

BİTKİ BESLEMEDE TOPRAK ANALİZİNİN ÖNEMİ

Ahmet ÖZGÜMÜŞ*

ÖZET

Toprak analizi, topraklardaki yararlı bitki besin maddeleri düzeyinin belirlenmesinde ve bitkilerin beslenme durumlarının değerlendirilmesinde geniş şekilde kullanılan bir yöntemdir. Bununla birlikte tek başına toprak analiz sonucu ile, bitkilerin beslenme durumları ve gübre gereksinimleri konusunda tamamen güvenilir bilgiler elde etmek mümkün değildir. Çünkü besin maddeleri yararlılığı, bitki/toprak arasındaki ilişkiye yakından bağlıdır ve bunu çok çeşitli faktörler etkilemektedir.

Toprak analiz sonuçlarının belirli çevre koşulları ve istenilen bitkiye göre, güvenilir şekilde yorumlanabilmesi ve kullanılabilmesi için, karşılaştırmalı tarla deneyleri kurulmalıdır. Tarla kalibrasyonu ile, ürün miktarları ve toprak-test değerleri arasında ilişki kurulmalıdır.

SUMMARY

The Importance of Soil Analysis in Plant Nutrition

Soil analysis is the most widely used procedure for estimating the available plant nutrients in the soils and evaluating the nutritional status of plants. However, from the soil analytical data alone it is not possible to obtain absolutely reliable information on the nutritional status and fertilizer needs of plants. Because nutrient availability is so much dependent on the plant/soil relationship, and so many factors affect it.

For the reliable interpretation and utilization of soil analytical data for a given crop in a particular environment comparative field experiments must be carried out. Through the field calibration the relationship between yields and soil-test values must be established.

BİTKİLERİN BESLENME DURUMLARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bitkinin yetiştiği ortam dinamik bir sistemdir. Böyle sürekli değişim içerisindeki bir ortamda yetiştirilen bitkilerin gelişmeleri de çok çeşitli faktörlerin etkisi altındadır. Bitki-toprak ilişkilerinin son derece karmaşık olması, bitkilerin beslenme

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

durumlarının tam bir doğrulukla belirlenmesini veya önceden kesin olarak tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Bununla birlikte bitkinin beslenme durumunun ve gübre gereksiniminin zamanında ve doğruya en yakın şekilde belirlenmesinin önemini bilen araştırmacılar, yıllardan beri birçok yolları denemişler ve bu alanda çok çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir.

Bitkilerin beslenmeleri ile ilgili sorunların araştırılmasında kullanılan yöntemler ya da izlenen yollar genel olarak şu şekilde gruplandırılabilir:

- 1- Gözle görülen belirtilerin tanımlanması,
- 2- Toprak analizleri,
- 3- Bitki analizleri ve doku testleri,
- 4- Tarla ve sera denemeleri.

Bu yöntemlere ek olarak bitki çevre koşullarının incelenmesi de sayılabilir (Winsor, 1983).

Bitkilerin beslenmeleri ile ilgili sorunların belirlenmesinde ve gübreleme önerilerinin yapılmasında, bu yöntemlerden yalnız birini kullanarak başarıya ulaşmak çoğunlukla mümkün olamamaktadır. Çünkü bitkinin geliştiği çevredeki ve kök ortamındaki çok çeşitli faktörler karşılıklı olarak girişim içerisindeyler. Ancak, bitkilerin beslenmeleri ile ilgili sorunların çözümünde, bu yöntemlerden her birinin özel bir yeri vardır ve başarılı sonuçlar elde etmek için en doğru yol, bu yöntemlerden birkaçını birlikte ele almaktır. Aşağıda toprak analizleri dışındaki yöntemler hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Gözle Görülen Belirtilerin Tanımlanması: Bitki besin maddelerinin noksanlık veya fazlalıkları halinde bitkilerde değişik belirtiler ortaya çıkar. Genellikle noksan (veya fazla) olan elemente özgü karakteristik belirtiler görülür ve bu alanda deneyimi olan biri, gözle incelemek suretiyle bunu tahmin edebilir. Ancak bu konuda bazı güçlükler vardır. Bazı elementlerin noksanlıklarında veya fazlalıklarında birbirine benzer belirtiler ortaya çıkmaktadır. Örneğin bazı bitkilerde potasyum noksanlığında yaprak kenarlarında görülen nekrotik belirtileri klorür toksisitesinden ayırmak güçtür (Robinson, 1983). Birkaç elementin birden noksan olduğu durumda ise belirtiler daha karmaşık olmakta ve tanımlama oldukça güçleşmektedir. Diğer taraftan, bitkide herhangi bir elementin noksanlığının ortaya çıkmasında, ilgili elementin topraktaki yayılsı miktarından başka daha birçok faktör etkili olmaktadır. Yani, bitkideki görünüm her zaman topraktaki gerçek durumu yansıtamamaktadır. Örneğin aşırı dozda uygulanan bazı herbisitlerin, sadece görünüm olarak değil, aynı zamanda gerçek fizyolojik besin maddeleri noksanlıkları yarattıkları bilinmektedir (Hagin ve Tucker, 1982). Diğer taraftan, çeşitli hastalık ve zararlıların etkisiyle bitki köklerinde ve iletim demetlerinde ortaya çıkan zararlanmalar, toprakta belirli besin maddelerinin noksanlıkları varmış gibi, bitkide belirtilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Noksanlık belirtilerinin gözlenmesi yoluyla bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesinde başka güçlükler de vardır. Topraktaki besin maddelerinin yayılsı miktarlarındaki hafif azlık, bitkide noksanlık belirtisi ortaya çıkarmaksızın da ürün miktarını etkileyebilmektedir (latent deficiency = gizli noksanlık). Noksanlık belirtisi ortaya çıktıktan sonra yapılacak müdahale ise çok geç olmakta ve bir kısım kayıpları yerine koyamamaktadır.

Bitki Analizleri ve Doku Testleri: Bitki analizleri, besin maddelerinin bitki bünyesinde normal gelişmeyi sağlayacak miktarda bulunması gerektiği ve bu elementlerin bitkideki konsantrasyonları ile topraktaki yarıyışlı miktarları arasında bir ilişkinin bulunacağı ilkesine dayanmaktadır.

Bitki dokularındaki herhangi bir elementin konsantrasyonu, bitki organına ve ya dokusuna, bitkinin fizyolojik yaşına ve çevre koşullarına bağlı olarak değişir. Bitki analiz değerlerinin yorumlanmasında, bitki çeşidi, bitki yaşı ve bitki organı yanında, besin maddeleri arasındaki antagonist ve sinergist ilişkilerin de dikkate alınması gerekir.

Mutlak gerekli elementlerin bitkideki konsantrasyonlarının noksanlık ve fazlalıkları ile ilgili olarak, sınır değerlerinin belirlenmesi konusunda çeşitli ülkelerde yıllardır yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle meyve ağaçları ve asmalar gibi çok yıllık bitkiler için elde edilen sınır değerlerinden, yaprak analiz sonuçlarının yorumlanmasında geniş şekilde yararlanılmaktadır. Ancak herhangi bir elementin bitkideki konsantrasyonu, ilgili elementin topraktaki yarıyışlı miktarı yanında, o elementin bitki tarafından alınımını ve bitki bünyesindeki taşınımını etkileyen diğer faktörlere bağlı olarak da değişmektedir. Bu nedenle bitki analizlerinin, toprak analizlerinin yerine değil, toprak analizleri ile birlikte kullanılması ve her ikisinin sonuçlarının karşılaştırılarak yorumlanması daha yararlı olacaktır.

Tarla ve Sera Denemeleri: Tarla ve sera denemeleri, bitkilerin gübre gereksinimlerinin ve beslenme sorunlarının belirlenmesinde kullanılan en eski ve temel yöntemlerdir. Toprak ve bitki analiz sonuçlarının kalibrasyonunda ve sonuçların değerlendirilmesinde de bu denemelerden büyük ölçüde yararlanılır.

Tarla denemelerinde elde edilen sonuçların, denemenin yapıldığı yıl ve koşullara uygulanabilir olması, çalışmaların uzun zamanı, fazla iş gücünü ve masrafı gerektirmesi, tarla denemelerinin kullanımını sınırlayıcı faktörlerdir.

TOPRAK ANALİZLERİNDE DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR

Bitkilerin beslenmeleri ile ilgili sorunların çözümünde toprak analizlerinin ve ya toprak testlerinin özel bir yeri vardır. Ancak bitki-toprak ilişkilerinin son derece karmaşık olması toprak analizlerinde ve analiz sonuçlarının yorumlanmasında güçlükler yaratmaktadır. Bununla birlikte toprak analiz sonuçları olmaksızın bu ilişkileri açıklamak hiç mümkün olamamaktadır. Diğer taraftan toprak analizleri, bitki yetiştirmeye başlamadan önce topraktaki besin maddeleri durumunu bildirdiği için, diğer yöntemlere tercih edilmektedir.

Toprakların test edilmeleri ile ilgili işlemler genel olarak altı bölüme ayrılabilir:

- 1- Toprak örneklerinin alınması,
- 2- Toprak örneklerinin analize hazırlanması,
- 3- Ekstraksiyon,
- 4- Analiz,
- 5- Analiz sonuçlarının yorumlanması,
- 6- Gübre önerileri.

Toprak analizlerinin başarısı, bu aşamaların her birindeki çalışmalarda gösterilecek özene büyük ölçüde bağlıdır.

1- *Toprak Örneklerinin Alınması*: Bitki kök yöresini tam anlamıyla yansıtmayacak örnekleri analiz etmek, en iyi teknik ve en duyarlı yöntemler kullanılsa bile, boşa uğraşmaktan öteye bir anlam taşımayacaktır. Toprak özellikleri gerek aynı horizon içerisinde gerekse profil derinliği boyunca çok kısa mesafelerde büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Bu nedenle belirli bir yöreden tek bir örnek alınması, ne kadar dar bir alan olsa bile, o alanın toprak özelliğini yansıtmaktan uzaktır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için toprak analizi yapılacak alandan mümkün olduğu kadar çok sayıda alt örnekler alınarak bunlar iyice karıştırılır ve bu karışımdan alınacak bir örnek üzerinde analiz işlemleri yürütülür. Bu amaçla homojen sayılabilecek bir tarladan en az 25 yerden örnek alınarak karıştırılması önerilmektedir (Ministry of Agriculture, 1983). Bazı araştırmacılar da her bir hektar araziden ortalama 25 adet örnek alınarak karıştırılmasının, o alanı temsil edebileceğini bildirmektedirler. Örnek alma derinliği olarak genellikle 0-15 cm veya 0-20 cm önerilmektedir olup, derin köklü bitkiler için daha alttaki toprak tabakalarının da incelenmesi gerekir. Arazinin homojenliğini bozacak ya da özelliklerini büyük ölçüde değiştirecek belirli yerler (örneğin gübre yığınlarına yakın yerler, su birikintileri v.b.) varsa buraları örnekleme dışında tutmak gerekir. Diğer taraftan toprak özellikleri veya önceki yıllara ait bitki örtüsü ve kültürel uygulamaları farklılık gösteren alanlar varsa bunların kendi aralarında ayrı olarak örneklenmesi gerekir.

2- *Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması*: Toprak analizlerinin çoğu havada kurutulduktan sonra öğütülmüş ve elenmiş örnekler üzerinde yapılır. Ancak bu tip ön işlemler başta $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ olmak üzere Fe ve Mn gibi bir kısım analizlerde yanlışlıklara neden olmakta ve bu analizlerin taze örnekler üzerinde yapılmaları gerekmektedir. Diğer taraftan mikroelement analizlerinde, bütün aşamalarda olduğu gibi analize hazırlık sırasında da, bulaşmalara engel olmak üzere daha fazla dikkat gösterilmelidir.

3- *Ekstraksiyon*: Topraktaki bitki besin elementlerinin toplam miktarları, bitki besleme yönünden fazla bir anlam taşımayıp, bunların bitkiye yarayışlı miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Herhangi bir besin maddesinin bitkiye yarayışlı bölümünün nasıl belirleneceği konusu ise, toprak analizlerinin en çok farklılık ve karışıklık gösteren işlemlerini kapsamaktadır. Ekstraksiyon çözeltisinin cinsi, toprak-çözelti oranı, çalkalama süresi ve şiddeti gibi işlemlerin nasıl olması gerektiği konusunda sayısız derecede fazla görüş ve buluşlara rastlanılmaktadır. Bu farklılık yalnızca ülkeler arasında değil, aynı ülkenin çeşitli yöreleri arasında da kendini göstermektedir. Çünkü toprak özellikleri ve iklim koşulları ile ilişkili olarak belirli bir yörede iyi sonuç veren bir ekstraksiyon çözeltisi, başka bir yörede başarısız olabilmektedir. Bu nedenle belirli bir yörede herhangi bir ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen sonuçtan, ülkeler arası düzeyde yararlanmak bir yana o ülkenin iklim veya toprak özellikleri değişik başka bir bölümünde yararlanmak bile çoğu kez mümkün olamamaktadır. Gerçekten de toprakların ekstraksiyon işlemi, toprak analizlerinin en temel fakat en karmaşık aşamasını oluşturmaktadır.

4- *Analiz*: Duyarlı aletlerin ve analiz tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte, toprak ekstraktları içerisindeki besin maddelerinin analizleri oldukça kolaylaşmıştır. Bugün, toprak analiz laboratuvarlarının çoğunda gerekli analizleri yapabilecek aletleri bulmak mümkündür ve analiz konusunda önemli güçlükler yoktur. Bu

nedenle bugün esas önemli olan konu, dikkatlerin analiz öncesi ve ekstraksiyon işlemleri üzerinde yoğunlaştırılması gerektiğidir.

5- *Analiz Sonuçlarının Yorumlanması:* Daha önce hiçbir çalışma yapılmamış bir yörede, yalnızca analiz sonucuna bakarak, herhangi bir topraktaki besin maddeleri miktarının, normal bitki gelişmesi için yeterli olup olamayacağını yorumlamak pek mümkün değildir. Gübre önerilerinin temelini, besin maddeleri ile ürün arasındaki ilişkinin bilinmesi oluşturur. Bu konu ise sanıldığı kadar kolay değildir. Herhangi bir bitki için belirli bir çevre koşulunda böyle bir ilişkinin kurulabilmesi, oldukça uzun zamanı ve sabırlı çalışmaları gerektirir. Bitki tür ve çeşitlerine bağlı olarak toprak, iklim ve kültürel tekniklerin dikkate alınmasıyla yürütülecek çalışmalarda gösterilecek özen, elde edilecek respons eğrisinin gerçeğe en yakın olarak belirlenmesini sağlayacaktır. Belirli bir kültürel uygulama altında yetiştirilen bir bitki için belirli iklim ve toprak koşullarına göre ürün ile besin maddesi miktarı arasında herhangi bir ilişki belirlemeksizin, toprak analiz sonucunu yorumlayabilmek ve gübre önerilerinde bulunabilmek zordur.

O halde önce toprak analiz sonuçlarını tarla denemeleri ile kalibre etmek üzere çalışmalar yapmak yani analiz sonuçları ile ürün arasındaki ilişkiyi belirlemek gerekir. Ancak bundan sonra o yörede elde edilecek diğer toprak analiz değerlerini yorumlamak ve analiz sonuçlarından yararlanılarak gübre önerilerinde bulunmak mümkün olur.

6- *Gübre Önerileri:* Eskiden toprak analiz sonuçları, belirli bir bitki besin maddesinin noksanlık veya fazlalık durumunu ortaya koymak üzere, besin maddesince düşük, orta veya yüksek şeklinde sınıflandırılarak verilmekteydi. Bugün artık sonuçlar daha çok indeks sistemi ya da komputere edilmiş sürekli ilişkiyi verecek şekilde düzenlenmektedir. İndeks sisteminde analiz sonuçları düşük-orta-yüksek yerine çoğunlukla daha fazla sayıda olmak üzere belirli kategorilere ayrılmaktadır. Analiz sonucunda toprakta belirlenen besin maddesi miktarı hangi kategoriye giriyorsa, toprağa verilmesi gereken besin maddesi miktarı, buna karşılık gelen kısımda (bitki çeşidine göre) verilmektedir.

Tablo: 1
Toprak Potasyum İndeksi İle İlişkili Olarak Serada Yetiştirilen
Bazı Sebzelere Dikimden Önce Uygulanacak Potasyum
Sülfat (g.m^{-2}) Miktarları (Ministry of Agriculture, 1983)

İndeks	Topraktaki Potasyum Miktarı*	K_2SO_4 Uygulaması, g.m^{-2}			
		Domates (erkenci)	Biber	Hıyar	Marul
0	0-60	720	400	350	160
1	61-120	670	350	300	110
2	121-240	610	290	240	50
3	241-400	500	180	130	0
4	401-600	370	50	0	0
5	601-900	185	0	0	0
6	901-1500	0	0	0	0

* Hava kuru topraktan hacimce 5:1 oranındaki M-amonyum nitrat ile ekstrakte edilmiştir.

İngiltere'de, toprak potasyum indeksi ile ilişkili olarak bazı sera bitkilerine uygulanacak potasyumlu gübre miktarlarını gösteren bir tablo aşağıda örnek olarak verilmiştir (Tablo: 1).

TOPRAK ANALİZLERİNDE VE SONUÇLARIN YORUMLANMASINDA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

1. Toprak özelliklerinin kısa mesafelerde büyük değişiklikler göstermesi, özellikle örnek alma sırasında yapılacak hataların etkisini artırmakta ve analiz sonucunun, o alanın özelliklerinin tam olarak yansıtamamasına neden olmaktadır.

2. Örneklerin analize hazırlanmaları sırasında gerekli özen gösterilmediği ve uygun yöntemler seçilemediği durumlarda sonuçların güvenilirliği kaybolmaktadır. Örneğin bazı analizler için taze örnekler üzerinde çalışılması, toprak örneği alındıktan sonra kısa sürede analize geçilmesi veya bu arada kimyasal ve biyolojik değişimin önlenmesi gerekmektedir.

3. Toprak analiz sonuçlarının doğru olarak yorumlanabilmesi ve bu sonuçlardan gübreleme amacıyla yararlanılabilmesi için, belirli bir bitki için belirli çevre koşullarında çok yıllık tarla denemeleri kurulması ve tarla denemeleri ile toprak analiz sonuçlarının kalibre edilmesi gerekmektedir. Entansif yetiştirme sistemlerinin uygulanması ve yüksek verimli çeşitlerin yetiştirilmeye başlanması, topraktaki besin maddelerinin tüketimini artırmakta ve analiz sonuçlarının, tarla denemeleri ile kalibrasyonunda yeni düzenlemeleri gerektirmektedir.

4. Tarla topraklarının analizlerinde başarı ile kullanılan yöntemler bahçe ve sera topraklarının analizlerinde kullanıldığında çoğu kez iyi sonuç vermemektedirler. Özellikle son yıllarda seralarda turba, perlit ve benzeri materyallerin kullanıldığı yapay karışımların (bitki yetiştirme ortamlarının) analizleri temelde büyük farklılıklar göstermektedir.

Tarladaki ve yapay yetiştirme ortamlarındaki katı ve sıvı fazların oranı ve bitki beslemedeki önemleri birbirinden farklıdır. Tarladaki mineral topraklarda, suda çözünmüş haldeki besin maddelerinin miktarı, katı fazda değişebilir halde tutulmuş olan veya yarayışsız halde bulunan besin maddeleri miktarına oranla çok azdır. Yapay yetiştirme ortamlarında ise çoğunlukla suda çözünmüş haldeki besin maddelerinin oranı daha fazladır. Bu durum, tarla topraklarının ekstraksiyonunda, kuvvetli veya zayıf asitler ile tuz çözeltileri daha çok kullanılırken, sera topraklarının ekstraksiyonunda çözücü olarak çoğunlukla suyun tercih edilmesinin nedenini açıklamaktadır. Gerçekten de turba ağırlıklı yetiştirme ortamlarının analizleri için çoğunlukla doyguluk ekstraktları veya hacim esasına göre 1: 1 ile 1: 5 arasında değişen oranlardaki toprak : su süspansiyonlarının kullanılması önerilmektedir (Kirven 1986, Warncke, 1986).

Sera topraklarının analizleri için ön işlemler sırasında da dikkat edilmesi gereken bazı ayrıcalıklar vardır:

Seralarda kullanılan yapay yetiştirme ortamlarının hacim ağırlıklarının çok farklılık göstermesi nedeniyle sonuçların yorumlanması ve karşılaştırılmaları sırasında güçlükler doğmaktadır. Bu nedenle analiz işlemlerinin belirli hacimdeki örnek üzerinde yürütülerek, sonuçların hacim esasına göre ifade edilmeleri daha yararlı olmaktadır. Tarla topraklarında ise analiz sonuçları çoğunlukla ağırlık esasına göre ve-

rilir. Yapay yetiştirme ortamlarının analizlerinde daha fazla miktarda örnek üzerinde çalışılması gerekmekte ve kurutma, öğütme gibi ön işlemler, analiz sonuçlarını olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Kurutma sırasında hafif ve ağır materyaller (örneğin turba ve kum) ayrılarak, üzerinde analiz yapılacak örneğin alınması sırasında örnekleme hataları ortaya çıkabilmektedir. Örneğin işlemi ise yavaş yavaş yarıyışlı gübreler kullanıldığı durumlarda sorun yaratmaktadır. Bu gübrelerin bazıları diğerlerine oranla daha zor öğütülmekte ve analiz sonucunu etkilemektedirler.

SONUÇ

Bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesinde toprak analizlerinin oldukça önemli bir yeri vardır. Ancak toprak analizlerinden mucize beklenilmemelidir.

Toprak analizlerinden beklenen yararın elde edilebilmesi için iki noktaya özellikle dikkat edilmelidir: 1) Toprak analizinin her aşamasında gerekli özen gösterilmesi ve kullanılacak analiz yöntemleri çok iyi seçilmelidir. 2) Analiz sonuçları iyi kalibre edilmiş olmalı, yani çeşitli bitkilere göre analiz sonuçları ile ürün responsları arasında yakın ilişkiler elde edilmiş olmalıdır.

Ülkemizde özellikle sera topraklarının analizleri ile ilgili çalışmalar oldukça yetersiz durumdadır. Sera topraklarının analizlerinde kullanılacak ekstraksiyon işlemlerinin uygunluğu ve analiz sonuçları ile ürün arasındaki ilişkilere ait bulguları kapsayan çalışmalara büyük gereksinme vardır. Tarla topraklarının analizlerinde kullanılan olağan yöntemleri, sera topraklarının analizinde kullanmak ve sonuçları benzer şekilde yorumlamak doğru değildir.

Bitkilerin beslenme durumlarının daha gerçekçi bir şekilde belirlenebilmesi ve bu alandaki sorunların çözümü için, toprak analizleri, başta bitki analizleri olmak üzere, diğer yöntemlerle birlikte ele alınmalı ve sonuçlar, bitki ile toprak ve diğer çevre koşulları arasındaki karşılıklı ilişkilere dayanılarak yorumlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- HAGIN, J., and TUCKER, B., 1982. Fertilization of Dryland an Irrigated Soils. Springer Verlag, Berlin.
- KIRVEN, D.M., 1986. An industry viewpoint: Horticultural testing-Is our language confusing? *Hort. Sci.* 21 (2): 215-217.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1983. Fertiliser Recommendations. Reference Book 209, Her Majesty's Stationery Office, London.
- ROBINSON, J.B.D., 1983. Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. ADAS/ARC, Her Majesty's Stationery Office, London.
- WARNCKE, D.D., 1986. Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *Hort. Sci.* 21 (2): 223-225.
- WINSOR, G.W., 1983. Diagnosis of the nutritional status of protected crop. *Acta Horticulturae* 145: 236-250.

