

日長處理가 가을시금치 生育 및 成分含量에 미치는 影響

朴庸奉 · 李相淳

Effect of the Day length on the Growth and Ingredient Contents of
Autumn Spinach (*Spinacia leracea* L.)

Park, Yong-bong · Lee, Sang-soon

Summary

This study was carried out to examine the growth responsibility and inorganic compound contents of autumn spinach, according to length of treatment. The results are summarised as follows :

1) Spinach growth was increased in the Korean variety, more than in the Japanese variety, but as the length of treatment was longer, the condition of plant growth is superior to that of any other plot.

2) Also, the longer the treatment period, the bolting ratio became higher, and in the 16 hours treatment plot, it appeared higher than any other plot.

3) There was no difference in sugar contents within each variety. However, the longer the treatment period, the less sugar contents.

4) Regarding vitamin c contents, as related to a 16 hour treatment period, it increased more than any other plot.

5) Regarding inorganic compound contents, microelements increased more in the Korean variety than in the Japanese variety, according to length of treatment. Nitrogen increased with the short day treatment, Potassium increased in a natural day length, Calcium, Magnesium and Iron increased in the long day treatment.

緒 言

시금치는 越冬性 草本으로서 典型的인 長日 植物이다. 生育適溫은 15~20°C 이지만 10°C 의 前後에서도 잘 生育하고 低溫에는 아주 강해서 品種에 따라서는 0°C 에서도 寒害를 받지 않는다. 그러나 高溫에서는 아주 약해서 23°C 를 넘으면 生育이 둔해지고 25°C 以上에서는 病害가 많이 發生하여 栽培가 불가능하다(田坂 1961).

시금치는 주로 가을부터 겨울의 低溫 短日 條件에서 正常的인 營養生長을 하고 耐寒性도 강하여 栽培가 容易하나 이때의 生長은 매우 늦고 本葉10枚 程度에서 收穫하는 最低의 生育상태를 나타내고 播種後 50~60日을 必要로 하게된다.

한편 봄부터 여름철의 高溫長日 條件에서는 抽苔·開花가 쉽게 일어나고 高溫에 의한 立枯病의 發生으로 栽培가 매우 어려우나 生長이 아주 빨라서 약 30日 程度에서 收穫이 가능하다. 杉山(1990)는 12月 中下旬에 비닐하우스 내에 播種하여 電燈에 의한 長日處理로 시금치의 生育의 促進되고 收量도 많았다고 報告하였다. 江口와 市川(1940)에 의하면 長日期에는 抽苔가 促進되지만 短日下에서는 營養生長이 이루어져 이듬해 봄철 長日이 되었을 때 비로서 抽苔한다. 그러나 香川(1956, 1957)에 의하면 晩生種인 King of Denmark의 崔芽種子를 2°C 의 溫度에서 1~4周間 處理後 播種했을 때 8時間의 短日條件에서도 花芽分化和 抽苔에 이어서 開花가 促進된다고 하였다. 岩間(1954)도 시금치의 花芽分化和는 品種과 氣溫에

따라 다르지만 대개 積算日長이 450~500時間으로 이루어져 抽苔는 花芽分化和後 12時間 以上の 日長이 아니면 이루어지지 않는다고 하였다. 抽苔의 早晚은 品種과 溫度에 따라 다르지만 一般的으로 東洋種은 日長에 민감하고 西洋種은 둔감해서 抽苔가 늦기 때문에 長日條件인 봄에서 여름철의 栽培用으로 사용된다.

本實驗은 日本種(환형)과 한국종(각형)인 시금치를 가을에 播種하여 몇가지 日長을 處理함으로써 生育反應과 體內主要成分의 含量關係를 調査하여 濟州地方에서 시금치 栽培에 관한 基礎資料를 얻고져 수행하여 얻어진 結果를 報告하고져 한다.

材料 및 方法

1. 供試品種은 韓國 種苗社에서 育成한 各型인 大葉시금치와 日本 다끼회사에서 育成한 환형인 스파크를 사용하였다. 우선 發芽를 促進시키기 위해서 24時間동안 미온수에 침적한後 다시 음건시켜 얇은 천으로 2日동안 덮어 崔芽시켰다. 崔芽한 種子를 1990년 10월 2일에 農科大學 菜蔬圃場에 30cm 깊이로 경운하여 이랑을 만들고 이랑나비 60cm, 播種나비 18cm로 하여 평평한 이랑을 만들어 줄뿌림을 한 다음 1.5cm의 두께로 복토하였다. 出現後 관리는 농촌진흥청의 耕種基準에 따랐다.

2. 日長處理

出現後(本葉 3~4枚) 10日째 부터 8時間, 自然日長(ND), 16時間, 24時間의 日長을 處理하였다. 8時間處理는 日没直前 午後 5時부터 完全히 光을 차단하고 익일 午前 9時에 열었다. 16時間處理는 自然日長에 午後5時부터 23時까

지 백열등을 켜고, 24時間處理는 日没直前에 백열등을 켜고 익일오전 9시까지 계속光處理를 하였다. 전등은 2坪의 넓이에 1m의 높이로 100w 백열등 2개씩 켜서 日長處理를 實施하였다.

3. 糖 및 無機物의 分析

日長處理別로 試料를 採取하여 즉시 65°C 乾燥오븐에 넣어 72時間 乾燥시킨 後 60mesh로 粉碎하여 Desicator에 넣고 수시로 꺼내어 利用하였다. 總糖과 還元糖을 Somogy-Nelson(1944) 法으로 分析하였고 無機物은 試料를 濕式分解한 後 窒素는 Micro-kjeldal 法으로, 磷酸은 Ammomism-Molybdate 法으로 各各 測量하였으며 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철, 망간, 아연 및 구리는 Atomic Absorption Spectrophotometer로 定量하였다.

4. Chlorophyll의 測定

日長處理한 Sample을 生體重 2g씩 採取한 後 蒸溜水로 몇번 씻어내고 80% acetone을 가해 마쇄한 다음 filter paper를 간 buchner funnels로 여과시키고 殘渣에 다시 80% acetone을 더해 똑같은 過程을 反復한 後 이액에 다시 80% acetone을 더해 總量이 400ml로 定容하고 UV-spectrophotometer로 흡광도를 測定하였다.(Ross, 1974)

5. Vitamin C의 測定

日長處理한 生體試料 10g을 메타인산초산용액을 가하여 분쇄한 후 3,000rpm에서 15分 동안 원심분리 하였다. 상등액 2ml을 取하고 인돌페놀용액 1방울을 가한後 메타인산티오오소 2ml과 dinitrohydrazine용액 1ml을 各各 가한後 37°C의 water bath에서 3時間동안 방치하였다. 그後 85% 황산 5ml을 加하고 1分동안 혼화

시키고 다시 냉각시켰다. 30~40分동안 室溫에 방치했다가 540nm에서 spectrophotometer로 吸光度를 測定하여 總비타민C의 含量을 구하였다.(日약학회편, 1976)

結果 및 考察

Table 1.은 日長處理가 시금치의 生育狀態를 나타낸 것인데 品種別로는 韓國種이 日本種보다 植物體重과 草長이 약간 增加했으나 日長處理別로는 두 品種 모두 16時間日長處理區에서 增加하였고 日長이 길수록 生育이 促進되는 傾向을 나타내었다. 特히 植物體重은 두 品種 共히 16時間處理區에서 훨씬 增加하였다.

杉山(1990)은 越冬性 시금치에 日長處理의 結果 이 日長의 效果는 葉身內 細胞의 休眠狀態로 부터 活性化 시켜 葉面積을 크게할 뿐 아니라 세포의 활성화에 의한 葉면적當의 光合成能率도 增加하므로 生育이 促進된다고 報告하였다. Zeevaart(1971)는 短日狀態에서 生長한 시금치는 葉柄과 줄기가 짧고 낮은 수평型이지만 長日狀態의 것은 葉柄과 줄기가 길고 葉은 直立型을 띠었다고 하였다.

Gontalez와 Marx(1983)는 長日을 대신할 수 있는 Gibberellin을 處理하여 葉柄의 伸長과 直立化, 葉色의 淡綠化 될뿐 아니라 抽苔가 현저히 促進되어 收量이 增加되는 結果를 얻었으며 또한 光周性의 長日條件이 營養生長을 促進(Salisbury, 1982)하고 그의 佐藤(1969)는 大豆에서 長日條件이 生育을 促進시켰다고 報告하였다.

最近 園藝作物의 栽培 및 그 收穫을 기제화

Table 1. Effect of day length on the plant height, leaf length, leaf width, leaf number and plant weight in Autumn spinach.

Variety	Day length treatment	Plant height(cm)	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	Leaf number	Plant ^{z)} weight(g)
Korea	8 hr	23.5	10.5	5.6	9.8	54.1
	ND ^{y)}	31.8	12.3	7.9	10.9	64.1
	16 hr	67.2	14.3	8.0	19.0	297.8
	24 hr	63.8	12.4	6.4	17.8	199.2
	Mean	46.6	12.4	7.0	14.4	153.9
Japan	8 hr	24.5	10.8	6.1	9.6	64.6
	ND ^{y)}	31.0	13.9	8.3	12.4	6.70
	16 hr	60.1	15.6	7.7	16.9	256.0
	24 hr	52.4	11.3	5.7	17.6	207.2
	Mean	42.0	12.9	7.0	14.1	148.9

*planting date : Oct. 2, 1990

Investing date : Dec. 5, 1990

z) Weight of 5 plants

y) ND : natural day length.

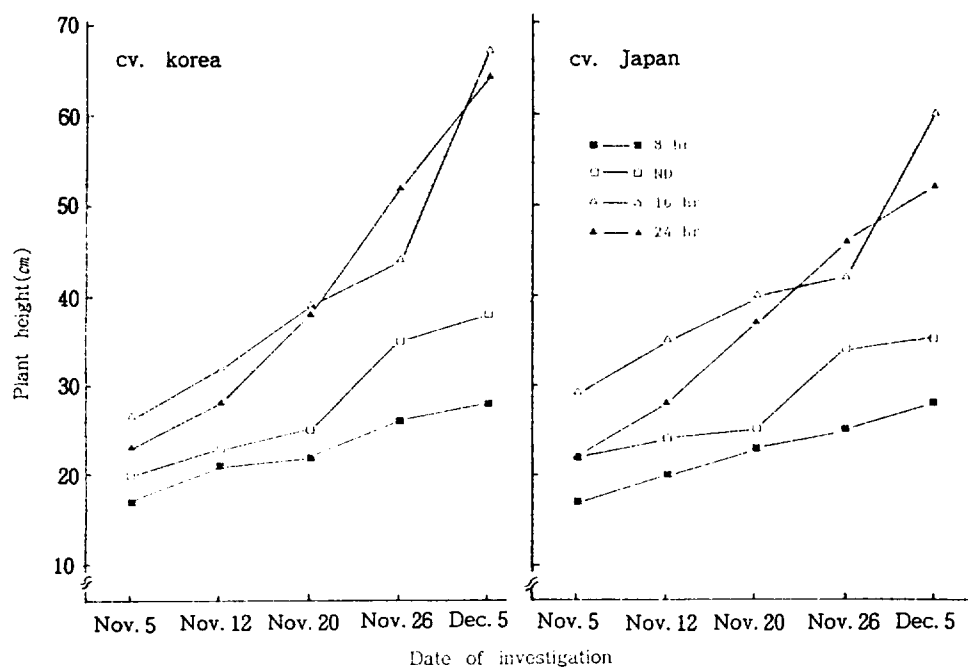


Fig. 1. Effect of day length treatment on the seasonal plant height in Autumn spinach.

하기 위해서는 葉菜類의 草長이 直立性이고 葉柄이 긴 品種을 選拔해야 하고 Gibberellin 과 日長을 處理하여 草長을 伸長시켜야 할 것인데 本實驗의 結果는 16時間의 長日處理로 草長은 물론 그외의 生育을 促進시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

Fig.1은 日長處理에 따른 시금치의 草長을 經時的으로 나타낸 것인데 두 品種 모두 生育

初期 부터 日長이 길어질수록 길어졌는데 中期以後 부터는 長日處理한 것이 현저히 컸다. 그러나 두 品種의 生育反應은 거의 비슷한 傾向을 나타내었다. 이것은 葉身内の 細胞가 活性化되고 光合成能率이 增加(杉山, 1990) 될 뿐 아니라 栽培條件이 저온기이므로 日長處理에 의한 적합한 溫度가 유지되었기 때문이라 추측된다.

Table 2. Effect of day length on the total sugar, reducing sugar and vitamin C in Autumn spinach.

Variety	Day length treatment	Total sugar (mg/g D. W)	Reducing sugar (mg/g D. W)	Vitaminec ^{z)} (mg/g D. W)	Bolting ratio (%)
Korea	8 hr	11.5	8.9	114.2	0
	ND	11.0	8.5	146.9	15
	16 hr	3.8	2.3	164.3	100
	24 hr	3.3	1.3	147.9	90
	Mean	7.4	5.3	143.3	51
Japan	8 hr	11.5	9.3	90.4	0
	ND	8.0	5.7	118.1	10
	16 hr	2.8	1.4	137.1	98
	24 hr	2.5	0.7	118.5	90
	Mean	7.5	4.3	116.0	50

z): Total vitamine C centents

抽苔率(table 2.)은 品種間에는 거의 비슷하였으나 日長處理別로는 日長이 길어질 수록 높았다. 시금치는 대표적인 長日植物로서 日長이 길어져야 花芽分化가 유기되고 그後의 高溫長日下에서 抽苔가 促進된다. 本實驗은 日長이 가장 짧은 冬期間에 修行되었고 거기다 비닐하우스 내에서 栽培된 관계로 日長이 부족한 狀態이다. 그러나 16時間의 日長處理에 의해서 충분한 日長이 주어졌기 때문에 短

日 및 自然日長條件에서 보다 抽苔率이 현저히 높은 것으로 생각된다. 杉山(1990)은 시금치의 個體에 대한 長日處理 試驗이나 集團栽培에서도 16時間長日處理가 13時間處理 및 短日處理한 것보다 훨씬 높았다고 한것은 같은 結果라고 생각된다.

Table 2.는 日長處理가 시금치의 糖과 Vitamin C의 含量에 미치는 影響을 나타낸 것인데 品種間에는 total sugar와 還元糖 含

량이 差異가 없었다. 그러나 日長處理 別로는 日長이 길어질 수록 減少하였는데 特히 自然 日長보다 16時間, 24時間의 長日處理한 것에서 현저히 減少하였다. 糖은 食味에 重要한 要素가 될 뿐 아니라 植物體에서 없어서는 안될 代謝基質이며 特히 시금치 같은 葉菜類는 組織이 약하기 때문에 높은 生理活性을 유지하여 收穫後에도 代謝活力을 계속하게 되어 조직의 활성화는 물론 鮮度에도 크게 영향을 미치게 한다. 本實驗의 경우에는 栽培地域이 해발 300m 인 준고냉지성을 띄고 있는 곳이고 栽培期間이 가을부터 겨울사이로 서늘한 기후 條件이 주어져 시금치의 生育에는 어느 程度 적합한데 長日處理와 비닐하우스에 의한 溫度의 상승과 계속적인 長日로 光合成能을 增加시키지 못하고 오히려 호흡량이 增加하였기 때문에 糖含量이 減少한 것이라 생각된다. 그러나 佐藤(1976)은 大豆의 경우 長日處理한 것이 短日處理한 것보다 窒素 및 糖含量이 많았는

데 이것은 長日狀態에서 受光된 總 Energy量이 50% 以上되어 光合成量이 增大 및 이에 따른 根瘤量과 Activity의 增加, 體內에서 硝酸還元이 促進때문이라 報告하였는데 本實驗과는 상반된 結果이다. 또한 木下等(1988)은 가을부터 봄에 栽培한 시금치는 糖含量이 높고 그중에 70%가 還元糖이며 高溫期인 여름에는 長日條件으로 糖含量이 극히 떨어진다고 報告한바 있다. 그러나 겨울철 저온기의 시금치에 대한 溫度와 光과의 관계는 더욱 세밀한 實驗이 要求될 뿐 아니라 시금치의 品質改善면에서도 光관계로 계속적인 研究가 必要할 것이다.

日長處理가 Vitamin C의 含量에 미치는 영향(table 2.)은 品種間에는 韓國種이 日本種보다 그 含量이 많았고 日長處理別로는 長日處理한 것에서 많아지는 傾向을 보였는데 特히 두 品種모두에서 16時間長日處理한 것에서 현저히 增加하였다. 시금치가 保健菜蔬로서 重

Table 3. Effect of day length on the inorganic materials contents in Autumn spinach.

Variety	Day length treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Korea	8 hr	6.5	0.55	6.70	0.79	1.28	245	172	304	12
	ND	5.0	0.51	8.00	0.78	1.60	250	149	181	10
	16 hr	5.2	0.57	5.95	1.38	1.38	328	155	376	14
	24 hr	4.2	0.57	6.58	1.28	1.53	287	140	231	15
	Mean	5.2	0.55	6.81	1.06	1.35	278	154	273	13
Japan	8 hr	3.5	0.52	5.55	1.38	1.28	288	147	277	15
	ND	5.5	0.54	6.50	0.64	1.05	230	138	177	13
	16 hr	5.8	0.54	5.88	1.38	1.23	240	136	181	14
	24 hr	4.0	0.52	5.98	0.69	1.15	219	162	275	12
	Mean	4.7	0.53	5.98	1.02	1.18	244	146	228	14

要한 것은 비타민 A, B₂ 는 물론 비타민 C의 含量이 많아 다른 菜蔬에 比해 영양가치가 높다는 것이다. 그러나 모든 葉菜類의 비탄산 C의 含量條件은 빛같이 진하게 나타나는 條件下에서 栽培된 것이 많고 배추와 양배추의 경우에도 外葉인 綠色部가 연백된 白色部보다 많다. 시금치의 경우는 한랭사 1점으로 차광하면 그 含量이 70%로 줄어들고 그의 딸기, 토마토, 고추도 果實에 봉지를 씌우면 80%로 減少한다고 한다(表, 1984). 또한 溫室의 약광하에서 栽培된 葉菜類의 비타민 C 含量은 露地의 그것보다 절반 밖에 안된다고 한다. 吉川(1987)은 長日狀態에서 栽培된 菜蔬는 短日에서 栽培된 것보다 비타민 C의 含量이 많다(木下等 1988)고 報告한 것은 本實驗과 같은 結果이다.

Table 3.은 日長處理가 無機物 含量에 미치는 影響을 나타낸 것인데 品種間에는 N, P, Ca, Cu의 含量은 別差異가 없으나 K, Mg, Fe, Mn, Zn 등은 韓國種이 多少 增加하는 편

이었는데 Mg를 제외하면 品種間에는 韓國種이 미량원소 含量이 많았다. 日長處理別로는 N는 短日에서 많았고 日長이 길어질 수록 減少하였다. P는 日長處理間에는 큰 差異가 없었고 K는 두 品種 모두 日長處理에 관계없이 自然日長에서 增加하였다. Ca와 Mg는 韓國種에서 日長이 길어질 수록 많아지는 傾向을 보였고 Fe는 韓國種에서는 日長이 길수록, 그리고 日本種에서는 오히려 日長이 길수록 減少하였다. N는 作物의 光合成, 질소동화작용, 호흡작용등에 관계하며 따라서 作物의 生長發育을 지배하고 生理現象의 各分野에도 크게 관련한다. 文(1984)은 마늘의 部位別 무기물 含量試驗에서 短日處理한 것이 長日處理한 것보다 현저히 많았고 部位別로는 鱗片部位에 많았는데 이것은 鱗片肥大時에 앞에서 鱗片部位로 轉류되었기 때문이라 하였다. 佐藤(1976)도 N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn 등은 短日處理한 것이 많았다고 報告하였는데 이는 溫度가 낮을수록 增加하였기 때문에 시금치의 生育反

Table 4. Effect of day length on the chlorophyll content in Autumn spinach.

Variety	Day length treatment	Chl. a (mg/g)	Chl. b (mg/g)	Total chl. (mg/g)	Chl. a/b
Korea	8 hr	1.964	0.653	2.617	3.008
	ND	2.376	0.713	3.139	3.114
	16 hr	2.272	0.714	2.986	3.182
	24 hr	1.992	0.621	2.613	3.208
	Mean	2.151	0.688	2.839	3.128
Japan	8 hr	1.105	0.933	3.738	3.006
	ND	2.479	0.813	3.292	3.049
	16 hr	2.424	0.778	3.192	3.116
	24 hr	2.269	0.737	3.006	3.079
	Mean	2.494	0.815	3.307	3.061

應 및 體內成分含量에 관한 試驗과 無機成分이 시금치의 生育에 必要한 程度를 究明하는 다각적인 수행이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 4.는 日長處理에 따른 品種別 葉綠素含量을 比較한 것이다.

品種別로는 日本種이 韓國種보다 葉綠素 a와 b의 含量이 많았고 葉綠素 a/b의 比率은 오히려 韓國種이 많은 傾向을 나타내었다. 日長處理別로는 自然日長과 16時間 處理한 것에서 葉綠素 a의 含量이 增加하였으나 日本種인 경우는 葉綠素 b가 8時間 短日處理한 것에서 많은 편이었다. 그리고 葉綠素 a/b의 比率은 모든 處理에서 3.0程度로 差異가 없었다.

作物體의 葉綠素를 가진 部分이면 어디서나 光合成이 行하여 지지만 大部分은 잎에서 행해지며 光合成에 利用되는 光에너지는 葉綠素에 依하여 吸收된다. 葉綠素는 高等綠色植物의 特有한 色素로서 葉肉組織에는 柵狀組織이나 海綿組織에 많이 含有되어 있으며 普通植物에는 葉綠素가 65%, 카로틴 6%, 葉黃素가 21%程度 含有한다고 한다(Koski and Smith, 1951). 葉綠素가 形成되려면 光이 있어야 한다. 어두운 곳에서 種子를 發芽시키면 發芽植物에 葉綠素가 形成되지 못하여 白色 또는 黃色으로 變하게 된다. 이런 상태의 어린 植物은 原葉綠素를 體內에서 形成하며 原葉綠素는 葉綠素와 아주 비슷하지만 Pyrrol環의 하나에 2개의 H가 없는 점이 다르다. 黃白化한 植物이 빛을 吸收하면 그속에 포함되어 있던 原葉綠素는 몇분 사이에 葉綠素 a로 바뀌어서 새로운 葉綠素가 形成된다. 本實驗에서 日長이 길어질 수록 葉綠素含量이 多少減少되

는 편이었는데 이것은 長日에 依한 細胞活性이 促進되어 葉色이 淡綠化되고 이와같은 葉色の 變化로 葉綠素含量이 稀釋되었기 때문이라 추찰되며 杉山(1990)는 13時間과 14時間의 日長處理한 시금치의 總葉綠素含量이 對照區보다 오히려 減少되었다는 報告는 이를 잘 뒷받침해주고 있다. 그리고 Kim(1987), 문과 표(1981) 및 Powles(1980)은 遮光處理는 植物體의 葉綠素含量을 增加시킨다고 報告하였고 Bjorkman Holmgren(1963)도 陰地性인 植物을 強光下에서 자라게 하면 葉綠素含量이 減少한다고 報告한 바 있다.

摘 要

日長處理에 따른 시금치의 生育反應과 體內成分含量관계를 규명코져 수행했던 結果를 報告코져 한다.

1) 시금치의 生育상태는 韓國種이 日本種보다 良好하였고 日長이 길수록 生育이 促進되는 傾向을 보였다.

2) 抽苔率은 日長이 길수록 높았는데 16時間 處理한 것에서 현저히 높았다.

3) 糖含量은 두 品種間에는 差異가 없었으나 日長이 길수록 自然日長보다 減少하였다.

4) 비타민 C의 含量은 韓國種이 日本種보다 增加하였고 16時間 長日處理한 것에서 현저히 많았다.

5) 品種間에는 韓國種이 미량원소가 많았고 日長處理別로는 N는 短日상태에서, K는 自然日長에서, Ca, Mg 및 Fe는 長日狀態에서 各各 많아지는 傾向을 보였다.

引 用 文 獻

- Björkman, O and p. Holmgren, 1963. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotype from exposed and shaded habitats. *Plant Physiol*, 16 : 889~914
- 田坂耕一郎. 1961. 夏蒔ほうれんそうの栽培法. *農及園*, 36(8) 115~118.
- 江口庸雄. 市川秀男 1940. 蒔蒔草の花芽分化と抽苔に關する研究. *園藝雜* 11 : 13~36.
- 香川彰 1940. 晩秋型ほうれん草の開花促進に關する研究. *園藝雜* 11 : 90~95.
- 岩間誠造・浜島直亡 1954. 標高と菜蔬の生態. *園藝雜* 22 : 1~9
- Gonzalez, A.R. and D.M. Marx. 1983. Effect of Gibberellic acid on yield and quality of fall-harvested winter spinach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108 : 647~651.
- 木下隆雄・龜野 貞・野口正樹 1988. ほうれんそうの高品質化のための栽培條件. *農業および園藝* 63(1) : 51~55.
- 김기덕. 1987. 미나리 실생묘의 생육특성에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문
- Koski, V.M. and J.H.C. Smith. 1951. Chlorophyll formation in a mutant White seedling-3. *Arch. Biochem. Biophys.* 34 : 189.
- 문원. 표현구 1981. 차광정도가 몇가지 호냉성 채소의 생육에 미치는 영향. *한원지* 22 (3) : 153~159.
- 문원 1984. 마늘의 二次生長發生要因에 關한 研究. 서울대학교 大學院 博士學位論文.
- 日本藥學會編衛生試驗註解 1976. 金原出版社.
- Powles, S. B, and C. Critchley. 1980. Effect of light intensity during growth on photoinhibition of intact attached bean Leaflets. *Plant Physiol* 65 : 1181~1186.
- 表現九等 1984. 菜蔬園藝總論 郷文社 p. 10~15
- Ross. C.W. 1974. *Plant physiology laboratory manuals*, wadsworth publishing company, California.
- 佐藤 庚. 1976. 日長溫度に對する大豆の生育反應(第2報) 體內成分について. *日作記* 45 (3) : 450~445.
- 佐藤 庚. 1976. 日長溫度に對する大豆の生育反應(第3報) 光合成器官の發達と構造に及ぼす日長溫度の影響. *日作記* 48 : 66~74.
- Salisbury, F.B. 1982. *Photoperiodism*. *Horticultural Review* 4 : 66~105.
- Somogyi, M, and Nelson N. 1944. A Photometric adaption of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol Chem.*, 153 : 375.
- 杉山信太郎 1990. やや短い長日條件がほうれんそうの生長に及ぼす影響. *農業および園藝* 65(3) : 403~408.
- Zeevaart, J.A.D. 1971. Effect of photoperiod on growth rate and endogeneous gibberellin in the long day rosette plant spinach. *Plant Physiol.* 47 : 821~827.