



Bu değerler bitki türüne, kök ortamına (toprak, torf, kayayünü vb) ve iklim değerlerine göre farklılıklar gösterir. İdeal değerlerde gübreleme yapılırsa bitki gelişimi en iyi düzeyde tutulur.

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, eksik kalan miktarı karşılayacak kadar gübre ilave edilmelidir.

Hidroponik sistemlerde besin solüsyonunu pH ve EC değerleri sürekli takip edilmelidir. pH ortamın asidik derecesi, EC ise besin solüsyonunun konsantrasyonudur. Birçok bitki için uygun pH değeri 5.5 ve 6.5 arasındadır. pH düzeyi pH up ve pH down ile ayarlanır. EC metre ise solüsyonun kuvvetini ölçer.

İyi bir bitki gelişimi için besin çözeltisinin EC ve pH değerinin belirli sınırlarda tutulması gerekir. Bu değerler EC metre ve pH metre adı verilen aletlerle ölçülür. EC değeri istenilen değer üzerinde ise su, altında ise gübre ilave edilir. Çözeltinin pH değerini düşürmek için nitrik asit veya fosforik asit kullanılır. Kalsiyumlu gübrenin fosfat ve sülfatlı gübrelere karıştırılmamasına dikkat edilmelidir; aksi halde kalsiyum, fosfat ve sülfat ile çökelti oluşturarak sulama sisteminin tıkanmasına neden olur.

pH ve EC ölçerler bitkilere verilen sıvıların ölçümlerinde kullanılır. Genel olarak hidroponik sistemlerin EC ve pH ölçümleri sürekli olarak kontrol edilerek uygun değerlere getirilmelidir. Sıvı besin karışımının içerisinde ki besin miktarını ölçmek için EC ölçer kullanılır. pH değeri asidik değerinin ölçülmesidir. ölçmek için ise pH ölçer kullanılır. Genel olarak çoğu bitkinin pH değerleri 5.5 – 6.5 olarak ayarlanması uygun olacaktır.

Besin çözeltilerinin pH'ı ve elektriksel iletkenlikleri (EC) bitkilerin optimum isteklerine göre düzenlenmelidir. Tüm bunları sağlamak için çözeltiler özel tanklarda hazırlanır, daha sonra sisteme bağlanarak bitkilere verilir.

Yöntemin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Bitkinin kök bölgesine yeteri kadar nem ve hava sağlanır. Topraklı yetiştiricilikte olduğu gibi bir sıkışma söz konusu değildir. Toprak işleme ve çapalama sorunu ortadan kalkar.
- Bütün bitkilere eşit miktarda ve dengeli su-besin verilir, daha homojen ve üniform ürün elde edilebilir.
- Topraksız kültür yetiştiriciliğinde, kök ortamının pH, tuzluluk, besin maddesi ve hava/su oranı dengeli bir şekilde ayarlanabilir.
- Bitkisel üretimi, bitki yetiştirmeye uygun olmayan, tuzlu, taşlı, çöl ve sığ alanlara da kaydırma imkânı vardır.
- Besin maddelerinin dozları ayarlanarak bitkilerin vegetatif veya generatif devrede tutulmaları sağlanabilir.
- Bitkiler için su stresi problemi yoktur, oluşmaz.

- Toprakta bulunan ve toprakla taşınan yabancı ot tohumları bu yöntemde sorun oluşturmaz.. Yabancı ot mücadelesine büyük ölçüde gerek kalmaz.
- Bitkilerin besin maddesi gereksinimi su ile birlikte karşılanır. Ayrıca gübrelemeye gerek kalmaz, besin maddesi ve gübre kayıpları en aza iner.
- Su ekonomisi sağlar. Dengeli sulama ve beslemeyle verimde ve kalitede artış sağlanır.
- Sterilizasyonu daha kolaydır.
- Topraksız kültür yetiştiriciliği otomasyona uygundur. Sulama ve gübreleme otomatize edilerek iş gücünden ekonomi sağlanır.

Yöntemin dezavantajlarını ise şöyle sıralayabiliriz:

- Mutlaka temiz bir çalışma gerektirir.Şayet özen gösterilmezse bazı kök hastalıklarının ortaya çıkması durumunda bunlar besin çözeltisi ile hızla diğer bitkilere de yayılabilir.
- Zaman içinde bitki beslenme sorunları ile karşı karşıya kalınabiliyor. Yöntemin sağlıklı çalıştırılabilmesi için bilgi birikimine sahip kalifiye elemana gerek gösterir.
- İlk maliyeti yüksektir.Sistemi çalıştırmak için gerekli malzemelerin satın alınması ve kurulması pahalıdır
- Sonbahar ve ilkbahar gibi sıcak mevsimlerde kök bölgesi sıcaklığı yükselebileceğinden bunu engelleyecek önlemlerin alınması gerekecektir.
- Düzenli elektrik enerjisine gerek duyar.Düzenli ve kesintisiz elektrik sistemine gerek gösterir. Elektrik sistemindeki kesintilerde özellikle NFT sisteminde çok önemli sorunlar ortaya çıkabilir.



I) Açık Hidroponic Sistemler

Bu yöntemde besin çözeltisi bitki kök sistemine pompalanır. Fazla çözelti toplama tanklarında tekrar biriktirilir. Besin maddesi içeriği, pH ve EC değeri incelendikten sonra tekrar kullanılabilir. Açık hidroponik sistemlerin çoğunda besin çözeltisinin fazlası tekrar değerlendirilir; ancak değerlendirilme şekli, tekrar bitkilere uygulanması olarak değil,fazla besin çözeltisinin buharlaştırma havuzlarında buharlaştırma ve çevredeki bitkilere uygulanması

şeklinde yapılır. Bu sistemler ortamın kompozisyonu ve tuzluluğa daha az hassas olması nedeniyle besin çözeltisi tekrar sisteme verilmez. Bu durum yetiştirme ortamları üzerinde daha yaygın çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Gübreler, sulama suyuna bir enjeksiyon cihazıyla ya da sulama suyu ile büyük bir tankla karıştırılır. Sulama, elektronik zaman saati ile programlanır. Çok büyük seralarda ise farklı bölümlerin sulanması için zaman paylaşımli kontrol sistemleri – sulama sistemlerinden yararlanılır.



II) Kapalı Hidroponic Sistemler

Topraksız tarımda en fazla dikkat edilmesi gereken iki ana konu; besin çözeltisinin hazırlanması ve sulamanın düzenlenmesidir.

Bu sistemde kullanılan besin çözeltisi yalnız bir kez kullanıldıktan sonra dolaştırılmaz ve yenisi ile değiştirilir. Kullanılan besin çözeltisi yenilendikten sonra pH veya EC değiştiğinde yeni çözelti ile değiştirilir.

SİSTEMLERİN BESLENME DURUMLARI

Hidroponic sistemlerde besin çözeltisinin hazırlanması:

Besin çözeltisi hazırlığında yapılması gereken ilk işlem sulama suyunun tahlil edilmesi olmalıdır. 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.

İyi bir bitki gelişimi için besin çözeltisinin EC ve pH değerinin belirli sınırlarda tutulması gerekir. 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.

pH değeri 5,0-7,0 olan sular besin çözeltisi hazırlamada rahatlıkla kullanılabilir. Besin çözeltilerinin EC değerleri ise şöyledir:

	Sodyum	Klor	Bikarbonat	Bor
EC değeri (0.5 mS/cm)	35 mg/litre	50 mg/litre	250 mg/litre	0.5 mg/litre

Tablo 1 Bazı besin maddelerinin EC değeri

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 halde kalsiyum, fosfat ve sülfat ile çökelti oluşturarak sulama sisteminin tıkanmasına neden olur.

Bitkilerin beslenmesinde kullanılacak gübreler çok çeşitlidir. Besin çözeltisi hazırlanmasında kullanılan makro elementler şunlardır:

Makro Elementler	
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 Makro elementler

Besin solüsyonunda kullanılan makro elementlerin yaygın kaynakları ise aşağıda ki tablo da 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
			Potasyum nitrat	KNO ₃ N: 13, K ₂ O: 46
			Amonyum nitrat	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
Fosfor	P	PO ₄ ⁻³	Amonyum sülfat	(NH ₄) ₂ SO ₄ N: 21, S: 24
			Amonyum fosfat (mono)	NH ₄ H ₂ PO ₄ P ₂ O ₅ : 27, N:12

Potasyum	K	K+	Amonyum fosfat (di)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	P ₂ O ₅ : 22, N:20
			Potasyum fosfat (mono)	KH ₂ PO ₄	P ₂ O ₅ : 52, K ₂ O: 34
			Potasyum fosfat (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 klorür	KCl	K ₂ O: 60
			Potasyum nitrat	KNO ₃	K ₂ O: 36, N: 13
			Potasyum fosfat (mono)	KH ₂ PO ₄	K ₂ O: 30, P ₂ O ₅ : 23
			Potasyum fosfat (di)	K ₂ HPO ₄	K ₂ O: 22, P ₂ O ₅ : 18
Kalsiyum	Ca	Ca+2	Potasyum sülfat	K ₂ SO ₄	K ₂ O: 50, S: 18
			Kalsiyum klorür	CaCl ₂	CaO: 36
			Kalsiyum nitrat	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
			Potasyum sülfat	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 3: Makro elementlerin yaygın kaynakları

Optimum ve sınır konsantrasyonları (mg/l) ise şöyledir:

N	P	K	Ca	Mg	S
300	80	250	400	75	400
150-1000	50-100	100-400	300-500	50-100	200-1000

Tablo 4 : Makro besin elementlerinin optimum ve sınır konsantrasyonları

Besin çözeltisi hazırlanmasında kullanılan makro ve mikro elementler şunlardır;

Mikro Elementler	
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 5 Mikro elementler

Besin solüsyonunda kullanılan mikro elementlerin yaygın kaynakları ise aşağıda ki tablo da verilmiştir

Mikro Element	Simgesi	İyonik Formu	Mikroelement 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 6: Makro elementlerin yaygın kaynakları

Mikro besin elementlerinin besin eriyiğindeki optimum ve sınır konsantrasyonları (mg/l) ise şöyledir:

B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
1.0	5.0	0.5	5.0	2.0	0.0	0.5
0.5-5.0	değişik	0.1-0.5	2-10	0.5-5.0	0.001-0.002	0.5-1.0

Tablo 7 : Makro besin elementlerinin optimum ve sınır konsantrasyonları

Bitkilerin su tüketiminin arttığı dönemlerde gübrelerin günlük kullanılacak miktarının su tankına konulması zaman aldığı için **stok çözeltisi** hazırlanması daha uygun olur. Stok çözelti gübrelerin daha küçük kaplarda eritilerek hazırlanan gübre karışımıdır.

Stok çözelti şöyle 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 litre A, 5 litre B stok çözeltisinden konur. Sulamaya başlamadan önce çözeltinin pH değeri ölçülür. Eğer pH değeri 6 değilse bunu ayarlamak için nitrik asit ilave edilir. Besin çözeltisi sıcaklığı 20-30⁰C arasında olmalıdır. 35⁰C üzerinde olması istenmez. Bu nedenle yaz aylarında besin çözelti sıcaklığına dikkat edilmelidir. Deponun çukurda olması bu açıdan avantaj sağlar.

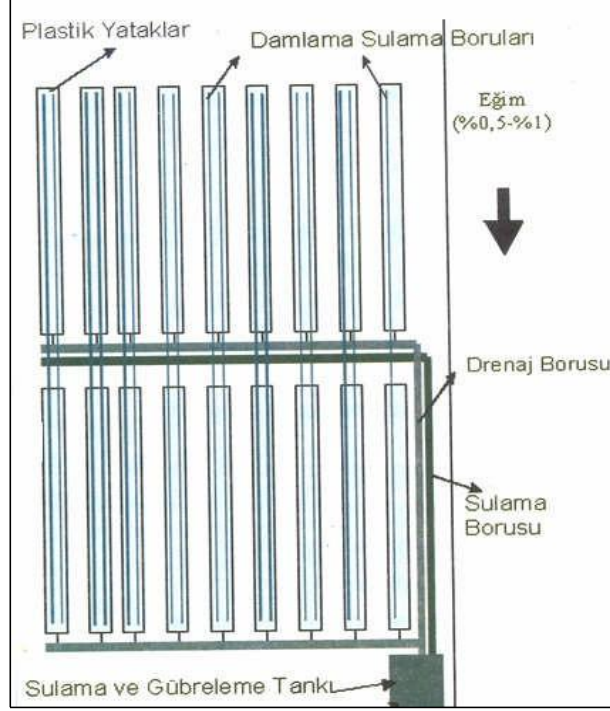
➤ Besin çözeltisinin uygulanması (sulanması):

Bitkilerin sulanması toprakta yapılan yetiştiriciliğe göre farklılık gösterir. Bitkilere sık sulama yapılacağı için verilecek su miktarının da az olması gerekir. Bitkilerin daha az suya ihtiyaç duydukları sabah ve akşamüzeri sulama aralıkları daha uzun olur. Ancak öğlen sıcaklarında sulamalar daha kısa süre ile yapılmalıdır. Ortamda su birikimi olmaması için verilen suyun yaklaşık % 20'si geri döndürülmelidir. Açık sistemde bu gerçekleşir; ancak gübre ve su kaybına neden olur.



Besin çözelti ünitesi

Özellikle sıcak aylarda sulama sayısının çok olması nedeniyle gece de 1-2 sulama yapılması gerekir. Bu da sürekli iş gücünü ortaya çıkarır. Bu nedenle sulamanın otomatik olarak yapılması en doğru yoldur. Piyasada bu amaca uygun basit zaman ayarlayıcılar bulunmaktadır.



Sera içinde sistemik şematik olarak yerleştirilmesi

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

➤ Kapalı Sistemlerde uygulanması

Kapalı sistemlerde su bitkiye verildikten sonra tekrar bir tankta toplanır. Tuzluluk (EC) ve pH kontrolleri yapıldıktan sonra 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 çözeltisi 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 analizlerinin yapılması gerekir. Besin çözeltisinde bulunan besin elementlerinin konsantrasyonu bitkiler tarafından alınan besin elementlerine yakın olmalıdır.

Kapalı sistemlerin uygulandığı çok sayıdaki küçük işletmelerde 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. Bu şekilde uygulamaya devam edilir.

➤ Açık Sistemlerde uygulanması

Açık sistem topraklı yetiştiricilikteki sulamalarla aynı olduğu için uygulaması kolaydır. Yalnız topraksız yetiştiricilikte sulama gübreliliği su şeklinde yapılır. Bunun dezavantajı ise dikkat edilmediği zaman fazla besin çözeltisi toprak ve yeraltı suları için kirlilik oluşturur.

Bununla birlikte açık sistem şeklindeki sulamalardan sonra fazla su bir yerde toplanıp yeniden kullanıldığı takdirde bu kirlilik engellenmiş olur.

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

Gübre enjeksiyon üniteleri:

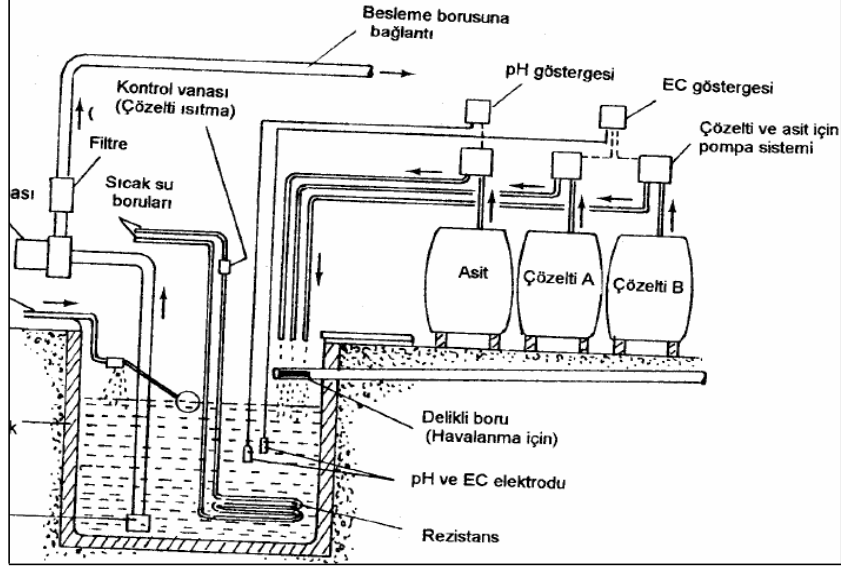
Otomatik kontrollü açık sistemlerde kullanılan gübre enjektörleri belirli miktardaki gübreyi sulama suyuna karıştırır. Bu tip kullanımlarda çözelti yüksek konsantrasyonda iki farklı tankta hazırlanır. Tanklardan biri kalsiyum nitrat ve demir, ikincisi ise çözünmüş diğer kimyasalları içerir.

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

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 değerinin yüksek oranda enjeksiyon yapması nedeniyle her zaman gerçek durumu göstermeyebilir.



Besin çözeltilisinin uygulanışı aşağıda şematik olarak verilmiştir.



Toplam çözülmüş besin elementleri içeriği ile enjeksiyon ünitesi besin çözeltilisinin sulama suyuna belirlenen oranda karışıp karışmadığı kontrol edilmelidir. İki enjeksiyon ünitesinin kullanıldığı sistemlerde tuzluluk enjektörlerden birinin düşük değerinin yüksek oranda enjeksiyon yapması nedeniyle her zaman gerçek durumu gösteremeyebilir.

Beslenme Bozuklukları

Hidroponik sistemde önemli besinlerin hepsi besin çözeltisi yoluyla bitkiye verilir. Eğer çözelti içerisinde herhangi bir besin maddesi az veya fazla olursa bitkiler beslenme bozukluğu belirtileri gösterir. Ayrıca çözeltinin pH ve EC'si de önerilen sınırların dışında ise de 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 ürün ve çeşide göre değişiklik gösterir.

Referanslar;

Kocaeli Üniversitesi Arslanbey Meslek Yüksek Okulu **Ders Notları**.

BAŞAR Prof. Dr. H. **Bitki Yetiştirme Ortamları ve Hidroponik Ders Notları**, Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Bursa, 2006.

KASIM Yrd. Doç. Dr. R. Yrd. Doç. Dr. M.U. KASIM, **Topraksız Yetiştiricilik**, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Yayın No:130, Kocaeli, 2004.

ÖZEL NOT ;

Burada verilen bilgiler çeşitli kaynaklardan derlenmiş olup çok dar kapsamdadır, çiftçilerimize, sera ile uğraşanlara ve zirai alanda çalışanlara az da olsa ön bilgi kazandırmaya yönelik bir çalışmadır. Hidroponik sistemler ve gübre dozajlama konusu çok kapsamlı olup, sistem kuruluşu ve tasarımı, ürün bazında seçim, arazi seçimi ve işlah çalışmaları gibi bir çok konuya girmedik, biz sadece yüzeysel biraz ön bilgi vermeyi amaçladık.