

환경조절에 따른 人工種薑 대량생산 실용화 연구

I. 생강 組織培養묘의 塊莖肥大에 관여하는 환경인자 탐색

玄東允·金洙東·朴文洙·趙守衍*

Practical Study of Mass Production of Rhizome Induced by Tissue Culture under Controlled Environmental Factors in *Zingiber officinale* Rosc.

I. Search for Environmental Factor Related to the Increasing Rhizome Induced by Tissue Culture in *Zingiber officinale* Rosc.

Dong - Yun Hyun, Soo - Dong Kim, Moon - Su Park and Soo - Yeon Cho*

ABSTRACT : This study was conducted with short-term and long-term to search for optimal environmental factors related to the increasing rhizome induced by tissue culture in *Zingiber officinale* Rosc.

In diurnal course of CO₂ exchange to seasonal change under 50% shading, the most advanced line (July) was pronounced, with maintaining the highest CO₂ uptake of all the lines throughout the day, but the other lines (June, August) were lower than July.

Diurnal patterns of CO₂ uptake, air temperature and light intensity were synchronized in all lines, but closely coupling factor to CO₂ uptake was air temperature than in light intensity.

Photoperiodic response on growth and photosynthetic ability during long - term exposure to a photoperiod (8/16, 16/8, 12/12, 10/14) under natural condition occurred at 2 months after transplanting and in these photoperiod cycles, strong factor in rhizome formation and photosynthetic ability was 16/8 hour.

Plant grown under 400 (20%), 800 (40%), 1200 (60%) and 1,600 (80%) $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD, in these light intensity, the most adapted condition in rhizome formation and photosynthetic ability was 40% level of full sunlight. Response time to light intensity was similar to phenomenon observed in photoperiod.

In air temperature sequence from 20/12°C to 35/27°C (Day/Night) with step size 5°C during the growth period, 30/22°C factor affected strongly to initial growth stage and accelerated rhizome formation. These phenomena were similar to photosynthetic ability. In response to different matric potential (0.1, 0.3, 0.5, 0.7 bar) in duration of growth period, rhizome formation and photosynthetic ability were induced most strongly by giving 0.3 bar.

These results suggested that temperature was the most important one of the determining factors for the rhizome formation during growth period.

Key words : *Zingiber officinale*, Diurnal course, Photoperiod, Light intensity, Air temperature, Matric potential, Photosynthesis, Rhizome induced by tissue culture.

緒 言

생강은 양념채소류로서 호남지역이 주산지이며 (농림수산부 1995) 栽培시 種薑이 많이 소요되는 작물로 대다수 농가에서 種薑 구입비로 10a당 60~100만 원을 지출하고 있는 실정이다(농업경영관실 1996).

따라서 種薑값을 최소화할 수 있는 방안으로 組織培養 기술을 이용한 種苗생산과 이를 種薑으로 이용할 수 있는 栽培기술 확립이 필요하다.

감자에 있어서는 組織培養 기술을 이용한 塊莖 대량생산과 이에 따른 栽培기술이 확립되어 있으나(姜 등 1995, 고려지농업시험장 1995) 생강은 組織培養 기술을 이용한 種苗 생산은 확립되었으나(노 등 1996), 種薑으로 이용할 수 있는 수준까지는 아직 考慮해야 할 여러 문제점을 안고 있다. 현재 養液栽培 기술을 이용한 種薑생산은 어느 정도 체계가 확립되어 있으나 栽培期間을 단축하면서 塊莖무게를 효율적으로 증가시키는 기술이 필요한데, 이는 環境요인과 결부된 문제이기 때문에 최적 環境조건을 구명하고 이들 環境요인중에 가장 중요한 인자를 찾아내어 施設을 이용한 栽培기술에 적용한다면 實用 가능하리라 생각되고 또한 安全생산 측면에서도 기여하리라 생각된다.

材料 및 方法

본 시험에서 供試한 생강은 초장이 10~15cm, 塊莖의 크기가 0.4~0.5g 정도 되는 組織培養묘이며 이를 5월 8일 30×30×100cm 포트에 재식거리 10×10cm로 처리별로 60개체를 定植한 후 비료 N-P₂O₅-K₂O를 0.17-0.13-0.19 g/kg 수준으로 土壤水分이 0.5bar를 유지되도록 養液으로 공급하였으며 收穫은 9월 10일에 하였다.

生育단계별 生育특성 조사는 자연광, 30% 遮光 및 50% 遮光 조건에서 실시하였다. 독립적인 環境조건에서 生育반응을 알아보기 위하여 日長은 낮밤을 기준으로 하여 8/16, 16/8, 12/12, 10/14시간으로 조절하였으며 日長조절에 따른 光度는 최고 자연광의 30% 정도인 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 를 유지하였다.

光度는 PPFD (Photosynthetic photon flux density)를 기준으로 최고 자연광의 20%정도인 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 40% (800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 60% (1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 및 80% (1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)로 調節하였다.

溫度는 낮과 밤을 기준으로 하여 20/12±1.8℃, 25/17±1.9℃, 30/22±1.4℃ 및 35/27±1.2℃로 조절하였으며 이들 조건은 50% 遮光에서 실시하였다.

土壤水分은 0.1bar, 0.3bar, 0.5bar 및 0.7bar로 조절하였으며 이들 조건은 50% 遮光에서 유지되었다.

光合成測定은 生育시기별로 群落상태에서 적외선 가스 분석기 (Infra-red gas analyzer, LCA2, U.K.)로 측정하였는데, 同化箱을 開放系로 설치한 후 대기중의 CO₂ gas를 공기유입속도에 준하여 同化箱내로 흐르게 한 다음 대기중의 CO₂농도와 同化箱내의 CO₂농도의 차이로 하였으며 계산은 biophysical model(Coombs et al. 1987, Parkinson 1983, 현 등 1994)를 참고로 하였다.

$$\text{CO}_2 \text{ assimilation} = [C_i - (C_e / (P - E_o))] \times V$$

C_i : CO₂ partial pressure in air entering chamber (pbar)

C_e : CO₂ partial pressure in chamber, Error maximum = 16.0

E_o : Vapour pressure of water of air in chamber (bar)

P : Atmospheric pressure (bar)

V : volume of flow (800ml/min)

結果 및 考察

1. 人工種薑의 생육시기별 生育양상

人工種薑의 생장은 자연環境조건에서 매우 불안정한 상태이며(표 1), 특히 光環境이 자연조건일 경우에는 定植 후에 枯死되었으며 인위적으로 30% 정도 光遮斷이 되어도 枯死되는 시점은 다르나 결국 생존 개체 수는 찾아 보지 못했다.

이와 같은 현상은 초기生育에 어느 정도 環境조건을 조절함으로써 비교적 安定된 상태로 유도할 수 있다는 가능성은 50% 遮光조건에서 生育이 지속된다는 사실로 알 수 있었으며 또한 시기별로 生育정도를 알아 본 결과 7월 이후에 塊莖形成이 급히 이루어진다는 사실을 알 수 있었다.

Table 1. Change of rhizome weight in duration of growth period under shading condition

Character	Seasonal change			
	June	July	Aug.	Sept.
Full sunlight	0.5	—	—	—
30% shading	0.5	0.6	—	—
50% shading	0.5	0.7	2.8	8.0

* Withered plant

** Data represent mean of ten replications.

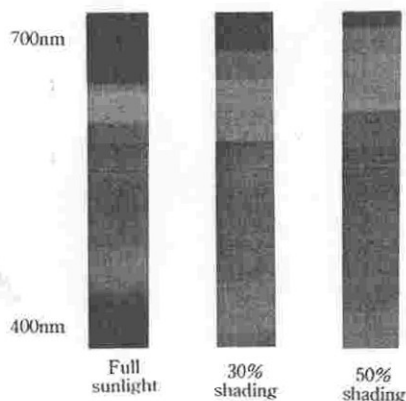


Fig 1. The energy output of the sun as a function of wavelength under different shading condition.

遮光정도가 50% 정도에서 生育이 지속된 것은 光環境의 영향이 클 것으로 생각되며(그림 1) 光度의 영향이 크다면 어느 파장대의 光度의 영향을 받게 되는가를 알아본 결과, 파장대 별로 吸收되는 정도는 다르나 400~500nm 부분의 파장대에서 吸收가 높다는 이론적 根據(Kendrick & Kronenberg 1986)로 생각해 볼 때 자연광과 30% 遮光에서 자외선 부분이 50% 遮光보다 높게 나타나 人工種薑의 초기生育에 支障을 초래할 가능성이 높았을 것으로 推定된다.

50% 遮光조건에서 生育시기별 CO_2 利用效率과 이와 직접적으로 관련된 光 및 溫度의 변화는 그림 2와 같다.

CO_2 利用效率이 가장 높았던 계절은 7월이며 이때 日長이 가장 길고 光度와 溫度가 가장 높은 시기이며

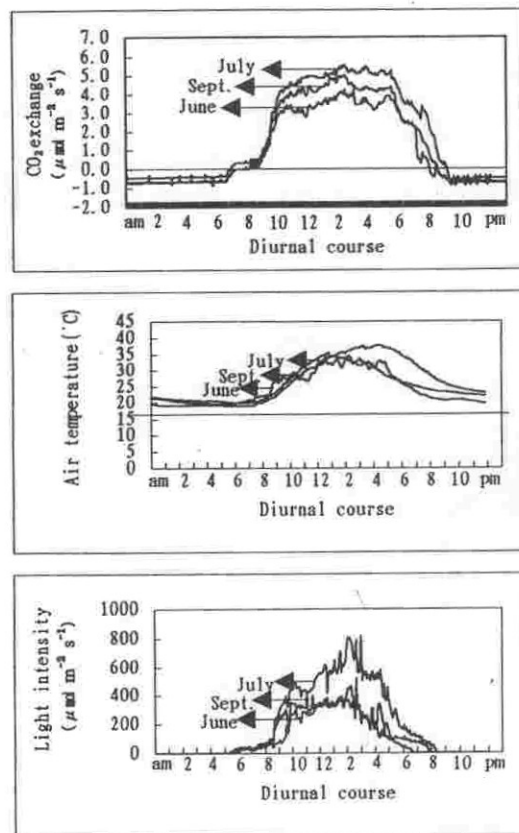


Fig 2. Diurnal course of CO_2 exchange, Air temperature and light intensity during growth period under 50% shading condition. Photoperiod: June, 13 hour 28min.; July, 13 hour 46min.; Sept, 12 hour 43 min.

9월은 6월 보다 CO_2 利用效率은 높게 나타났으나 光度 및 溫度는 비슷한 경향을 보여 生育초기인 6월 보다 후기인 9월에 利用效率이 높았던 것은 生育정도에 따른 차이로 생각된다.

光度증가는 溫度증가를 의미하는데 이들 두 요인은 항상 平衡狀態이며 순간적인 光度의 變動은 溫度변화에 영향을 미치지 못하나 CO_2 利用效率에는 변화를 미치는 것이 일반적인 定說(Johan et al. 1991)로 생각된다. 그러나 생강에서는 光度의 순간적인 變化에 따른 영향보다는 溫度變化에 더 의존적임을 알 수 있었다(표2).

Table 2. Correlation coefficient between CO_2 exchange and environmental factor

Environment factors	Season		
	June	July	Sept.
Air temperature	0.958**	0.891**	0.907**
Light intensity	0.850**	0.821**	0.866**

**1% level of significance

2. 日長, 光度, 溫度 및 土壤水分 변화에 따른 生育 반응

50% 遮光 下에서 生育이 비교적 양호하게 진행되었고, 이들 生育양상이 독립적인 環境조건에 놓이게 되면 어떠한 反應을 나타내는가를 알아보기 위하여 생육시기별 塊莖重의 변화 및 光合成能을 조사한 결과 그림3과 표3과 같다.

日長에 따른 反應을 알아보기 위하여 낮과 밤의 길이를 8/16, 16/8, 12/12, 10/14시간으로 조절한 후 反應은 定植 후 2달 후인 7월 이후에 나타났으며 日長이 길수록 塊莖의 生育 및 光合成能이 양호하였는데, 일반적으로 貯藏器官의 量 및 質을 조절하는 環境인자는 日長인 점을 생각할 때 감자에서는 短日조건에서 塊莖形成을 촉진하나(Daphne 1975), 생강 組織培養 苗는 감자와 다른 양상을 나타내 日長이 길면 CO_2 를 이용할 수 있는 기간이 길어지고 따라서 利用效率이 높아 最終產物의 分配 및 蓄積이 많아진 것으로 생각된다. 또한 日長에 대한 反應이 2달 후부터 나타났는

데 이는 그 기간동안에 生長과 관계되는 物質이 生成되는 시기라고 생각된다.

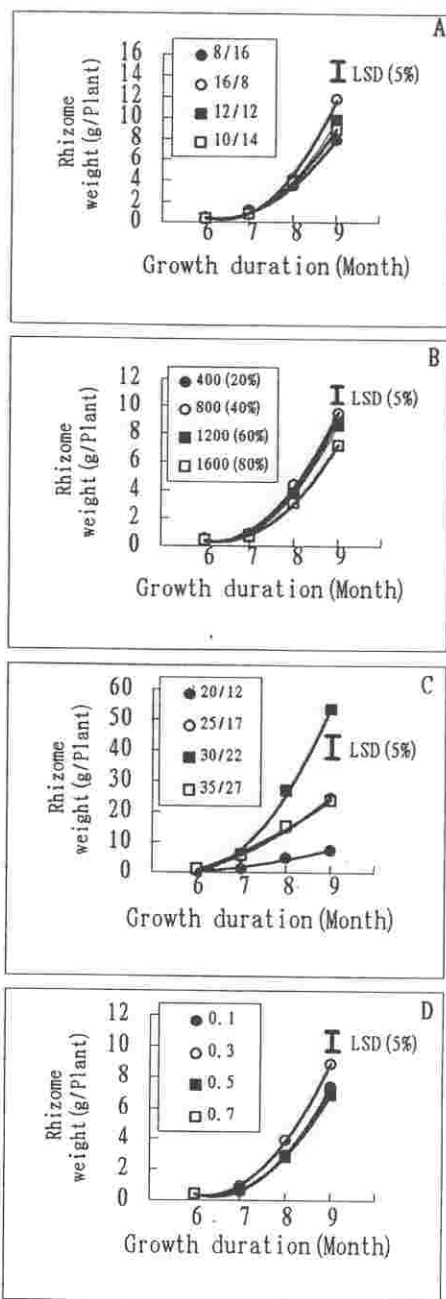


Fig 3. Change to rhizome formation to change of environmental factor during growth period. A, Photoperiod; B, Light intensity; C, Air temperature; D, matric potential. Unit : A, hour; B, $\mu\text{mol/s}^2$; C, centigrade; D, bar.

光度변화에 따른 塊莖重의 변화는 定植 후 2달 이후인 7월부터 차이가 나기 시작하였으며 자연광의 20, 40, 60% 정도의 光度에서는 有意한 차이를 인정할 수 없었으나 자연광의 40% 정도가 다른 처리구에 비하여 양호하였고 80% 光度에서는 塊莖발달이 떨어지는 현상을 보여 높은 光度에서는 生育에 支障을 초래한다고 생각된다. 이와 같은 현상은 光合成能에서도 찾아 볼 수 있어 人工種苗의 적정 光度는 자연광의 40%

Table 3. Photosynthetic response to change of environmental factors in growth duration

Environment condition	Photosynthetic ability ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			
	June	July	Aug.	Sept.
Photoperiod (Day/Night) hour				
8/16	5.0	5.8	6.9	7.0
16/8	4.7	7.8	7.3	7.6
12/12	5.3	6.2	6.9	7.8
10/14	4.4	5.7	6.4	7.4
Light intensity ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)				
400(20%)	2.8	4.9	6.9	7.1
800(40%)	3.6	7.9	8.4	7.3
1200(60%)	3.1	6.1	7.8	6.4
1600(80%)	2.1	3.0	5.5	5.2
Air temperature (Day/ Night) ℃				
20/12	2.0	3.5	7.9	7.2
25/17	4.7	8.4	17.6	16.8
30/22	6.1	9.7	22.4	21.4
35/27	4.4	6.1	18.4	17.6
Matric potential bar				
0.1	5.2	5.8	6.2	6.2
0.3	5.7	6.9	8.8	8.2
0.5	5.6	5.2	5.9	5.4
0.7	3.9	-	-	-

* Withered plant

** () Relative light intensity of full sun light

Data represent mean of ten replications

정도임을 알 수 있었으며 光度에 대한 反應 또한 2달 후부터 나타난 점으로 미루어 日長에서와 같은 현상으로 해석된다. 溫度반응은 다른 環境요인(日長, 光度, 土壤水分)에 비하여 生育초기부터 나타나기 시작하였고, 특히 25/17℃에서 35/27℃의 溫度범위는 정식 후 1달부터 塊莖重이 20/12℃에 비하여 급속히 증가하였으며, 定植 후 2달부터는 30/22℃에서 다른 溫度에 비하여 월등히 높은 증가 경향을 보였으나 20/12℃는 定植 후 2달부터 완전히 증가하여 앞서 논의한 生長과 관련된 물질이 溫度에 의존적임을 推測을 할 수 있었다. 또한 이와 같은 현상은 光合成能에서도 찾아 볼 수 있어 物質代謝 면에서도 적정 溫度의 범위는 30/22℃임을 알 수 있었다.

土壤水分에 따른 生育反應을 살펴보면, 0.7bar에서 定植 후 2달부터 생존하는 개체를 찾아 볼 수 없었으나 0.1bar, 0.3bar 그리고 0.5bar에서는 定植 후 2달부터 塊莖重에 차이가 인정되었으며, 특히 0.3bar에서 다른 水分含量에 비해 양호한 生長을 보였다. 이와 같은 현상은 光合成能에서 찾아 볼 수 있어 적정 水分含量 이상과 이하에서는 物質代謝 능력에 負의 작용으로 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합한다면 人工種苗의 生育은 環境요인 중 日長은 16/8시간, 光度는 자연광의 40%, 溫度 및 土壤水分은 30/22℃와 0.3bar에서 지상부 生育(표 4) 및 塊莖발달에 좋은 反應을 보였으며, 초기 生育부터 영향을 미치는 요인은 溫度이며, 특히 30/22℃에서 塊莖重이 급속히 증가하는 경향을 보여 溫度에 절대적으로 의존하는 전형적인 열대성 작물임을 알 수 있었다.

摘 要

본 연구는 생강 組織培養묘의 塊莖肥大에 관여하는 적정 環境조건을 알아보기 위하여 生育기간중 環境변화를 短期的으로 또는 長期的으로 조절하여 실시하였다.

人工種苗의 生長은 50% 遮光조건에서 지속되었으며 7월 이후에 塊莖形成이 급속히 진행되었다. 50%

Table 4. Above ground response to change of environmental factors in duration of growth period

Environment condition	Plant height (cm)				Leaf number (/main stem)				Stem number (/plant)				Stem diameter (mm)			
	June	July	Aug.	Sept.	June	July	Aug.	Sept.	June	July	Aug.	Sept.	June	July	Aug.	Sept.
Full sunlight	12	-	-	-	6	-	-	-	1	-	-	-	3.1	-	-	-
30% shading	15	17	-	-	5	5	-	-	1	3	-	-	2.3	3.8	-	-
50% shading	13	17	25	36	6	5	5	7	2	3	5	8	3.2	3.3	4.2	5.0
Photoperiod (Day/Night) hour																
8/16	12	14	17	20	4	5	7	8	2	2	2	3	2.4	3.0	3.1	3.7
16/8	14	17	20	25	4	5	6	9	1	3	3	5	2.8	3.0	3.3	4.4
12/12	12	17	20	21	3	4	6	8	1	2	3	6	2.7	2.9	3.2	4.0
10/14	11	16	19	22	4	3	4	8	1	2	3	5	2.0	2.3	2.7	3.8
Light intensity $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$																
400 (20%)	15	20	21	26	2	2	4	7	3	3	4	6	3.1	3.1	3.2	4.0
800 (40%)	12	18	23	29	2	3	5	9	2	2	3	8	2.9	3.1	3.2	4.3
1200 (60%)	13	16	21	27	2	2	3	6	1	2	3	7	2.9	3.0	3.1	4.0
1600 (80%)	14	15	19	20	2	2	3	5	1	2	2	5	2.9	3.0	3.2	3.8
Air temperature (Day/ Night) °C																
20/12	12	15	17	39	6	5	7	6	2	2	3	8	2.6	2.4	3.6	5.6
25/17	11	25	38	62	5	6	7	8	4	5	9	20	2.2	2.7	3.9	6.5
30/22	17	33	57	79	6	6	8	10	6	8	14	27	2.6	3.7	4.9	7.0
35/27	10	24	40	60	4	6	6	7	6	6	11	17	2.3	3.2	4.0	6.0
Matric potential bar																
0.1	12	15	20	25	3	3	4	5	1	2	2	4	2.1	2.6	3.0	4.2
0.3	12	16	20	28	4	4	5	6	1	2	3	5	2.2	2.4	3.1	4.7
0.5	11	15	20	25	3	3	3	6	1	2	2	4	2.8	3.0	3.5	4.4
0.7	14	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	2.0	-	-	-

* Withered plant

** Data represent mean of ten replications.

遮光조건에서生育시기별 CO_2 利用效率이 가장 높은 시기는 7월이며 이 시기에 日長이 가장 길고 光度와 溫度가 가장 높은 시기이며 9월은 6월 보다 CO_2 利用效率은 높게 나타났으나 光度 및 溫度는 비슷한 경향을 보였다. 日中 CO_2 흡수변화에 보다 밀접한 관련성을 보이는 環境요인은 溫度이었다.

日長을 生育기간중에 8/16, 16/8, 12/12 및 10/14로 처리하였을 때 日長반응은 定植후 2달 후인 7월에 나타났다며 塊莖발달과 光合成能에 효과적인 日長은 16/8시간이었다.

光度를 生育기간중에 400 (20%), 800 (40%), 1200 (60%) 및 1,600 (80%) $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD로 구분하여 처리하였을 경우, 塊莖발달과 光合成能에 적합한 光度는 자연광의 40% 정도였다.

溫度를 生育기간중에 20/12°C에서 35/27°C까지 주야간 5°C 간격으로 처리하였을 경우, 生育반응은 生育초기 부터 나타나기 시작하였고, 특히 30/22°C에서 다른 溫度에 비하여 塊莖발달과 光合成能이 월등히 높은 경향을 보였다.

土壤水分은 0.1에서 0.7bar까지 0.2bar 간격으로 조

절하였을 경우, 生育반응은 0.3bar에서 다른 水分함량에 비해 양호한 生長을 보였으며 이와 같은 현상은 光合成能에서 찾아 볼 수 있었다. 이상의 결과에서 生育초기,부터 塊莖重 증가에 관여하는 環境요인은 溫度이며, 특히 30/22℃에서 塊莖重이 급속히 증가하는 경향을 보여 溫度에 절대적으로 의존하는 전형적인 열대성 작물임을 알 수 있었다.

引用 文 獻

- Bassham, J. A. 1977. Increasing crop production through more controlled photosynthesis. *Science* 197 : 630-638.
- Coombs, J., D. O. Hall, S. P. Long, and J. M. O. Scurlock. 1987. Techniques in bioproductivity and photosynthesis. ed. pp. 62-94. Pergamon press U.K.
- Daphne Vince-Prue. 1975. Photoperiodism in plant. ed. pp.385-405. McGraw-Hill Book CO. Inc. New York.
- 姜宗求, 金崇烈. 1995. 양액재배에 의한 감자 소근경 형성 및 비대 촉진에 관한 연구. 농업 과학논문집 37 : 187-199.
- 현동운, 최경구, 김진기. 1994. 동화상내 공기유입속도의 변화에 따른 비의 광합성반응. 한국 작물학회지 39(6) : 526-530.
- Johan, M. H. S., D. H. Willits, M. M. Peet and P. V. Nelson. 1991. Carbon grain and photo-synthetic photon flux density cycles. *Plant physiol.* 96 : 529-536.
- Kendrick, R. E. and G. H. M. Kronenberg. 1986. Photomorphogenesis in plant. ed. pp. 199-200. Martinus Nijhoff publishers Dordrecht.
- 고령지농업시험장. 1995. 시험연구보고서. 농촌진흥청 : 170-178, 211-216.
- 농업경영관실. 1996. 농업경영개선을 위한 95 농축산물 표준소득. 농촌진흥청 : 40.
- 농림수산부. 1995. 94 농림통계연보 : 95.
- 노경희, 김태수, 이준희, 최인록, 최윤희, 강영선. 1996. 생강 생장점 배양에 의한 재분화식 물체의 기내증식 및 소근경 형성. 식물조직배양학회지 23(3) : 129-134.
- Parkinson, K. J. 1983. Porometry in S. E. B. symposium on instrumentation for environmental physiology. Cambridge University Press.