

TOPRAKSIZ KÜLTÜRDE BİTKİLERİN BESLENMESİ

Ahmet ÖZGÜMÜŞ*

ÖZET

Topraksız kültür sistemleri, toprakta olduğu gibi bir tamponlama kapasitesine ve besin maddeleri sağlama yeteneğine sahip olmadıkları için, topraksız kültüre ait gübreleme programları bitkiler tarafından gereksinilen bütün besin maddelerini kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır.

Şimdiye kadar birçok besin çözeltisi formülü geliştirilmiş olup, bunların çoğu başarılı şekilde kullanılmaktadır. Herhangi bir formülün en iyi çözelti olduğunu söylemek mümkün değildir. Çünkü çeşitli besin maddelerinin optimum konsantrasyonları birçok faktöre bağlıdır. Belirli bir bitki veya koşul için genellikle özel formüllere gereksinim duyulmaktadır.

Besin çözeltisinin tuz konsantrasyonu ve pH'ı, sık sık izlenmeli ve ayarlanmalıdır. Çözeltinin doğru şekilde kontrol edilebilmesi, ayrıca periyodik olarak besin elementlerinin analizini de gerektirmektedir.

SUMMARY

Nutrition of Plants in Soilless Culture

Since soilless-culture systems don't have the buffering capacity or nutrient supplying capability as soils, fertilizer programs for soilless-culture systems should contain all nutrients required by the plants.

There have been developed many nutrient solution formulas and most of them are being used successfully. But it is not possible to say that any one formula is the best solution. Because optimal concentrations of various nutrient elements depend on several factors. Special formulas are often required for a particular crop or condition.

Changes in the salt concentration and pH of the nutrient solution must be monitored and adjusted frequently. The accurate control of the solution also requires periodic chemical analysis for nutrient elements.

GİRİŞ

Yapay olarak hazırlanan ve toprağı içermiyen her türlü yetiştirme ortamında bitki yetiştirilmesi genel anlamda *topraksız kültür* (soilless culture) olarak adlandırılır.

* Doç. Dr.; Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü

ılmaktadır. Bu alanda özellikle son 10-20 yılda çok önemli gelişmeler olmuştur. Birçok ülkede topraksız kültür sistemleri sera yetiştiriciliğinde önemli bir yer almaya başlamıştır.

Topraksız kültürde bitki yetiştirme ortamı olarak genellikle kum, çakıl, perlit, volkanik tüf ve polisitren köpük gibi kimyasal olarak inaktif materyaller kullanılmakta ve bitkilerin beslenmesi besin çözeltileri ile sağlanmaktadır. Hatta hiç katı materyal (agregat) kullanılmadan, yalnızca besin çözeltileri içerisinde de bitkiler yetiştirilebilmektedir. Yetiştirme ortamında herhangi bir katı materyal kullanılmıyorsa veya kullanılıyorsa, bitkilerin beslenmesinin temeli, çeşitli besin maddelerinin suda çözülmesiyle hazırlanan besin çözeltilerine dayanmaktadır.

Topraktaki yetiştiricilikte, toprağa gübrelerle verilen besin maddeleri inorganik ve organik toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilmekte olup, gerektiği zaman bitkiler bu besin maddelerinden yararlanmaktadırlar. Topraksız kültürde ise genellikle kimyasal ve fizikokimyasal olarak inaktif materyallerin kullanılması sonucu ortamda besin maddelerinin depolanması, hemen tamamen besin çözeltisine bağımlı bulunmaktadır. Bir başka deyişle, besin çözeltisinin pH, tuzluluk ve besin maddeleri konsantrasyonundaki bir değişim tamponlanamadığı için bitkiler bu değişimden hemen etkilenmektedirler. Bu nedenle besin çözeltilerinin en uygun şekilde hazırlanması ve uygulanması son derece önem kazanmaktadır.

BESİN ÇÖZELTİLERİNİN HAZIRLANMASINDA DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR

Topraksız kültürde kullanılacak besin çözeltileri ile ilgili olarak yıllardır yüzlerce formülasyon geliştirilmiş bulunmaktadır. Bunlar içerisinde herhangi bir besin çözeltisinin en iyisi olduğunu söylemek mümkün değildir. Çünkü, yetiştirme sistemleri, bitki çeşidi, iklim koşulları gibi çok çeşitli faktörler bu konuda etkili olmaktadır. Hiçbir formül çeşitli koşullar altında ve bütün bitkiler için aynı sonucu vermemektedir. Ancak bunların çoğu uygun bir beslenme için yeterli olabilmektedirler. Bununla birlikte belirli yöreler için, iklim koşullarına, su niteliğine ve yetiştirilecek bitki çeşidine bağlı olarak özel formüller geliştirilmesine gerek duyulmaktadır.

Uygun bir besin çözeltisi hazırlanmasında aşağıdaki temel ilkeler göz önünde bulundurulmalıdır:

1- Besin çözeltisinin toplam iyon konsantrasyonu belirli sınırlar içerisinde olmalıdır.

2- Çözeltideki anyonlar ve katyonlar arasında belirli bir denge olmalı ve her bir iyonun konsantrasyonu bildirilen sınır değerlerin dışına taşmamalıdır.

3- Çözeltinin pH'ı yetiştirilecek bitki için optimum değerlere ayarlanmış olmalı ve bitki gelişme süresince bu pH değerlerinde kalması sağlanmalıdır.

4- Çeşitli besin elementlerinin optimum konsantrasyonları belirlenirken bitki çeşidi, bitkinin gelişme dönemi, yetiştirme mevsimi, iklimsel değişiklikler ve çözelti hazırlamada kullanılan suyun niteliği gibi çeşitli faktörler dikkate alınmalıdır.

Besin Çözeltisinde Toplam Tuz Konsantrasyonu

Besin çözeltilerinin toplam tuz konsantrasyonu çeşitli şekillerde (osmotik basınç, elektriksel iletkenlik, yüzde tuz konsantrasyonu...) ifade edilmektedir. Çözeltilerin optimum tuz konsantrasyonu özellikle bitki çeşidi ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Besin çözeltilerinin osmotik basınç değerleri genellikle 0.48-2.5 atmosfer arasında bulunmaktadır.

Penningfeld ve Kurzmann (1966), bitki gelişmesinin ilk dönemlerinde, çözeltideki % 0.1'lik tuz konsantrasyonunun uygun olacağını bildirmişlerdir. Araştırmacılar daha sonraki esas gelişme dönemlerinde besin çözeltisinin toplam tuz konsantrasyonunun, tuzluluğa duyarlı bitkiler için % 0.15-0.2 ve tuzluluğa dayanıklı bitkiler için ise % 0.2-0.4'e yükseltilmesini önermişlerdir.

Cooper (1982), NFT (Nutrient Film Technique) ile yapılan yetiştiricilikte besin çözeltisinin elektriksel iletkenliğinin 2000 micromhos'un altına düştüğünde çözeltiliye besin maddeleri katılması gerektiğini bildirmektedir. Otomatik olarak kontrol edilen NFT sistemlerinde tuzluluğu kontrol eden aygıtlar, bitki çeşidi, gelişme dönemi ve iklim faktörlerine bağlı olarak genellikle 2500-3500 micromhos'a ayarlanmaktadır (Graves, 1983). Bauerle (1984), "Bag culture" sistemi ile domates yetiştiriciliğinde çözeltinin elektriksel iletkenliğinin 3 milimhos'u geçmemesini önermektedir. Douglas (1985) besin çözeltisinin elektriksel iletkenliğinin 1.7-2.5 mS/cm arasında olduğu durumlarda iyi sonuç alındığını, 4 mS/cm'yi geçtiğinde ise bitkilerin zararlanmasının arttığını bildirmektedir.

Besin çözeltisinin elektriksel iletkenliği, toplam tuz konsantrasyonunun bir ölçüsü olup, tek tek besin elementlerinin konsantrasyonları hakkında bilgi vermez. Çözeltideki miktarları normal olarak çok düşük olan mikroelementlerin bu konsantrasyonlarındaki birkaç kat artma ve azalmalar bile çözeltinin elektriksel iletkenliğine hemen hiç yansımamaktadır. Ancak, çözeltide fazlaca bulunan makroelement konsantrasyonlarındaki büyük oynamalar çözelti osmotik basıncını etkilemektedir. Besin çözeltilerinde özellikle makroelement konsantrasyonları yönünden geniş bir tolerans sınırının bulunması, çözeltideki her bir besin maddesi konsantrasyonunu sık sık kontrol etmeksizin belirli süreler içerisinde yalnızca çözeltinin elektriksel iletkenliğini ölçmeyi yeterli kılmaktadır. Belirli aralıklarla çözeltinin kimyasal analizi yine de gereklidir. Özellikle ilk birkaç yıl kimyasal analizler sık sık yapılarak, çözeltideki besin maddeleri konsantrasyonlarının değişimi konusunda deneyim kazanılmalıdır. Bu deneyim kazanıldıktan sonra çözeltinin elektriksel iletkenlik değerinin yorumlanması yani bundan yararlanarak çözeltideki besin elementleri konsantrasyonlarının tahmini daha gerçekçi olur.

Çözelti tuz konsantrasyonunun düşük olması, çözeltideki besin maddeleri düzeyinin daha sıkı kontrol edilmesini ve eksilen besin elementlerinin daha sık aralarla tamamlanmasını gerektirmektedir. Bitkilerin beslenmesi yönünden herhangi bir noksanlık riski yaratmaksızın, ortamda besin maddelerini her zaman yeterince bulundurabilmek için, çözeltiler genellikle gerektiğinden daha yüksek konsantrasyonlarda hazırlanmaktadır (Winsor ve ark. 1980). Örneğin NFT ile domates yetiştirilerek yapılan bir denemede besin çözeltisindeki azot konsantrasyonu 10-320 ppm arasında değiştirildiği halde toplam üründe bir farklılık bulunamamıştır (Massey ve Winsor

1980). Bununla birlikte uygulamada, çözültideki tuz konsantrasyonu gerektiğinden çok yüksek tutulmakta ve tuz konsantrasyonunun yüksekliği sonucu ortaya çıkan sorunlarla daha sık karşılaşılmaktadır. Toplam tuz konsantrasyonunun yüksekliği bitki gelişmesini olumsuz olarak etkilemekte ve bitkilerde sertleşme, yaprakların koyu yeşil renk almaları, yaprak yanıkları gibi belirtilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yüksek tuz konsantrasyonunun domateslerde çiçek burnu çürüklüğü'nün ortaya çıkmasını artırdığı, marul yapraklarının kıvrılarak sertleşmelerine neden olduğu belirlenmiştir. Douglas (1985), genellikle 2-3 atmosfer basınca kadar olan tuz konsantrasyonlarında sertleşme dışında herhangi bir zararlanma belirtisi gözlenemediğini, bu maksimum değerlerin yukarısında ise gelişmenin engellenmekte olduğunu ilişkin belirtilerin hızla ortaya çıktığını bildirmektedir.

Topraksız kültürde aşırı tuz konsantrasyonlarından sakınmak için kullanılacak suyun niteliği iyi bilinmelidir. Suyun tuzluluk derecesi ve iyon konsantrasyonları analiz edilerek, suda aşırı düzeylerde olan iyonları çözültiye ayrıca dışardan katmak gerekir.

Besin Çözeltisinin pH Değeri

Topraksız kültürde pH tamponlama kapasitesinin çok düşük olması, onu topraktaki yetiştiricilikten ayıran en önemli özelliklerden biridir. Bitkiler tarafından anyon ve katyonların alımı sırasında çözeltinin pH'ı kısa sürede değişebilmektedir. Bu değişimin sık aralarla ya da sürekli olarak kontrol edilip ayarlanması gerekmektedir. pH ve elektriksel iletkenliği otomatik olarak kontrol eden ve belirli değerlerin dışına çıktıklarında, gerekli kimyasal maddeleri buldukları depolardan çözültiye enjekte eden düzenekler geliştirilmiş bulunmaktadır.

Bitkiler tarafından maksimum iyon alımı genellikle pH: 5-7 arasında olmaktadır (Clark 1982). pH-5'in altında katyon alımındaki azalma anyon alımına oranla daha fazla olmaktadır. pH-7'nin yukarısında ise tersi olmakta yani anyon alımı daha fazla engellenmektedir. Katyon alımı sırasında köklerden H^+ salınmakta ve eğer katyon alımı anyon alımına göre daha hızlı ise pH giderek düşmektedir. Anyon alımı sırasında ise köklerden çözültiye HCO_3^- ve OH^- iyonları salındığı için, anyon alımının daha fazla olduğu durumda çözelti pH'ı yükselmektedir. Su sertliğinin fazla olduğu ve azot kaynağı olarak yalnızca nitratın kullanıldığı çözültelerde pH yükselmesi daha hızlı olmaktadır. pH'daki değişim birçok besin elementinin ve özellikle mikroelementlerin yararıllığını etkilemektedir. pH'ın 6.5'in üzerine çıkması molibden dışında Zn, Cu, Fe ve Mn gibi mikroelementlerin çökerek çözültiden ayrılmasına neden olabilmektedir (Benton-Jones 1982). Topraksız kültürde bitkilerin optimum pH istekleri topraktakine göre biraz farklılık göstermektedir. Çözelti pH'ının ayarlanmasında yetiştirilecek bitkinin optimum pH isteği göz önüne alınmalıdır. Ticari olarak kurulmuş bulunan çeşitli topraksız kültür sistemlerinde pH birçok bitki için genellikle 5.5-6.5 arasındaki bir değere ayarlanmaktadır. pH'ın otomatik olarak ayarlandığı işletmelerde çoğu kez çift kontrollü sistemler kullanılmaktadır. Otomatik olmayan sistemlerde ise her gün kontrol yapılması gerekmektedir.

Çözelti pH'ını ayarlamak için asit olarak daha çok nitrik asit (HNO_3) sülfürik asit (H_2SO_4) ve fosforik asit (H_3PO_4) kullanılır. Sülfürik ve nitrik asidin çok aşındırıcı oldukları ve bir miktar seyreltilmiş halde kullanılmaları gerektiği gözden uzak

tutulmamalıdır. Aşındırıcı etkisi çok az olan fosforik asidin kullanılması çoğu kez daha uygundur. Ancak sertliği fazla olan sulardan hazırlanan ve ortamda Ca^{+2} konsantrasyonu fazla olan çözeltilerde yalnızca fosforik asidin kullanılması, oldukça fazla miktarlar kullanılacağı için, çözeltideki fosfat düzeyinin yükselmesine neden olabilmektedir. pH'ı yükseltmek amacıyla baz olarak genellikle potasyum hidroksit (KOH)'in % 5'lik çözeltisi önerilmektedir.

Çözeltideki İyon Konsantrasyonları

Çözeltideki her bir besin iyonu konsantrasyonunun hangi sınırlar içerisinde olması gerektiği ve bunların optimum konsantrasyonları çeşitli faktörlere (bitki çeşidi, iklim vb.) bağlı olarak değişmektedir. Diğer taraftan tek tek iyonların konsantrasyonlarından daha çok bu iyonlar arasındaki oran veya denge önemlidir. Çözeltideki herhangi bir besin iyonunun konsantrasyonunun bitki gelişmesi için yeterli olup olmaması, diğer birçok iyonun konsantrasyonu ile yakından ilgilidir. Çeşitli ülkelerde yaygın olarak kullanılan bazı çözeltilerdeki besin maddeleri konsantrasyonları Tablo I'de verilmiştir.

Makro elementlerin orta derecedeki bir fazlalığında, bu elementlere özgü kloroz ve nekroz gibi herhangi bir toksik belirtiyeye çoğu kez rastlanmayabilir. Çok aşırı konsantrasyonlarda kuşkusuz bitkilerin ölmesine kadar varan etkiler görülebilir. Topraksız kültürde daha sık karşılaşılan durum ise, herhangi bir makro besin iyonunun fazlalığında diğer bazı iyonların bitki tarafından absorpsiyonlarının engellenmesi ve noksanlıklarının ortaya çıkmasıdır. Örneğin potasyum ve kalsiyumun birbirine antagonist etki yaptıkları yani birinin fazlalığında diğerinin alınımının azaldığı bilinmektedir. Çözeltideki N, K, Ca ve Mg konsantrasyonları arasındaki oran oldukça önemlidir.

Çeşitli bitkilerin çözeltideki N : P : K oranı gereksinimleri farklılık göstermektedir. Ayrıca bitkilerin gelişme dönemi ve iklim koşulları da bu konuda etkili olmaktadır. Örneğin uzun ve güneşli yaz günlerinde bitkiler kış günlerine oranla daha fazla azota ve daha az potasyuma gereksinme duyarlar. Bu nedenle kışın çözeltideki N:K oranı daha düşük tutulmaktadır. Penningsfeld ve Kurzmann (1966) genel olarak yaz ayları için N : K_2O oranını 1:1-1.5, kış ayları için 1:2-2.5 olarak önermektedirler. Diğer taraftan azotun amonyum (NH_4^+) veya nitrat (NO_3^-) halinde bulunması da bitki gelişmesi üzerinde etkili olmaktadır. Besin çözeltilerine azot tamamen veya büyük ölçüde nitrat halinde katılmaktadır. Çünkü fazla miktardaki amonyum iyonu bitki gelişmesi üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Çözeltide yüksek konsantrasyonlarda bulunan NH_4^+ iyonu bitkiler tarafından çeşitli kationların alınımını engellemektedir. Diğer taraftan çözeltilerde NH_4^+ iyonları ile sıvı amonyak arasında bir denge bulunmakta ve NH_4^+ konsantrasyonunun yüksek olduğu durumda amonyak konsantrasyonu da artmaktadır. Özellikle yüksek pH'larda denge, NH_3 konsantrasyonunun artışı yönünde bozulmaktadır. Bu nedenle amonyum iyonu konsantrasyonunun zararlı etkisi yüksek pH'larda daha sık ve belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Amonyum iyonu halinde fazlaca bulunan azotun kök ortamında nitrit (NO_2^-) iyonu konsantrasyonunun artmasına ve bitkilere toksik etkinin ortaya çıkmasına neden olabileceği de bildirilmektedir (Scwarz 1975). Bu nedenlerden dolayı, besin çözeltisindeki amonyum azotu konsantrasyonunun toplam azotun % 20'sini aşma-

Tablo: I
Çeşitli Ülkelerde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Besin Çözeltilerindeki Element Konsantrasyonları

ÇÖZELTİDEKİ BESİN MADDELERİ KONSANTRASYONLARI, mg/litre														KAYNAKLAR	
N			P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo		Cl
NO ₃	NH ₄	Toplam													
210	-	210	31	234	200	48	64	0.05	0.02	1.4	0.5	0.5	0.01		Hoagland'ın tamamen nitrata dayalı besin çözeltisi (Hoagland ve Arnon, 1950)
		200	60	300	170	50		0.1	0.1	12	2	0.3	0.2		Cooper'e göre NFT besin çözeltisi için en uygun element konsantrasyonları (Cooper A. 1982)
150-200	0-20		50	300-500	150-300	50		0.1	0.1	3*	1	0.3-0.5	0.05	maximum 200	Graves'e göre NFT için uygun görülen element konsantrasyonları (Graves, C.J. 1983)
172	-	172	41	300	180	48	158	0.3	0.3	3.0	1.3	1.0	0.07		(Larsen, 1973)
		140 (90-200)	60 (30-90)	300 (200-400)	150 (120-240)	50 (40-60)		0.1 (0.02-0.2)	0.05 (0.01-0.1)	4.0 (2.0-5.0)	0.5 (0.1-1.0)	0.5 (0.1-1.0)	0.02 (0.01-0.1)		Harris'e göre besin çözeltisindeki elementlerin optimum konsantrasyonları ve sınır değerleri (Harris, D. 1983)
184	31	215	45	300	100	25	33	0.1	0.1	3.2	1.0	0.35	0.06		Hall ve arkadaşlarının perlit kültürü için önerdikleri element konsantrasyonları (Hall ve ark. 1984)
		300 (150-1000)	80 (50-100)	250 (100-400)	400 (300-500)	75 (50-100)	400 (200-1000)	0.5 (0.5-1.0)	0.5 (0.1-0.5)	5 (2-10)	2 (0.5-5.0)	1.0 (0.5-5.0)	0.001 (0.001-0.002)		Douglas'a göre besin çözeltilerindeki elementlerin optimum konsantrasyonları ve sınır değerleri (Douglas, J.S. 1985)

* Gelişmenin ilk dönemlerinde 5-10 ppm (mg/litre) tercih edilir.

ması gerektiği bildirilmektedir (Harris, 1983). Ancak, çözeltilerdeki optimum $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ oranı üzerine kök ortamının sıcaklığı da etkili olmaktadır. Ganmore-Neumann ve Kafkafi (1980), kök ortamının sıcaklığı ile ilişkili olarak çözeltilerdeki farklı $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ oranlarının, domatesin gelişmesi ve besin maddeleri kapsamı üzerine etkileri ile ilgili olarak yürüttükleri araştırmada, düşük kök sıcaklığının köklerde nitrat azotunun ve potasyumun birikmesine ve taşınımının engellenmesine neden olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar amonyum azotunun metabolizmasının köklerde de oluşabildiğini bildirerek, amonyum azotu ile beslenen bitkilerin düşük sıcaklıkta daha iyi gelişmelerinin nedenini buna dayandırmışlardır. Ayrıca NH_4^+ toksisitesinin daha çok bitkide amonyum metabolizması sırasında oluşan H^+ iyonlarının köklerde birikmesi ile ortaya çıkabileceğini öne sürmüşlerdir.

Topraksız kültürde, çözeltilerdeki fosfat iyonu konsantrasyonunun yüksek tutulması sonucu ortaya çıkan sorunlarla da sık sık karşılaşmaktadır. Fosfat iyonları birçok metallerle ve bu arada mikroelementlerle reaksiyona girerek çözünemez tuzlar oluşturmakta ve bu besin maddelerinin noksanlıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çözeltilerdeki fazla fosfor nedeniyle özellikle düşük pH'larda demirin çökmesi sonucu demir noksanlığının ortaya çıkması, sık karşılaşılan olaylardır. Bu bakımdan, besin çözeltilisindeki fosfor konsantrasyonunun, normal bitki gelişmesini karşılamaya yetecek en düşük düzeyde tutulmasına özen gösterilmelidir. Yetiştirme ortamında kireç içeren kum veya çakıl gibi alkalın agregatların kullanıldıkları durumlarda ise fosfor, kalsiyum ve magnezyum fosfatlar halinde çökerek fosfor noksanlığı ortaya çıkabilmektedir.

Bitkilerin çok düşük konsantrasyonlarda gereksinim duydukları Zn, Cu, Fe, Mn, B ve Mo gibi mikroelementler, belirli konsantrasyonların yukarısında bitkilere şiddetli toksik etki yaparlar. Özellikle bor elementinde olduğu gibi noksanlık ve fazlalık sınırı çok dar olan mikroelementler vardır. Bu nedenle çözeltilerdeki mikroelement konsantrasyonları ayarlanırken daha fazla dikkat edilmelidir. Fe, Cu, Zn ve Mn iyonlarının karşılıklı olarak birbirleri ile girişimde buldukları ve bu iyonların çözeltilerdeki konsantrasyonları arasındaki oranın önemli olduğu bilinmektedir. Örneğin su kültüründe, bütün diğer mikroelementlerin yeterli düzeyde bulunduğu durumda, domates bitkisinin 1.0 ppm'in üzerindeki bakır konsantrasyonlarına bile dayanabildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte diğer mikroelementlerin yeterli düzeyde bulunmadığı durumda 0.2 ppm bakır konsantrasyonunda bile zararlanma ortaya çıkabilmektedir. Diğer taraftan demir noksanlığını önlemek üzere çözeltiye aşırı demir katılması, manganın absorpsiyonunu azaltmakta ve mangan noksanlığının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Besin çözeltilisinde yaklaşık 10-20 ppm klorür iyonu (Cl^-) bulunması optimum gelişme için yeterli sayılır. Çözelti hazırlamada kullanılan suların çoğunda bu konsantrasyonda klorür iyonu bulunmaktadır. Klorür konsantrasyonunun çok yüksek olması ise spesifik iyon etkisi veya çözeltilerin osmotik basıncını artırmak yoluyla bitki gelişmesini olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle makroelementlerin çözeltiye katılışında mümkün olduğunca bunların klorür tuzları kullanılmamalıdır. Sudaki serbest klor konsantrasyonu da çok önemlidir. 0.4 ppm'lik serbest klor konsantrasyonu bitkilerde kök ucu zararlanmalarına neden olabilmektedir (Nelson 1985).

BESİN ÇÖZELTİSİNİN HAZIRLANMASI VE UYGULANMASI

Besin çözeltilerinin hazırlanış ve sisteme uygulanışında genel olarak iki yöntem izlenmektedir. Küçük işletmelerde genellikle uygulanan yöntem çözeltinin büyükçe bir depo içerisinde hazırlanarak muhafazası ve buradan sisteme pompalanmasıdır. Bu durumda depo hacmi, sistemdeki bitki yetiştirme bölümlerini doldurmaya yetecek çözelti hacminin yaklaşık iki katı kadar olmalıdır. Böylece besin çözeltisinin uygulanışı sırasında çözeltinin yetersiz gelmesi veya eksilmesine karşı bir güven payı sağlanmış olur.

Büyük işletmelerde daha çok uygulanan yöntem ise, stok bir besin çözeltisi hazırlanıp, su ile stok çözeltiyi uygun oranlarda karıştırarak sisteme ileten bir karıştırıcı düzeneğin (fertilizer proportioner) devreye konulmasına dayanmaktadır. Bu durumda stok çözeltide çökelmeyi önlemek için konsantre çözeltinin iki ayrı kısımda hazırlanması gerekmektedir. Stok çözeltilerden biri yalnızca kalsiyum nitrat ile demiri, ikincisi ise diğer besin elementlerini içerecek şekilde hazırlanmalı ve ayrı depolarda saklanmalıdır.

Sürekli devreden besin çözeltilerinin kullanıldığı sistemlerde (kapalı sistemler) besin çözeltisi, kısa ve uzun süreli olmak üzere iki şekilde kullanılabilir. Kısa süreli kullanımda, stok çözeltiden seyreltme yoluyla her hafta veya iki haftada bir yeniden taze olarak çözelti hazırlanmaktadır. Bu şekilde kısa süreli kullanımda çözeltideki besin maddeleri konsantrasyonları noksanlık sınırına inmeden çözeltinin yenisi ile değiştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntem su ve besin maddeleri savurganlığına neden olmaktadır. Ayrıca, kullanılmış çözelti eğer geçirgen arazilere dökülüyorsa, yeraltı sularının kirlenmesi tehlikesi de ortaya çıkmaktadır.

Uzun süreli kullanımda ise hazırlanan bir besin çözeltisi haftalar ve aylarca kullanılmakta, ancak bu süre içerisinde zaman zaman analiz edilerek eksilen besin maddeleri bu çözeltiye katılmaktadır. Bu yöntemde ise besin çözeltisinin sık sık kontrol ve analiz edilmesi gerekmektedir.

Besin çözeltileri genellikle gelişmenin başlarında daha düşük konsantrasyonlarda (normal konsantrasyonun yarısı veya üçte biri) uygulanmakta ve belirli bir süre sonra tam konsantrasyona ulaşılmaktadır. Çözelti hazırlandıktan sonra pH, tuzluluk, sıcaklık ve benzeri kontroller mutlaka yapılmalı ve ondan sonra uygulamaya geçilmelidir.

KAYNAKLAR

- BAUERLE, W.L. 1984. Bag Culture Production of Greenhouse Tomatoes. Ohio Agricultural Research and Development Center, The Ohio State Univ., Wooster, Ohio.
- BENTON - JONES, J. 1982. Hydroponics: Its history and use in plant nutrition studies. *J. Plant Nutr.* 5 (8): 1003-1030.
- CLARK, R.B. 1982. Effect of various factors on nutrient composition of plants. In: *Handbook of Nutrition and Food* (ed. M. Rechelgl, Jr). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- COOPER, A. 1982. Nutrient Film Technique. The ELBS and Grower Books, London.

- DOUGLAS, J.S. 1985. Advanced Guide to Hydroponics. Pelham Books Ltd., London.
- GANMORE - NEUMANN, R. and KAFKAFI, U. 1980. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on tomato development II. Nutrients composition of tomato plants. *Agron. J.* 72: 762-766.
- GRAVES, C.J. 1983. The Nutrient Film Technique. *Horticultural Reviews*, Vol. 5: 1-44.
- HALL, D.A., WILSON, G.C.S. and MCGREGOR, A.J. 1984. Scots grow tomatoes in perlite. *Grower* 17 May 1984, pp. 23-24.
- HARRIS, D. 1983. Hydroponics. David and Charles Ltd., London.
- HOAGLAND, D.R. and ARNON, D.I. 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants Without Soil. *Univ. of Calif. Ag. Exp. Sta. Cir.* 347.
- LARSEN, J.E. 1973. Nutrient solutions for greenhouse tomatoes. 'Texas A. and M. Univ. College Station', Mimeo.
- MASSEY, D. and WINSOR, G.W. 1980. Some responses of tomatoes to nitrogen in recirculating solutions. *Acta Hort.* 98: 127-137.
- NELSON, P.V. 1985. Greenhouse Operation and Management. Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia.
- PENNINGSFELD, F. und KURZMANN, P. 1966. Hydrokultur und Torfkultur. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHWARZ, M. 1975. Guideto Commercial Hydroponics. Israel Universities press, Jerusalem, Israel.
- WINSOR, G.W., ADAMS, P. and MASSEY, D. 1980. New light on nutrition. *Suppl. Grower*, 93 (8): 99, 103.