ta ölçülebilir bir artış oluşturmaları **haftalar hatta aylar alabilir**. Ayrıca kireç uygulamaları;

- yüksek doz gereksinimi,
- toprakla derin karıştırma zorunluluğu,
- damla sulama sistemleriyle uygulanamama,
- ve yüzeyde etkisiz kalma gibi pratik zorluklar taşır.

Buna karşılık **AsitBalans**, yüksek alkaliniteye ($\text{pH} > 13$) sahip sıvı formu sayesinde **anında çözünür**, toprak çözeltisinde homojen dağılır ve **hem aktif hem de rezerv asitliği** aynı anda nötralize eder. Kirecin aksine, AsitBalance'nin sıvı yapısı onu **damla sulama uygulama sistemleriyle kolaylıkla kullanılabilir** hale getirir. Üstelik içerdiği organik bileşenler, pH düzenlemesinin yanında **toprak biyolojisini ve yapısal stabiliteyi destekleyerek** kalıcı bir iyileşme sağlar.

Bu nedenle **AsitBalance**, **düşük çözünürlüklü kireç materyallerine göre çok daha hızlı, etkili ve uygulanabilir bir pH düzenleyicidir**. Özellikle modern tarım koşullarında, kısa sürede sonuç alınması gereken asidik toprak ıslahlarında **kirece kıyasla üstün bir çözüm sunar**.



3.

ALKALİN TOPRAKLARIN YÖNETİMİ: KİREÇLİLİK, TUZLULUK VE SODİKLİK



3.1

KİREÇLİLİĞE BAĞLI YÜKSEK pH (Kalsiyum Karbonat Etkisi)

Kireçlilik, kurak ve yarı kurak bölgelerde en sık görülen yüksek pH nedenidir. Toprakta doğal olarak biriken Kalsiyum Karbonat (CaCO_3), pH'ı 7.5–8.5 aralığında sabitleyen güçlü bir tamponlayıcıdır. Bu topraklarda fiziksel bozulma yerine kimyasal kısıtlamalar baskındır: özellikle Fe, Zn, Mn ve P gibi besin elementleri bitki tarafından alınamaz hale gelir.

3.1.1. Ayırıcı Tanı: pH Aralığı ve Serbest CaCO_3

Kriter	Kireçli Toprak	Sodik Toprak	Tuzlu Toprak
pH	7.5–8.5 (CaCO_3 tamponlu)	>8.5 (Na etkisiyle)	Değişken (genelde 7.5–8.5)
EC (dS/m)	Genellikle <4.0	<4.0	>4.0
ESP (%)	<15	>15	Değişken
Serbest CaCO_3	Yüksek	Orta	Değişken
Gözle Belirti	Asit damlatıldığında köpürme	Dağılma, geçirimsizlik	Beyaz tuz kabukları

3.1.2. Etkisi: Mikro Besin Noksanlıkları

A) Demir (Fe) Klorozu

- Mekanizma:** pH 7'nin üzerine çıktığında Fe^{2+} iyonları hızla $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formuna oksitlenir ve çözünmez hale gelir.
- Belirti:** Genç yapraklarda damar arası sararma (kloroz).
- Hassas Bitkiler:** Narenciye, şeftali, bağ ve pamuk.

B) Çinko (Zn) ve Mangan (Mn) Eksiklikleri

- Mekanizma:** Yüksek pH, Zn^{2+} ve Mn^{2+} iyonlarını da hidroksit formunda çöktürür.
- Belirti:** Bodur gelişim, yapraklarda nekroz ve lekelenme.
- Koşul:** Serin ve ıslak baharlarda daha şiddetli.

C) Fosfor (P) Fiksasyonu

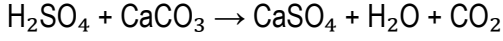
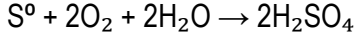
- Mekanizma:**
 $\text{PO}_4^{3-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (çözünmez)
- Sonuç:** Verilen P gübresi hızla bağlanır, bitki tarafından kullanılamaz hale gelir.
- Çözüm:** Asidik bölgede mikro pH düşürülmesi veya organik asitlerle şelatlama.



3.1.3. Yönetim Stratejileri: pH Düşürme ve Besin Erişimi

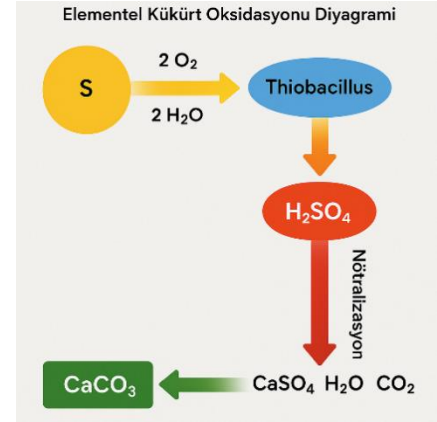
A) Elementel Kükürt Uygulaması Amaç: Toprak pH'ını kalıcı olarak düşürmek.

Biyokimyasal Süreç:



Sonuç: $CaCO_3$ çözünür hale gelir, pH düşer, Fe–Zn–Mn alımı kolaylaşır.

Not: Süreç *Thiobacillus spp.* aktivitesine bağlıdır → sıcak, nemli koşullarda daha etkilidir.



B) Asidik Gübrelerle Mikrobölgesel pH Düşürme

Gübreler: $(NH_4)_2SO_4$, Üre, DAP.

Etkisi: Nitrifikasyon sürecinde H^+ iyonu açığa çıkar → kök çevresinde lokal asitlenme.

Sonuç: Genel pH değişmez, ancak Fe, Zn, Mn alımı artar.

C) Şelatlı Mikro Besin Kullanımı Amaç: pH'yı düşürmeden besin erişimini artırmak.

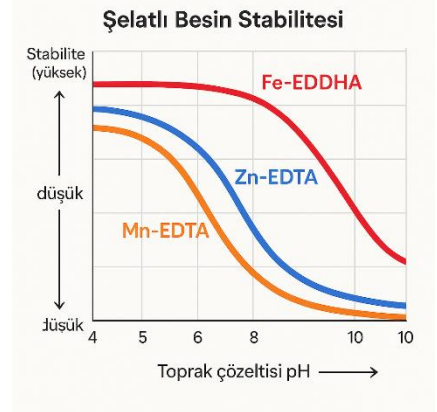
Mekanizma: Fe, Zn, Mn iyonları organik ligandla bağlanarak çözünür formda kalır.

En Etkili Formlar:

○ Fe-DTPA → pH 7.5'e kadar stabil

○ Fe-EDDHA → pH >8.5'e kadar stabil

Uygulama: Damla sulama veya yapraktan.



D. OrganoPlantis Çözümü: KalsiBalance

KalsiBalance, kireçli topraklarda mikrobölgesel pH düşürme prensibiyle çalışan sıvı ıslah ürünüdür.

Amaç: pH 7.5–8.5 aralığındaki kireçli topraklarda kök çevresinde geçici pH düşürmesiyle Fe, Zn, Mn yararlanılabilirliğini artırmak.

Kimyasal Yapı ve Mekanizma:

- pH:** <2
- İçerik:** %10 organik madde + asidik iyonlar (inorganik + organik asitler).
- Etkisi:**
 - Uygulama noktasında pH'ı anlık olarak düşürür.
 - Çözünmez $CaCO_3$ ve $Fe(OH)_3$ tabakalarını çözer.
 - Organik asitler çözünmüş besinleri şelatlayarak kök alımını kolaylaştırır.

Avantajları:

- Damla sulama ile uygulanabilir.
- Toprak ve yaprak pH'ını lokal düzeyde dengeleyerek mikro besin alımını hızla artırır.
- Kimyasal asitlerin oluşturduğu kök yanıklarına neden olmaz.

TOPRAK pH DENGESİZLİKLERİ

Asitlik, Kireçlilik, Sodiklik ve Tuzluluk Yönetimi ve Islahı
(Rıdvan KIZILKAYA – Rahila İSLAMZADE)



OrganoPlantis

Toz Kükürt ve KalsiBalance Etkinlik Karşılaştırması

Kireçli (alkali) topraklarda pH'nın düşürülmesi amacıyla geleneksel olarak toz elementel kükürt (S^0) kullanılmaktadır. Ancak bu materyalin etkinliği, tamamen mikrobiyal oksidasyon sürecine bağlıdır ve suda çözünmez yapıdadır. Bu nedenle toprak çözeltisine geçişi ve etkili olabilmesi uzun zaman alır. Ayrıca, yüksek pH ve düşük nem koşullarında mikrobiyal aktivitenin zayıf olması sebebiyle, kükürt oksidasyonu yavaşlar ve hedeflenen pH düşüşü gecikir.

Elementel kükürt uygulamaları aşağıdaki sınırlamalara sahiptir:

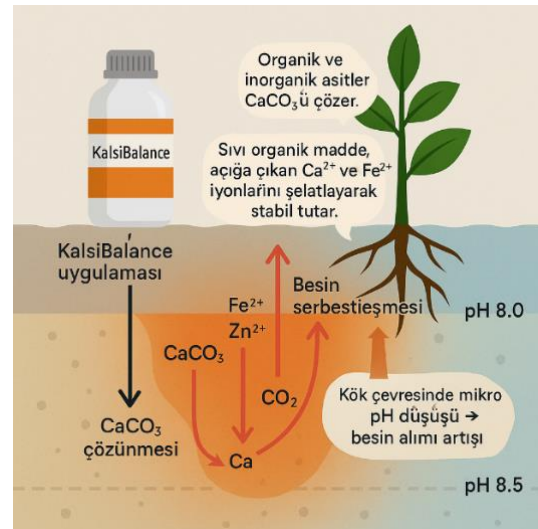
- Suda çözünmez (0 g/L): Toprak çözeltisine karışması mikrobiyal oksidasyona bağlıdır.
- Yavaş reaksiyon süreci: Etkili olabilmesi için haftalar hatta aylar gerekir.
- Çevresel koşullara bağımlı: Sıcaklık, nem ve mikrobiyal aktivite yeterli değilse etkinliği düşer.
- Uygulama zorlukları: Toprak yüzeyinde birikme, düzensiz pH düşüşleri ve fitotoksikite riskleri oluşabilir.

Buna karşılık KalsiBalance, kireçli topraklarda pH'yı hızlı bir şekilde dengeleyen, yüksek asidik ($pH < 2$) karakterli ve %10 organik madde içeren sıvı bir pH düzenleyici-ıslah çözümüdür. KalsiBalance'ın içeriğinde hem inorganik hem de organik asit iyonları bulunur. Bu kombinasyon, toprak çözeltisinde güçlü bir asitlik reaksiyonu oluşturur ve $CaCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$ gibi bazik bileşikler çözerek Ca^{2+} iyonlarının dengeye girmesini sağlar. Böylece hem pH düşer hem de kirecin toprakta oluşturduğu olumsuzluklar azaltılır.

Kükürte kıyasla KalsiBalance'ın üstünlükleri şunlardır:

- Anında çözünür: Sıvı formu sayesinde doğrudan etki eder; mikrobiyal oksidasyon beklenmez.
- Hızlı reaksiyon: Toprakta pH düşüşü saatler içinde başlar.
- Çift etki: Hem kimyasal (inorganik asit) hem de biyolojik (organik asit) bileşenlerle etki gösterir.
- Organik madde desteği: Toprak yapısını, geçirgenliği ve mikrobiyal aktiviteyi güçlendirir.
- Uygulama kolaylığı: Damla sulama, sprej veya yüzey uygulamalarıyla homojen dağılım sağlar.

Bu nedenle KalsiBalance, çözünmeyen ve geç reaksiyonlu elementel kükürte kıyasla çok daha hızlı, etkili ve kontrollü bir pH düzenleyicisidir. Modern tarım koşullarında, özellikle yüksek kireçli toprakların ıslahında, KalsiBalance, etkili pH düşüşü, yapısal iyileşme, kök gelişimi ve besin alımında artış sağlayarak geleneksel kükürt uygulamalarına üstün bir alternatif sunar.



3.2. SODYUM KÖKENLİ ALKALİLİK (SODİK TOPRAKLAR)

Sodik topraklar, hem yüksek pH hem de toprağın fiziksel yapısının bozulması nedeniyle en zorlu toprak sorunlarından biridir. Bu toprakların ıslahı, sadece kimyasal dengeyi sağlamayı değil, aynı zamanda toprağın fiziksel geçirgenliğini geri kazanmayı da gerektirir. Sodik topraklarda ıslahın amacı, KDK üzerindeki Na^+ iyonunu Ca^{2+} ile değiştirmek ve oluşan tuzu yıkamaktır.

3.2.1. Ayırıcı Tanı: Yüksek pH ve Sodyum Doygunluğu

Sodik topraklar, diğer yüksek pH sorunlarından iki kritik laboratuvar parametresiyle ayrılır:

- **Yüksek pH (>8.5):** Sodik toprakların pH değeri, genellikle 8.5'in üzerindedir ve 10.0'a kadar çıkabilir. Bu aşırı yükseklik, toprak çözeltisindeki Na^+ iyonlarının su ile reaksiyonundan kaynaklanan yüksek OH^- (hidroksil) konsantrasyonundan gelir.
- **Yüksek Değiştirilebilir Sodyum Yüzdesi (ESP>15):** Toprağın **Katyon Değişim Kompleksine (KDK)** bağlı olan Sodyum iyonlarının, toplam KDK'ya oranını ifade eder. Bir toprağın sodik olarak sınıflandırılması için, ESP değerinin **%15'ten yüksek** olması gerekir. Bu Na^+ fazlalığı, toprak parçacıklarının dağılmasının birincil nedenidir.
- **Düşük Elektriksel İletkenlik ($\text{EC}<4 \text{ dS/m}$):** Sodik topraklar genellikle tuzlu değildir. Yüksek tuzluluğun yokluğu, sodyumun dağıtıcı etkisini serbest bırakır ve fiziksel sorunların şiddetini artırır.

3.2.2. Sodyumun Fiziksel Etkileri: Kil Dispersiyonu

Sodyum (Na) iyonu, toprağın fiziksel yapısına kimyasal ve mekanik olarak zarar verir. Bu, sodik toprakların ıslah edilmesini zorlaştıran temel etkindir.

- **Kil Dispersiyonu (Dağılması):** Na^+ iyonları, diğer katyonlar ($\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$) gibi kil parçacıklarını birbirine bağlamak yerine, kil yüzeyine tek başına bağlanır. Na^+ 'ın büyük iyon çapı ve tek değerli (+1) yükü, kil parçacıklarının elektrostatik itmesini artırır ve kil kümelerinin **dağılmasına (dispersiyon)** yol açar.
- **Toprak Yapısının Bozulması:** Dağılan bu ince kil parçacıkları, topraktaki suyun ve havanın hareket ettiği büyük gözenekleri ve kanalları tıkar.
- **Hava ve Su Geçirgenliğinin Kaybı:** Tıkanma sonucunda toprak, suyu emme ve geçirme yeteneğini kaybeder.
 - **Islakken:** Toprak çamurlu ve geçirimsiz (su basmış) hale gelir.
 - **Kuruyken:** Sert, taş gibi bir tabaka (kabuk) oluşturur ve çatlaklar oluşur, bu da tohum çimlenmesini engeller.
- **Bitki Sağlığı:** Kötü havalanma, kök gelişimini kısıtlar, besin alımını bozar ve kök hastalıklarına karşı duyarlılığı artırır.



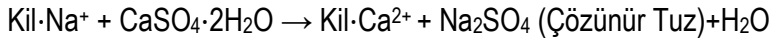
3.2.3. Islah Yöntemi: Jips (Alçıtaşı) Uygulaması

Sodik toprakların ıslahının temel prensibi, KDK üzerindeki zararlı Na^+ iyonlarını, toprağın fiziksel yapısını iyileştiren **Kalsiyum (Ca^{2+})** iyonlarıyla değiştirmektir.

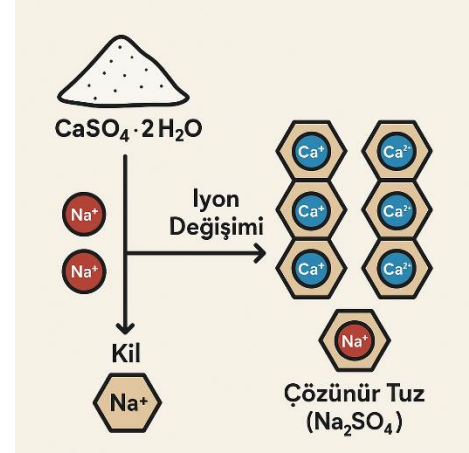
A. Kalsiyum İyonunun (Ca^{2+}) Sodyum İyonunu (Na^+) Çıkarma Reaksiyonu

Islah ajanı olarak genellikle **Jips (Alçıtaşı - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)** kullanılır, çünkü ucuz, bol bulunur ve suda çözünür bir Ca kaynağıdır.

1. İyon Değişimi: Jips çözündüğünde, toprağa bol miktarda Ca^{2+} iyonu sağlar. Ca^{2+} iyonu, Na^+ 'a göre 2 kat daha fazla yüke sahip olduğu için, kil yüzeyindeki Na^+ iyonlarının yerini hızla alır:



2. Fiziksel İyileşme: Kil kompleksi artık Ca^{2+} ile doyduğu için, kil parçacıkları yeniden birbirine yapışır (topaklanır/flokülasyon) ve toprak yapısı düzelmeye başlar.



B. Jips Alternatifleri ve Kullanım Koşulları

Jips, toprağa kalsiyum sağlamak için en ideal materyal olsa da, toprağın kendi kireç içeriği varsa farklı ajanlar kullanılabilir:

- **Elementel Kükürt (S):** Toprakta yeterli CaCO_3 (kireç) **varsa** kullanılır. Kükürt, *Thiobacillus* bakterileri tarafından sülfürik asit H_2SO_4 'e dönüştürülür. Bu asit, topraktaki kireci (CaCO_3) çözerek gerekli Ca^{2+} iyonlarını serbest bırakır.



- **Demir Sülfat / Alüminyum Sülfat:** Hızlı etki etmeleri ve asit oluşturmaları nedeniyle kullanılabilirler, ancak maliyetleri Jips veya elementel Kükürttten çok daha yüksektir.

3.2.4. Islahın En Kritik Aşaması: Drenaj ve Yıkama (Leaching)

İyon değişimi, sodik toprak ıslahının sadece ilk adımıdır. En kritik adım, yerinden çıkarılan Na tuzunun topraktan tamamen uzaklaştırılmasıdır.

- **Kritik Ön Koşul: Drenaj:** Sodik toprakların yapısı bozulduğu için su geçirgenliği yoktur. Jips uygulaması öncesinde veya hemen sonrasında, yer altı ve yer üstü drenaj sistemleri (drenaj kanalları) oluşturularak, topraktan süzülecek tuzlu suyun uzaklaşabileceği bir yol sağlanmalıdır. Drenaj olmazsa, Jips ile yer değiştiren Na tuzu toprağın yüzeyinde kalır ve ıslah başarısız olur.
- **Yıkama (Leaching):** Ca^{2+} ile yer değiştiren Na^+ iyonları, sülfat ile birleşerek suda çözünür bir tuz (Na_2SO_4) oluşturur. Bu tuz, kök bölgesinin altından **düşük EC'li temiz su** ile yıkanarak uzaklaştırılmalıdır. Yıkama suyunun miktarı, toprağın ESP seviyesine ve hedeflenen azalmaya göre hesaplanır.

C. OrganoPlantis Çözümü: NaFixKalsi

Na kökenli toprak problemlerine (Sodik veya Alkali) yönelik, kimyasal değişim ve yapısal iyileşmeyi birleştiren özel sıvı çözümdür.

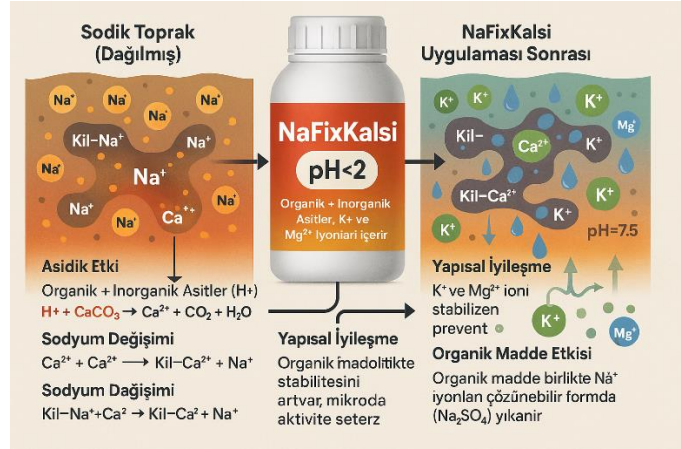
TOPRAK pH DENGESİZLİKLERİ

Asitlik, Kireçlilik, Sodiklik ve Tuzluluk Yönetimi ve Islahı
(Rıdvan KIZILKAYA – Rahila İSLAMZADE)



OrganoPlantis

- **Ürün Amacı:** ESP>15 ve pH>8.5 olan sodik/alkali topraklarda Na⁺ iyonlarını hızla yerinden etmek ve toprak yapısını iyileştirmek.
- **Kimyasal Yapı ve Mekanizma:**
 - **Yüksek Asidik Reaksiyon:** pH değeri 2'nin altındadır.
 - **İçerik:** %10 Organik Madde, asit reaksiyonlu iyonlar (inorganik/organik asitler) ve Kalsiyum (Ca), Potasyum (K) ve Magnezyum (Mg) iyonları içerir.



- **Islah Mekanizması:**
 1. **Na Değişimi:** Güçlü asitler, topraktaki mevcut CaCO₃'ü hızla çözerek ortama bol miktarda Ca²⁺ sağlar. Bu Ca²⁺ iyonları, KDK'daki Na⁺ iyonlarının yerini alır.
 2. **Yapı İyileşmesi:** K ve Mg iyonları, Ca ile birlikte kil parçacıklarını yeniden topaklayarak dağılmayı (dispersiyonu) önler. K ve Mg'nin varlığı, yıkama sonrası bu temel besinlerin noksanlığını önlemeye yardımcı olur.
 3. **Organik Madde Desteği:** Organik madde, ıslah sürecinde toprak yapısının stabilizasyonuna katkıda bulunur ve mikrobiyal ortamı canlandırır.
- **Avantajları:** Geleneksel jipse göre daha hızlı çözünme ve reaksiyon sağlar. Sıvı uygulama, ıslah materyalinin kök bölgesinde homojen dağıtımını ve yıkanma sürecini destekler.

Jips (CaSO₄•2H₂O) ve NaFixKalsi Etkinlik Karşılaştırması

Sodik ve alkali toprakların ıslahında en yaygın kullanılan materyallerden biri **kalsiyum sülfat dihidrat (CaSO₄•2H₂O)**, yani **jipstir**. Jips, toprakta bulunan **Na⁺ iyonlarını yerinden çıkararak Ca²⁺ iyonlarıyla değişim** sağlar ve böylece **sodyumun yıkanmasını** mümkün kılar. Ancak, jipsin **suda çözünürlüğü oldukça düşüktür (yaklaşık 2.63 g/L, 25 °C)**. Bu nedenle toprak çözeltisine karışması, reaksiyon hızının yavaş olması ve etkisinin yüzeyle sınırlı kalması sık rastlanan sorunlardır.

Ayrıca, jips uygulamalarında karşılaşılan temel sınırlamalar şunlardır:

- **Düşük çözünürlük:** Suda sınırlı çözünebildiği için Ca²⁺ iyonlarını yeterli miktarda serbest bırakamaz.
- **Zaman alıcı etki:** Tam nötralizasyon ve Na değişimi haftalar hatta aylar sürebilir.
- **Uygulama zorluğu:** Toz formu nedeniyle homojen dağılım zordur; toprağa karıştırma ve yüksek doz gerektirir.
- **Kök bölgesine ulaşmama:** Sodyum değişimi çoğunlukla yüzey katmanlarında gerçekleşir; derin horizonlarda etkinlik düşüktür.
- **Sınırlı yapısal iyileşme:** Sadece kimyasal değişim sağlar; fiziksel topaklanmayı tek başına desteklemez.

Buna karşılık **NaFixKalsi**, sodik ve alkali topraklarda **kimyasal değişim ile yapısal iyileşmeyi bir arada sağlayan, yüksek asidik (pH < 2) karakterli özel bir sıvı ıslah çözümüdür.**

NaFixKalsi'nin bileşimi ve etki mekanizması jipsin eksik kaldığı noktalarda güçlü avantajlar sunar:

- **Zengin içerik:** %10 organik madde, güçlü asit reaksiyonlu iyonlar (inorganik + organik asitler) ve Ca, K, Mg iyonları içerir.
- **Anında çözünür:** Sıvı formu sayesinde tamamen çözünür; toprak çözeltisine karışır ve doğrudan etki eder.
- **Hızlı Na değişimi:** Asit iyonları, topraktaki CaCO_3 'ü çözer ve ortamda bol miktarda Ca^{2+} serbest kalır. Bu Ca^{2+} , KDK'daki Na^+ iyonlarını hızla yerinden çıkarır.
- **Yapı iyileşmesi:** K ve Mg iyonları, Ca ile birlikte kil parçacıklarını yeniden topaklaştırır, **dispersiyonu önler** ve geçirgenliği artırır.
- **Organik madde desteği:** Toprağın mikrobiyal yaşamını aktive eder, toprak stabilitesini güçlendirir ve uzun vadeli ıslah sağlar.
- **Uygulama kolaylığı:** Damla sulama veya yıkama suyuyla doğrudan uygulanabilir; homojen ve kontrollü pH düşüşü sağlar.

Bu nedenle **NaFixKalsi**, çözünürlüğü düşük ve yavaş etkili jips materyallerine kıyasla **çok daha hızlı, etkili ve kapsamlı bir pH–sodyum düzenleyicisidir.**

Modern tarımda, özellikle **ESP > 15** ve **pH > 8.5** olan sodik–alkali topraklarda, **NaFixKalsi**;

- anında Ca^{2+} serbestleşimi,
 - Na^+ iyonlarının hızla uzaklaştırılması,
 - yapısal yeniden topaklanma,
 - mikrobiyal aktivasyon
- gibi çok yönlü etkilerle **hem kimyasal hem biyolojik ıslahı aynı anda gerçekleştirir.**

Jips vs. NaFixKalsi Karşılaştırması

Özellik	Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	NaFixKalsi
Çözünürlük	2.63 g/L (25 °C) – düşük	Tamamen çözünür (sıvı form)
Etkileme süresi	Haftalar–aylar	Dakikalar–saatler
Etki alanı	Yüzeyle sınırlı	Kök bölgesinde homojen
İçerik	Sadece Ca ve SO_4	Ca, K, Mg + organik asit + %10 organik madde
Yapı iyileştirme	Zayıf (kimyasal etki)	Güçlü (kimyasal + fiziksel + biyolojik)
Uygulama şekli	Katı, karıştırma gerekir	Sıvı, damla sulama ile uygulanabilir
Sonuç	Yavaş, kısmi ıslah	Hızlı, kalıcı ıslah

TOPRAK pH DENGESİZLİKLERİ
Asitlik, Kireçlilik, Sodiklik ve Tuzluluk Yönetimi ve İslahı
(Rıdvan KIZILKAYA – Rahila İSLAMZADE)



Sonuç olarak:

NaFixKalsi, düşük çözünürlüklü jipsin sınırlamalarını ortadan kaldırarak, **sodyumun kimyasal olarak yer değiştirilmesini, toprak yapısının fiziksel olarak iyileştirilmesini ve biyolojik olarak canlandırılmasını** aynı anda sağlar.

Bu özellikleriyle, **sodik ve alkali toprak ıslahında yeni nesil sıvı çözümler arasında en etkili seçeneklerden biridir.**

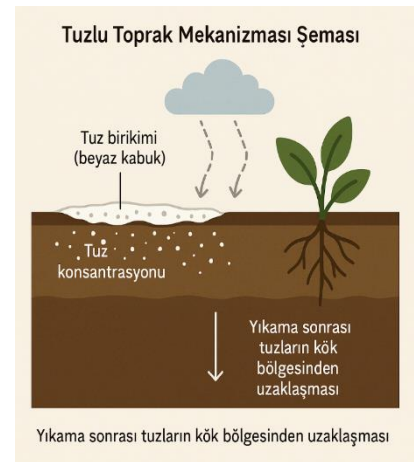


3.3. TUZLULUK (SALİN TOPRAKLAR)

Tuzlu (Salin) topraklar, kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağış, yüksek buharlaşma ve uygunsuz sulama uygulamaları sonucu toprak çözeltisinde yüksek miktarda çözünür tuzların birikimiyle karakterize edilir. Bu durum doğrudan iyon toksisitesinden çok, fizyolojik kuraklık (osmotik stres) ve besin alım dengesizlikleri yoluyla bitki gelişimini sınırlar.

3.3.1. Teşhis ve Sınıflandırma: Elektriksel İletkenlik (EC)

Tuzluluk, pH'tan çok çözünür tuz konsantrasyonu ile değerlendirilir. Çözeltideki iyonlar elektrik akımını ilettiğinden, Elektriksel İletkenlik (EC) değeri tuzluluğun temel göstergesidir.



EC (dS/m, 25°C)	Tuzluluk Sınıfı	Bitki Tepkisi	Mikrobiyal Tepki
0 – 1.0	Tuzsuz	Verim kısıtlaması yok	Normal mikrobiyal aktivite
1.0 – 1.7	Çok hafif tuzlu	Duyarlı bitkilerde hafif stres	Nitrifikasyon/denitrifikasyon etkilenir
1.7 – 3.2	Hafif tuzlu	Çoğu bitkide verim azalır	Solunum ve amonifikasyon baskılanır
3.2 – 6.0	Orta tuzlu	Yalnızca toleranslı türler verim verir	Tuz toleranslı mantar ve aktinomisetler baskın
> 6.0	Şiddetli tuzlu	Sadece çok toleranslı bitkiler gelişebilir	Halofilik mikroorganizmalar etkin

◆ **Ölçüm Notları:** EC ölçümleri 25 °C'de yapılmalıdır; sıcaklık her +1 °C artışta ~%2 yükselme etkisi yapar.

- 1 dS/m = 1 mmhos/cm = 1000 µS/cm.
- EC değeri yaklaşık olarak toplam çözünmüş tuz (TDS) ve ozmotik basınç (OP) ile ilişkilendirilebilir:
 - TDS (mg/L) $\approx 640 \times \text{EC (dS/m)}$
 - OP (kPa, 25 °C) $\approx 0.36 \times \text{EC (dS/m)}$

◆ **pH Aralığı:** Tuzlu topraklarda genellikle pH < 8.5 olup, sodik topraklardaki kadar alkalilik görülmez.

◆ **Baskın iyonlar:** Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ ve Mg²⁺dur.



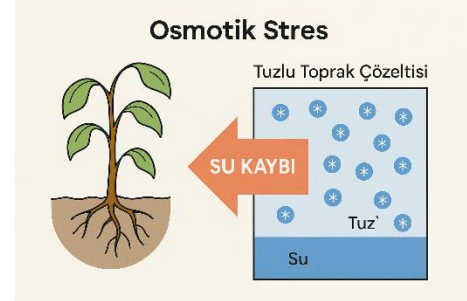
3.3.2. Tuzluluğun Bitki Üzerindeki Etkileri

❖ 1. Osmotik Stres (Fizyolojik Kuraklık)

Artan tuz konsantrasyonu, toprak çözeltisinin su potansiyelini düşürür. Bu durumda bitki kökü, topraktan su çekmek yerine su kaybetmeye başlar.

Sonuçlar:

- Yaprak uçlarında yanma ve solgunluk,
- Fotosentez yavaşlaması,
- Erken yaşlanma ve düşük verim.



🌱 2. Çimlenmenin Baskılanması

Yüksek tuzluluk, tohum imbibisyonunu (su alımını) engeller. Özellikle fasulye, mercimek, soğan gibi hassas türlerde çıkış oranı ciddi biçimde düşer.

⚡ 3. İyon Toksisiteleri

Na^+ ve Cl^- iyonlarının aşırı birikimi, hücre içi iyon dengesini bozar; Ca^{2+} ve K^+ alımı engellenir, yaprak kenarlarında nekroz (yanıklık) görülür.

Bazı durumlarda **Bor toksisitesi** de eşlik edebilir.

3.3.3. Islah ve Yönetim Yaklaşımları: Yıkama (Leaching)

Tuzlu toprakların ıslahı, kimyasal reaksiyondan çok **fiziksel uzaklaştırma (yıkama)** işlemine dayanır. Amaç, çözünür tuzları kök bölgesinin altına taşıyıp ortamdan uzaklaştırmaktır.

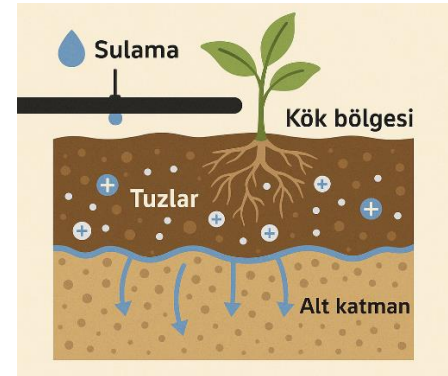
◆ A. Kritik Ön Koşul: Drenajın Sağlanması

Etkili yıkama için yüzey ve yeraltı drenaj sistemlerinin çalışır durumda olması gerekir.

Drenaj eksikliği, tuzlu suyun yüzeyde buharlaşmasına ve **tuz kabukları (effloresans)** oluşmasına yol açar.

🌱 B. Yıkama Suyu Miktarı ve Kalitesi

- **Yıkama Fraksiyonu (LF):** Topraktaki tuzların %80'ini uzaklaştırmak için kök bölgesinin her 30 cm derinliği için ~30 cm ($\approx 3000 \text{ m}^3/\text{ha}$) temiz su gerekir.
- **Su Kalitesi:** Kullanılan yıkama suyunun $\text{EC} < 1 \text{ dS/m}$ olması gerekir; aksi takdirde tuzluluk daha da artar.
- **Yıkama Fraksiyonu (LF):** Topraktaki tuzların %80'ini uzaklaştırmak için kök bölgesinin her 30 cm derinliği için ~30 cm ($\approx 3000 \text{ m}^3/\text{ha}$) temiz su gerekir.
- **Su Kalitesi:** Kullanılan yıkama suyunun $\text{EC} < 1 \text{ dS/m}$ olması gerekir; aksi takdirde tuzluluk daha da artar.



C. Uyum Stratejileri: Bitki Seçimi ve Sulama Yönetimi

1. Bitki Tuz Toleransı

Bitki Türü	Tolerans Sınıfı	Eşik EC (dS/m)
Arpa	Toleranslı	< 4.0
Buğday	Orta-Toleranslı	< 2,5
Yulaf	Orta-Toleranslı	< 2,5
Çavdar	Toleranslı	< 4.0
Mısır	Orta-Hassas	< 1.4
Çeltik	Hassas	< 0.9
Domates	Orta-Hassas	< 1.4
Salatalık	Orta-Hassas	< 1.4
Lahana	Orta-Hassas	< 1.4
Çilek	Hassas	< 0.9
Pamuk	Toleranslı	< 4.0
Asma	Orta-Hassas	< 1.4
Patates	Orta-Hassas	< 1.4
Soğan	Hassas	< 0.9
Şeker pancarı	Toleranslı	> 4.0
Elma	Hassas	< 0.9
Armut	Hassas	< 0.9

2. Sulama Yönetimi

- **Derin ve seyrek sulama:** Tuzun yüzeyde birikmesini azaltır.
- **Damla sulama:** Kök bölgesinde “temiz su bölgesi” oluşturur.
- **Yüzey sulamada:** Her sulamada yıkama fraksiyonu dikkate alınmalıdır.

3.3.4. Özet: Tuzlu Toprak Yönetiminde Temel İlkeler

- EC ölçümüyle tuz yoğunluğu belirlenir.
- Drenaj sistemi sağlanmadan yıkama etkili olmaz.
- Yıkama suyu miktarı, kök derinliği ve tuz yoğunluğuna göre hesaplanır.
- Gerekirse tuza dayanıklı bitkilerle geçici üretim sürdürülür.
- Sulama suyu kalitesi ve EC düzenli kontrol edilir.
- Organik madde uygulamaları ve yüzey malçları, buharlaşmayı azaltarak tuz birikimini önler.

◆ Genel Sonuç

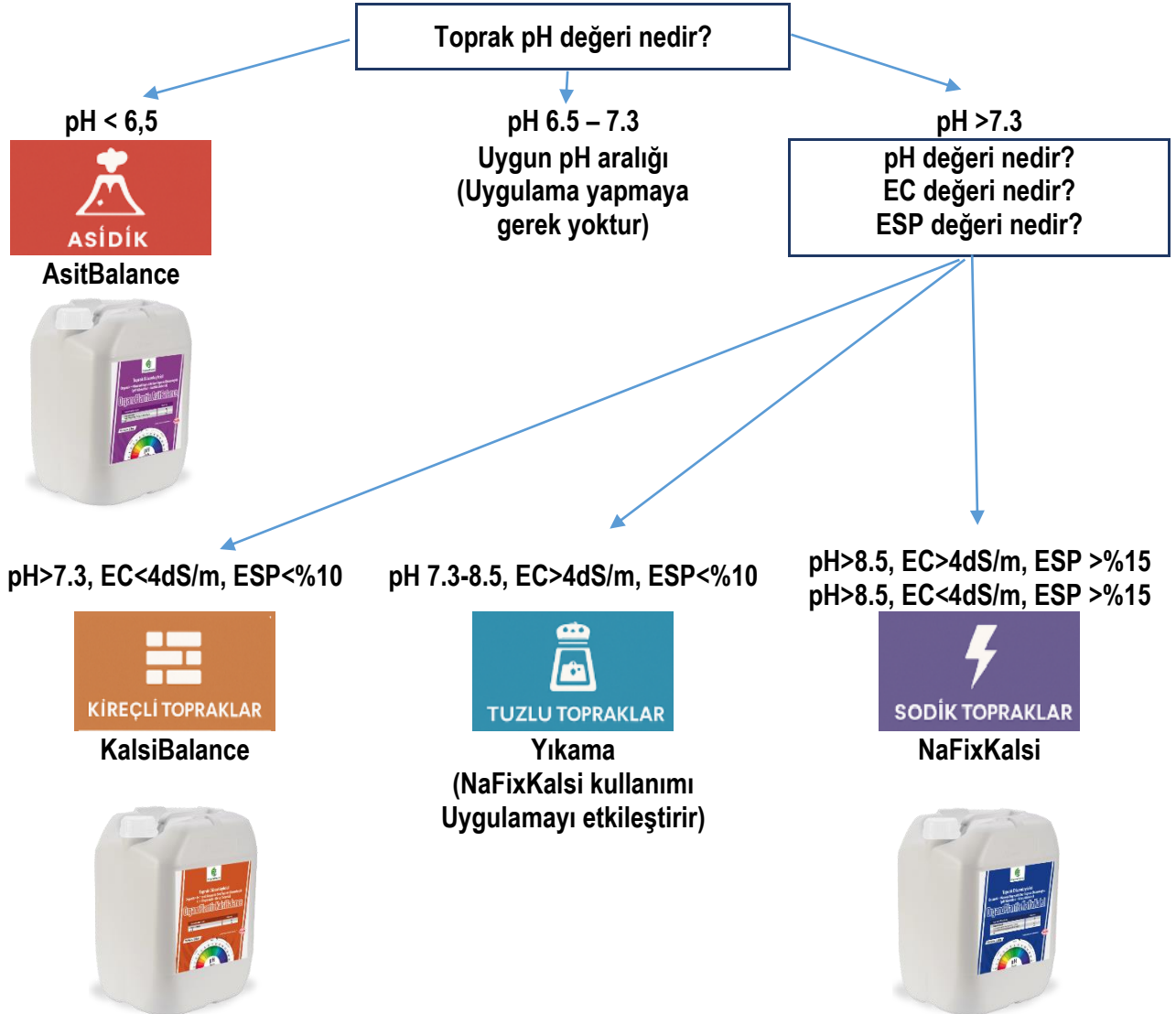
Tuzlu toprakların yönetimi, **fizyolojik (osmotik stres)**, **kimyasal (iyon dengesi)** ve **hidrolik (drenaj ve yıkama)** süreçlerin bütünsel kontrolünü gerektirir. Uygun drenaj, kaliteli sulama suyu ve doğru bitki seçimi, salin toprakların kalıcı olarak ıslahında temel bileşenlerdir

4.

PRATİK UYGULAMA VE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Bir toprak analiz raporunda yer alan pH, CaCO_3 , EC (Elektriksel İletkenlik) ve ESP (Değiştirilebilir Sodyum Yüzdesi) değerleri, toprağın kimyasal sağlığını tanımlayan dört temel parametredir. Bu parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, toprağın **Asitlik**, **Kireçlilik**, **Tuzluluk** veya **Sodiklik** kaynaklı dengesizliklerini kesin biçimde teşhis etmeyi sağlar.

Tanı Algoritması: Dört Ana Sorunun Ayrımı ve OrganoPlantis Çözüm Eşleştirmesi





5.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Toprak, yalnızca bitki yetiştirme ortamı değil, canlı bir sistemdir. Bu sistemin kimyasal, fiziksel ve biyolojik dengesinin korunması, sürdürülebilir tarımın temel şartıdır.

Bu el kitabında, toprak analizlerinin doğru yorumlanması, sorunların (asidik, sodik, tuzlu, kireçli) bilimsel temelde teşhisi ve bu sorunlara yönelik hızlı, sıvı çözümlerle yönetim stratejileri ele alınmıştır.

Özellikle **NaFixKalsi**, **KalsiBalance** ve **AsitBalance** gibi yenilikçi ürünlerin;

- **Klasik materyallere kıyasla daha yüksek çözünürlükte,**
- **Daha hızlı reaksiyon gösteren,**
- **Organik madde katkılı ve çevreyle uyumlu olması,**

toprak ıslahını yeni bir boyuta taşımaktadır.

Her toprak farklı bir hikâyeye sahiptir. Bu nedenle, doğru analiz–doğru teşhis–doğru uygulama zincirinin tamamlanması, yalnızca ürün verimini değil, toprağın uzun vadeli sağlığını da garanti altına alır.

OrganoPlantis olarak, “toprağın kimyasına değil, yaşamına dokunan” çözümler geliştirmeye devam ediyoruz.

Toprağa değer katmak, geleceğe değer katmaktır.

Organomineral Toprak pH Düzenleyicileri



Organik ve İnorganik
Katyonlar ile
Zenginleştirilmiş

%10 Organik Madde





Prof. Dr. Rıdvan Kızılkaya, 1973 yılında Merzifon'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini aynı şehirde tamamlamıştır. 1989 yılında girdiği Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden mezun olduktan sonra, Ankara Üniversitesinde 1995 yılında yüksek lisansını, 1998 yılında ise doktorasını tamamlamıştır.

1999 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesine Yardımcı Doçent olarak atanmış, 2010 yılında Doçent, 2016 yılında ise Profesör unvanını almıştır. Halen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Prof. Kızılkaya'nın 5'i uluslararası yayınevleri (Springer vb.) tarafından basılmış olmak üzere 7 kitabı, 88'i SCOPUS-WOS tarafından taranan dergilerde yayımlanmış olmak üzere 250'nin üzerinde bilimsel makalesi bulunmaktadır. Scopus h-indeksi 23, WOS h-indeksi 19'dur.

Ayrıca 3 Avrupa Birliği projesi, 4 TÜBİTAK projesi yürütmüş; 3 TÜBİTAK-TEYDEP üniversite-sanayi iş birliği projesinde danışmanlık yapmış ve toplamda 26 bilimsel araştırma projesinde yürütücü, danışman veya araştırmacı olarak görev almıştır. Stanford Üniversitesi ve Elsevier iş birliğiyle hazırlanan "Dünyanın En Etkili Bilim İnsanları Listesi"nde son üç yıldır tüm kategorilerde (Yıllık Etki ve Kariyer Boyu Etki) yer almayı başarmıştır.

Akademik çalışmalarının yanı sıra, Ar-Ge ve girişimcilik alanlarında da öncüdür. 2015 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsünde Agrobigen Ar-Ge firmasını, 2019 yılında Ar-Ge sonuçlarını ticarileştirdiği Ecobigen markasını kurmuş ve gübre üretimine başlamıştır. Ardından uluslararası ticaret faaliyetlerini yürütmek üzere AgroViva Global ve AgroViva Kamerun firmalarını faaliyete geçirmiştir. 2025 yılında ise Ar-Ge tabanlı, çevre dostu yeni nesil organik ve organomineral gübrelerin üretimi için OrganoPlantis firmasını Azerbaycan'da kurmuştur.



Dr. Rahila İslamzade, 1991 yılında Bakü'de doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Abşeron bölgesindeki Mehdiabad kasabasında tamamlamıştır. 2008 yılında girdiği Azerbaycan Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi'nin Meliorasyon, Rekültivasyon ve Toprakların Korunması bölümünden mezun olmuştur.

2015 yılında Sumgayıt Devlet Üniversitesinde yüksek lisansını, 2023 yılında ise Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesinde "Agrokimya" alanında, gübreleme üzerine yaptığı çalışmayla doktorasını tamamlamıştır.

2015–2023 yılları arasında Ekincilik Araştırma Enstitüsünde, 2023–2025 yılları arasında ise Toprak Bilimi ve Agrokimya Araştırma Enstitüsünde araştırmacı olarak görev yapmıştır. 2025 yılından itibaren Sumgayıt Devlet Üniversitesinde Baş Öğretim Görevlisi olarak uzmanlık alanına ilişkin dersler vermekte; ayrıca Azerbaycan Devlet Petrol ve Sanayi Üniversitesinde öğretim üyesi olarak akademik çalışmalarına devam etmektedir.

Dr. İslamzade'nin 10'u Scopus tarafından taranan dergilerde yayımlanmış olmak üzere 25 bilimsel makalesi bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ulusal ve uluslararası kongre ve sempozyumlarda çok sayıda bildirisi sunulmuş, çeşitli araştırma projelerinde görev almıştır.

Akademik çalışmalarının yanı sıra 2025 yılında faaliyete geçen OrganoPlantis firmasının Direktörü olarak görev yapmakta, organik ve organomineral gübre üretimi konularında araştırma ve uygulama faaliyetlerini sürdürmektedir.

