スプレーギクのベンチ栽培における窒素施肥基準曲線に基づいた施肥量が 切り花品質と養分吸収に及ぼす影響

島 浩二^{1*}・後藤丹十郎²・景山詳弘²

¹和歌山農林水産総合技術センター農業試験場 640-0423 和歌山県那賀郡貴志川町高尾

²岡山大学農学部 700-8530 岡山市津島中

Effect of Fertilization Application Levels Based on the Nitrogen Application Standard Curve on Cut Flower Quality and Nutrient Uptake of Spray Chrysanthemums in Bench Culture

Kohji Shima^{1*}, Tanjuro Goto² and Yoshihiro Kageyama²

¹Agricultural Experiment Station, Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Takao, Kishigawa-cho, Wakayama 640-0423

²Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima-naka, Okayama 700-8530

Summary

The effects of nutrient application based on the nitrogen application standard curve (NASC) developed in the hydroponics system on the cut flower quality and nutrient uptake of spray chrysanthemums in bench culture were investigated. Plants were grown at 0.75, 1.0, 1.25 and 1.5 strengths of NASC, including 356, 474, 593, 711 mg total nitrogen / shoot, respectively.

About 80% of harvested flowers were marketable flowers having the weight of ≥ 40 g when the lower 20 cm leaves were trimmed after cutting on 80 cm shoot (the shipping standard size in Wakayama) in all application levels. Using the 0.75 strength, there was little residual nitrogen in the soil at harvest. However, Using treatments of ≥ 1.0 strength, an accumulation of nitrogen in the soil was detected during the cultivation period. The residual nutrients in the soil increased with increases in the fertilization level.

Consequently, nutrient application based on 0.75 NASC strength can produce high quality cut flowers in bench culture, and is suitable for the environment due to the low levels of nutrients remaining in the soil. Modification of NASC is recommended to improve plant growth in the early stages.

キーワード： ベンチ栽培，スプレーギク，窒素施肥基準曲線，養分吸収

緒 言

スプレーギクの切り花生産において，花芽分化期に養分，特に窒素を過剰に吸収するとスプレーフォメーションが乱れ，逆に花房形成期に養分が不足すると切り花のボリュームが得られず，品質が低下する（鈴木ら，1996，六本木・加藤，2000）。また，施肥量が多いとやなぎ芽が発生しやすくなる（川田，1999）ことがよく知られている。従って，スプレーギクにおいて高品質な切り花を生産するためには，生育ステージに応じた適切な養分管理が要求される。しかし，従来の基肥に重点をおいた養分管理では，生育ステージごとに土壌内を好適な養分レベルに維持することは難しい。

水耕では培養液の養分減少量を分析することにより，生育ステージごとや季節ごとの養分吸収特性を明らかにすることが可能である。Yoonら（2000a）は湛液水耕においてスプレーギクの養分吸収特性を調査し，その生長量と窒素の吸収量は比例関係にあること，窒素，リン，カリウム，カルシウムおよびマグネシウムの多量要素間における養分吸収の比は，栽培時期や品種にかかわらずほぼ一定であることを明らかにした。さらにYoonら（2000b）はこれらの養分吸収特性に基づいて，スプレーギクの生長量に応じて窒素を必要量のみ与え，他の多量要素については窒素施与量に対して一定の割合で同時に与える養分管理法（以後，窒素施肥基準曲線による養分管理法とする）を開発した。そして，この養分管理法によるNFT栽培においては，高品質な切り花が生産できること，また与えた養分はほぼ全量吸収されることを実証した。

一方，施設園芸において，近年，土壌病害虫の蔓延や

多量施肥による塩類集積などの連作障害が大きな問題となっている。これらの解決策の一つに地床から土壌を隔離するベンチ栽培があり、古くからの生産地では、従来の地床栽培に変わってベンチ栽培が導入されつつある(青木ら, 2001)。さらに、環境保全の面から圃場や施設からの養分の流出が問題となっているが、ベンチ栽培では余剰な養分を圏外へ排出しない閉鎖系システムへの移行も容易である。従って、今後ベンチ栽培の必要性は増大するものと考えられる。しかしながら、現在までスプレーギクのベンチ栽培における養水分管理法に関する研究はほとんどみられない。

そこで、本実験では水耕で開発された窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理法が、スプレーギクのベンチ栽培に利用できるどうかを検討するために、窒素施肥基準曲線における総施肥量が切り花品質および土壌中への養分の残存に及ぼす影響を調査した。さらに、高品質な切り花を生産することができ、かつ、環境への負荷の少ない養分管理法としてこの施肥方法の有効性を検討した。

材料および方法

秋ギク型スプレーギク‘セイハニー’を2000年10月10日に挿し芽し、その発根苗を10月24日に、内側にビニルフィルムを張った木製栽培ベンチ(105 cm × 60 cm × 深さ12 cm)に株間15 cm, 4条植えとして28株ずつ植え付けた。培地には、ピートモス:パーライト:マサ土を2:1:1(v/v)の割合で混合したものをベンチ当たり84 liter(1株当たり3 liter)充填した。ベンチの模式図を第1図に示した。ベンチにはかん水タンクおよびかん水チューブを設置し、これらを通してかん水または給液を行った。

第1図 実験に用いた栽培ベンチの模式図
(上:側面図,下:平面図)

余剰水を回収するため、ベンチには1/100の勾配をつけ、低い方の端に排水口を取り付け、排水タンク内に余剰水を集めた。ベンチに設置したpFメーターを毎日午前9時と午後1時に調査し、pF値が2.0以上となった時にかん水を行った。1回当たりのかん水量は、あらかじめ調査しておいたpF 2.0のときにベンチの底から流れ出ない最大水量である10 literとした。しかし、後述する施肥日においてpF 2.0未満の時には、あらかじめ調査しておいたpF値ごとのベンチの底から流れ出ない水量に基づき給液量を減らした。さらに、排水タンクに余剰水が排出された場合には、速やかにかん水タンクからベンチ内に戻した。

11月8日に摘心後、Yoon (2000)が水耕で開発した窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理を行った。総施肥量の設定に際しては次の点に留意した。この養分管理法では養分の総施肥量を生長量に応じて設定するため、目標とする収穫時の切り花の規格を定めることが必要である。切り花の出荷規格については、一般に切り花長および切り花重を主に決定されるが、産地によりその基準は異なる。Yoonら(2000b)は切り花長90 cm, 切り花調整重55 g(切り花重70 g)の切り花を生産するための窒素施肥基準曲線(1本の切り花を生産するために必要な総窒素量は474 mg)を作成したが、本実験では、和歌山県の出荷規格(金岡, 1995)に準じて切り花長80 cm, 調整重40 g(切り花重55 g)の切り花を生産することを目標とした。目標とした調整重40 gは、Yoonら(2000b)が実験で基準とした55 gの約0.75倍の重さにあたることから、Yoonらの作成した窒素施肥基準曲線を実験上1.0倍とし、これを0.75倍した曲線(シュート当たりの総窒素施肥量は356 mg)を用いることとした。さらに土耕では培地への養分の吸着がおこる場合が考えられることから、多量施用区として1.25倍および1.5倍した曲線を新たに作成した(第2図)。すなわち、次に示す4処理区を設定した。

0.75倍区:シュート当たりの総窒素施肥量356 mgを窒

第2図 本実験で供試した総施肥量が異なる窒素施肥基準曲線

1.0倍区の多項式:

$$Y=11.565-2.32X+0.19573X^2-0.0012206X^3$$

0.75倍, 1.25倍および1.5倍は, 1.0倍を基準にそれぞれの倍数を掛け, 上方または下方へ修正した曲線

素施肥基準曲線に基づいて施与した.

1.0 倍区: 同様に 474 mg を施用した.

1.25 倍区: 同様に 593 mg を施用した.

1.5 倍区: 同様に 711 mg を施用した.

1 区 1 ベンチで処理を開始した. それぞれの窒素施肥基準曲線から算出した 7 日分の窒素施肥量を, 摘心時から 7 日間隔で 84 日間, 液肥として与えた. 窒素以外の多量要素については Yoon ら (2000b) に従い, 窒素 100 ($\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}=82.2:17.8$) に対して P:15, K:120, Ca:40, Mg:10 の割合で, 微量元素については Fe:2.6, B:0.5, Mn:0.49-0.42, Zn:0.05, Cu:0.02, Mo:0.01 の割合で窒素施肥と同時に施した. なお, 定植から摘心までに 2 週間を要したので, その間に養分不足が起こらないように定植 3 日後に 1 株当たりの窒素施肥量が 20 mg となるように処理とは別に上述の液肥を与えた. ベンチには土壤溶液採取器を取り付けて各施肥日の前日に土壤溶液のサンプリングを行い, 硝酸態窒素濃度をイオン電極法により測定した.

栽培は日最低気温 16.0 °C 以上になるように加温したハウス内で行った. 2 本仕立てとし, シュート長が約 27 cm に達した 12 月 13 日にすべての処理区で一斉に暗期中断 (22:00-2:00) を終了した.

収穫はそれぞれの処理区の 5 割の株が一輪開花したときに行った. 収穫後, 切り花を出荷規格に準じて草丈 80 cm に調整 (ただし, 切り花長が 80 cm に満たないものは切り花長に応じて 70 cm または 60 cm に調整) し, 下位葉を基部から 20 cm 取り除いた後, 調整重別に分類した. 分類は 2L (40 g 以上), L (30 g 以上 40 g 未満), M (20 g 以上 30 g 未満) とした.

各区植物体の中位葉を採取し, ケルダール法によって分解した後, 葉内窒素含有率をイオン電極法によって測定した. また, 栽培開始前と終了後に培地を採取し, 硝酸態窒素をイオン電極法により, 可給態リン酸をトルオーグ法により測定した. また, 交換性塩基類 (カリ, 石灰, 苦土) は酢酸アンモニウム液で抽出した後に原子吸光分光法により測定した.

結 果

窒素施肥基準曲線に基づいて施肥した 4 つの処理区間において, 処理開始後からほぼ同様のシュートの伸長が認められた. 消灯時のシュート長にほとんど差はなく, その後も同様に伸長した. ただし, 処理開始後数週間におけるシュートの伸長速度は慣行栽培と比較して遅く, 消灯可能なシュート長になるまでに摘心から 35 日の期間を要した. 節数の増加速度も 4 処理区間でほとんど差がなかった (データ省略). また, 発らい日にも処理区間の差は認められなかった.

切り花の品質を第 1 表に示した. 切り花長は各区とも 80 cm 前後となった. 切り花重は処理区間に有意な差が認められなかったが, 施肥量が多くなるにつれて葉が大きくなったために重くなる傾向にあり, すべての区において平均 56 g 以上の切り花が得られた. また, すべての処理区においてスプレーフォーメーションの乱れは認められなかった (データ省略).

切り花を出荷規格に準じて調整した後の調整重の重量別構成比を第 3 図に示した. すべての区において 40 g 以上の 2L の割合が約 80% あり, 窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理法においても商品価値の高い切り花が多く得られた.

摘心から収穫までに与えたかん水量は, 生育が進むにつれて増える傾向にあった. 収穫までに与えた切り花 1 本当たりの累積かん水量は処理区にかかわらずほぼ同じであり, 2.0-2.1 liter であった (データ省略).

土壤溶液の硝酸態窒素濃度の推移を第 4 図に示した. いずれの処理区とも摘心 6 週間後までは 5 ppm 以下の濃度であった. しかし, 1.5 倍区および 1.25 倍区において栽培中期以降, 硝酸態窒素濃度が上昇し, 栽培終了時にはそれぞれ 754, 559 ppm に達した. また, 1.0 倍区では収穫 2 週間前から濃度が上昇し, 栽培終了時には 120 ppm となった. 一方, 0.75 倍区では栽培期間を通してほぼ 10 ppm 以下の濃度で推移した.

第 2 表に実験開始時および終了時の土壤分析結果を示した. 実験に供試した培地の可給態リン酸の含有量は, 作

第 1 表 スプレーギクのベンチ栽培における窒素施肥基準曲線に基づいた施肥量が切り花品質および開花に及ぼす影響

施肥量	切り花長 (cm)	節 数	切り花重 (g)	茎 径 ² (mm)	開花まで の日数 ³
1.5 倍	78.4 b ^x	38.4 a	64.7 a	5.8 a	86
1.25 倍	81.1 a	38.6 a	59.6 a	5.5 a	86
1.0 倍	80.6 b	37.3 b	57.3 a	5.5 a	86
0.75 倍	78.0 b	37.1 b	56.3 a	5.6 a	86

² 上位から 15 節目の値

³ 摘心日からの日数

^x LSD (0.05) により異なる文字間に有意差あり

第2表 スプレーギクのベンチ栽培における窒素施肥基準曲線に基づいた施肥量が栽培後の土壌の化学性に及ぼす影響

施肥量	pH	EC (ds/m)	硝酸態	可給態	交換性		
			窒 素	リン酸	カリ	石灰	苦土
			(mg/乾土100 g)				
栽培前	4.5	0.12	2.3	41.7	5.8	487.8	64.1
栽培後							
1.5 倍	4.1	1.37	68.0	75.8	14.6	581.8	73.7
1.25 倍	4.0	1.34	65.0	68.2	12.7	615.7	75.0
1.0 倍	4.2	0.64	27.2	55.0	10.3	534.8	68.1
0.75 倍	4.4	0.36	11.7	45.3	7.0	564.8	66.4

第3図 スプレーギクのベンチ栽培における窒素施肥基準曲線に基づいた施肥量が調整重の重量別構成比に及ぼす影響
調整重は草丈を80 cm(ただし、切り花長が80 cmに満たないものは、切り花長に応じて70 cmまたは60 cm)に調整し、下位葉を基部から20 cm取り除いた後、2L(40 g以上), L(30 g以上40 g未満), M(20 g以上30 g未満)に分類

付け前における適正範囲内であったが、交換性石灰および苦土はやや過剰に含まれていた。一方、硝酸態窒素、交換性カリはほとんど含まれていなかった。実験終了時のECは、施肥量が多くなるにつれて高くなり、1.5倍および1.25倍区では1.0 ds/m以上であった。硝酸態窒素の値も、施肥量が多くなるにつれて高くなった。そして0.75倍区で最も硝酸態窒素量は少なく、与えた窒素のほとんどが吸収されていた。同様に、可給態リン酸および交換性カリについても施肥量が多くなるにつれて土壌中に多く残存していた。交換性苦土の値は施肥量が多くなるにつれて高くなる傾向にあったが、交換性石灰については施肥量と土壌中への残存量に一定の関係は認められなかった。

また、収穫後における各区の葉内の窒素含有率(対乾物%)は、4.53~4.75%であり、ほぼ同じであった。

考 察

キクの生長量と養分吸収量との関係は、窒素吸収量と生長量において最もよく反映され、生長速度と窒素吸収速度は比例関係にある(景山・小西, 1996)。すなわち、窒

第4図 スプレーギクのベンチ栽培における窒素施肥基準曲線に基づいた施肥量が土壌溶液の硝酸態窒素濃度の推移に及ぼす影響

素量の多少によってキクの生長量をコントロールすることが可能であることから、窒素吸収量と生長量の関係を中心に考察を行った。

今回供試した4つの曲線区すべてにおいて、調整重40 g以上となる切り花が約80%の割合で得られた。最も施肥量の少なかった0.75倍区の葉内窒素含有率は4.54%であり、Roorda van Eysinga・Smilde(1980)の示すキクの健全な植物体に含まれる葉内窒素含有率(2.52~5.04%)内であった。さらに、この区の栽培終了時における土壌中の硝酸態窒素の残存量は乾土100 g当たり11.7 mgであり、適正とされる硝酸態窒素残量(乾土100 g当たり5~15 mg)の範囲内(藤原ら, 1996)であった。これらのことから、0.75倍区における総窒素施肥量(シュート1本当たり356 mg)は、調整重40 gの切り花を生産するのに適量であったと考えられる。一方、1.0倍区以上の施肥量でもスプレーフォーメーションの乱れない高品質な切り花が得られたが、土壌中への養分の残存が認められた。特に1.25倍および1.5倍区における硝酸態窒素残量は乾土100 g当たり65 mg以上となり、余剰の窒素を与えた結果となった。

土耕では、水耕と異なり土壌への養分の吸着固定がみられるが、この特性は養分の種類により異なる。窒素ではその形態により特性が異なり、アンモニウムイオンは

土壌に吸着されやすいが、逆に硝酸イオンは吸着されにくい(和田, 1997). 本実験において施した窒素は、80%以上が硝酸態窒素の形態であるため、ほとんどが土壌に吸着されなかったものと考えられる。したがって、0.75倍区では与えた窒素が栽培終了時までにはほぼ全量が吸収されたものと考えられた。

本実験は、水耕用に開発された窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理法を土耕のベンチ栽培に適用しようとしたものであり、結果的には高品質の切り花が生産できた。しかし、すべての処理区において施肥処理開始後の数週間の初期生育が、慣行栽培のものと比較してやや悪かったことを観察した。これは水耕と土耕における生育初期に与えた養分の根への供給効率の違いによるものと考えられた。

水耕では培養液中の窒素濃度が0 ppmに近い低濃度域から300 ppmの範囲では濃度にかかわらず、キクの窒素吸収速度に差はない(景山ら1987)。一方、キクの土耕においては、培地内の窒素量が1 liter当たり12.5 mg以下の低濃度域では十分な窒素を吸収できずにやや生育が悪くなる傾向にある(小西, 1987)ことが示されている。水耕では培養液が流動することによって根圏に絶えず養分を供給できるので、供給した養分が少量であっても短期間ですべて吸収することが可能である(景山・小西, 1996)。しかし、土耕では植物は根が近接する範囲の養分しか吸収できず、根圏における土壌溶液の養分濃度は根が分布していない場所における濃度の約1/10に低下する(Bar-Yosef, 1999)。土壌中の養分の移動は土壌溶液の濃度勾配のみに依存することから、土壌中に養分が存在していてもすべてを短期間に吸収できないのであろう。特に生育初期のように培地中に根圏が十分に拡大していない場合、土壌中の養分の利用率はかなり低くなるものと考えられる。また、窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理法とは生長に必要な養分量を必要時に必要量のみ与える養分管理法であるため、栽培初期の施肥量が著しく少ない。本実験では、最も施肥量の多かった1.5倍区においても、処理開始2週間の窒素施肥量は用土1 liter当たり9.6 mgであり、前述した12.5 mgと比べて少なかったことから、生育初期に養分不足が生じていたものと考えられた。生育初期の窒素不足は、その後のキクの生育抑制につながる(長谷川ら, 1975, 細谷ら, 1978)と報告されている。従って、本実験のような窒素分をほとんど含まない培地で、生育に必要な窒素量を追肥のみで窒素施肥基準曲線に沿って分割して与える場合には、施与したすべての窒素を植物が生育初期の短期間に吸収することは困難である。このため、養分不足となり生育が遅延する可能性が高いので、栽培初期の施肥量を増施する必要がある。この場合、植え付け時に数週間分程度の量を前もって施用するなどの手段で、窒素施肥基準曲線を改善すれば生育の遅延や養分の残存をおこさず、高品質な切り花生産が

可能と考えられる。反対に、養分を十分に含む培地では、窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理を行っても、生育初期の生育抑制は生じないと考えられるが、水耕で求めた総窒素量を全量与えると全施用量としては多すぎることになる。過剰の養分によってスプレーフォーメーションが乱れることがあるので(鈴木ら, 1996)、栽培前に土壌診断を行い、その結果に基づき、その都度、与える総窒素量を決定すべきであろう。

また、窒素以外の多量要素については、実験終了時の培地に含まれる可給態リン酸、交換性カリおよび苦土量は、栽培前と比較してほとんど増減していなかったが、交換性石灰は実験終了時にわずかに増加がみられた。しかし、環境上問題になるのは窒素とリンであることから、今回の実験で用いた窒素に対する比率(N: P: K: Ca: Mg = 100: 15: 120: 40: 10)は適正であったと考えられる。従って、総施肥量さえ守れば、余剰な養分を排出することがほとんどないので、土耕に応用できるのではないかと考えられる。

さらに今回の実験結果を10アール当たり42,000本の切り花を生産するものとして換算すると、15 kgの窒素を窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理法により施すことで調整重40 g以上の切り花が34,000本生産できる。従来の基肥、追肥の2回分施肥では10アール当たり20 kgの窒素を施用する(和歌山県農林水産部, 2000)ため、追肥中心の窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理法により窒素施肥量を25%節約できるものと考えられる。

以上の結果から、ベンチ栽培においても窒素施肥基準曲線に基づいた養分管理により、商品価値の高い切り花が得られ、また調整重40 gの切り花を生産するためには、調整重55 g用の窒素施肥基準曲線(シュート当たりの総窒素量は474 mg)の0.75倍量の窒素(シュート当たり356 mg)を施すことで必要十分と考えられた。すなわち、目標とする切り花の重さにしたがって必要な窒素量を求め、総窒素量を変えることで土壌中に与えた窒素を残さずに高品質な切り花を生産できると考えられる。なお、今回明らかにされた窒素施肥量と水消費量のデータを組み合わせることにより、本実験結果はかん水同時施肥栽培(養液土耕)における養水分管理の一つの指標になるものと考えられる。

摘 要

スプレーギクの水耕において開発した窒素施肥基準曲線が、ベンチ栽培にも応用できるどうかを検討した。調整重55 gの切り花を生産するために作成した窒素施肥基準曲線の0.75, 1.0, 1.25および1.5倍の施肥量(シュート当たりの窒素施肥量は、それぞれ356 mg, 474 mg, 593 mgおよび711 mg)になるようにした4区を設けた。なお、本実験では和歌山県の出荷規格に準じて調整重(切り花を80 cmに調整し、下位葉を基部から20 cm取り除い

た後の切り花重)40 g以上の切り花を生産することを目標とした。

すべての窒素施肥基準曲線区において調整重 40 g 以上の切り花を約 80%の割合で生産でき、商品価値の高い切り花が多く得られた。ただし、生育初期にはすべての施肥曲線区で肥料不足の兆候が観察された。また、0.75 倍区では栽培終了時に土壌中に残る窒素はほとんどなかったが、1.0 倍以上の施肥区では栽培後期には培地内に窒素の蓄積が認められ、施肥量が増えるにつれてその量は多くなった。

以上の結果から、水耕で作成した窒素施肥基準曲線をベンチ栽培に用いても商品価値の高い切り花を得られるものと考えられた。0.75 倍量の窒素 (シュート当たり 356 mg) を施すことで土壌中への窒素の残存もほとんどなく、調整重 40 g の高品質な切り花を生産できた。ただし、生育初期に肥料不足を起こしているのではないかと考えられたので、今後、曲線の修正を行う必要がある。

引用文献

- 青木宏史・梅津憲治・小野信一. 2001. 養液土耕栽培の理論と実際. p. 12-19. 誠文堂新光社. 東京.
- Bar-Yosef, B. 1999. Advances in Fertigation. *Advances in Agronomy*. 65: 1-77.
- 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎. 1996. 土壌診断の方法と活用. p. 94-99. 農山漁村文化協会. 東京.
- 長谷川清善・竹島彊二・武田恭明. 1975. キクの施肥および土壌管理に関する研究. *滋賀農試研報*. 17: 91-100.
- 細谷 毅・村井千里・蛭間 弘. 1978. 窒素供給時期の差異がポットマムの生育と開花に及ぼす影響. *埼玉園試研報*. 7: 51-55.
- 景山詳弘・小西国義. 1996. 窒素施肥曲線を用いた切り花ギクの養液栽培. *園学雑*. 64: 905-911.
- 景山詳弘・林 孝洋・小西国義. 1987. 窒素濃度がキクの初期生育に及ぼす影響. *園学雑*. 56: 79-85.
- 金岡弘樹. 1995. ソイルブロック育苗, 無摘心で年間 3. 8 作. p. 553-559. 農業技術体系花卉編 6 キク. 農山漁村文化協会. 東京.
- 川田穰一. 1999. 「養液土耕」という用語とその技術上の問題点. *農業および園芸*. 74: 1268-1271.
- 小西国義. 1987. カーネーションの良品・多収・安定生産-そのための土壌・養水分管理. *農業および園芸*. 62: 1407-1410.
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L., K. W. Smilde. 1980. Nutritional disorders in chrysanthemums. p. 8-9. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, the Netherlands.
- 六本木和夫・加藤俊博. 2000. 野菜・花きの養液土耕. p. 179-183. 農山漁村文化協会. 東京.
- 鈴木智久・落合悦子・峯岸長利・古口光夫. 1996. 養液土耕法によるスプレーギク栽培. 第 1 報. 養水分管理プログラムの検討. *園学雑*. 65(別 2): 662-663.
- 和田信一郎. 1997. 土壌の化学性. p. 73-95. 九馬一剛 編著. 最新土壌学. 朝倉書店. 東京.
- 和歌山県農林水産部. 2000. 土壌肥料対策指針. p. 42-48.
- Yoon, H. S. 2000. Developing a nitrogen application curve for spray chrysanthemums grown in hydroponic system and its practical use in NFT system. Doctor's thesis in Agriculture of the Okayama University.
- Yoon, H. S., T. Goto and Y. Kageyama. 2000a. Mineral uptake as influenced by growing seasons and developmental stages in spray chrysanthemums grown under a hydroponic system. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 255-260.
- Yoon, H. S., T. Goto and Y. Kageyama. 2000b. Developing a nitrogen application curve for spray chrysanthemums grown in hydroponic system and its practical use in NFT system. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 416-422.