

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

TARIM

TOPRAKSIZ TARIM

Ankara, 2017

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ - 1	2
1. TOPRAKSIZ TARIMA HAZIRLIK	2
1.1. Topraksız Bitki Yetiştirme Ortamları	5
1.1.1. Yetiştirme Ortamlarının Fiziki Özellikleri	6
1.1.2. Yetiştirme Ortamında Havalandırma.....	9
1.1.3. Yetiştirme Ortamının Reaksiyonu (pH).....	11
1.1.4. Tuzluluk.....	13
1.2. Bitki Yetiştirme Ortamında Kullanılan Organik Materyaller	14
1.2.1. Organik Materyaller.....	15
1.2.2. İnorganik Materyaller	23
1.3. Yetiştirme Ortamının Dezenfeksiyonu	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	37
ÖĞRENME FAALİYETİ – 2	38
2. TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMLERİ	38
2.1. Su (Hidroponik/Solüsyon) Kültürü.....	39
2.1.1. Akan Su Kültürü (NFT).....	39
2.1.2. Modifiye NFT	40
2.1.3. Aeroponik (Besin Eriyiği Sisi) Sistem.....	42
2.2. Katı Ortam (Agregat/Substrat) Kültürü	43
2.2.1. Kanal (Yatak) Kültürü	45
2.2.2. Torba Kültürü	47
2.2.3. Kaya Yünü Kültürü.....	50
2.2.4. Kum Kültürü.....	51
2.2.5. Perlit Kültürü	52
2.3. Topraksız Tarım Sistemlerinde Bitki Besleme	53
2.3.1. Besin Çözeltilisinin Hazırlanması.....	53
2.3.2. Besin Çözeltilisinin Uygulanması (Sulamanın Düzenlenmesi).....	59
2.3.3. Beslenme Bozuklukları.....	63
DEĞERLER ETKİNLİĞİ - 2	66
ETKİNLİĞİ - 1	66
UYGULAMA FAALİYETİ	67
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	68
MODÜL DEĞERLENDİRME	69
CEVAP ANAHTARLARI.....	71
KAYNAKÇA.....	72

GİRİŞ

Sevgili Öğrencimiz,

Ülkemizde hızlı nüfus artışına bağlı olarak tarım ürünlerine talep artmakta, buna bağlı olarak da tarım topraklarının verimliliği artırılmak istenmektedir.

Yoğun ve bilinçsiz kullanılan kimyasal gübre ve diğer kimyasallar ve düzensiz sulamanın etkisiyle kısa zamanda fark edilemeyen tuzluluk ortaya çıkmaktadır. Strüktür bozulması, toprakta biyolojik aktivitenin azalması, dolayısıyla ülkemiz topraklarının çoraklaşması, giderek verimsizleşmesi gibi ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu sıkıntıları ortadan kaldırmak amacıyla örgütlenen tarımla uğraşan ve doğayı korumayı düşünen sivil toplum kuruluşları, doğayı tahrip etmeyen yöntemlerle üretilen ve insanlarda yan etkiye sebep olmayan tarımsal ürünleri tercih etmeye başlamışlardır. Bu amaçla yeni bir üretim tarzı olan, toprağa bağlı kalınmadan yapılan yetiştiricilik ortaya çıkmıştır.

Topraksız tarım, bitkilerin toprak kullanılmadan, gereksinim duydukları besin maddelerinin organik ya da inorganik katı yetiştirme ortamlarına verilerek kontrollü sera şartlarında yetiştirilmesidir. Bu bağlamda bitki, toprağın içinde su ve besin maddesine ulaşmak için harcayacağı enerjiyi gövdesinin gelişimi ya da meyvesinin üretimi için kullanmaktadır.

Bu materyal ile topraksız ortamda nasıl bitki yetiştirileceğini öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

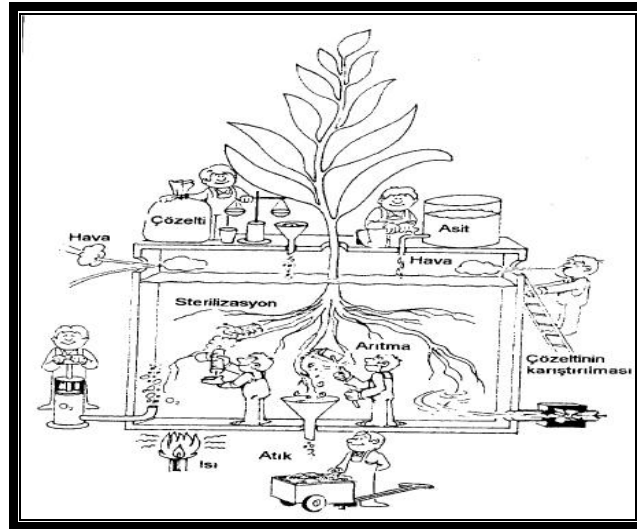
İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak ve literatürü tarayarak topraksız tarım hazırlığı yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Topraksız tarımın ülkemizdeki durumunu araştırarak bilgi toplayınız.
- Topraksız tarım, en çok hangi bitkilerde uygulanmaktadır, araştırınız.
- Topraksız tarımda kullanılan materyallerin nasıl temin edileceğini araştırınız.

1. TOPRAKSIZ TARIMA HAZIRLIK

İçinde toprak bulunmayan her türlü yetiştirme ortamında bitki yetiştirilmesine genel anlamda **topraksız tarım** adı verilir. Bu yetiştirme tekniğinde bitki yetiştirme ortamı olarak yalnızca besin çözeltileri kullanıldığı gibi çeşitli organik ve inorganik katı materyallerden de yararlanılır. Topraksız tarımın amacı; bitkilerin gelişmesini besin solüsyonu yardımıyla sağlamak, bitkilerin besin maddesi ve su gereksinimlerini stres oluşturmaktan korumak ve bunu en ekonomik bir şekilde gerçekleştirmektir. Topraksız tarım aslında örtü altı (özellikle seralarda) yetiştiricilikte uygulanan, ancak son zamanlarda açıkta da kullanılmaya başlanan bir yetiştiricilik yöntemidir.



Şekil 1.1: Topraksız tarımın şematik görünümü

Araştırmalar, topraksız ortamda yetiştirilen domates meyvelerinin en az toprakta yetiştirilenler kadar kaliteli olduğunu göstermiştir. Bu sistemin yerleştirilip yaygınlaştırılması ile tarıma elverişli olmayan taşlık, kayalık, tuzlu ve çorak alanlar ile taban suyu yüksek olan bölgelerde de başarılı seracılık yapılabilir.

Topraksız kültür kullanılarak değişik ürünler yetiştirilebilir. Bununla birlikte pazar değeri yüksek bitkilerin seçilmesinde fayda vardır.

Topraksız tarım uygulamalarının temel nedenleri şunlardır:

- **Toprak kaybı:** Hızlı nüfus artışında nüfusun besin ihtiya ının karşılanması için tarım yapılacak topraklar yetersiz kalabilir. Normal tarım topraklarının bulunmadığı, çöllerin h kim olduğu ülkelerde ve ülkemizdeki meyilli-taşlı arazilerde teraslama yöntemini kullanarak taşıma toprakla tarım yapmaya çalışılan yerler vardır. Erozyon,  oraklaşma, tarım topraklarının yerleşim ve turizm alanlarına ayrılması toprak kaybını daha da artırmaktadır.
- **Toprak yorgunluğu:** Seralarda aynı ürünün arka arkaya uzun yıllar yetiştirilmesi toprak yorgunluğuna neden olmaktadır. Bu da toprak verimliliğini düşürmektedir. Toprak yorgunluğu, toprak ve yetiştirilecek üründe değişiklik, yani ekim nöbeti uygulaması ile giderilecektir. Ancak bu tür uygulamalar üreticiler için fazla pratik olmadığı gibi ekonomik değildir. Üstelik modern tarımda alınan tüm önlemlere rağmen verim ve kalitede istenilen boyutta artış sağlanamamıştır.
- **Hastalık, zararlı ve yabancı ot sorunu:** Yoğun tarımın yapıldığı ve sürekli aynı ürünün yetiştirildiği yerlerde bağışıklık kazanan hastalık, zararlı ve yabancı otlar büyük sorun olmaktadır. Modern tarımda ilaçlı mücadele yapılarak sorun ortadan kaldırılmaya çalışılsa da tam bir kontrol sağlanamamaktadır.
- **Aşırı gübre ve su tüketimi:** Topraklı tarım yapılan alanlar ve özellikle seralarda bitkilerden daha çok verim ve kalite elde etmek için aşırı gübre kullanılmaktadır. Bu durum ileride gübre açığına ve çevrede kirletici etkilere neden olmaktadır. Topraklı tarım yapılan alanlarda, verilen suyun bitkilerce kullanılan miktarını saptamakta güçlük çekilmektedir. Suyun toprağın derinliklerine sızması, toprak ve bitkiden buharlaşma ile kaybolması sonucu bitkileri sulamak için kullanılan su topraksız tarımda kullanılanın 4-5 katı olabilmektedir.
- **Enerji ve iş gücü tasarrufu:** Topraklı tarımdaki tüm kültürel uygulamalar için iş gücü gereklidir. Toprağın işlenmesi, ekim dikime hazırlanması, çapalanması, sulamaya elverişli hâle getirilmesi, sterilizasyonu, bitkilerin gübrenmesi, yabancı ot kontrolü gibi işlemler nedeniyle iş gücü ihtiya ı oldukça fazladır. Başta traktör ve bağlantı ekipmanları olmak üzere birçok alet ve ekipmanın çalıştırılması için bir hayli enerjiye ihtiyaç bulunmaktadır.

Topraksız tarımın başlıca yararları şunlardır:

- Verimli toprak gerektirmediği için verimsiz toprak değerlendirilir.

- Ürünlerin besin değeri ve pH dengesi kolaylıkla sağlanır. Besin solüsyonu uygulamalarının kontrollü bir şekilde yapılmasıyla optimum düzeyde makro ve mikro elementlerin dengelenmesi sağlanır.
- Kontrollü yetiştiricilikle steril edilen substratların tekrar kullanılması sağlamaktadır. Böylece ürün rotasyonuna gerek kalmaz.
- Kök sisteminin iyi havalanması sağlanarak daha az kök hastalıklarına maruz kalınır.
- Topraklı tarıma göre daha az alan ve su gerektirir. Kapalı sistem ile suyun tekrar kullanımı mümkündür. Böylece daha az su ve gübre kullanımı sağlanırken çevre kirliliği de önlenmiş olur.
- Enerji ve işgücü tasarrufu sağlanmaktadır.
- Daha iyi meyve kalitesi sağlanarak görüntüsüyle de ürün tüketicileri cezbeder. Topraksız üründe böcek izlerinin olmaması da güvenilir ve yüksek ticari ürün kalitesi sağlamaktadır (irilik, homojenite, sertlik, renk, parlaklık ve temiz meyve eldesi).
- Yüksek iç kalite sağlanır (şeker, vitamin, mineral, kuru madde içeriği).
- Yüksek üretim/gelir elde edilmektedir. Birim alana dikilen bitki sayısı ve dolayısıyla birim alandan elde edilen verim de artmaktadır.
- Uzun yetiştiricilik dönemi ile yıl boyu üretim mümkün olmaktadır.
- Kontrollü yetiştiricilik olması dolayısıyla erkencilik sağlamaktadır.
- Daha fazla satılma imkânının yanı sıra satış alanı yüksektir.
- Endüstrilerin gelişmesini sağlar.
- Tarımsal ilaçların kullanımı daha azdır.
- Bitkiler kontrollü bir şekilde beslenir.
- Çiçeklenme kontrol edilebilir.
- Birim alanda bitki sıklığı fazladır.
- Sulama kolaylaşır bitki su stresi yaşamaz.
- Ekim nöbetine gerek kalmaz.
- Önceki ürün hasadı ile sonraki ürün hasadı arasındaki süre kısalmaktadır.

Faydaların yanında topraksız tarımın bazı önemli yönleri de bulunmaktadır, bunlar:

- İlk tesis, yoğun sermaye ve başlangıç masraflarının (sera, sulama, bilgisayar işletimi vb.) yüksek olmasıdır.
- Kalifiye eleman bulunamamasıdır.
- Yeni ve yabancı teknolojinin bilinmezliği; üreticiler için yeni bir teknoloji risk taşıyor ve hata yapma ihtimali yüksektir.
- Hassas ve zaman alıcı bir üretim sistemidir. Sistemin sürekli izlenmesi gerekir. İzlemeye ara verilmesi hata riskini artırır.
- Tüketicide kötü mal algısı yaratabilir. Bazı kimyasalların kullanımı tüketicinin üretilen mala ön yargılı bakmasına sebep olabilir.
- Yüksek maliyetli enerji kullanımı; seraların ısıtılması için jeotermal enerjinin olmadığı yerlerde maliyeti yüksek enerjiler kullanılır.

- Topraksız yetiştiricilik bütün bitkilerin üretimi için uygun değildir. Birçok bitki yetiştirilebilmesine rağmen patates ve havuç gibi kök bitkiler için uygun değildir.
- Kullanılan katı malzeme çevreye kirlilik yaratabilir.
- Kullanılan besin çözeltileri ve plastikler çevreye zarar verir.
- Hastalık etkenleri hızlı yayılır.

1.1. Topraksız Bitki Yetiştirme Ortamları

Topraklı yapılan yetiştiricilikte en önemli avantaj yetiştirme ortamının azot, fosfor, potasyum ve diğer mikro elementleri içermesidir. Ancak sıvı gübreleme yapılan ortam için bu özellik avantaj sayılamaz.

Toprak içeren yetiştirme ortamının olumsuz yönleri şunlardır:

- Toprağın istenilen miktar ve özellikte sürekli olarak bulunması zordur.
- Çeşitli hastalık, zararlı ve yabancı otlarla bulaşık olabileceğinden sterilizasyon yapılmadan kullanılmaz. Sterilizasyon maliyet açısından pahalı ve oldukça zahmetli bir iştir.
- Toprak içeren karışımlar daha ağır ve masraflıdır.

Topraksız yetiştirme ortamının avantajları ise şunlardır:

- Yetiştirme ortamında kullanılan çeşitli materyaller homojen olarak sağlanabilir.
- Yetiştirme ortamı olarak kullanılacak pek çok materyal (perlit, vermikülüt vb.) sterilizasyona gerek göstermez.
- Yetiştirme ortamları genellikle daha hafif ve taşınmaları kolaydır.
- Karışıma katılan materyallerin besin maddesi içeriği düşüktür. Böylece beslenme programlarının daha kolay düzenlenmesine olanak sağlar.
- Topraksız yetiştirme ortamının en önemli dezavantajı sıvı gübreye fazla bağımlılık ve tamponluk kapasitesinin yetersiz oluşudur. Bu nedenle yetiştirme ortamının dikkatli ve sürekli kontrol edilmesi gerekir. Kök ortamının pH, tuzluluk ve besin maddesi dengesi çabuk bozulur. Bunların kontrolü bilgi birikimi ve deneyim gerektirir.

Topraksız tarımda ideal bir yetiştirme ortamında bulunması gereken özellikler şunlardır:

- Bitkinin kök sisteminin yeteri kadar havalanması sağlanmalıdır.
- Yeterli su tutma kapasitesine sahip olmalıdır.
- Strüktür özelliğini uzun süre koruyabilmelidir.
- Yabancı ot tohumu, hastalık ve zararlılardan arındırılmış olmalıdır.
- Bitkilere zehir etkisi yapacak herhangi bir madde içermemelidir.
- Bitkilere destek ve kararlılık sağlamalıdır.
- Temini kolay ve maliyeti ucuz olmalıdır.

1.1.1. Yetiştirme Ortamlarının Fiziki Özellikleri

Bitki yetiştirme ortamının hazırlanmasında dikkate alınacak en önemli fiziki parametreler şunlardır:

- Toplam porozite
- Hava kapasitesi
- Kolay yararlanılabilir su kapasitesi
- Hacim ağırlığı

Tek materyal kullanılarak bu fiziki özellikleri istenen düzeyde sağlamak bazen mümkün olmayabilir. Bunu sağlamak için iki veya daha fazla materyalin karışımı kullanılır.

Uygun bir yetiştirme ortamında her şeyden önce bitki kökleri için yeterli su ve hava sağlanmalıdır; ancak bu iki gereksinimi dengelemek çoğu kez sorun olur. Hem hava hem de suyun aynı anda yeteri kadar bulunması için yetiştirme ortamı yüksek toplam poroziteye sahip olmalıdır. Ancak toplam porozite su, hava dengesinin istenilen düzeyde sağlanıp sağlanamayacağı hakkında bilgi vermez. Yetiştirme ortamının gözenek büyüklüğünün dağılımı önemlidir yani gözeneklerin ne kadarının su tutan ince gözenekler ne kadarının havalanmayı sağlayan iri gözenekler olduğu önemlidir. Toplam porozite bazı mineral topraklarda hacimce %50'den daha düşük değerlerde olduğu gibi bazı turba çeşitlerinde %95 dolaylarında olabilir.

Su ile doymuş bir yetiştirme ortamında fazla suyun drene olmasından sonra suyun terk ettiği gözenekler hava ile dolar. Suyun drene olmasından sonra ortamda kalan hava ile dolu gözeneklerin hacmi ortamın toplam hava kapasitesinin altına düşmemelidir çünkü bitki kökleri, fazla miktarda oksijene gerek duyar. Bunu karşılamak için yetiştirme ortamında hava ile dolu durumda bulunan geniş gözeneklerin toplam hacim içerisindeki oranı en az %10, tercihen %20 üzerinde olmalıdır. Yetiştirme ortamının hava kapasitesi en az %10-20 olmalıdır. Eğer bir ortamda havalanmayı sağlayan geniş gözeneklerin hacmi toplam yetiştirme ortamının hacmine oranı %20'den fazla ise havalanma açısından sorun yoktur. Yetiştirme ortamının su tutma kapasitesi de önemlidir. Bitkiye faydalı su, yer çekiminin etkisi ile drene olamayacağı dar gözeneklerde tutulur. Su tutan gözeneklerin belirli genişlik arasında olması istenir, toprakta tutulan suyun büyük bir bölümünden de bitki yararlanır.

Yetiştirme ortamındaki hava su oranına bağlı olarak bitki gelişmesi mevsimler, yetiştirme sistemi ve gelişme dönemine göre değişir. Örneğin; drenaj sistemli kumlu yastıklarda yazın ince, kışın ise daha iri materyaller tercih edilir.

Yetiştirme ortamında dikkate alınması gereken diğer bir özellik de hacim ağırlığıdır. Düşük hacim ağırlığındaki materyaller taşıma masrafını azalttığı için özellikle saksı ve konteynerler tercih edilir. Hafif plastik saksılarda uzun boylu ve hacimli bitkiler yetiştirildiğinde devrilmeye dayanıklılık çok önemlidir. Hacim ağırlığı yüksek daha yoğun karışımlar stabiliteyi sağlar, bu nedenle karışımlar hazırlanırken maliyet ve stabilite faktörleri dikkate alınmalıdır.

Bitki yetiştirme ortamında sağlanmak istenen fiziki koşulların sũreklilięi de 6nemlidir. Bunun için karışımlar genellikle bitki gelişme d6nemi içinde strũktũrel stabiliteye sahip materyallerden seçilmelidir. Yetiştirme ortamında tek başına kullanılacak veya diğer materyaller ile karıştırılacak ortam seçiminde dikkate alınacak fakt6rler şunlardır:

- Materyalin 6zellikleri
- Maliyeti
- Sũreklilięi ve homojenliği
- Yetiştirme sistemi

Materyalin 6zellikleri ortamın çeşitli 6zellikleri y6nũnden son derece 6nemlidir. Ortamın iyi su tutma 6zelliği yanında iyi bir drenaja da sahip olması gerekir. Bu 6zellik materyalin çeşidi yanında tane iriliği ile de ilgilidir. Tanelerin bũyũklũęũ, şekli ve g6zenekli olup olmadığı ortamın su tutma 6zelliğini etkiler. Taneler ne kadar kũũk ise o kadar sıkı yığılma s6z konusudur. G6zenekli yapıdaki tanecikler sadece tanecikler arasında değil, taneciklerin i boşluklarında da su tuttukları için su tutma kapasiteleri daha yũksektir.

Materyalin bitkiler için zararlı olabilecek toksik madde içerip içermediği 6nemlidir. 6rneğin; hızar talaşı yũksek oranda sodyum klorũr (NaCl) içerir. Bunun nedeni tomrukların uzun sũre tuzlu suda kalmasıdır. Talaş NaCl içeriği analiz edilip kullanılmalı gerekirse suyla iyice yıkanmalıdır.

Yetiştirme sistemi de kullanılacak materyal seçimini etkiler. 6rneğin; alttan sulanan çakıl kũltũrũ çok kaba materyal gerektirir. Buna karşılık damla sulama sistemlerinde daha ince materyaller kullanılır. Materyal seçiminde en etkili fakt6r maliyettir. K6k ortamı ya da diğer amaçla seçilen materyallerin ekonomik olanları tercih edilmelidir.

1.1.1.1. Bitki Gelişimini Dolaylı Etkileyen Fiziki 6zellikler

- **Tanelerin iriliklerine g6re dağılımı:** Yetiştirme ortamındaki tanelerin iriliği, boşlukların bũyũklũęũ ve miktarı; hacim ağırlığı ile hava kapasitesi ũzerine etkilidir. Yapılan araştırmalara g6re 0,5 mm'den daha kũũk tanelerden oluşan ortamda hava oranının azaldığı ancak çok çeşitli ortam için 0,5-6 mm arasındaki tane iriliğinin etkili boyut olduğu belirlenmiştir.
- **Hacim ağırlığı:** Yetiştirme ortamının kuru ağırlığının hacmine oranıdır. Saksıda yetişen bitkilerin sağlam duruşu için 6nemli bir 6zelliktir. Turba ve hafif karışımların hacim ağırlığı dũřũktũr. Dũřũk hacme sahip karışımların olumsuz bir y6nleri bulunmaz. Dũřũk hacim ağırlığı karışımların hazırlaması bitkilerin taşınması sırasında avantaj sağlar. İyi bir saksı kompostunun boşluklar hacminin yũksek, hacim ağırlığının dũřũk olması aranılan bir 6zelliktir.
- **Tane yoğunluğu:** Boşlukları çıktıktan sonra yetiştirme ortamının kũtlesinin hacmine oranıdır. Tane yoğunluğu toplam boşluklar hacminin hesaplanmasında kullanılır.
- **Toplam boşluklar hacmi:** Yetiştirme ortamının en 6nemli 6zelliklerinden biridir. Boşluk hacminde mevcut su ve havanın oranı ve miktarı toplam boşluk hacmi ile ilgilidir.

% Toplam boşluklar hacmi= 100 (1- Hacim ağırlığı) formülü ile bulunur.
Tane yoğunluğu

Toplam boşluklar hacmi mineral madde ağırlıklı inorganik karışımlarda %50, bazı turba çeşitlerinde ise %90 civarındadır. Bir yetiştirme ortamının toplam boşluklar hacmi ne kadar fazla ise o kadar yüksek havalanma ve su tutma potansiyeline sahiptir.

- **Hacimsel büzüşme:** Yetiştirme ortamının 105 °C’de kurutulduktan sonra başlangıçtaki hacminde meydana gelen % azalmadır.

$$\% \text{ Hacimsel büzüşme} = 100 \frac{h - h_1}{h}$$

h= Yetiştirme ortamının örnekleme anındaki hacmi

h₁= Ortamın etüvde kurutulduktan sonraki hacmi

Hacimsel büzüşmenin yüksek değerleri organik yetiştirme ortamının zayıf strüktürlü olduğunu gösterir. Büzüşme oranının kurutmadan sonra %30’dan fazla olmaması gerekir.

- **Organik madde:** Turba başta olmak üzere yetiştirme ortamları için öncelikli bir özelliktir. Yüksek kaliteli bir turbanın kuru maddesindeki organik madde içeriğinin en az %95 olması gerekir.
- **Taze örneklerdeki su içeriği:** Taze örneklerdeki su içeriği %80’den fazla olmamalıdır.
- **Konteyner kapasitesi:** Konteynerin içindeki yetiştirme ortamının doygun hâle getirilip belirli bir süre sonunda fazla suların süzülerek uzaklaşmasından sonra ortamda kalan su miktarıdır.
- **Katyon değişim kapasitesi (KDK):** Yetiştirme ortamının belirli bir biriminin tutabildiği, değişebilir katyonların mili eş değer gram sayısıdır. Birimi me/100 g veya me/100 ml olarak ifade edilir
- **pH (suyun tutulma) kapasitesi:** Suyun tutabilme kuvvetinin ifade şekillerindendir. Su sütunu yüksekliğinin cm olarak değeridir. Su sütununun ağırlığı tabanına yaptığı basınca eşittir. Su sütunu yüksekliği ne kadar yüksek olursa tabanın yaptığı basınç da o kadar yüksek olur.

1.1.1.2. Bitki Gelişimini Doğrudan Etkileyen Fiziki Özellikler

- **Hava ile dolu boşlukların hacmi:** Tane iriliği ile yakından ilgili bir özelliktir. Tane iriliği arttıkça hava ile dolu boşluğun hacmi de artar. Yapılan araştırmalar sonucu hava ile dolu boşluğun hacminin %10-20 arasında olması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- **Kolay yarayırlı su kapasitesi:** Bazı araştırmacılara göre yetiştirme ortamındaki kolay yarayırlı su içeriği optimum %20’nin üzerinde, bazılarına göre ise %75-90 değerinde olması gerekir.
- **Su tamponlama kapasitesi:** Su tamponlama kapasitesi ani sıcaklık artışlarında bitkide meydana gelen transpirasyon süresince bitki tarafından gerek duyulan rezerv suyun miktarıdır. Bu suyun miktarı 4-5 mm kadardır.

1.1.2. Yetiştirme Ortamında Havalandırma

Yetiştirme ortamında bitki gelişimini başta su, organik gübre, sera içi, materyalin hava ve oksijen düzeyi, sulamalardan doğabilecek tuzluluk ve su kalitesi ile pH değeri etkiler.

Yetiştirme ortamının havası hem miktar hem de bileşim yönünden önemlidir. Yetiştirme ortamının hava bileşimi ile atmosferdeki hava bileşimi farklılık gösterir. Yetiştirme ortamındaki CO₂ değeri atmosferdekine oranla daha yüksektir.

Bitki köklerinin ve mikroorganizmaların solunumunda yetiştirme ortamının havasında önemli miktarda oksijen kullanılırken CO₂ üretilir. Aynı zamanda organik maddelerin parçalanması sonucunda da CO₂ meydana gelir. Böylece yetiştirme ortamının havasındaki oksijen miktarı atmosferdekinden daha aşağı seviyeye düşer. Ortamda oksijen miktarının fazla olması bitkilerin gelişip büyümesi için olumlu ve yararlıdır.

1.1.2.1. Yetiştirme Ortamında Oksijen

Yetiştirme ortamında gaz değişimini sağlayan geniş gözeneklerin yeterince bulunması gerekir. Bu geniş gözeneklere **kapillar olmayan gözenekler** denir. Aşırı sulamadan sonra gözenekler su ile dolar ve hava dışarı atılır. Kapillar olmayan gözeneklerde tutulan suyun tutulma gücü zayıf olduğundan su bu gözeneklerden uzaklaşır, bunun yerine yeniden hava dolar. Yetiştirme ortamındaki suyun buharlaşmasına veya bitkiler tarafından alınmasına kadar kapillar gözenekler su ile dolar. Bunun için yetiştirme ortamının hava kapasitesi kapillar olmayan boşluklara bağlıdır.

Yetiştirme ortamındaki hava, atmosfere oranla daha fazla CO₂ bulundurur. Yetiştirme ortamı ile atmosferdeki CO₂ oranı 10-1000 katı arasında değişir. Yetiştirme ortamındaki oksijen atmosferdekine oranla daha düşüktür. Yetiştirme ortamındaki oksijenin kullanılması ve CO₂ çıkışı etkin bir kök sistemi için normal bir olaydır. Ancak kolay parçalanabilir organik maddelerin fazla miktarda bulunuşu ve mikroorganizmaların etkinliği oksijen tüketimini ve CO₂ üretimini hızlandırır.

Yetiştirme ortamında kullanılacak organik maddelerin mikrobiyal parçalanmaya dayanıklı olmaları ortamdaki CO₂ – O₂ dengesi yönünden önemlidir. Geniş bloklara sahip olması ve mikrobiyal parçalanmaya dayanıklı olması nedeniyle **sphagnum yosunu** yetiştirme ortamına oksijen sağlaması yönünden oldukça uygundur. Bu özelliklerinden dolayı saksı ve konteyner de ortam özelliklerini düzeltmek için yaygın olarak kullanılır.

Fazlaca kil içeren yetiştirme ortamının da hava kapasitesi düşüktür. Bu nedenle ortamlarda fazla kil içeren toprakların veya ortamın kullanılması sorun oluşturur.

Yetiştirme ortamında drenaj ve hava kapasitesini artırmak için organik madde ve iri materyallerin kullanılması tercih edilir.

Seralarda bitki kök sisteminin oksijen durumunun düzenli olarak ölçülmesi zordur. Yetiştirme ortamının nemli olduğu durumlarda bitkilerde solma veya demir noksanlığına

benzer sarılık görülürse kötü drenaj ve oksijen noksanlığı üzerinde durmak gerekir. Oksijen noksanlığı mineral besin elementlerinin ve özellikle demirin (Fe) bitkiler tarafından alınmasını (absorbsiyonunu) olumsuz yönde etkiler.

1.1.2.2. Oksijen ve Tohum Çimlenmesi

Tohumlar, çimlenebilmek için oksijene ihtiyaç duyar. Tohumlar nemlendirildiğinde oksijen alımı ve solunum yükselir. Enzim sistemleri etkinlik kazanarak depolanmış organik besin maddeleri daha basit bileşiklere parçalanır. Bu parçalanma sonucunda enerji açığa çıkar. Bazı tohum türleri su altında da (potulaca, petunia) çimlenir. Ancak çoğunlukla çimlenme oksijen noksanlığından olumsuz etkilenir.

Tohumları çimlendirmek için ortam genellikle ince tekstürlü olarak hazırlanır. Bu durumda suyun tohum tarafından alımı kolaylaşır. Ancak oksijen yetersizliği görülebilir. Küçük tohumlar çimlenme yüzeyine serpilir ve hafifçe bastırılarak örtü malzemesi kullanılmaz. Böyle bir ortamda oksijen noksanlığı, sınırlayıcı bir faktör olarak ortaya çıkmaz. Kötü çimlenme daha çok nem azlığı ve uygun olmayan sıcaklık koşullarına bağlanabilir.

1.1.2.3. Oksijen ve Çeliklerin Köklenmesi

Çeliklerin köklendirilmesi için kullanılan ortamın yeterince nem, kök gelişimi için de yeterli oksijen içermesi gerekir. Havalanma, özellikle karışım içeren saksılarda sisleme altında köklendirildiği zaman tehlikelidir. Sisleme sistemi ile çeliklere aşırı miktarda su uygulanır. Bunun için iyi havalanma sağlayan iri taneli ortamlar kullanılarak aşırı sudan zarar görmesi önlenir.

Çeliklerin köklenmesi, kök ortamındaki oksijen değişimi ile yakından ilgilidir. Oksijen düzeyi normal havadaki oksijen miktarından az olduğunda çeliklerin kök uzunlukları ve sayılarında azalma olur. Özellikle köklerin yüzeye yakın kısımlarda fazla olması oksijen noksanlığının göstergesidir.

1.1.2.4. Bitkilerde Oksijenin Önemi

Yeşil bitkiler, aerobik organizmalardır. Büyümek ve gelişmek için oksijene ihtiyaç duyar. Bitkilerin gelişmesi çok çeşitli fizyolojik olaylara dayanır ve hücre solunumu ile oluşan enerjiye ihtiyaç duyar. Solunum gece ve gündüz sürekli. Solunum sonucunda ortama CO₂ verilir.

Oksijen noksanlığında bitki hücrelerinde anaerobik solunum yani fermantasyon oluşur. Anaerobik solunum sonucu metabolizmayı olumsuz etkileyen kimyasal bileşikler meydana gelir.

Bitkiler, sadece toprak üstü organları ile değil, kökleri ile de solunum yapar. Kökler, gelişimleri ve normal işlevlerini yapabilmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Bu enerji, kök

solunumu ile sağlanır. Bitkilerin çoğunda kök solunumu aerobik bir olaydır, gereksinim duyulan oksijen doğrudan yetiştirme ortamından sağlanır.

Yeterince oksijen alan kökler, uzun ve açık renkli olur. Kök tüyleri iyi gelişme gösterir. Oksijen yetersizliğinde ise kökler kalın, kısa ve koyu renklidir. Kök tüyleri de normalden daha az sayıdadır.

Yetiştirme ortamının oksijen noksanlığında kök solunumu bozulur. Aktif iyon alımı ve birçok metabolik işlem olumsuz etkilenir, besin maddelerinin alımı büyük ölçüde sınırlanır. Köklerin topraktan su ve besin maddelerini etkin biçimde alabilmeleri için yetiştirme ortamının her tarafına doğru yayılmaları gerekir. Aynı zamanda yeni kök tüylerinin sürekli oluşumu da gereklidir. Yetersiz oksijen koşullarında kökler gelişemeyeceği için su ve besin maddelerinin alımı azalır.

Havalanması kötü olan yetiştirme ortamlarında yüksek nem seviyesinde bile bitkiler solar, kök hücrelerinin geçirgenliğinin düşmesi sonucu kökler tarafından gerçekleşen su absorpsiyonu azalır. Kök hücrelerinin geçirgenliğindeki bu değişme, ortamdaki CO₂ konsantrasyonunun artmasına neden olur.

Oksijen noksanlığı bitki yetiştirme ortamında da bazı olumsuz değişmelere neden olur. Ortamda aerob (havalı ortamda yaşayan) bakterilerin etkinliği azalır ve nitrifikasyon oranı büyük ölçüde yavaşlar. Havasız koşullarda anaerobik (havasız ortamda yaşayan) mikroorganizmaların etkinliği artar, organik maddelerin aerobik parçalanması hızlanır. Anaerobik metabolik işlemler sonucunda etilen, metan gibi zehirli maddeler ortaya çıkar. Bu zehirli maddelerden etkilenen bitkilerde gelişme bozulur ve solma belirtileri görülür.

1.1.3. Yetiştirme Ortamının Reaksiyonu (pH)

Topraksız tarımda, en önemli hususlardan biri, bitkinin yetişeceği ortamın hidrojen iyonu konsantrasyonunun (pH), yani asitlik derecesinin uygun değerler arasında tutulmasıdır. Zira her bitkinin en iyi yetişeceği pH değerleri bellidir. 7 pH değeri nötrdür. Bunun altındaki değerleri gösteren sıvı ortam asidik, bunun üzerindeki değerler ise baziktir. Bitkiler çoğunlukla 5,8-6,5 arası hafif asidik ortamda daha iyi gelişir. Topraksız tarım için hazırlanan besin çözeltisinin pH değeri her defasında ölçülmelidir. Kullanılan su genellikle hafif bazik olduğundan pH'ı düşürmek için besin çözeltisine az miktarda asit ilave edilir.

Yetiştirme ortamının verim gücüne ortamın reaksiyonunun iki şekilde etkisi olmaktadır:

- **pH değerinin yetiştirme ortamındaki besin maddelerine faydası ve bitkiler tarafından alınmalarına etkisi:** Yetiştirme ortamının pH değeri 6,5-7,5 arasında ise bitki besin maddelerini kolaylıkla alır. Mikro besin elementlerinden Mo (molibden) hariç tümü pH 5,5-7,0 arasında rahatlıkla alınır. pH değeri 5,0'ın altında Al (alüminyum), Fe (demir) ve Mn (mangan) daha fazla çözünerek serbest hâle geçer. Alüminyumun pH değeri 7,5 üzerinde ise bitki için zehirlidir.

Optimum toprak pH'ından her iki yönde de uzaklaşıldığında bitki besin maddelerinin faydasında önemli ölçüde azalma görülür.

- **pH'ın toprağın biyolojik aktivitesi üzerine etkisi:** Büyüme ortamı pH'ının biyolojik aktivite üzerine etkisi, daha çok toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri üzerinedir. Organik azotu NH_4 (amonyum) ve NO_3 (nitrat) e çeviren bakteriler optimum pH koşullarında daha iyi çalışır.

Sebzelerin pH istekleri genellikle 5,0-8,0 arasında değişir. Bu değerler sebze türü ve toprak yapısına göre farklı değerler alır. Toprak pH değeri bu değerler arasında olduğunda sebzelerde herhangi bir olumsuzluk görülmez.

Sebzenin Adı	pH değeri		
	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-8,0
Karpuz	+		
Fasulye		+	
Hıyar		+	
Patlıcan		+	
Biber		+	
Domates		+	
Ispanak			+
Marul			+
Kavun			+

Tablo 1.1: Bazı sebzelerin pH istekleri

Kültür bitkilerinin yetiştikleri ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak en iyi verimin sağlandığı pH değerleri vardır. **Toprak yapısına göre pH değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.**

Toprak bileşimi	Optimum pH değeri
Killi toprak	6,6-7,4
Kumlu toprak	6,2-7,0
Killi-kumlu toprak	5,8-6,6
% 5 humus içeren toprak	5,3-6,2

Tablo 1.2: Toprak türüne göre pH istekleri

Çiçekli bitkilerden fazla ürün almak için toprağın belirli bir pH değerinde olmasına gerek yoktur. Serada yetişen çoğu çiçekli bitkiler için 5,8-7,5 pH değerleri uygundur. Gül, karanfil, kasımpatı, sardunya gibi bitkiler için optimum pH değeri 6,2-7,2 arasındır.

Yetiştirme ortamının pH değerini etkileyen faktörler şunlardır:

- Yetiştirme ortamını oluşturan bileşenlerin pH değeri
- Sulama suyunun Ca ve Mg karbonatlarının konsantrasyonu
- Sürekli olarak asit reaksiyonlu gübrelerin kullanılması

- Gereğinden fazla sulama
- Yetiştirme ortamına ilave edilen organik maddelerin tür ve miktarı

Ortamın pH değerini optimum seviyeye getirmek için gerekli durumlarda pH değerinin yükseltilmesi ya da düşürülmesi için bazı uygulamalar yapılır. **Bu uygulamalar şunlardır:**

- **pH değerini yükseltmek için;** öğütülmüş kireç taşı (kalsiyum karbonat) en çok kullanılan maddedir. Dolomitik kireç taşı bitki büyümesi için Mg sağladığından tercih edilmelidir. Eğer yetiştirme ortamında hala bitki varsa hidroksit formundaki kireç taşı uygulanmamalıdır. Hidroksit formu öğütülmüş kireç taşına göre daha fazla iyonu çözebildiği için tuzluluğu artırır. Topraklı büyüme ortamlarında istenilen pH değerini elde etmek için gereken kireç miktarı toprak pH'ı ve tekstürü ile belirlenir. Kaba bünyeli toprakların pH'ını değiştirmek için gerekli olan kireç miktarı killi topraklara göre daha azdır. Organik maddece yüksek olan yetiştirme ortamının pH değerini artırmak için daha fazla kirece ihtiyaç duyulur.
- **pH değerini düşürmek için;** element formundaki kükürt (S) bu amaçla kullanılan en ucuz ve en etkin maddedir. Kükürdün toprakta oluşturduğu pH değerinin düşüklüğü yavaştır. Bunun sebebi kükürdü sülfata (SO_4) çevirecek toprak bakterilerine ihtiyaç duyulmasıdır. Sülfat daha sonra su ile reaksiyona girerek sülfürik asidi oluşturur. Sıcaklık bu dönüşümü hızlandırır ve yaz aylarında 6-8 haftada gerçekleşir. Fe ve Al sülfatlar da yetiştirme ortamının pH değerini değiştirmede kullanılır. Hızlılık açısından demir sülfat en iyisidir. Fe uygulaması aynı zamanda demir noksanlığının giderilmesine de yardımcı olur. Ancak etkisi geçicidir. Bunun için de sık sık uygulanması gerekir.

1.1.4. Tuzluluk

Çözünebilir tuzlar elektrik akımını iletme özelliği gösteren tüm organik ve inorganik bileşikleri kapsar. Çözünebilir tuzlar gelişme ortamına verilen gübreler, gübre artıkları, çözünmüş toprak mineralleri ve organik maddenin mikrobiyal parçalanması sonucunda oluşan bileşiklerdir.

Toprakta su potansiyeli azaldıkça su, bitkiler tarafından daha kuvvetli tutulur. Gelişme ortamının tuz konsantrasyonu arttıkça bitkiler su stresine ya da fizyolojik kuraklıkla karşı karşıya kalır.

Çözünebilir tuzların bitki gelişiminde gözlemlenen olumsuz etkileri;

- Bitkilerin gelişmesinde gerileme ve duraklama,
- Küçük ve koyu yeşil yapraklı bodur bitkilerin oluşması,
- Kökler zarar gördüğü için yapraklarda Fe noksanlığı belirtisi,
- Yaprakların kenarları boyunca yanıklıkların oluşması,
- Toprak nemi yeterli olsa da bitkilerde şiddetli solma,
- Kök sisteminin ölmesidir.

Çözünebilir tuzlar basit olarak amonyum (NH_4), kalsiyum, magnezyum, potasyum, bikarbonat (HCO_3), sülfat (SO_4) ve nitrat (NO_3) iyonlarından oluşur. Sulama suyundan kaynaklanan tuzlar bitkinin su absorpsiyonunu azaltarak bitkide beslenme dengesizliklerine, zehir etkisine ve toprakların fiziki özelliklerine etki eder.

Çözünebilir yüksek tuz konsantrasyonunun etkisini azaltmak veya tümüyle gidermek için aşağıda belirtilen önlemlere başvurulur:

- Bileşiminde iyon içeren gübrelerin kullanımı azaltılır.
- Kullanılan sulama suyu ve yetiştirme ortamı düzenli olarak analiz edilir.
- Sulama için kalitesi yüksek su kullanılır.
- Gelişme ortamından tuzların uzaklaştırılması için yeterli drenaj sağlanır.
- Mümkünse gelişme ortamı su ile yıkanır.
- Sıvı gübreler az ve sık uygulanır.
- Besin çözeltisinin EC'si düzenli olarak kontrol edilir.
- Bitki çevresi gölgede nemli tutulur.
- Topraktaki humus miktarı artırılır.

Tuzluluğa karşı kullanılacak kimyasal gübrelerde şu özellikler aranır:

- Klor, sodyum ve sülfat içeren gübreler toprak tuzluluğunu artırdığı için kullanılmamalıdır.
- Kompoze gübreler fazla miktarda kullanılmamalıdır.
- Eğer kompoze gübre verilmesi gerekiyorsa bunlar gruplar hâlinde toprağa verilmelidir.
- Tuz içeriği düşük gübreler kullanılmalıdır.

1.2. Bitki Yetiştirme Ortamında Kullanılan Organik Materyaller

Bitki yetiştirme ortamı olarak tek başına ya da diğer değişik kombinasyonlarla karıştırılarak kullanılan çok çeşitli ortam vardır. Bir materyalin seçiminde etkili olan en önemli faktör temin edilebilme kolaylığı ve maliyetidir. Materyalin ekonomik olması ve gerektiğinde istenilen miktar ve nitelikte kolayca temin edilmesi yetiştiricilik için çok önemlidir.



Fotoğraf 1.1: Değişik bitki yetiştirme ortamları

Herhangi bir materyalin yetiştirme ortamı olarak kullanılmasının en önemli koşulu, bitkiler için zehirli madde içermemesi ve bazı dezenfeksiyon işlemleri sırasında zehirli madde üretmemesidir; ancak bu koşullar sağlandıktan sonra çeşitli materyaller karıştırılarak istenilen fiziki ve kimyasal özelliklere sahip karışımlar elde edilir.

Kullanılan karışımın özelliklerinin iyice bilinmesi gerekir çünkü bir kültürel uygulama altında iyi sonuç veren bir karışım, başka bir kültürel işlem ya da iklim koşulunda aynı sonucu vermeyebilir. Yetiştirme ortamına göre farklı özelliklerde karışımlar kullanırken çevre koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır.

1.2.1.Organik Materyaller

Bitki yetiştirme ortamında çok çeşitli organik materyaller kullanılır. En yaygın kullanılan organik materyal ise **torftur**.

1.2.1.1. Torf

Torf, yetiştirme ortamında tek başına kullanıldığı gibi diğer materyallerle karıştırılarak da kullanılabilir. Torf kısmen ayrışmış organik materyallerdendir. Su fazlalığı ve oksijen azlığı gibi sınırlayıcı koşullarda bitkisel kalıntıların birikmesi sonucu oluşan jeolojik kökenli materyaldir. Torf oluşumuna uygun yerler fazla yağış alan, nem oranı yüksek ve yaz ayları serin geçen yörelerdir.



Fotoğraf 1.2: Yetiştirme ortamı olarak kullanılan torf

Torfları aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- **Sphagnum yosun torfu:** Bataklık bitkilerinden sphagnum ve spalustrenin kalıntılarından kurutulur. Hafif ve süngerimsi yapıda, oldukça steril ve su tutma kapasitesi çok yüksektir. Kendi ağırlığının 10-20 katı su tutabilir. Hafif asidik karakterlidir. İyi drenaj ve havalandırma özelliği vardır. İğeriğinde organik madde bulunduğundan yetiştirme ortamında başarı ile kullanılabilir.
- **Kamış ve saz turbası:** Kamış, saz ve kaba çayır otu gibi bitkilerin kök, gövde ve yaprakların orta derecede ayrışmasıyla oluşur, içinde bazı koloidal bitki artıkları ve kil parçacıkları vardır. Yetiştirme ortamı olarak kullanılması tavsiye edilmez.

- **Humus veya bataklık çamuru turbası:** Bataklıktaki çeşitli bitkilerin çok ince ayrışmasıyla oluşur. Rengi kahverengi ve siyahtır. Su tutma kapasitesi yüksektir. Fazla kil içerdiğinden drenaj ve havalanma özelliği iyi değildir. Bu nedenle yetiştirme ortamı için uygun değildir.

Torf;

- Fidanlık ve seralarda yastık yapımında,
- Sebze üretiminde,
- Süs bitkilerinin saksı harcında,
- Tohum çimlendirilmesinin ortam harcı karışımında,
- Çeliklerin köklendirilmesinde,
- Kültür mantarı üretiminde örtü toprağı olarak kullanılır.

Torfun parçalanma derecesi kalitesi açısından önemlidir. Torfun parçalanma derecesini belirlemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en bilineni **Von Post** yöntemidir. Bu yöntemle göre torf suya doymun hâle getirildikten sonra avuç içine alınarak parmaklar arasında sıkılır. Torf avuç içinde sıkıldığında dışarı akan su ne kadar renksiz ve parmaklar arasında dışarı fışkıran torf oranı ne kadar az ise o kadar az parçalanmıştır. Avuç içinde sıkılan torf dışarı hiç su vermiyor ve parmaklar arasından fazla miktarda bulamaç hâlindeki torf kitlesi dışarı fışkırıyorsa o kadar parçalanmış demektir.

Torfun yetiştirme ortamına sağladığı yararlar:

- Sürekli olarak toprakta su bulundurur.
- Besin maddelerince fakir olduğundan istenilen düzeyde gübreleme yapılır.
- Bulundukları yetiştirme ortamını fiziki ve kimyasal anlamda olumlu etkiler.
- İçinde yabancı ot tohumu ve patojen barındırmaz.
- Düşük asit değerinde alkali gübre uygulanmasında pH istenilen düzeye getirilebilir.
- Hacim ağırlığı düşük olduğundan taşıma kolaylığı sağlar.

Torfun en önemli özelliklerinden biri de fazla miktarda su absorbe etmesi ve suyu bünyesinde tutabilmesidir. Az ayrışmış lifli torflar kendi kuru ağırlığının 15-20 katı kadar su tutabilir.

Torf çoğunlukla asidik özelliktedir. Torfların asitlik derecesini humin asitleri ve fulyo asitleri gibi zayıf organik asitler belirler. pH değerleri genellikle 3,7-4,0 arasındadır. Bitki yetiştirme ortamlarında pH değerinin genellikle 5,5-6,0 arasında olması istenir. Torf yalnız başına veya perlit gibi materyallerle karıştırılacaksa kireçleme ile pH değerinin yükseltilmesi gerekir. Bu amaçla her bir metreküp için 3 kg ince öğütülmüş kireç taşı önerilir.

1.2.1.2. Hindistan Cevizi Lifinin Tozu

Hindistan cevizi kabuğu liflerinin işlenmesi sırasında ortaya çıkan 2 mm veya daha küçük boyuttaki lif veya parçacıklardan oluşur.



Fotoğraf 1.3: Hindistan cevizi lifinin tozu

Fiziki özelliği iyi olan Hindistan cevizi lifinin tozu yetiştirme ortamı olarak kullanıma uygundur.

Hindistan cevizi lifinin tozu;

- Yüksek su tutma kapasitesi ve kolay alınabilir su içeriği,
- Yeterli hava kapasitesinin bulunması,
- Düşük hacim ve besin elementi içeriği,
- Yüksek KDK değeri ve 5,0-5,8 arasında değişen pH değeri,
- Herhangi bir kimyasal işleme tabi tutulmadan kullanılabilmesi
- Fiziki ve kimyasal olarak torf ile karıştırılabilmesi nedeniyle kullanılır.

Hindistan cevizi lifinin tozunun diğer bir olumlu özelliği ise **lignin** ve **selüloz** içeriğinin yüksek olmasıdır; bu nedenle hava ve su dengesini uzun süre koruyabilir. Hacimce yaklaşık %20 hava içerir ve pH değeri kararlı bir seviyede devam eder.

Yetiştirme ortamının en önemli olumsuz yanı ise yeşil kabuklarının işlenmesi sırasında deniz suyunun kullanılmasıdır. Bunun sonucunda da Na ve Cl ile tuz içeriği artar.

1.2.1.3. Plastikler (Sentetik Köpükler)

Torfa karıştırmak üzere üretilmiş köpük veya genleştirilmiş plastikler topraksız tarımda yaygın şekilde kullanılır.

- **Genleştirilmiş polistiren tanecikler:** 4-12 mm çapındaki polistiren tanecikler önceleri ağır toprakların fiziksel özellikleri ve drenajlarını düzeltmek için kullanılmıştır. Bunlar parçalanmaz, normal kullanımda fazla sıkışmaz ve kimyasal olarak nötrdür. Toplam poroziteleri %95'e ulaştığında taneciklerinin içinde su absorbe edemez. Bu nedenle karışımın su tutma kapasitesini azaltır ve havalanmayı önemli ölçüde artırır. Genellikle torf ile 1/3 oranında karıştırılarak

kullanılır. Besin maddesi içermez ve besin iyonlarını absorbe etmez. Sıvı gübrelemeye büyük ölçüde bağımlılık gösterir. Elektrostatik özellikleri nedeniyle karışımlarda sorun meydana getirir. Sulama sırasında üst kısma çıkması olumsuz tarafıdır.

- **Üre formaldehit köpükler:** Genleşmiş polisitirenlerden en önemli farkı, su absorbe etme özelliğidir. Açık hücreli yapılıdır. Hacimlerinin %50-70'i oranında su absorbe eder. Üre formaldehit köpük genleşmiş polisitirenler kadar yüksek stabiliteye sahip değildir. Torf karışımlarında hacim olarak %20-50 oranında kullanılır.
- **Poliüretan köpükler:** Düşük öz kütle, nötr pH değeri ve %70 oranında su tutma özelliğine sahiptir. Mikroorganizmaların etkisiyle parçalanamaz ve besin maddesi içermez. Taneler hâlinde yetiştirme ortamına katılarak kullanılır. Aynı zamanda blok veya küpler hâlinde çimlendirme ve köklendirme amacı ile de kullanılabilir.

1.2.1.4. Kullanılmış Mantar Kompostu

Ticari olarak mantar üretiminin yoğun yapıldığı yerlerde bulunur. Kullanılmış mantar kompostu organik madde ve çeşitli mineral elementlerce çok zengindir. Koku dışında kıvam, tekstür ve görünüm olarak ahır gübresine benzer. Mantar kompostları protein azotu, amonyak ve çözünebilir tuzlarca zengindir. **Kompost**, tek veya çeşitli organik artıkların toprakla birlikte veya yalnız yığılarak çürütülmesi ve yanarak toprakta dağılır hâle gelmesinden oluşan materyaldir. Organik artıklar; dökülen yapraklar, kesilen çimler, bahçe artıkları, sebze ve meyve kabukları ile hayvan gübreleri kompost olabilir.



Fotoğraf 1.4: Kullanılmış mantar kompostu

Kompost, bitkisel ve hayvansal kökenli ya da her ikisinden oluşan organik materyalin kısmen parçalanmış kısmıdır. İçinde kül, kireç ve kimyasal maddeler bulunur. Kompost yapıldıktan sonra bitki ve hayvan atıkları orijinal yapılarını kaybeder. Ahır gübresinde meydana gelen çürümeye benzeyen değişime uğrar.

Kompost yapımı sırasında kullanılan materyaller ve mantar üretimi sırasında uygulanan işlemlere bağlı olarak niteliği önemli ölçüde değişir.

Kompost oluşumunun hızlanmasında etkili olan faktörler şunlardır:

- Materyal mümkün olduğu kadar az lignin ve mumlu madde içermeli ya da hiç içermemelidir.
- Materyal, olabildiğince küçük parçalar hâlinde olmalıdır.
- Aktifleyici olarak azot ilavesi yararlıdır.
- pH'ın çok fazla düşmemesine dikkat edilmelidir.
- Yeterli hava ve nem sağlanmalıdır.
- Sıcaklık 30-45 °C olmalıdır.

Hastalık ve zararlılarla bulaşmış olmalarının yanında yüksek pH (7'den büyük) değeri ve aşırı tuzluluk sık rastlanan sorunlardır. Kullanılmış mantar kompostunda K ve P fazlalığı sık görülür. Kompostların 9-12 ay sonrasında kullanımı iyi sonuçlar verir. Ayrıca pH değerini düşürmek için S (kükürt) uygulanabilir.

1.2.1.5. Talaş

Birçok ülkede torf yerine çeşitli organik materyaller kullanılmaktadır. Özellikle ormanlık yörelerde bol ve ucuz olan testere talaşı, ağaç kabukları gibi materyallerin bazı dezavantajları vardır. **Testere talaşı yetiştirme ortamında kullanıldığında iki sorun ile karşılaşılır:**

- **Bitkilere toksik etkili maddelerin ortaya çıkması:** Sedir, kestane ve çam gibi bazı ağaçlardan elde edilen talaşların doğrudan fitotoksik etkisi vardır. Kızılağaç talaşı ve kabukları iyice ayrışıp yıkanmadıkları zaman toksik etkisi gösterir. Özellikle buharla dezenfeksiyondan sonra bu tür etki daha fazla görülür. Bu nedenle bu tür ağaçlardan elde edilen talaşın karışıma katılmamasında yarar vardır. Talaşlar çoğunlukla çeşitli patojenler içerdiğinden mutlaka ısı ile işleme tabi tutulmalıdır.
- **Azot noksanlığı:** Talaşın C/N oranı çok geniştir. Fazla miktarda karbon ve çok az miktarda azot içerir. Talaşta mikrobiyal ayrışma başladığında mikroorganizmalar ortamda bulunan mineral azotu kullanır. Bunun sonucunda da geçici bir azot noksanlığı ortaya çıkar. Talaşın yapısındaki selüloz bileşiklerinden karbon ve enerji ihtiyacını sağlayan mikroorganizmaların sayısı hızla artar. Sonuçta belli bir süre sonra mikroorganizmalar tarafından kullanılan azot, bitki için yararlı hâle gelir ancak bu geçici süre bitki gelişimini olumsuz etkiler.



Fotoğraf 1.5: Yetiştirme ortamında kullanılan talaş

Sorunun çözümü için talaş içeren karışımlara belirli miktarda mineral azot verilir. Verilen azot sayesinde C/N oranı azalır ve yeterli azot sağlanır. Tarla koşullarında talaş ağırlığının %1-2'si kadar azot ilave edilmesinin azot noksanlığını ortadan kaldırdığı tespit edilmiştir.

Azot noksanlığını önlemek için fazla miktarda verilen azotlu gübre tuzluluk sorununa neden olur. Özellikle çözünülebilir azot formları kullanıldığında bu sorunla daha çok karşılaşılır.

Azot yetersizliği ayrışmaya dayanıklı ağaç türleri seçilerek önlenabilir. Sert ağaç talaşı yumuşak ağaç talaşına göre daha hızlı parçalanır. Mikrobiyal kullanım için fazla miktarda azot ilavesine ihtiyaç duyulur.

Azot noksanlığını önlemenin diğer bir yolu da karışıma katılmadan önce işleme tabi tutulmasıdır. Talaş ayrı bir yerde yığın hâline getirilerek azot ilave edilir, kısmen ya da tamamen ayrışması sağlanır.

1.2.1.6. Ağaç Kabukları

Ağaç kabukları orman sanayinin yan ürünüdür. Ormanlık yörelerden çok ucuza temin edilir. Sera bitkilerinin üretiminde kullanılır. Köknar kabukları epifitik orkideleri yetiştirme ortamı olarak kullanılır. Uygun incelikte öğütülürse toprak düzenleyicisidir. Ağaç kabukları toprakla karıştırıldığında azot noksanlığı görülür. Bunun için ek azot verilmesi gerekir; ancak ağaç kabuklarında aynı ürünün talaşına göre azot noksanlığı daha az derecede ortaya çıkar.



Fotoğraf 1.6: Ağaç kabukları

Kıyılmış veya öğütölmüş ağaç kabukları yetiştirme ortamı hazırlamak için torfun yerine kullanılabilir. Torftan daha ucuzdur; ancak su ve besin maddelerini daha az tutar. Eşit hacimde perlit ve çam kabuğı ile karıştırılıp temel ve sıvı gübre ilave edilirse farklı bitki türlerinde başarı ile kullanılabilir.

1.2.1.7. Çiftlik (Ahır) Gübresi

Yetiştirme ortamının hazırlanmasında organik madde kaynağı olarak ahır gübresinin kullanımı istenmez çünkü ahır gübresi kullanıldığında yetiştirme ortamının dezenfeksiyonu gerekir. Bu işlem maliyeti artırır ve dezenfeksiyon sırasında toksik maddelerin çıkmasına neden olur.

Çiftlik gübresindeki organik maddeler protein ve diğer azotlu bileşiklerce zengindir. Bu bileşikler kolayca ayrışarak amonyum ve nitrite dönüşür. Sıcak su buharı ile dezenfeksiyon nitrifikasyon bakterilerinin tamamına yakın kısmını öldürür. Bu durumda ise amonyum hâlindeki azotun nitrata dönüşümü durma noktasına gelir. Isı ile dezenfeksiyondan sonra yetiştirme ortamından amonyağın uzaklaştırılması özellikle dikimden sonra daha zordur. Bu sorun iyi çürümüş (yanmış) çiftlik gübresi kullanılarak azaltılabilir; ancak yanmış çiftlik gübresini bulmak hem zor hem de pahalıdır.

Çiftlik gübresinin kolay ayrışması ve özellikle sera koşullarında ayrışma hızının artmasından dolayı fiziki özellikler üzerinde etkisi uzun süreli olmaz. Kısa süreli yapılacak yetiştiricilikte kullanılması daha faydalıdır.

Çiftlik gübresi yabancı ot tohumlarını bünyesinde bulundurur. Bu tohumlar sera koşullarında çimlendiğinde bitkilerin su, besin maddesi ve ışık gibi isteklerine ortak olur. Aynı zamanda toprak zararlıları içinde uygun ortam oluşturur.

Çiftlik gübresinin özelliğı hayvanların cinsi, yaşı, kullanılan altlıklar gibi çeşitli faktörlere bağılı olarak değışir. Bu durumda yetiştirme ortamının standardizasyonu bozulur. Bileşim ve tekstür yönünden özellikleri her seferinde değışen materyalin karışımlarda kullanılması da uygun değıildir.

Yetiştirme ortamında ahır gübresi kullanılmasının sakıncaları şunlardır:

- Tekstür ve bileşim yönünden çok büyük değıişim gösterir.
- Protein ve benzeri organik azotlu bileşiklerce zengindir. Ortamın buhar ile dezenfeksiyonu sırasında fazla miktarda azot oluşarak bitkilere toksik etkisi yapar.
- Hızlı parçalanma sonucu ortam tekstürü üzerine etkisi kalıcı değıildir.
- İçeriğindeki fazla miktar ve değıişik orandaki besin maddesi daha sonraki gübreleme programlarında güçlüğe neden olur.
- Fazla miktarda yabancı ot tohumu içerir.

1.2.1.8. Çeltik Kabukları

Talaştan biraz daha büyük parçalar hâlinedir. Drenajı iyileştirmek için yetiştirme ortamına ilave edilir. Torf yerine ya da torf ile karıştırılarak kullanılır. Çeltik kabukları çok hafiftir. Parçalanmaya dayanıklıdır ve azot noksanlığı yönünden yer fıstığı ile karşılaştırılabilir. Çeltik kabukları ile olan karışımın dezenfeksiyonu önerilir.

1.2.1.9. Ağaç Yontuları

Ağaç yontuları iri taneli olduklarından konteynerde yetişen bitkilerin yetişme ortamı olarak kullanılmaları zordur. Tarla topraklarının organik madde içeriklerini artırmak için ya da malçlama yapmak amacıyla kullanılır. Talaşta olduğu gibi bunlarda da azot noksanlığı ortaya çıkar. Ağaç yontularının toprak özellikleri üzerine etkisi talaş gibidir.

1.2.1.10. Yer Fıstığı Kabukları

Fazla miktarda yer fıstığı yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerde malçlama ya da ortamın organik bileşeni olarak kullanılır. Daha çok açelya yetiştiriciliğinde drenaj ve havalandırmayı iyileştirmek için torfa katılır. Hafif, lifli ve ortam özelliklerini düzeltmeye uygun parça büyüklüğüne sahiptir.

Yer fıstığı katılan karışımlarda bir miktar azot noksanlığı görülür; ancak talaşta karşılaşıldığı gibi kuvvetli bir azot noksanlığı ortaya çıkmaz. Yer fıstığı kabuklarında parazit nematodlar bulunur. Bu nedenle karışımın kullanılmadan önce metil bromit ile fumige edilmesi gerekir. Buhar dezenfeksiyonu da uygulanabilir.

1.2.1.11. Sap ve Saman

Yetiştirme ortamında organik madde olarak yıllarca torf kullanıldığında ortamın ıslanma oranında bir azalma olur. Organik maddelerin parçalanması ile yetiştirme ortamında suyu kabul etmeyen ürünler oluşur. Eğer kötü ıslanabilirlik varsa sulamalardan sonra su tutması azalır ve bitkinin su ihtiyacını karşılaması güçleşir. Islanabilirliği azaltan parçalanma ürünlerinin birikimini önlemek için torftan daha etkili organik maddeler önerilir. Buğday veya yulaf samanları bu amaçla kullanılan en etkin organik maddelerdir. Saman toprakla karıştırıldığında oransal olarak hızla parçalanır ve mikrobiyal etkinlik için enerji meydana gelir. Sonuç olarak toprağın drenaj ve havalanma özelliği iyileşir.

Saman organik madde kaynağı olarak ahır gübresinden daha çok tercih edilir. Çözünebilir tuz içeriği çok düşüktür. Büyüklük ve nitelik yönünden homojendir. Ahır gübresine göre daha kolay ve ucuz temin edilir. Samanla hazırlanan yetiştirme ortamı amonyak toksisitesi oluşturulmadan sterilize edilebilir. Saman parçalanmasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan azotu karşılamak için ek azot ilave edilmelidir.

Saplar 7,5-12,5 cm uzunluğunda parçalara ayrılır. 2,5-5,0 cm'lik tabaka hâlinde toprak yüzeyine serilir. Uzun gelişme dönemindeki bitkiler için saman ile birlikte torfta kullanılır. Dezenfeksiyon öncesi sap yetiştirme ortamına karıştırılır. Saman ısıtılarak bir hafta önceden havalandırılırsa taşınması kolay olur. Ancak zamanından önce parçalanmasını önlemek için samanın kuru olarak depolanması şarttır. Saplar kullanılmadan önce yığınlar hâlinde ısıtılır

ve azotlu gübre katılarak ayrışma başlatılır. Bu sırada sıcaklık 54 °C'ye yükselir. Sıcaklık 38 °C ve altına düşünce dikim yapılır. Yapılan denemeler sonucunda tahıl sapları içinde en uygun olanın buğday sapları olduğu tespit edilmiştir. Çünkü yapısal özelliğini uzun süre korur.

1.2.2. İnorganik Materyaller

1.2.2.1. Perlit

Perlit bünyesinde %2-5 su içeren volkanik kökenli alüminyum silikattır. Camsı yapıdaki perlit kayacının yüksek sıcaklıklarda patlatılarak genleştirilmesinden elde edilir.

Perlit tarımda bitki yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyici olarak kullanılır. Perlit ilk önce çeliklerin köklendirilmesi, tohumların çimlendirilmesi ve fide yetiştirme ortamı olarak kullanılmaktaydı. Daha sonraları saksılı süs bitkileri yetiştiriciliğinde torf ile karıştırılarak kullanılmaya başlandı. Bugün ise seralarda hemen hemen her türlü amaçla çok sayıda bitki yetiştirmek için tek veya karışım hâlinde kullanılmaktadır.



Fotoğraf 1.7: Perlit ve yetiştirme ortamında kullanışı

Perlitin bitki yetiştirme ortamı olarak avantajları ve bazı özellikleri ise yeterli su tutma kapasitesinin yanında çok yüksek havalanma porozitesine sahiptir. Bu nedenle bitkinin kök ortamına uygun bir hava ve su dengesi sağlar.

Perlit taneleri irileştikçe suyun alt tabakalarına doğru sızması artar. Buna bağlı olarak köklerin havalanma koşulları iyileşir. Buna karşılık perlitin su tutma kapasitesi tane iriliği arttıkça düşer. Perlit taneleri küçüldüğünde ise su tutma kapasitesi artarken havalanması azalır.

Tarımda kullanılan iri perlitin havalanma porozitesi bitki köklerinin oksijen ihtiyacını karşılar. Perlitin yetiştirme ortamı olarak üstünlüğü yeterince havalanabileceği uygun bir kök ortamı oluşturmasındandır.



Fotoğraf 1.8: Perlit ortamında oluşmuş kök sistemi

Tarımda kullanılan perlitin genellikle iri taneli olması tercih edilir; ancak kullanım amacı, sulama yöntemi ve iklim koşullarına bağlı olarak perlitin iriliği değişir. Genel olarak çelik köklendirilmesinde ortamın çok iyi havalanması gerektiğinden 3,0-6,0 mm olan iri perlit kullanılmalıdır çünkü çeliğin köklendirilmesi sırasında sık uygulanan sisleme işlemi köklerin yeterince havalanmamasına neden olur. Kök kısmında yeterli oksijen yoksa kök çürümeye başlar. Fazla oranda iri perlit içeren ortamda genellikle böyle sorunlarla karşılaşılmaz.

Tohumların çimlendirilmesinde daha ince taneli 1,0-3,0 mm iriliğinde perlitin kullanılması önerilir çünkü küçük tohumların çimlendirilmesinde tohumların yetiştirme ortamına iyice temas etmesi ve tohumların kurumaması gerekir. Tohumların çimlendirilmesinde yalnız perlit kullanılabileceği gibi perlit-torf veya perlit-vermikülit karışımları da tercih edilir.

Sulama yöntemi de kullanılacak perlitin iriliğinde etkilidir. Örneğin; damlama sulama yöntemi kullanıldığında iri perlitin kullanılması bitki köklerine yeterince suyun ulaşmasını sağlar. İri perlitin kullanıldığı durumlarda kapiller sulama yöntemleri tercih edilmelidir çünkü perlit mükemmel kapiller özelliğe sahiptir.

Kullanılacak perlitin iriliğini etkileyen diğer bir faktör de iklim koşullarıdır. Kök ortamında, su ve havalanma yetersizliğinin sorun olduğu serin ve nemli koşullarda iri perlitin kullanılması tavsiye edilir. Sıcak ve kurak iklim bölgelerinde ise kök ortamında yetersiz havalanma yerine su azlığı sorun oluşturur. Bu tür iklimlerde daha ince taneli perlitler kullanılmalıdır. Eğer iri taneli perlit kullanılıyorsa su azlığı oluşturmayacak sulama yöntemi tercih edilmelidir.

Perlit neredeyse nötr (6,5-7,5) pH değerine sahiptir. Katyon değişim kapasitesi yok denecek kadar azdır; bunun için de pH değeri kolaylıkla ayarlanabilir ve ortamın pH değerini etkilemez. Besin çözeltisinin pH değeri ile perlit ortamının pH değeri aynı olur.

Perlitin katyon kapasitesi düşüktür ve besin maddesi içermediği kabul edilir; bu nedenle tamamen perlitten oluşan veya karışımda yüksek oranda perlit bulunan yetiştirme ortamına sıvı gübreleme yapılması gerekir.

Perlit kimyasal olarak inert bir materyaldir yani perlit tanelerinin etrafını saran besin çözeltisi ile perlit taneleri arasında genellikle kimyasal bir etkileşim olmaz. Başka bir deyişle çözeltideki iyonlar perlit taneleri tarafından tutulmadığından çözünme yoluyla perlit tanelerinden çözelti içine herhangi bir geçiş olmaz.

Perlit bitkilere toksik etkisi yapacak iyon içermez ancak düşük pH değerinde alüminyum çözünürlüğü artacağından bitkilere toksik etkisi yapacak düzeyde olabilir.

Perlit yüksek sıcaklıkta genleştiği için hastalık ve zararlı etkenler içermez, yabancı ot tohumları da taşımaz.

Perlitin hacim ağırlığı hafif olduğundan nakliye masrafı azdır. Fidelerin ve köklendirilmiş çeliklerin şaşırtılması sırasında köklerin zarar görmeden çıkarılmasını sağlar.

Isı geçirgenliği düşük olduğundan kök ortamını aşırı sıcaklık dalgalanmalarından korur.

Perlit inorganik bir materyal olduğundan biyolojik faktörlerden etkilenmez ve ayrılmaz.

Perlitin besin maddesi içeriği ve tamponlama kapasitesi düşük olduğundan sıvı gübrelemeye ve pH kontrolüne özen gösterilmelidir. Uygulanacak besin çözeltisi makro ve mikro besin elementlerini içermelidir. Perlit ortamında bitki yetiştirilirken düzenli ve sık aralıklarla sulanmalıdır.

Perlit düşük hacim ağırlığa sahip hafif bir materyal olduğundan bitkilere yeterli destek sağlamaması dezavantajdır. Perlitin hafif olması açık alanlarda ve özellikle rüzgârda zorluk çıkartır. Bunu önlemek için perlitin kullanımdan önce ıslatılması gerekir.

Perlitte yetiştirilen fide ve çelikler başka ortama şaşırtıldıklarında duraklama dönemine girer. Bu durum perlitteki kök ortam koşullarında yeterli oksijen ve düşük emiş değerlerindeki bol suya alışan bitkilerin ortama uyum zorluğundan kaynaklanır.

1.2.2.2. Vermikülit

Vermikülit görünüm olarak mikayı andırır. Doğal durumda ince tabakalı bir yapıya sahip olan hidrate-alüminyum-demir-magnezyum silikat mineralidir.



Fotoğraf 1.9: Vermikülitin genel görünüşü

Vermikülit minerali elekten geçirilerek özel fırınlarda, 1000-1100 °C'de ısıtılır. Tabakalar arasında hapsedilmiş su molekülleri ısıtma sırasında buhar hâline döner. Basınç etkisiyle tabakalar birbirinden ayrılır. Mineraller genişterek orijinal hacminin 15-20 katına ulaşır. Genleşme sonucu süngerimsi yapıda gözenekli taneler oluşur. Bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılan yüksek ısıda genişletilmiş vermikülitir.



Fotoğraf 1.10: Vermikülitin kullanıldığı yetiştirme ortamı

Genleştirilmiş vermikülit oldukça hafiftir. Perlit gibi yüksek sıcaklıkta geniştiği için steril kabul edilir. Sonradan bir bulaşma olmadığı sürece sterilizasyona gerek duyulmaz.

Vermikülitin avantajları şunlardır:

- Ateş almaz.
- Tazeyken sterildir.
- Nem absorpsiyonu için geniş bir yüzey alanına sahiptir.
- Bazı iyon alışverişi özelliğine sahiptir.
- Isı veya alevle sterilize edilebilir.

Vermikülitin dezavantajları ise şunlardır:

- Düşük hava tutma kapasitesine sahiptir.
- Dikkat edilmezse alkalileşme özelliği gösterir.
- Kolay kırılır.
- Kullanıldıktan sonra kimyasal maddeler veya buhar ile sterilize edilmesi güçtür.

Vermikülit yüksek oranda su absorbe etme yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda hem hava hem de su tutma kapasitesi yüksektir; ancak strüktürel kararlılığı az olduğundan bir süre sonra hava kapasitesinde azalma meydana gelir. Tarımsal vermikülit torf ile hemen hemen aynı oranda yüksek değişim kapasitesine sahiptir; bu nedenle besin maddelerini değişebilir hâlde tutarak zamanla ortama geri bırakır. Doğal hâldeki vermikülit minerallerinin bir bölümü hafif asit (pH 6,0-6,8), bir bölümü ise alkalın özelliğindedir.

Vermikülit strüktürel kararlılığı perlite oranla daha düşüktür. Vermikülit özellikle ıslak olduğunda bastırılmamalı ve sıkıştırılmamalıdır. Çünkü sıkıştırılma sonucu gözenekli yapısı bozulur. Uzun süreli kullanımlarda vermikülitin kafes veya arı yapısında çökmeler olur ve gözenekleri azalır. Çamurumsu bir hâl alarak drenaj ve havalanma yetersizliği oluşur.

1.2.2.3. Pomza

Volkanik kökenli inorganik materyaldir. Ülkemizin çeşitli bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Genellikle beyaz ve gri renktedir. Yöresel olarak sünger taşı olarak bilinir.



Fotoğraf 1.11: Pomza

Pomzanın son yıllarda tarımsal amaçlı kullanılması yaygınlaşmıştır. Ülkemizde perlit gibi tarımsal amaçlı kullanılan inorganik yetiştirme ortamıdır. Doğal hâlde çıkarıldıktan sonra öğütülmenin dışında herhangi bir fabrikasyona tabi tutulmadan kullanılabildiği için oldukça ucuzdur. Pomza seralarda her türlü açık serbest drenajlı ve kapalı resirküle yetiştiricilik sistemlerinde kullanılabilir. Tek başına kullanılabildiği gibi torf ve Hindistan cevizi lifinin tozu gibi organik materyallerle belirli oranlarda karıştırılarak da kullanılır.



Fotoğraf 1.12: Pomza kullanılan yetiştirme ortamı

Pomzanın steril olmasa bile hastalık etkenlerini ve yabancı ot tohumlarını içermeyi kabul edilir ve dezenfeksiyona gerek duyulmaz kullanılır. Strüktürel kararlılığı ve toplam gözenek sayısı yüksektir. Aynı zamanda hava kapasitesi yüksek olup kök bölgesine çok iyi hava sağlar.

Pomzanın su tutma kapasitesi biraz düşüktür; ancak irlilik derecesi ayarlanarak veya torf gibi organik materyallerle karıştırılarak su tutma özelliği ayarlanabilir. pH değeri genellikle yüksek olup 7,5-8,5 arasında değışir.

1.2.2.4. Kaya Yünü

Kaya yünü %60 diyabaz, %20 kireç taşı, %20 kok kömürü içeren karışımın 1600 °C'de eritilmesi sonucu elde edilen yetiştirme ortamıdır. Yüksek sıcaklıkta magma görüntüsü verir. Çok ince lifler hâline getirildikten sonra fenolik reçinelerle stabilize edilir. 260 °C'de bloklar hâlinde preslenerek büyük oranda gözenek içeren süngerimsi bloklar elde edilir.



Fotoğraf 1.13: Kaya yünü

Yetiştirilecek bitki çeşidi ve yetiştirme koşullarına göre farklı boyutlarda üretilir. Genel olarak kalınlıkları 7,5, genişliği 25 cm ve uzunlukları 75 cm civarındadır.

Kaya yünü yüksek sıcaklıkta üretildiği için steril kabul edilir. Yabancı ot tohumları ve zararlı hastalık organizmalarını içermey. Oldukça hafif, parçalanmaya karşı dayanıklıdır. Strüktürünü uzun süre korur. Gözenek, hava ve su tutma kapasitesi yüksek; pH değeri 7-8 civarındır.



Fotoğraf 1.14: Kaya yünü ile yapılan yetiştirme ortamı

Kaya yünü blokları Avrupa’da sera yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılır. Ülkemizde daha çok yalıtım amaçlı kullanılmaktadır. Tarımsal amaçlı kaya yünü üretimine henüz başlanmamıştır.

1.2.2.5. Kum ve Çakıl

Kum, bitki yetiştirme ortamında daha çok torf ve diğer organik maddelerle karıştırılarak kullanılır. Çakıl veya kum tek başına iyi drenaj ve düşük su tutma kapasitesine sahiptir. Ancak karışım hâlinde kullanıldıklarında her zaman aynı etkiyi göstermez.

Kum genel olarak besin maddesinden yoksun, su tutma kapasitesi düşük ve kimyasal olarak inert (başka maddelerle tepkimeye girmeyen) bir maddedir.

Kumun; karışımın drenaj ve havalanması üzerine etkisi, irilik derecesi ve kullanılan miktara bağlı olarak değişir. Çapları 1 mm’ye kadar olan ince kum karışımın su tutma kapasitesini genellikle artırır. Çapları 1-3 mm civarında olan iri kum ve çakıl karışımın su tutma kapasitesini azaltır; ancak drenaj ve havalanmayı iyileştirir.

Karışımlarda kum kullanılırken dikkat edilmesi gereken noktalardan biri kumun irilik derecesidir. Kumun irilik derecesi çevre koşulları, karışımdaki diğer materyallerin özellikleri ve uygulanacak sulama sistemine göre değişir. Örneğin; yetiştirme ortamına kapillarite ile su verilecekse ince kum kullanılır. Üstten sulama yapılacaksa suyun serbest drenajını sağlamak için iri kum kullanılır. Saksı ve konteynerlerde havalanma ve drenaj önemli olduğu için iri kum kullanılır. Kullanılacak kumun iriliği iklimle de ilgilidir. Serin ve nemli bölgelerde iri kum daha iyi sonuç verir çünkü bu bölgelerde havadar ve geçirgen ortam gerekir.

Kum seçiminde kireç kapsamı da önemlidir. Yetiştirme ortamında kullanılacak kumun kireçten arındırılmış olması gerekir. Kumda serbest kirecin var olup olmadığı seyreltik hidroklorik asitle belirlenir. Bu amaçla %5’lik HCl uygulanır. Asit karbonla reaksiyona gireceğinden CO₂ çıkması sonucu köpürme görülür. Kuma asit damlatıldığında şiddetli kabarma ve köpürme görülürse ortamda fazla miktarda kireç var demektir. Bu kum yetiştirme ortamı için uygun değildir. Eğer hafif köpürme görülürse laboratuvarında kireç içeriğinin analiz edilmesi gerekir. Kireç içermeyen kum genel olarak 6,0-6,5 arasında pH değerine sahiptir.



Fotoğraf 1.15: Kum ve çakıl

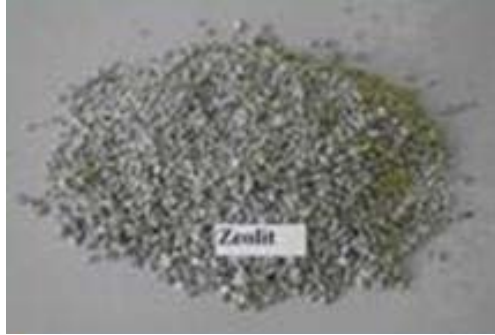
Kum, tuz içerdiğinde bitki köklerine zarar verir. Böyle kumun kullanılmasından kaçınılmalıdır. Özellikle sahillere elde edilen kumda bu sorunla karşılaşılır, sorun kum iyice yıkandığında çözülecektir.

Kum ve çakılın esas kullanım amacı karışımın hacim ağırlığını artırarak stabiliteyi sağlamaktır. Kauçuk gibi hacimli bitkiler için yetiştirme ortamının devrilmeye karşı stabil ve destekleyici olması istenir.

Yetiştirme ortamında torf ve kum oranı hacimce 3/1 olarak ayarlanır. Daha yüksek orandaki kum, karışımın hacim ağırlığını gereksiz yükseltir. Aynı zamanda ortamın su ve besin maddesi tutma kapasitesini de azaltır.

1.2.2.6. Zeolit

Zeolit, mineraller volkanik kayalardan doğal koşullarda meydana gelen alümino silikat mineralleridir. Petek benzeri yapılarında çok küçük boşluklar vardır. Yüksek kation kapasitesine sahip zeolitler zamanla yavaş yavaş amonyum ve potasyumlu gübre gibi işlev görür.



Fotoğraf 1.16: Zeolit

1.2.2.7. Yanmış Kil

Yanmış kil yetiştirme ortamı için fiziki ve kimyasal özelliklere sahiptir. Dikkatle belirli büyüklüklere ayrılan argilit, attapulgit ve diğer kül minerallerinin 690 °C sıcaklıkta alevden geçirilerek kilden saksı renginde köşeli parçacıklar elde edilir. Yanmış kil, yüksek kation kapasitesine sahiptir ve fazlaca su ve besin maddesi tutar. Orijinal halde iken yetiştirme ortamına az miktarda besin maddesi katar. Yetiştirme ortamında yanmış kil, geniş gözeneklilik oluşturur. Çok stabildir ve bazıları parçalanmaya çok dayanıklıdır.

1.3. Yetiştirme Ortamının Dezenfeksiyonu

Yetiştirme ortamı hazırlandıktan sonra genellikle ısı ve kimyasal fumigantlar uygulanarak hastalık etkenleri ve zararlılarının yok edilmesi gerekir. Hastalık etkenleri; bitki patojenleri, yabancı ot tohumları, nematodlar ve toprak böcekleridir. Bu etkenler yetiştirme ortamından geleceği gibi saksı, konteyner, alet ve ekipmanlarda da bulunabilir. Yetiştirme

ortamının dezenfeksiyonu maliyeti artıran pahalı bir işlemdir. Ancak ekonomik yararı tartışılmazdır. Yetiştirme ortamının ısı veya kimyasal maddelerle dezenfekte edilmesi gerekir.

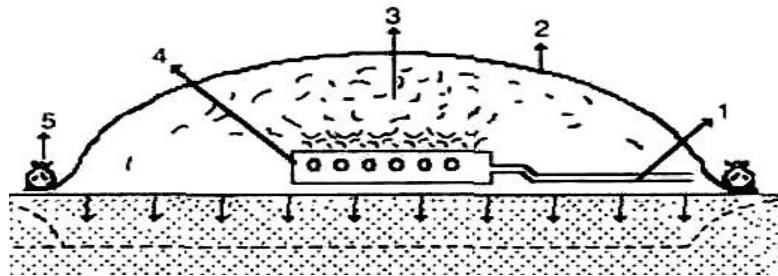
➤ Isı uygulaması ile dezenfeksiyon

Isı uygulaması nemli veya kuru olmak üzere iki şekilde yapılır. Isı uygulamasında en çok buhar yöntemi uygulanır. Buharla ısı etkin biçimde taşınır ve yetiştirme ortamına yayılır. Nem uygulamasında diğer bir seçenek ise sıcak sudur. Ancak sıcak su ile ısıнын taşınması fazla etkili olmaz.

Toprak hastalıklarını yok etmek için buhar uygulamasının çeşitli avantajları vardır. Sıcak su uygulanan yetiştirme ortamında ise dikim için uygun nem oluşana kadar beklemek gerekir.

Buharla yapılan dezenfeksiyonun etkileri şunlardır:

- Dezenfeksiyon süresi kısadır, 2-3 saat içinde tamamlanır.
- Ortam sıcaklığı 25-30 °C'ye düşüncü hemen dikim yapılabilir. Kimyasal fumigant ise 1-3 gün sürer. Dezenfeksiyon sonrası 1-2 gün toprağı havalandırmak gerekir.
- Buharlı dezenfeksiyon uygulaması birkaç yabancı ot tohumu dışında hastalık ve zararlılara karşı etkilidir.
- Buharlı dezenfeksiyonda yetiştirme ortamının sıcaklığı, çeşitli noktalarda ölçülerek dezenfeksiyonun etkinliği denetlenebilir.
- Yetiştirme ortamı ve konteyner, buharla her zaman dezenfekte edilebilir. Soğuk ve ıslak yetiştirme ortamları için gerek duyulan buhar miktarı ve uygulama süresi daha fazladır.
- Fumigantların çoğuna göre buharın kullanılması daha güvenlidir. Ekim dikimden sonra dezenfeksiyon işlemi önerilmez. Ancak 30-60 cm aralıklarla dikilmiş bitkiler arasında bitkiye zarar vermeden buhar uygulanabilir. Bu gibi durumlarda kimyasal madde uygulaması da riskli olup çok iyi havalandırılması gerekir.



Şekil.1.2: Buharla üstten dezenfeksiyon

(1. Buharı taşıyan boru, 2. Plastik harç örtüsü, 3. Harç, 4. Buhar çıkışını sağlayan delikli boru, 5. Plastik örtüyü sıkıştıran torbalar)

Buhar uygulaması daha etkindir, çevre ve insan sağılığı açısından da daha güvenliştir. Buhar uygulamasında bir buhar kazanı yardımıyla ortama ısı uygulanır. Toprağın nemi ve porozitesi (boşluk) gibi faktörler termometre ile ölçülen toprak sıcaklığını etkiler ve buhar uygulamasının etkinliğı toprak sıcaklığı ölçülerek değerlendirilir. Yetiştirme ortamının çeşitli noktalarında istenilen sıcaklık sağılanmışsa uygulama da başarılıdır.



Fotoğraf 1.17: Buharla dezenfeksiyon makinesi

Nemli yetiştirme ortamında nematodlar ısıya çok duyarlıdır. Ortam 49 °C’de, 30 dakika ısıtılırsa kolayca yok olur. Yetiştirme ortamının sıcaklığı 30 dakika, 60 °C’de kalırsa patojenik mantar ve bakterilerin çoğı yok olur. 71-82 °C’de yabancı ot tohumlarının büyük çoğunluğu canlılığını yitirir. Ticari koşullarda dezenfeksiyon için ortam sıcaklığı 82 °C ve 30 dakika şeklinde uygulanmalıdır. Ancak sıcaklığın bu değerde tutulması zor olduğundan yetiştirme ortamı genellikle 100 °C’de dezenfekte edilir.

Buhar işleminde önemli bir faktör de yetiştirme ortamının içeriğidir. Islak toprak karışımını buharla işleme tabi tutmak, uygun nemdeki karışıma oranla daha masraflıdır ve uzun süre gerektirir. Bitki gelişimi için yeterli nem düzeyinde dezenfeksiyon gerekir.

Isı uygulamasını izleyen sorunlar şunlardır:

- Toksik bileşiklerin birikimi
- Patojenik organizmaların yeniden bulaşması

Yetiştirme ortamını 100 °C’ye kadar ısıtmak biyolojik boşluk oluşturur. Birkaç spor oluşturan bakteri ve termofilik (sıcakta yaşayan) mantar dışında yetiştirme ortamındaki doğal mikrofloranın (canlı) çoğı ölür. Dezenfeksiyondan sonraki günler bulaşmalara karşı çok duyarlıdır. Herhangi bir patojen ortama bulaşırsa kolaylıkla üreyebilir. İyi bir koruma ve zaman zaman da dezenfeksiyonu yenilemek gerekir.

Genellikle yılda bir mevsim bitki yetiştiren ve buhar sistemini kurmak için yatırım yapmak istemeyen üreticiler, kimyasal fumigantı tercih eder. Ancak kimyasal fumigantların kullanımı birçok ülkede yasaklanmıştır.

Kimyasal fumigantların buharlaşması 15-16 °C'nin altında yavaşlar. Ayrıca bu maddeler topraktaki kil mineralleri ve organik maddeler tarafından absorbe edilir. Islak ortamlarda havalanmayı sağlayan boşlukların azalması gaz difüzyonunu sınırlar. Diğer taraftan fumigant uygulanmasından sonra ortamda günlerce kalır.

En çok kullanılan kimyasal fumigantlar; **metil bromit, basamait, formaldehit ve vapam**'dır. Metil bromit mantarların çoğuna, böceklerle, nematodlara ve yabancı otlara karşı etkilidir. Metil bromit uygulanacak toprak nemli olmalıdır. Sıcaklık 10 °C'nin altında olmamalıdır. Uygulamadan sonra toprak 4-5 gün örtü altında tutulmalıdır. Örtü kaldırıldıktan sonra 4-20 gün iyice havalandırılmalıdır. **Son yıllarda metil bromit ve benzeri ilaçların kullanılması kalıntı bıraktıklarından Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yasaklanmıştır.**

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

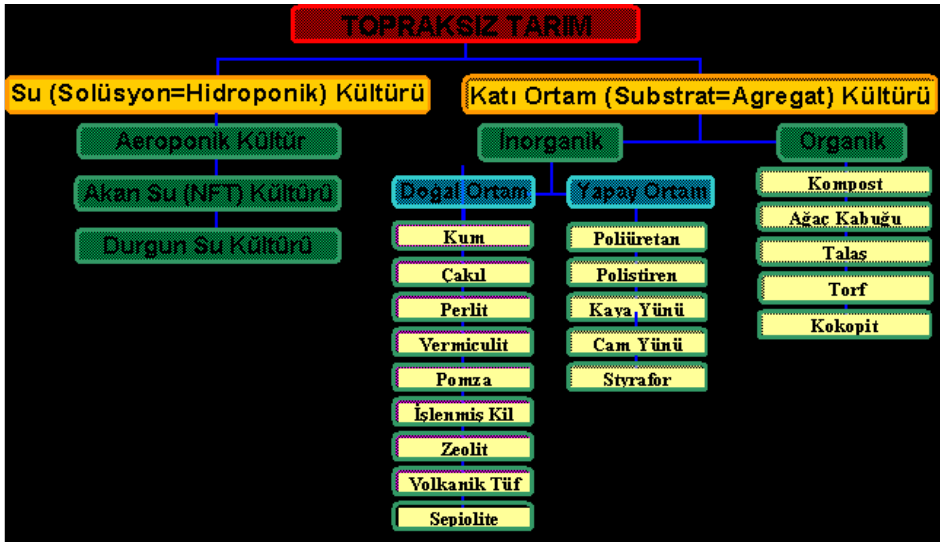
İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak ve literatürü tarayarak topraksız tarıma uygun olan sistemde üretim yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Topraklı ve topraksız tarım sistemlerini karşılaştırarak avantaj ve dezavantajlarını araştırınız.
- Sıvı ve katı topraksız yetiştiricilik sisteminde en çok üretilen bitkileri tespit ederek bu sistemin tercih edilmesinin nedenlerini araştırınız.
- Elde ettiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

2. TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMLERİ

Topraksız tarım; her türlü tarımsal üretimin durgun veya akan besin eriyiklerinde, besin eriyiği sisinde veya besin eriyikleri ile beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirilmesidir. Üretimin doğrudan besin eriyiklerinde gerçekleştirilmesi su kültürü (hidroponik) sulamanın besin eriyikleri ile yapılması koşuluyla perlit, kum, kaya yünü, çakıl, talaş gibi ortamlarda gerçekleştirilmesi katı ortam kültürü olarak adlandırılır.



Tablo 2.1: Topraksız tarım çeşitleri

2.1. Su (Hidroponik/Solüsyon) Kültürü

Bitkilerin büyüme sürecinde herhangi katı bir ortam içermeyen yapılarda özel besin çözeltilerinde veya bu besin çözeltilerinin belli aralıklarla bitki köklerine püskürtülmesi ile yetiştirilmesi yöntemidir.



Şekil 2.1: Sıvı yetiştiricilik sistemleri

Hidroponik (solüsyon), besin çözeltisi içinde desteksiz olarak bitki yetiştiriciliği anlamındadır. Bununla birlikte besin çözeltisi kullanarak katı ortamda bitki yetiştirme de hidroponik sistem içinde yer alır.

Hidroponik sistemler bu sınıflandırmanın dışında açık ve kapalı sistemler olarak da adlandırılabilir. Açık sistemde besin çözeltisi bitki köklerine bir kez verilir ve yeniden kullanılmaz. Kapalı sistemde ise fazla çözelti toplanır ve yeniden dolaştırılır.

2.1.1 Akan Su Kültürü (NFT)

Akan su kültürü besleyici **film tekniği** ve **derin su kültürü** olarak iki farklı şekilde yapılabilir.

2.1.1.1 Besleyici Film Tekniği

Bu teknikte besin çözeltisinin 0,5 mm ince bir film şeklinde ve belirli bir debi ile akacağı bir kanal bulunur. Bitki kökleri bu kanaldaki besin çözeltisine doğrudan temas eder. Sistemin temel bileşenleri plastik borular ve tanktaki dalgıç pompadır. Kanallar genellikle mat plastik film veya plastik borulardan oluşmaktadır.



Fotoğraf 2.1: Besleyici film tekniği

Yetiştirme kabı olarak kullanılan olukların içinden besin eriyiği ince bir tabaka hâlinde geçer. Kaplarda yerleştirilen bitkilerin kökleri besin eriyiği ile temas ettirilerek beslenmesi sağlanır. Böylece kökler hem beslenip su alabilir hem de yeterli havalanma sağlanır. Oluklardan geçen eriyik bir tankta toplanıp yeniden kullanılmaktadır. Böylece su ve besin maddesi kayıpları da en aza indirgenir. Bu yöntem, topraksız kültürün en gelişmiş tekniğidir. Tümüyle otomatik çalışan bir sisteme ve düzenlemeye gerek duyulur.

Bütün NFT sistemlerinin ortak özelliği kanallarda bulunan çözeltinin derinliğinin az olmasıdır. Akış, genellikle sürekli. Ancak bazı sistemlerde saat başı birkaç dakika çözelti eklenmesi ile aralıklı olarak da çalıştırılır. Aralıklı akışın amacı kökün yeteri kadar havalanmasını sağlamaktır. Hızlı büyüme sırasında akış süresi çok kısa veya çok seyrek aralıklarla olursa bitkiler su stresine girebilir. Bu nedenle aralıklı akış düzenlemesinin ılıman iklim dönemlerinde uygulanması daha uygundur.

NFT kanallarının tabanındaki kapiler hasır, genç kök sisteminin çevresindeki çözelti akıntısının dalgalanmasını önlemek için kullanılır. Akış kesildiğinde bu hasır suyu ve besinleri tutarak stok görevi de yapar.

NFT sistemlerinde tek sıralı bitki dikiminde 15-20 cm, çift sıralı bitki dikiminde ise 30-38 cm veya daha geniş kanallar kullanılır. Kanal uzunluğu maksimum 4-10 m, eğimi ise 1/50 veya 1/75'tir. Besin çözeltisi her kanalın yüksek ucundan pompalanır alttaki uca doğru akararak bitkinin kök hasırını ıslatır. Kanallardaki akış hızı dakikada 1-2 litre olmalıdır.

Bu yetiştirme yönteminde fideler yetiştirme ortamıyla birlikte kanalı oluşturacak levhanın ortasına yerleştirilir. Levhanın her iki ucu fidelerin tabanına doğru çekilip buharlaşmayı engellemek için birbirine tutturulur. Fide yetiştirme ortamı bitkiler küçükken gerekli olan besinleri tutmaktadır. Bitkiler büyüdüğünde ise kanal içinde hasır şeklinde yayılarak kökleri aracılığı ile besinleri doğrudan alır.

Besin çözeltisi kanalın alt ucuna toplanarak besin çözeltisi tankına dolar. Çözelti yeniden sisteme verilmeden önce tuz bakımından incelenir. NFT yetiştiricilikte uzun büyüyen bitkilerin devrilmemesi için bitkilere mutlaka gerekli destek sağlanmalıdır.

2.1.1.2.Derin Su Kültürü

Bu sistemde bitki kökleri kanalın dibinde değil, akan derin solüsyona kök uçları degecek şekilde yerleştirilir. Kökler uzadıkça solüsyonun derinliği azaltılır.

2.1.2. Modifiye NFT

Bitki köklerinin, değişik kanallar içinden sürekli veya aralıklı olarak birkaç mm'den 4-5 cm'ye kadar derinlikteki besin eriyiklerinde tutularak beslendiği sistemdir. Sistemde bitkilere verilen besin eriyiği eğimli bir kanaldan geçirilerek besin tanklarında depolanır. Analiz sonuçlarına göre eksiklikleri tamamlanarak tekrar ortama motorlar aracılığı ile pompalanır. **Modifiye NFT farklı şekillerde uygulanabilir.**

2.1.2.1. Sabit Kanallar

Sera zeminin NFT kanallarının yerleştirilmesine göre şekil verilerek kaplanması yöntemidir. İlk tesis masrafı yüksektir; ancak işletme masrafları diğer standart yöntemlere göre daha düşüktür.

Bütün yıl marul yetiştirilecek bir serada sabit kanallar şöyle kurulur; 1/50 eğiminde, 45 m uzunluğunda, 2,5 cm derinliğinde ve 10 cm genişliğinde birbirine paralel betondan kanallar oluşturulur. Beton yüzeyleri besin çözeltisinden izole etmek amacıyla özel bir madde ile kaplanır. Bu şekilde oluşturulan NFT sistemleri ile mekanizasyon üst seviyede gerçekleşirken düşük maliyette üretim yapılır.

2.1.2.2. Hareketli Kanallar

Bitki büyüme ve gelişmesine göre kanallar birbirinden bağımsız olarak sera içinde dağılım gösterir. Değişik sıra aralı bu sistem sera alanından en üst seviyede yararlanmayı sağlar. Aynı zamanda ışığı engelleyici etkide ortadan kaldırır.

2.1.2.3. Çoklu Üretim

Çoklu üretim sisteminde bitki yetiştirme torbası iki tabakadan oluşur. İlk tabaka, bitkiyi hızlı yetiştirmek için gerekli substrat ve besin aktarmasını sağlar. İkinci tabaka bitkinin kök sistemine optimal hava ve su sağlar ve etkili drenaj son derecede önemlidir. Bu sistem profesyonel yetiştiriciye, değişik zaman periyotlarında sulama ve iyi yetiştirme olanağı sağlar. Aynı zamanda mükemmel drenaj özelliği bitkinin ihtiyaçlarını optimal düzeyde tutar.

2.1.2.4. Borulu Sistemler

Bu sistemde 2-3 cm derinliğindeki besin çözeltisi, 10 cm çapındaki plastik borulardan akar. Bu borular üzerinde yanları plastik ve altı delikli saksı içinde bitki yetiştirilir. Plastik saksı borudan akan besin çözeltisine değdirilerek bitki besinini alır.



Fotoğraf 2.2: Borulu sistemler

PVC borularının yerleştirilmesi yetiştirilecek bitkinin çeşidine göre değişir. Borular düz veya zikzak şeklinde yerleştirilir. Zikzak şeklindeki sistemde aynı alanda daha fazla bitki yetiştirilir, bu sistem yavaş büyüyen bitkiler için daha uygundur. Düz sistemde ise hem uzun hem de kısa boylu bitkiler yetiştirilmektedir.



Fotoğraf 2.3: Borulu sistemin uygulaması

2.1.2.5. Hareketli Bantlar

Sınırlı alanda marul üretimini üst seviyede gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bir yöntemdir. NFT kanalları üzerindeki hareketli bantlar üzerine dikilen bitkiler gelişme döneminin sonunda mekanik olarak hasat edilir.



Fotoğraf 2.4: Sera sıcaklığına göre hareketli bantlar

2.1.3. Aeroponik (Besin Eriyiği Sisi) Sistem

Topraksız tarımda uygulanmaya başlanan en yeni uygulamalardan biri de aeroponik ya da sisleme uygulamasıdır. Bu uygulamada besin eriyiği içeren sıvı, özel püskürtme başlıkları ile doğrudan bitkinin köküne püskürtülür. Bu sayede bitki kökleri besin maddelerini en ideal ve kolay şekilde alır ve aynı zamanda yeterince havalanır.

Diğer sistemlere göre su ve gübre tasarrufu sağlayan bu sistemde besin çözeltisini atmaya yarayan başlıklar ve sistemi basınçla çalıştıran motor düzeneği bulunur.

Aeroponik, bitkinin köpük panellere yerleştirildiği ve bitki kökünün panelin altındaki havada asılı kaldığı bir yetiştirme tekniğidir. Kullanılan paneller kök oluşumunu uyarmak ve alg gelişimini önlemek için ışık geçirgenliği olmayan kapalı kutulardan oluşur. Besin çözeltisi köklere ince sis şeklinde püskürtülür. Sisleme her 2-3 dakikada bir, 1-2 saniye yapılır. Bu, köklerin nemli tutulması ve havalandırılması için yeterlidir. Bitkiler köklere yapışan çözelti sisinden su ve besini alır.



Fotoğraf 2.5: Akan su kültürü

A tipi aeroponik sistemlerde 1,2 m x 2,4 m ölçüde geniş plastik paneller, tabanda iki panel arasındaki mesafe 1,2 m ve yandan görünümü ikizkenar üçgen olacak şekilde monte edilir. A şeklindeki panel su geçirmez özelliktedir. Besin çözeltisinin toplandığı 2,5 cm derinliğindeki bir hazneden oluşur. Yetiştirme ortamında küçük tüplerde bulunan genç bitkiler panel merkezinden 18 cm aralıklarla açılan yerlerine dikilir. Bitki kökleri havada asılı kalır ve daha önce anlatılan besin çözeltisi ile sisleme yapılır.

Bu sistem genellikle seralarda uygulanır. Daha çok marul, ıspanak gibi kısa boylu ve yapraklı sebzeler için uygundur. Diğer tekniklerde olduğu gibi hava, su, besin maddesi ve ışık bitkinin dört ana ihtiyacıdır.

Bu tekniğin başlıca avantajı, alanın maksimum kullanılması ve köklere en iyi şekilde havalanma sağlanmasıdır. Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında birim alanda yetiştirilen bitki sayısı iki kat daha fazladır. Ancak tek olumsuz tarafı eğimli yüzeyde yetişen bitkilerin farklı yoğunlukta ışık almasıyla düzensiz gelişmeleridir.

2.2. Katı Ortam (Agregat/Substrat) Kültürü

Topraksız yetiştiriciliğin bu sisteminde gereken katı veya sert ortam, lokal olarak elde edilen materyallerden oluşur. Seçilen ortam materyalleri esnek, gevrek, su ve hava tutma kapasitesi iyi ve kolaylıkla drene edilen özellikte olmalıdır. Materyal, toksik maddelerden, hastalık ve zararlılardan oluşan mikroorganizmalardan da arındırılmış olmalıdır.

Bu yöntemde bitkiler; torba, tekne, saksı, viyol ve benzer biçimlerde kaplara doldurulan organik veya inorganik yapılu materyallere ekilerek veya dikilerek yetiştirilir. Besin çözeltisi belli aralıklarla damlama veya yağmurlama sulama ile ortama verilir. Bitkiler su ve besin maddelerini bu materyallerden alır.



Fotoğraf 2.6: Agregat hidroponik sistemde yetiştirilen bitki

Bu tekniklerin tümünde temel prensip, toprak kullanmadan yetiştirilen bitkilerin kök sistemlerine yeterli oranda besin maddesi içeren çözeltilerin ulaşmasıdır. Besin maddesi düzeyi bitki türlerine göre ayrı ayrı hazırlanır. Bitkilerin gelişme devrelerindeki istekleri göz önüne alınarak içerikleri değiştirilir.



Fotoğraf 2.7: Katı yetiştiricilik sistemleri

Besin çözeltilerinin pH'ı ve elektrik iletkenliği (EC) bitkilerin optimum isteklerine göre düzenlenmelidir. Çözeltiler özel tanklarda hazırlanarak sisteme bağlı bitkilere verilir.



Fotoğraf 2.8: Yetiştirme ortamından genel görünüş

Yöntemin avantajları şöyle sıralanır:

- Bitkinin kök bölgesine yeterli nem ve hava sağlar. Topraklı yetiştiricilikte olduğu gibi bir sıkışma olmaz ve toprak işleme, çapalama sorunu ortadan kalkar.
- Toprakta bulunan ve toprakla taşınan yabancı ot tohumları bu yöntemde sorun oluşturmaz. Rüzgârla taşınan ot tohumlarının kontrolü mümkündür. Yabancı ot mücadelesine büyük ölçüde gerek kalmaz.
- Bitkilerin besin maddesi ihtiyacı su ile birlikte karşılanır. Ayrıca gübrelemeye gerek kalmaz. Besin maddesi ve gübre kayıpları en aza iner.
- Bütün bitkilere eşit miktarda, dengeli su ve besin verilir. Böylece daha homojen ürün elde edilebilir.
- Su ekonomisi sağlar. Dengeli sulama ve beslemeyle verim ve kalitede artış sağlanır.
- Sterilizasyonu daha kolaydır.
- Bitki üretimini, bitki yetiştirmeye uygun olmayan, tuzlu, taşlı, çöl ve sığ alanlara kaydırma imkânı sağlar.
- Besin maddelerinin dozları ayarlanarak bitkilerin vejetatif veya generatif devrede tutulmaları sağlanabilir.
- Bitkiler su stresi problemi yaşamaz.
- Topraksız kültür yetiştiriciliği otomasyona uygundur. Sulama ve gübreleme otomatize edilerek iş gücünden ekonomi sağlanır.
- Topraksız kültür yetiştiriciliğinde, kök ortamında pH, tuzluluk, besin maddesi ve hava/su oranı dengeli bir şekilde ayarlanabilir.

Yöntemin dezavantajları ise şöyle sıralanabilir:

- Sistemi çalıştırmak için gereken malzeme ve kurulum pahalı olduğundan ilk maliyeti yüksektir.
- Zaman zaman bitki beslenme sorunları ile karşılaşılır. Yöntemin sağlıklı çalıştırılabilmesi için bilgi birikimine sahip kalifiye elemana ihtiyaç vardır.
- Düzenli ve kesintisiz elektrik sistemi gerekir. Elektrik sistemindeki kesintiler özellikle NFT sisteminde çok önemli sorunlar ortaya çıkabilir.
- Sonbahar, ilkbahar ve sıcak mevsimlerde kök bölgesi sıcaklığı yükselebilir. Bunu engelleyecek önlemler alınmalıdır.
- Temiz çalışma gerektirir. Özen gösterilmezse bazı kök hastalıkları, besin çözültisi ile hızla diğer bitkilere yayılabilir.

2.2.1. Kanal (Yatak) Kültürü

Yetiştirilecek bitki türüne göre kanal kültürü hazırlanır. Kanallar 15–20 cm derinlik, 30–120 cm genişlik, %1–1,5 eğiminde ve sera boyuna göre değişen uzunluktadır. Genellikle tek sıra bitki dikimi yapılır. Ancak yatak genişliği uzunsa çift sıra hâlinde bitki dikimi yapılmalıdır. Yere yatay veya tavana asılı dikey olarak yerleştirilebilir.



Fotoğraf 2.9: Kanal (yatak) kültürü

Yataklar, sera toprağında derince açılmış oyukların plastikle kaplanması ile oluşturulur. Bunun yanında beton, tahta veya metal konstrüksiyon yapı üzerine yerleştirilmiş ve değişik (en fazla plastik) malzemeler kullanılarak da oluşturulabilir. Yetiştirme ortamını yer yüzeyinden ayırmak için yatak veya kanallar su geçirmez materyal ile kaplanır.



Fotoğraf 2.10: Değişik kanal (yatak) kültürü uygulamaları

Bu yetiştiricilik sisteminde yetiştirme ortamı olarak torf, talaş, Hindistan cevizi tozu, kum, çakıl, peat, perlit gibi materyaller ve/veya bunların karışımları kullanır. Bitkiler bu yapılar içine doldurulmuş katı ortam kullanılarak damla sulama ile su ve gübre verilerek üretilir.

Atık su ise yataklara verilen eğimden faydalanılarak sistemden uzaklaştırılır. Fazla besin çözeltisinin drene olması için yatağın alt kısmına 2,5 cm çaplı delikli borular yerleştirilir. Uzun büyüyen sarılgıcı bitkilerden domates, hıyar vb. bitkiler meyve ağırlığını taşıyabilmek için desteklenir.

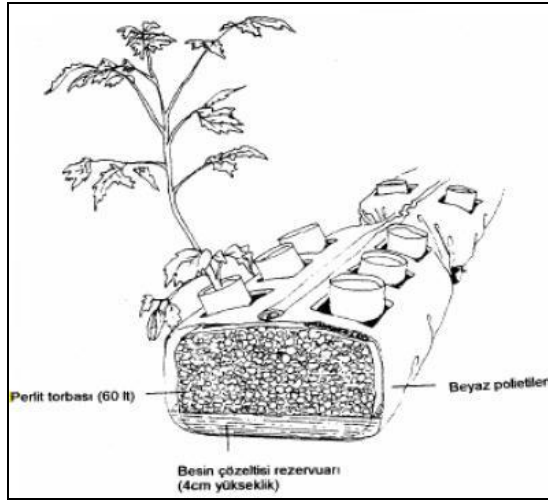


Fotoğraf 2.11: Bitkilerin desteklenmesi

2.2.2. Torba Kùltürü

Bu sistemde bitkiler herhangi bir materyal ile doldurulmuş torbalara yerleştirilir. Torba kùltüründe kullanılan torbalar değişik büyüklük ve renkte olabilir. Ancak daha çok iç kısmı siyah, dış kısmı beyaz torbalar tavsiye edilir.

Torba kùltüründe en çok kullanılan ortam %60 torf, %20 vermikülit ve %20 perlitten oluşur. Bu karışımların pH değeri 5,2-5,6 arasındadır. Bu katı ortam karıştırıldıktan sonra pH ve EC değeri kontrol edilerek bitkiler dikilir.



Şekil 2.2: Torba kùltürünün şematik görünümü

Bu yöntemde besin çözeltisi bitkilere damla sulama yöntemi ile verilir. Burada dikkat edilmesi gereken torbaların yan kısımlarına drenaj deliklerinin açılmasıdır.



Fotoğraf 2.12: Torba kùltüründe damlama sulama sistemi

Torba kùltürü, yatay ve dikey torba kùltürü olmak üzere kendi arasında ikiye ayrılır.

2.2.2.1. Dikey (Asılı) Torba Kùltürü

Bu teknikte yaklaşık 1 m uzunlukta, silindir şeklinde, dış kısmı beyaz, iç kısmı siyah, UV katkılı, kalın PE torbalar kullanılır. Bu torbaların alt kısmı kapatılarak üst kısmı bağlanır. Torbanın alt kısmına besin çözeltisinin drene olması için delikler açılır. Daha sonra torba, hazırlanmış katı ortamla doldurulur. Hazırlanan torbalar, besin çözeltisi toplayan kanallar üzerindeki desteklere dikey olarak asılır. Bu nedenle de bu tekniğe **dikey torba tekniği** adı verilmiştir.



Fotoğraf 2.13: Dikey torba kùltürü

Torbalar dikey olarak asıldıktan sonra her bitkinin dikileceği yer + (artı) şeklinde kesilir. Fideler ağırlı saksılarda yetiştirilmişse saksıları ile ya da saksılarından çıkarılarak asılı torbalar üzerinde açılan deliklere yerleştirilir. Dikilen bitkiler, kökleri gelişinceye kadar düşmemesi için açılan deliklerin iki kenarı birleştirilerek bir tel yardımı ile sıkıştırılır.



Fotoğraf 2.14: Dikey torba tekniği

Besin çözeltisi, asılı torbanın üst tarafında iç kısma tutturulmuş mikro dağıtıcılara pompalanarak torbanın içine dağıtılır. Besin çözeltisi damlaları katı ortamı ve bitki köklerini ıslatır. Fazla çözelti, asılı torbanın alt kısmında açılan delikler yoluyla alt kısımdaki kanallarda toplanarak stok tankına geri aktarılır.

Bu sistem açıkta ve serada kurulabilir. Ancak serada torbalar birbirine gölge yapmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Dikey torba tekniğinde torbalar hafif materyallerle

dolduruldukları için ağır değildir ve yaklaşık 2 yıl kullanılabilir. Bu sistem; daha çok yapraklı sebzeler, çilek ve küçük çiçekli bitkiler için uygundur. Besin çözeltisinin dağıtılması için siyah renkli borular kullanılır.

2.2.2.2. Yatay Torba Kültürü

Bu teknikte 1–1,5 m uzunlukta, dış kısmı beyaz, iç kısmı siyah UV katkılı, polietilen torbalar kullanılır. Torbalar 6 cm yükseklik ve 18 cm genişliğindedir. Torbalara hazırlanan karışımlar doldurulduktan sonra zeminin üzerinde yatay olarak uç uca yerleştirilir. Torbalar, aralarında yürüme boşlukları için aralıklı dizilir. Torbalar, dikilen ürüne göre çift sıralı olarak da yerleştirilebilir. Torbaların üst yüzeylerine + (artı) şeklinde küçük delikler açılır. Saksıda yetiştirilmiş bitkiler bu deliklere dikilir. Her torbaya 2-3 bitki dikilir. Drenajı sağlamak için torbaların alt kenarlarına delikler açılır.



Fotoğraf 2.15: Yatay torba tekniği

Her bitki için siyah delikli boru ile besin çözeltisi uygulanır. Besin çözeltisi ve su, torbalara el ile de verilebilir. Bitkinin büyüme aşaması ve hava şartlarına bağlı olarak değişik miktarda besin çözeltisi uygulanır. Yetiştirme ortamı su veya besin çözeltisi ile tamamen doymuş olmamalı, bitki köklerinin oksijen alımı engellenmemelidir.



Fotoğraf 2.16: Değişik yatay torba tekniği uygulama alanları

Yatay torbalar yerleştirilmeden önce UV ışınlarına dayanıklı beyaz polietilen ile tüm zemin kaplanmalıdır. Polietilenin beyaz olması güneş ışığının bitkiye yansıtır ve fungal hastalıklara neden olan nispi nemi de azaltır. Bu sistemde genellikle uzun boylu bitkiler yetiştirildiğinden destek gerekir.

2.2.3. Kaya Yünü Kùltürü

Kaya yünü bazaltik kayaların eritilmesi, eriğın liflere dönüştürülmesi ile üretilir. Lifler eritildikten sonra ortama yapıştırıcı eklenip sıkıştırılarak geniş bloklar hâlinde kurutulur. Geniş bloklar, küçük bloklara bölünerek çoğaltma blokları oluşturulur.

Kaya yünlerinin hepsinin yapısı aynı değildir. En iyisi saf bazaltik kayadan elde edilendir. Kaya yünü, kolaylıkla ıslanmalı ancak sulu olarak kalmamalı ve kolay drene olmalıdır.



Fotoğraf 2.17: Kaya yünü kùltürü

Kaya yününün ıslanma özelliğı birbirinden farklıdır. Kaya yünü lifleri mineral yağ içerdüğinden doğal olarak su tutan yapıdadır. Yüksek kaliteli kaya yünlerinde mineral yağlar, imalat sırasında uzaklaştırılır ve eriyik içine mineral ıslatıcı maddeler katılır. Tarımsal kaya yününün bu formu, doğal olarak su çeker ve kolay ıslanır.



Fotoğraf 2.18: Kaya yünü blokları

Kaya yünü üzerinde gelişen bitkiler kaya yününden çözeltiyi çekerek havanın çözeltiyi oranını artırır. Bu nedenle eğer kök bölgesinde yüksek oranda havaya gereksinim varsa sulamalar arasındaki zamanın fazla olması, hava yüzdesinin artmasını sağlar. Kaya yününden çözeltiyi ulaştırmak için gerekli tansiyon, sadece kaya yünü kuruduğında artar. Bunun anlamı doymuş kaya yününden bitkinin çözeltiyi almasıdır. Bu sırada kaya yünü kendi neminin %50-70'ini bitkiye verir. Bu nedenle kaya yününde gelişen bitki kaya yünü tamamen kuruyuncaya kadar su stresine girmez.

Kaya yünü bloklarının serada düzenlenmesi bitkiye bağlıdır. Genellikle zemin beyaz veya tercihe göre siyah-beyaz polietilen ile kaplanır. Kaya yünü blokları sıralara yerleştirilir ve bitkiler için bloklar üzerinde plastik delikler açılarak su damlatıcılar deliklere yerleştirilir. Sulama sistemi açılır ve bloklar çözelti ile doldurulur. Fideler bloklar üzerine yerleştirilir. Plastik zemin ile bloklarda drenaj delikleri açılır.



Fotoğraf 2.19: Kaya yünü ile üretim

Kaya yünü sisteminin kuruluşu oldukça basit ve ucuzdur. Bu sistemde her bitkiye bir damlatıcı ve kapasitesi 2 litre/saat olan damla sulama sistemi kullanılır. Besinler 2 başlı enjektör ve besin konsantresi tankı kullanılarak verilir.

Sistemin düzenlenmesinde en önemli faktör bloktaki pH ve EC'nin ölçülmesidir. Örnekler mümkün olduğunca sabah saatlerinde alınmalıdır. Kullanılan materyal önemli ölçüde tamponlamaya sahip olsa da EC ve pH gün içerisinde değişiklik gösterebilir. Bunun için de bloktaki tuzların konsantrasyonu düzenlenmelidir.

2.2.4. Kum Kültürü

Kum kültürü, saf su yerine temiz dere kumu kullanılarak aynı şekilde makro ve mikro elementlerin solüsyon şeklinde verilmesi ile yapılan yetiştirme tekniğidir.

Saf kum kanal veya hendek kültüründe kullanılır. Çöl bölgelerinde seranın tabanının polietilen bir örtü ile kaplanması uygun ve ucuz bir yöntemdir. Bu işlemten sonra delikli borular yerleştirilir ve üzerine 30 cm yüksekliğinde kum ilave edilir. Eğer kum, yüzeysel uygulanırsa ortamdaki nem üniform dağılamayacağından bitki kökleri drenaj borularına doğru gelişir. Bitki yetiştiriciliğinde kullanılan bölgeler düzeltilerek hafifçe eğim verilir. Bundan sonra besin çözeltisini dağıtan borular uygun şekilde yerleştirilir.



Fotoğraf 2.20: Kum kültürü

Hidroponik sistemin uygulanacağı bölgede sulama suyunun uygun kalitede olması oldukça önemlidir. Suyun kalitesi için tuzluluk, pH ve zararlı elementlerin bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir. Bitkilerin günde 8 kere sulandığı yaz aylarında sulama uygulaması hassastır. Amacına uygun sulamada yetiştiriciliği yapılan alanın tamamında, uygulanan suyun % 4-7'sinin drene olacağı düşünülmelidir.

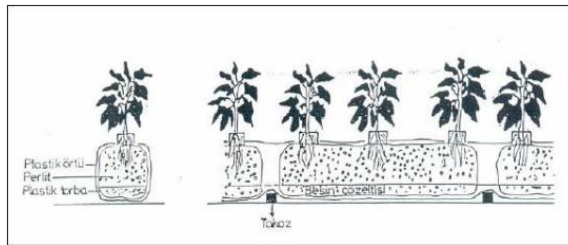
2.2.5. Perlit Kültürü

Perlit volkanik kökenli alüminyum silikattır. Fiziksel olarak stabil, biyolojik olarak sterildir. Bu yüzden de mükemmel bir bitki yetiştirme ortamıdır. Hafif olması işçilikte kolaylık sağlar. Bitkiler tarafından kolaylıkla yararlanılabilir, su kapasitesi yüksektir. Serbest drenaj özelliği hava kapasitesinin iyi olmasını sağlar. Nötr pH'a sahiptir. pH 5,0'ın altına düştüğünde alüminyum, zehir etkisi gösterir.

Perlit, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle köklendirme ve topraksız yetiştiricilikte tek başına yetiştirme ortamı olarak ve diğer materyallerle karıştırılarak da kullanılır. Perlitin kullanılan topraksız yetiştiricilik sistemleri; yatak sistemi, torba kültürü, kanal rezervuar yöntemi ve dikey yatay torba kültürüdür.

2.2.5.1. Kanal Rezervuar Yöntemi

Yöntemin esası, perlitin kuvvetli bir kapiler çekim gücüne sahip olmasına dayanır. Yöntemde perlit torbaları siyah-beyaz plastik örtü üzerine sıra hâlinde dizilir. Torbaların alt kısmında besin çözeltisi rezervuarı oluşturmak için 3-4 cm'lik yarıklar açılır. Daha sonra polietilen örtü ile sarılan torbalar üst taraftan zımbalanır. Besin çözeltisi rezervuarının seviyesi ile torbalar arasındaki fark engellenir. Kanal boyunca rezervuar seviyesi sürekli sabit tutulur. Bunun için torbalar arasına 4 cm x 4 cm x 45 cm boyutlarında polistiren takozlar yerleştirilir.



Şekil 2.3: Kanal rezervuar yöntemi

Bu yöntemde besin çözeltisi kapilarite ile kök bölgesine yükselir. Perlitin sahip olduğu fiziksel özellikler nedeniyle torba profili boyunca rezervuarın serbest su seviyesinden itibaren ideal hava-su dengesi sağlanır. Rezervuarda torbanın profili boyunca perlitin nem içeriği değişiminin fazla olmaması ve sürekli korunabilmesi bu yöntemin en avantajlı tarafıdır.

Kanal rezervuar yöntemi, sulama yönünden üreticilere büyük kolaylık sağlar. Sulama solar radyasyona bağlı olarak günde 2 veya 3 kez rezervuar seviyesini yükseltmek için yapılır. Aşırı sulamanın bitkiler için zararı sistem içinde giderilmektedir. Kapalı sistem olduğu için su ve gübre kullanımında tasarruf sağlar. Topraksız yetiştiricilik yöntemleri içinde topraktan bu yöntemeye geçiş çok daha kolay ve ekonomiktir. Diğer yöntemlerde olduğu gibi sulama ve gübreleme ünitelerinin kullanımına gerek yoktur.

2.2.5.2. Perlit Torba Kültürü

Bir metre veya daha fazla uzunluktaki plastik perlit torbaları siyah-beyaz plastik örtü serilen sera zemini üzerine iki sıra hâlinde dizilir. Torbaların üzerinde açılan deliklere fideler dikilerek damla sulama boruları her bitkiye gelecek şekilde yerleştirilir.



Fotoğraf 2.21: Perlit torbasının siyah naylonla kaplanmış hâli

Torbanın alt kısmında drenajı sağlamak için 3–4 cm yukarıdan yatay delikler açılır. Su kalitesinin iyi olduğu ve damlatıcıların çalıştığı şartlarda drenaj suyu miktarı minimum düzeyde tutulmalıdır.

2.3. Topraksız Tarım Sistemlerinde Bitki Besleme

Topraksız tarımda dikkat edilmesi gereken **iki ana konu; besin çözeltisinin hazırlanması, besin çözeltilerinin uygulanmasıdır (sulamanın düzenlenmesi).**

2.3.1. Besin Çözeltisinin Hazırlanması

Besin çözeltisi hazırlığında yapılması gereken ilk işlem sulama suyunun tahlil edilmesidir. Suyun EC (tuz) ve pH değeri ile sodyum, kalsiyum, magnezyum, sülfat, bikarbonat ve bor içeriğinin bilinmesi gerekir. Bazı durumlarda suyun kalsiyum, magnezyum içeriği yüksek olabilir. Besin çözeltisi hazırlanırken bu oranlara dikkat edilmeli, eksik kalan miktarı karşılayacak kadar gübre ilave edilmelidir.



Fotoğraf 2.22: Besin çözeltisinde köklerin gelişimi

İyi bir bitki gelişimi için besin çözeltisinin EC ve pH değeri belirli sınırlarda tutulmalıdır. Bu değerler **EC metre** ve **pH metre** adı verilen aletlerle ölçülür. EC değeri istenilen değerin üzerinde ise su, altında ise gübre ilave edilir. Çözeltinin pH değerini düşürmek için nitrik asit veya fosforik asit kullanılır.



Fotoğraf 2.23: EC metre

pH değeri 5,0-7,0 olan su besin çözeltisi hazırlamada rahatlıkla kullanılır. **Besin çözeltisinin hazırlanması iki farklı şekilde olur:**

- Gerekli gübreler ayrı ayrı eritildikten sonra doğrudan bitkiye verilecek suya karıştırılır.
- Fazla miktarda gübre eritilip tank dışında stok çözelti hazırlanır. Daha sonra belli miktarda alınarak sulama suyuna karıştırılır.

Stok çözelti hazırlanacak ise kalsiyumlu gübrenin fosfat ve sülfatlı gübrelerle karıştırılmamasına dikkat edilmelidir. Aksi hâlde kalsiyum, fosfat ve sülfat ile çökelti oluşturarak sulama sisteminin tıkanmasına neden olur. Bitkilerin beslenmesinde kullanılacak gübreler çok çeşitlidir.

Besin çözeltisi hazırlanmasında kullanılan makro elementler:

Makro Elementler	İçeriği
Nitrik asit (% 100)	% 22 N
Fosforik asit (% 100)	% 32 P
Kalsiyum nitrat	% 16,9 Ca- % 11,9 N
Potasyum nitrat	% 38 K - % 13 N
Amonyum sülfat	% 21 N
Amonyum nitrat	% 33 N
Magnezyum nitrat	% 9 Mg - % 11 N
Mono potasyum fosfat (MKP)	% 28 K - % 23 P
Mono amonyum fosfat (MKP)	% 27 P - % 12 N
Potasyum sülfat	% 42 K - % 18 S
Magnezyum sülfat	% 10 Mg - % 13 S

Tablo 2.1: Makro elementler

Besin solüsyonunda kullanılan makro elementler ve yaygın kaynakları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Makro Element	Simgesi	İyonik Formu	Kimyasal Kaynağı		Makro Element İçeriği (%)
Azot	N	NO ₃ ⁻	Amonyum nitrat	NH ₄ NO ₃	N: 16
			Kalsiyum nitrat	Ca(NO ₃) ₂	N: 15, CaO: 19
			Nitrik asit	HNO ₃	N: 20, 21
			Potasyumnitrat	KNO ₃	N: 13, K ₂ O: 46
		NH ₄ ⁺	Amonyumnitrat	NH ₄ NO ₃	N: 33
			Amonyum fosfat (mono)	NH ₄ H ₂ PO ₄	N: 11, P ₂ O ₅ : 21
			Amonyum fosfat (di)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	N: 18, P ₂ O ₅ : 46
			Amonyum sülfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	N: 21, S: 24
Fosfor	P	PO ₄ ⁻³	Amonyum fosfat (mono)	NH ₄ H ₂ PO ₄	P ₂ O ₅ : 27, N:12
			Amonyum fosfat (di)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	P ₂ O ₅ : 22, N:20
			Potasyumfosfat (mono)	KH ₂ PO ₄	P ₂ O ₅ : 52, K ₂ O: 34
			Potasyumfosfat (di)	K ₂ HPO ₄	P ₂ O ₅ : 18, K ₂ O:22
			Fosforik asit	H ₃ PO ₄	P ₂ O ₅ : 85
Potasyum	K	K ⁺	Potasyumklorür	KCl	K ₂ O: 60
			Potasyumnitrat	KNO ₃	K ₂ O: 36, N: 13
			Potasyumfosfat (mono)	KH ₂ PO ₄	K ₂ O: 30, P ₂ O ₅ : 23
			Potasyumfosfat (di)	K ₂ HPO ₄	K ₂ O: 22, P ₂ O ₅ : 18
			Potasyumsülfat	K ₂ SO ₄	K ₂ O: 50, S: 18
Kalsiyum	Ca	Ca ⁺²	Kalsiyumklorür	CaCl ₂	CaO: 36
			Kalsiyumnitrat	Ca(NO ₃) ₂	CaO: 19, N: 15
			Kalsiyum sülfat	CaSO ₄	CaO: 29, S: 23
Magnezyum	Mg	Mg ⁺²	Magnezyum sülfat	MgSO ₄ .7H ₂ O	MgO: 16.5, S: 13
Kükürt	S	SO ₄ ⁻²	Amonyum sülfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	N: 21, S: 24
			Potasyumsülfat	K ₂ SO ₄	K ₂ O: 50, S: 18
			Kalsiyum sülfat	CaSO ₄	CaO: 29, S: 23
			Magnezyum sülfat	MgSO ₄ .7H ₂ O	MgO: 16.5, S: 13

Tablo 2.2: Makro elementlerin yaygın kaynakları

Besin çözeltisi hazırlanmasında kullanılan makro ve mikro elementler:

Mikro Elementler	İçeriği
Mangan sülfat	% 32 Mn
Çinko sülfat	% 23 Zn
Boraks	% 11 B
Bakır sülfat	% 25 Cu
Sodyum molibdat	% 40 Mo
Demir EDTA	% 13 Fe
Demir DTPA	% 6 Fe
Demir EDDHA	% 5 Fe

Tablo 2.3: Mikro elementler

Besin solüsyonunda kullanılan mikro elementlerin yaygın kaynakları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Mikro Element	Simgesi	İyonik Formu	Kimyasal Kaynağı		Mikro Element İçeriği (%)
Bor	B	BO ₃ -3	Borik asit	H ₃ BO ₃	B: 16
Klor	Cl	Cl-	Potasyum klorür	KCl	Cl: 40
Bakır	Cu	Cu+2	Bakır sülfat	CuSO ₄ .5H ₂ O	Cu: 25
Demir	Fe	Fe+2, Fe+3	Demir Şelat fe EDTA	[CH ₂ .N(CH ₂ COO) ₂] ₂ FeNa+	Fe: 6-12
Mangan	Mn	Mn+2	Mangan sülfat	MnSO ₄ .H ₂ O	Mn: 23
Molibden	Mo	MoO	Amonyum molibdat	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₃ .4H ₂ O	Mo: 8
Çinko	Zn	Zn+2	Çinko sülfat	ZnSO ₄ .7H ₂ O	Zn: 22

Tablo 2.4: Mikro elementlerin yaygın kaynakları

Bitkilerin su tüketiminin arttığı dönemde gübrelerin su tankına konulması zaman aldığı için stok çözeltisi hazırlanması daha uygun olur.

Stok çözelti aşağıdaki gibi hazırlanır:

- 100 litrelik bidonlar yarıya kadar su ile doldurulur.
- Belirlenen gübreler birer birer konularak karıştırılır.
- Gübrelerin eritme işlemi bitince bidonlar su ile 100 litreye tamamlanır.

Bitkilere verilecek sulama suyunun 1 tonuna; 5' er litre A ve B stok çözeltisinden konur. Sulamaya başlamadan önce çözeltinin pH değeri ölçülür. Eğer pH değeri 6 değilse bunu ayarlamak için nitrik asit ilave edilir. Besin çözeltisinin sıcaklığı 20-30 °C arasında

olmalıdır. 35 °C üzerinde olması istenmez. Bu nedenle yaz aylarında besin çözeltilisinin sıcaklığına dikkat edilmelidir. Deponun çukurda olması bu açıdan avantaj sağlar.



Fotoğraf 2.24: Stok çözelti kapları

Sıvı gübreler suda %100 çözünür. Bitki ve toprağa zararlı veya zararsız kalıntı bırakmaz. Temel besinler azot, fosfor ve potasyumun yanı sıra bitkinin ihtiyacı olan mikro elementlerin de tamamı şelatlı olan kompoze gübrelerdir. Mikro elementler, temel besin maddelerinin alımını kolaylaştırarak bitkinin dengeli beslenmesini sağlar. Dengeli beslenen bitkinin, hastalık, aşırı sıcak ve soğuk ve susuzluk gibi faktörlerden kaynaklanan olumsuzluklara karşı direnci artar. Düşük sıcaklık, yüksek nem, pH gibi nedenlerle bitkinin topraktan kaldıracağı besin elementinin miktarı olumsuz etkilenir. Bu durumda yapraktan yapılacak gübreleme ile bu olumsuzlukların bitkide neden olacağı zarar önlenir. Gübreler yapraktan, topraktan ve damla sulamadan; her türlü uygulama aleti ve metodu ile verilebilir.



Fotoğraf 2.25: Topraksız bitki yetiştiriciliğinde kullanılan bazı sıvı gübreler



Fotoğraf 2.26: Topraksız tarımda kullanılan bazı sıvı gübreler

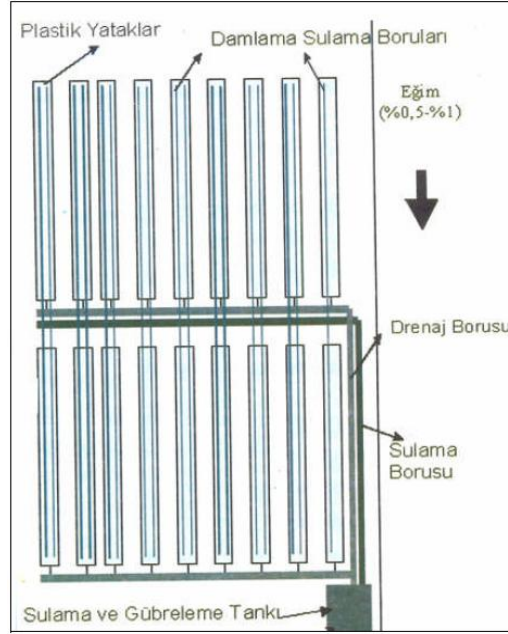
2.3.2. Besin Çözeltisinin Uygulanması (Sulamanın Düzenlenmesi)

Bitkilerin sulanması toprakta yapılan yetiştiriciliğe göre farklıdır. Bitkilere sık sulama yapılacağı için verilecek su miktarının da az olması gerekir. Bitkilerin daha az suya ihtiyaç duydukları sabah ve akşam üzeri, sulama aralıkları daha uzundur. Ancak öğlen sıcaklarında sulama daha kısa süreli yapılmalıdır. Ortamda su birikimi olmaması için verilen suyun yaklaşık %20'si geri döndürülmelidir. Açık sistemde bu gerçekleşir ancak gübre ve su kaybına neden olur.



Fotoğraf 2.27: Besin çözelti ünitesi

Özellikle sıcak aylarda sulama sık yapıldığından gece de 1-2 defa sulama yapılması, sürekli iş gücü gerektirir. Bu nedenle sulamanın otomatik yapılması için piyasada bu amaca uygun basit zaman ayarlayıcılar bulunmaktadır.



Şekil 2.4: Sera içinde sistemik şematik olarak yerleştirilmesi

Anlatılan bu sulama şekillerine göre en uygun sulama şekli, damla sulama sistemidir. Topraksız tarımda kullanılacak sulama borularının bir deliğinden bir saatte damlayan su miktarı yaklaşık 1–3 litre olmalıdır.

2.3.2.1. Kapalı Sistemler

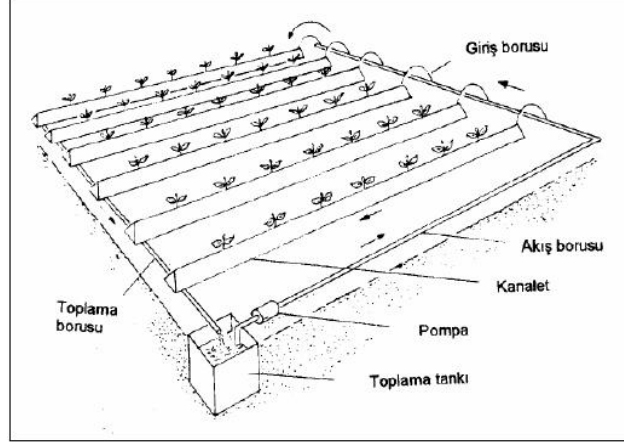
Kapalı sistemlerde su, bitkiye verildikten sonra tekrar bir tankta toplanır. Tuzluluk (EC) ve pH kontrolleri yapılarak tekrar sisteme verilir. Bu nedenle kapalı sulama sistemlerinde besin çözeltisinin toplandığı tank sisteme ilave edilmiştir.

Tankın büyüklüğü yetiştiricilik yapılacak alanın büyüklüğüne bağlıdır. Genellikle 1 dekar alan için 2–3 ton kapasiteli tank yeterli olmaktadır. Kapalı sistemlerde dolaştırılan besin çözeltisinin başlangıçta 3 haftada bir, daha sonraki dönemlerde ise 2 haftada bir, verim döneminde ise haftada bir değiştirilmesi önerilir.

Besleyici film tekniği (NFT) gibi kapalı sistemlerde besin elementlerinin kullanımı ekonomiktir. Ancak besin çözeltisinin çok yakından ve sürekli izlenmesi gerekir. Uygulanan mikro besin elementlerinin periyodik olarak 2–3 haftada bir analizleri yapılmalıdır.

Besin çözeltisinde bulunan besin elementlerinin konsantrasyonu bitkiler tarafından alınan besin elementlerine yakın olmalıdır.

Kapalı sistemlerin uygulandığı çok sayıdaki küçük işletmede besin çözeltisinin kimyasal içeriğinin izlenmesi yapılmaz. Bunun yerine yeni besin çözeltisi ile başlanır. Bir hafta sonra ise orijinal besin çözeltisinin yarım formülasyonu ilave edilir. İkinci hafta sonunda ise besin çözeltisinin tamamı yenilenir. Uygulamaya bu şekilde devam edilir.



Şekil 2.5: Kapalı sistemin şematik olarak gösterilmesi

2.3.2.2. Açık Sistemler

Açık sistem, topraklı yetiştiricilikteki sulamayla aynı olduğu için daha kolay uygulanır. Yalnız topraksız yetiştiricilikte sulama gübre-su şeklinde yapılır. Bunun dezavantajı, dikkat edilmediğinde besin çözeltisinin fazlası toprak ve yeraltı suları için kirlilik oluşturur. Bununla birlikte açık sistem sulamadan sonra fazla su bir yerde toplanıp yeniden kullanıldığında bu kirlilik engellenir.

Açık sistemde besin çözeltisinin izlenmesine gerek duyulmaz. Sulama suyunun aşırı tuzlu olduğu, sıcak ve yüksek ışık intensitesi alan bölgelerde tuz içeriğinin mutlaka izlenmesi gerekir. Ortamda tuz birikimi olmaması için kök ortamına yeterli drenajı sağlayacak kadar su verilmelidir. Drenaj suyu düzenli toplanarak tuz içeriğinin belirlenmesi için analiz yapılmalıdır. Drenaj suyunun tuzluluğu 3000 ppm veya üzerinde ise yetiştirme ortamı hiç tuz içermeyen su ile sulanmalıdır.



Fotoğraf 2.28: Açık sistemde yetiştirilen domatesler

Otomatik kontrollü açık sistemde kullanılan gübre enjektörleri belirli miktardaki gübreyi sulama suyuna karıştırır. Bu tip kullanımda çözelti yüksek konsantrasyonda iki farklı tankta hazırlanır. Tanklardan biri kalsiyum nitrat ve demir, ikincisi ise çözünmüş diğer kimyasalları içerir.

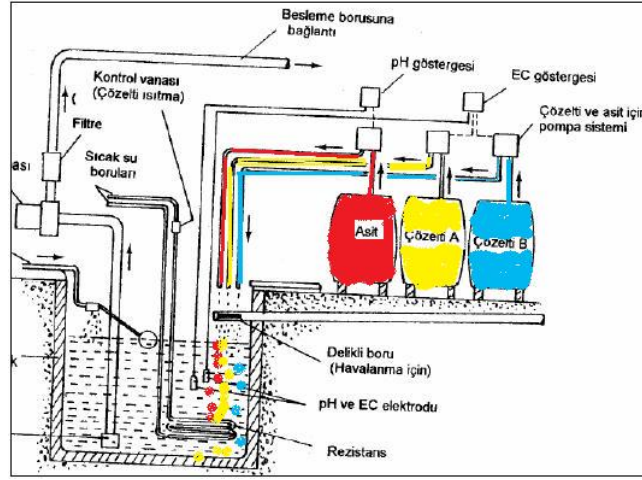
Enjeksiyon ünitesinin oran ayarı besin çözeltisine gerekli olan miktarı belirler. Örneğin; enjeksiyon ünitesi sistemden geçen 200 litre suya 1/1 stok çözeltisi karıştırıyor ise stok çözeltisi 200 defa konsantre olmalıdır.



Fotoğraf 2.29: Gübre enjeksiyon üniteleri

Toplam çözünmüş besin elementleri içeriği ile enjeksiyon ünitesi besin çözeltisinin sulama suyuna belirlenen oranda karışıp karışmadığı kontrol edilmelidir. İki enjeksiyon ünitesinin kullanıldığı sistemlerde tuzluluk enjektörlerden birinin düşük diğerinin yüksek oranda enjeksiyon yapması nedeniyle her zaman gerçek durumu göstermeyebilir.

Besin çözeltisinin uygulanışı şematik olarak aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.6: Besin çözeltisinin uygulanışı

2.3.3. Beslenme Bozuklukları

Hidroponik sistemde önemli besinlerin hepsi besin çözeltisi yoluyla bitkiye verilir. Eğer çözelti içinde herhangi bir besin maddesi az veya fazla olursa bitki beslenme bozukluğu belirtileri gösterir. Çözeltinin pH ve EC'si de önerilen sınırların dışında ise bu belirtiler görülür. Bu belirtiler; bitkinin büyüklüğü, büyüme hızı, yaprak şekli ve kalınlığı, gövde rengi, boğum arası uzaklığı ve kök sisteminin yapısındaki değişimleri içerir. Bu dışsal belirtiler ürüne göre değişiklik gösterir.

Besin Elementi	Eksiklik Belirtisi	Aşırlık/Toksite Belirtileri
Azot	Büyüme sınırlanır. Bitkilerin özellikle yaşlı yaprakları klorofil olmadığı için sarıdır.	Bitkiler genellikle bol yapraklı, koyu yeşil renklidir. Kök sistemi zayıftır. Çiçeklenme ve tohum oluşumu gecikir.
Fosfor	Bitkiler bodur, çoğunlukla koyu yeşil renklidir. Eksiklik belirtileri önce olgun yapraklarda meydana gelir. Çoğunlukla bitkinin olgunlaşması gecikir.	Önemli bir belirti gözlenmemiştir. Bazı durumlarda aşırı fosfor varlığında çinko ve bakır eksikliği meydana gelir.
Potasyum	Belirtiler önce yaşlı yapraklarda görülür. Monokotiledonların çoğunda öncelikle yaprakların uçları ve kenarları ölür.	Genellikle bitkiler tarafından aşırı miktarda alınmaz. Aşırı potasyum, magnezyum, mangan, çinko ve demir eksikliğine neden olabilir.
Sülfür	Pek rastlanmaz. Genellikle yapraklarda sararma şeklindedir. Öncelikle daha genç yapraklarda görülür.	Büyüme ve yaprak büyüklüğünde azalma meydana gelir. Yaprakta belirtileri çoğunlukla yoktur.
Magnezyum	Yaşlı yapraklar üzerinde öncelikle kloroz oluşur. Kloroz yaprak kenarlarında veya uçlarında başlar, içeriye doğru ilerler.	Görülebilir belirtileri çok az tespit edilebilmektedir.
Kalsiyum	Tomurcuk gelişmesi engellenir. Çoğunlukla kök uçları ölür. Genç yapraklar yaşlı yapraklardan önce etkilenir. Şekilleri bozularak küçük kalır.	Sürekli görülür bir belirtisi yoktur. Genellikle aşırı karbonat ile ilişkilidir.

Tablo 2.5: Bitkilerin makro element eksikliğinde görülen belirtiler

Besin Elementi	Eksiklik Belirtisi	Aşırılık/Toksite Belirtileri
Demir	Daha genç yapraklarda magnezyum eksikliğinin belirtilerini gösterir.	Doğal şartlarda belli değildir. Sprey uygulamasından sonra nekrotik lekeler şeklinde görülür.
Klor	Solmuş yapraklar klorotik ve nekrotik hâl alır. Kökler rozet şeklinde ve uç kısımları kalındır.	Yaprak kenarları veya uçları yanar. Bronzlaşma, sararma, yaprak dökümü bazen de kloroz görülür. Yaprak büyüklüğü azalırken büyüme hızı da düşer.
Mangan	Türlere bağlı olarak başlangıç belirtileri genç ve yaşlı yapraklarda kloroz şeklindedir.	Bazen kloroz ve düzensiz klorofil dağılımı görülür. Büyümede yavaşlama olurken daha sonra yaralar ve yaprak dökümü meydana gelir.
Bor	Gövde ve apikal kök meristemi çoğunlukla ölür. Kök uçları şişerek rengi bozulur. Yapraklarda kalınlaşma, kıvrılma, solma ve klorotik lekeler görülür.	Yaprak uçlarının sararmasını yaprak uçlarında veya kenarlarında başlayan nekrozlar izleyerek orta damara kadar ilerler.
Çinko	Boğum arası uzunluğunda ve yaprak büyüklüğünde azalma görülür. Yaprak kenarları genellikle kıvrılarak buruşur.	Aşırı çinko bitkilerde demir klorozu meydana getirir.
Bakır	Eksikliği doğal olarak nadir görülür. Genç yapraklar çoğunlukla koyu yeşildir. Bükülmüş veya şekilleri bozulmuştur.	Büyüme azalır ve ardından demir klorozu belirtileri görülür. Rozetleşme, az dallanma ve kökçüklerde anormal kararma görülür.
Molibden	İlk olarak yaşlı yapraklar veya orta gövde üzerinde kloroz oluşur. Daha sonra genç yapraklara kadar ilerler.	Nadiren gözlenir.

Tablo 2.6: Bitkilerin mikro element eksikliğinde görülen belirtiler