

최 중
연구보고서

시금치의 환경친화형 주년생산체계 확립
및 수확 후 선도유지 기술 개발

Establishment of Sustainable Year-round Production
System and Postharvest Quality Management of Spinach

시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의
수확 후 선도 유지 기술 개발

Developments of Seed Treatment and Labor-saving Culture
Method, and Postharvest Quality Management of Spinach

시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발

Development of Optimum Recirculating Hydroponic System for
Year-round Production of Spinach

강릉대학교
전라남도농업기술원

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “시금치의 환경친화형 주년생산체계 확립 및 수확 후 선도유지 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 7 월 15 일

주관연구기관명 : 강릉대학교

총괄연구책임자 : 홍 세 진

세부연구책임자 : 홍 세 진

연 구 원 : 용 영 록

연 구 원 : 김 병 섭

연 구 원 : 이 정 운

연 구 원 : 박 세 원

연 구 원 : 전 창 후

협동연구기관명 : 전라 남도

농업기술원

협동연구책임자 : 서 종 분

연 구 원 : 최 경 주

연 구 원 : 이 응 호

연 구 원 : 김 희 곤

연 구 원 : 신 길 호

연 구 원 : 임 형 기

요 약 문

I. 제 목

시금치의 환경친화형 주년생산체계 확립 및 수확 후 선도유지 기술 개발

II. 연구개발의 필요성 및 목적

시금치는 6~8월 여름철에 재배환경이 고온과 장일조건으로 추대와 조직의 무름, 그리고 병충해로 단경기가 형성된다. 고랭지의 저온 조건하에서 극히 일부 만추대성 품종이 우수한 품질을 보이고 있어 고랭지 재배를 이용한 수출 및 내수를 통하여 고소득을 기대 할 수 있어 중부산간 및 고랭지에서 유망한 여름작목으로 기술개발 연구가 시급하다. 여름철 고랭지의 서늘한 기후와 생력화 재배기술을 이용하여 수출 및 내수를 위한 고품질 생산 및 선도유지 기술 개발이 절실하다. 시금치는 내수용과 수출용에 따라 품질규격에 차이가 있기 때문에 본 연구에서는 고랭지와 평년지로 구분하여 시금치의 주년생산체계를 확립하고 여름철에 고품질 생산이 가능한 만추대성 수출 및 내수용 품종 선별하기 위해, 첫째 시금치의 내수용 고품질 생산을 위한 종자처리 및 생력화 재배기술을 개발하고, 둘째 내수 및 수출용 고랭지 시금치의 단경기 생산을 위한 재배 기술을 제시하며, 셋째 시금치의 수확후 선도 유지 기술 개발이란 목표를 갖고 있다. 연구의 핵심은 수출 및 내수용 품종탐색, 저비용 고품질 생산기술, 청경재배 기술, 선도유지 기술개발에 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확 후 선도 유지 기술 개발

국내외에 유통되고 있는 40여 품종에서 국내실정에 적합한 품종탐색, 발아율과 발아세를 향상시킬 수 있는 종자처리 기술 구명, 생력화 재배에 적합한 파종방법 구명, 여름철에 3기

작 이상 가능한 작부체계 구명, 적정관수 방법확립, 수확후 상품의 급격한 시들음 증상을 억제할 수 있는 관리법 구명 등을 연구한다. 수출용 시금치로써 여름철 수경재배가 가능한 만추대성 및 수입국의 기호에 맞는 품종의 탐색, 육묘 용기 및 육묘상의 냉방방법에 따른 묘 소질 및 정식 후 생육양상 구명, 양액농도, 근권온도, 기온 등 적정 생육환경 구명 고랭지에 적합한 저비용 고효율 시금치 재배용 수경재배 시스템 개발을 연구한다. 신선도 유지를 위한 최적의 저장법을 조사하여 국내 유통 및 수출 과정에서의 고품질 유지를 위한 수확후관리법 구명 등을 연구한다.

2. 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발

- 시금치의 주년생산에 알맞은 순환식 수경재배 시스템 구조개선
 - 베드구조, 양액공급 시스템 구명
- 시금치의 순환식 최적 양액 개발
 - 원시 양액 및 야마자끼 양액과 비교 검토
- 시금치의 육묘기술 개발
 - 육묘 용토 재료와 트레이 육묘 상자 크기에 따른 시금치의 생육
 - 육묘상자 : 트레이 육묘, 우레탄
 - 육묘자재(용토) : 유 · 무기배양토
 - 정식구멍(홀) 당 종자수 : 2, 3, 4, 5립
- 시금치의 재배시기별 국내외 품종 수집 및 선발
 - 국내외 시금치의 품종 수집 : 카니발 등 여름철 고온기 만추대성 품종 수집
 - 재배시기(사계절 구분)별 특성 및 수량성 검토 : 카니발 등
- 시금치의 생육단계별 양액 관리 기술 개발
 - 시금치의 육묘에 알맞은 양액 농도 구명
 - 시금치의 정식부터 수확전 5일까지의 양액 농도 구명
- 시금치의 적정 재식밀도 확립
 - 12×9cm, 12×11cm, 12×13cm, 12×15cm
- 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육 특성
 - 생물활성제 : 키토산, 게르마늄, 셀레늄 등

- 처리방법 : 엽면살포, 양액희석
- 수경재배시 근권 양액 온도에 따른 시금치의 생육 특성
 - 양액온도 : 19℃, 22℃, 무처리

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확 후 선도 유지 기술 개발

가. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구의 성과를 보면 여름철에 생육이 우수한 고랭지 여름시금치의 재배가 가능하여 단경기에 수출 및 내수용 시금치 생산이 가능하고 시금치 재배용 수경재배 시스템은 시금치 뿐만 아니라 모든 쌈채소의 재배에 직접적으로 적용될 수 있고 포장·저장 등의 수확후 관리 기술의 개발로 국내 농산물의 품질경쟁력을 강화할 수 있다. 장기적으로는 시금치의 수출 증대를 위한 품질관리 기술개발의 기초가 될 수 있으며, 수출증대를 위한 시금치 수확 후관리 기술을 개발한다. 시금치를 신소득작목으로 개발하기 위해서는 친환경재배로 농가 소득증대 및 경영안정화를 해야 한다. 이를 위해 추대가 늦고 품질이 우수한 품종선택, 무농약 사용 친환경재배, 그리고 시비기술 포장실험 결과를 토대로 생산비 절감과 고품질 저비용 생산 기술 모델을 농가에 보급한다. 청정 농산물 생산으로 고랭지 여름시금치의 청정 이미지 부각에 활용하며 시금치 유통과정에서 장기간 신선도를 유지할 수 있도록 하며 고랭지 신선채소의 수출전초기지 육성 및 수출전문농가 조직화 및 육성에 견인 역할 수 있고 개발된 기술을 가능한 빨리 농민들에게 보급하여 농민들의 소득증대에 기여할 수 있도록 한다.

나. 현재까지 본 과제와 관련된 연구실적

1) 국내외 전문 학술지

- 가) 용영록, 정문교, 이미림, 홍세진, 전창후. 2004. 고랭지에서 직파와 정식재배에 따른 여름재배용 시금치 품종의 생육 및 수량 반응. 원예과학기술지. 22(3):278-282.
- 나) 용영록, 정문교, 전지영, 김병섭, 홍세진. 2004. 고랭지 여름재배용 시금치의 품종 선발

과 재식밀도에 따른 생육 비교. 원예과학기술지. 22(3):283-287.

다) 이미림, 용영록, 김병섭, 홍세진, 최경주, 서종분. 2004. 고랭지 여름재배용 시금치 '광채' 품종의 PE필름 포장 저장 중 품질변화. 원예과학기술지. 22(3):288-293.

라) 용영록, 정문교, 김병섭, 홍세진, 전차후, 박세원. 2004. 플러그 셀 크기가 여름 시금치 묘 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지. 22(4):422-425.

마) 김병섭, 윤여순, 윤철수, 장현철, 용영록, 홍세진. 2005. Rhizoctonia solani에 의한 시금치 잘록병의 방제를 위한 살균제 선발. 농약과학회지. 9(1):35-40.

바) 김병섭, 용영록, 이정운, 이미림, 홍세진, 김화영. 2005. 고랭지 여름재배용 시금치 선발을 위한 품종별 soluble 및 total oxalic acid 평가. 원예과학기술지(포스터). P.39

사) 용영록, 김병섭, 이미림, 홍세진, 전차후. 2005. 동일한 비가림하우스내 재배 위치에 따른 관수량의 부족이 시금치 생육 및 oxalic acid 함량에 미치는 영향. 원예과학기술지(포스터). P.40

아) 용영록, 김병섭, 이미림, 홍세진, 박세원. 2005. 여름재배용 시금치 11 품종의 생육특성과 oxalic acid함량 비교. 원예과학기술지(포스터). P.41

2. 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발

가. 연구개발 결과

1) 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 시스템 구조개선 : NFT(nutrient film technique)- I 형(凸)

2) 시금치의 순환식 최적 양액 개발

- 시금치 최적 양액 : 코넬대 시금치 전용 양액

- 양액조건 : pH 5.5~6.0, EC 농도 2.0dS/m, NO₃-N과 NH₄-N의 비율 70%와 30%

3) 시금치의 육묘기술 개발

- 육묘자재 : 입상암면(중립면), 트레이 규격 180공, 200공

- 육묘시 구멍(홀)당 종자 파종립수 : 4립

4) 시금치의 재배시기별 국내외 품종 수집 및 선발

- 봄재배에 알맞은 품종 : 마호로바, 덤플, 아트라스

- 여름재배에 알맞은 품종 : 플라톤, 터보, 폴카, 미리온, 파루크

- 가을재배와 겨울재배에 알맞은 품종 : 마호로바, 아트라스, 딤플

5) 시금치의 생육단계별 양액 관리 기술 개발

- 육묘기의 적정 양액농도 : 1.8dS/m

- 정식후부터 수확기의 적정 양액농도 : 2.1dS/m

6) 시금치의 적정 재식밀도 : 12×11cm

7) 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육특성 검정

- 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육차이는 없었음

- 생물활성제 처리 방법에 의한 식물체내 성분 함유율은 게르마늄은 엽면살포, 셀레늄은 양액희석이나 엽면살포 혼용, 키토산은 양액희석이 더 효과적임

8) 여름 수경재배시 시금치의 근권 적정 양액온도 : 22℃

나. 활용에 대한 건의

최근 국내외적으로 「잘 먹고, 잘 살기」라는 소위 웰빙(Well-Being)산업이 등장하면서 자연친 화적인 재료로 만든 유기농 제품의 소비 증가와 웰빙 열풍의 확산으로 새로운 식문화가 바뀌어 가고 있는 추세이다. 따라서 시금치 작물도 예외는 아니라고 생각된다. 시금치는 연약채소로서 종래는 품종도 적었고 재배시기와 산지가 한정되어 사실상 여름철 단경기 생산은 어려워 주년 생산재배가 힘들었다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해 여름철 시금치 생산을 위해 시설내 토양에서 재배를 하고 있지만 추대성과 생리장해, 생육부진 등으로 품질이 떨어져 사실상 고랭지 이외의 지역에서는 재배가 이루어지지 않고 있는 실정이지만 수경재배 도입과 본 연구 결과로 주년생산체계가 가능해 졌다. 하지만 시금치 수경재배에 알맞은 양액관리 재배기술도 아직 미흡한 실정이어서 체계적인 양액재배 관리 기술도 필요하다. 특히 시금치에 많이 함유되어 있는 유기산과 초산태 질소등의 안정성 문제도 있고, 품종, 시설구조개선 등 고품질화를 위해 재배기술, 연구가 많이 이루어져야 한다. 이러한 문제점들을 해결하고 시금치 주년 안전 생산을 위해 환경친화적인 순환식 수경재배 방식으로 품질을 극대화시키고, 소비자들로 하여금 시금치 생산물에 대한 요구도에 부응하여 안정성, 기능성에 맞추어 생산하기 위해 실용적인 재배기술과 농가현장 접목에 대한 활용을 다음과 같이 건의한다.

1) 연구결과 보고서를 관련기관 및 개인 수요자에게 배부함과 동시에 현실성이 확보된 재배기술 체계를 알린다.

2) 시금치 수경재배에서 얻어진 주요 연구결과를 시금치 재배생산과 관련 있는 연구기관,

생산단체 등에 중요성을 알리고 활용하도록 한다.

3) 연구결과를 농가, 연구기관, 생산자단체, TV, 신문 등의 심포지엄 및 홍보를 통해서 그 중요성을 알리고 활용할 수 있도록 한다.

4) 한국생물환경조절학회 등의 관련 학회에 연구결과를 발표하여 많은 연구자들에게 알린다.

다. 현재까지 본 과제와 관련된 연구실적

1) 국내외 전문 학술지

가) 서종분, 최경주, 안병렬, 임형기, 홍세진. 2005. 가을 수경재배시 품종과 재식밀도가 시금치의 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회. 논문심사중

나) 서종분, 최경주, 신길호, 임형기, 홍세진. 2005. 수경재배 시금치의 육묘 배지와 정식홀당 종자수에 따른 생육 특성. 원예과학기술지(포스터). p52.

다) 이응호, 이종남. 2004. 고령지 시금치 여름철 수경재배에 적합한 품종 및 양액 조건. 한국생물환경조절학회. 208-211.

2) 영농활용

가) 시금치 순환식 수경재배에 알맞은 양액농도(2004. 영농활용, 농촌진흥청)

나) 시금치 순환식 수경재배시 적정 육묘배지와 파종립수(2004. 영농활용, 농촌진흥청)

다) 시금치 수경재배에 알맞은 재배시기별 적정 품종(2004. 영농활용, 농촌진흥청)

SUMMARY

This study was carried out to investigate effects of cultivars and to provide the practical production method of spinach (*Spinacia oleracea* L.) in the summer season for the local farmers of alpine areas. Considering the rate of germination, bolting and resistance to hot temperature, four cultivars 'Bio', 'Kwangchae', 'King of Summer', and 'Samson' were selected among the 12 cultivars tested. The rate of seed emergence was more than 95% in both cultivars of 'Platon' and 'Samson'. There were not bolted plants from 'Kwangchae', 'King of Summer', 'Platon' and 'Samson'. Cultivars 'Bio', 'Kwangchae', and 'Samson' showed high resistance to summer climate in alpine areas. The increase of leaf width and number of leaves was typically associated with increasing transplanting distance from 7×7cm to 20×20cm. For example, the fresh weight measured at 30 days after transplanting with 20×20cm distance was two times heavier than the fresh weight at transplanting with 7×7cm distance. However, the 10×10cm transplanting distance was the most effective, considering economic efficiency and spinach quality.

This study was carried out to investigate the effect of plug cell size on the seedling growth and to provide a guideline for practical production of spinach (*Spinacia oleracea* L.) in the summer season. Leaf length reached to 8.3cm at 30 days after seeding in 200 cells plug tray. Plants grown in 288, 406(A) and 406(B) had the leaf lengths of 7.3, 5.6 and 7.0cm, respectively. Seedlings grown in 200 cells had larger leaf blades (4.3cm) as compared to those in the other cells. Seedlings grown in 200, 288, 406(A) and 406(B) had 7.2, 7.2, 5.4 and 5.4 in number of leaves, respectively. The greatest fresh weight was achieved in seedlings grown in trays of 200 cells, followed by 288 cells, 406(B) and 406(A) cells. Dry weight showed a similar trend to fresh weight. Leaf length, leaf blade length, leaf width and fresh weight generally increased as plug cell sizes became larger. From the above results, 288 cell trays are recommended for spinach seedling production based on economic view.

This study was carried out to investigate differences between cultivars and effects of transplanting on the growth and yield of summer spinach (*Spinacia oleracea* L.) and to provide practical production technology in the summer season to local farmers in alpine area. Growth rates of 'Kwangchae' and 'Samson' cultivars improved as the growth stage increased. Numbers of leaves did not differ between cultivars at 30 days after transplanting. High economic efficiency was observed in transplanting cultivation, compared to direct seeding, in terms of growth rate, yield and quality. As a result, we strongly recommend introducing transplanting cultivation technology with four selected cultivars to help local farmers in alpine area to produce summer spinach with enhanced quality and increased income.

This study was carried out to evaluate effects of storage temperature and polyethylene (PE) film packaging on quality changes of summer spinach cv. Kwangchae and to find optimum storage conditions after harvest. Fresh weight (FW) of spinach stored at room temperature decreased by approximately 56% after 3 days, while those stored at 4°C decreased by 20% after 7 days. Fresh weight of spinach packaged in PE film and stored at room temperature decreased by 2.5% after 3 days, while at 4°C with PE film packaging only 1.5% fresh weight loss observed. Among soluble sugars at harvest, sucrose was the highest ($4.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW) while glucose and fructose were $1.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW and $1.7 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW, respectively. These soluble sugars decreased rapidly during storage. The sucrose content of spinach in 4°C with PE film (0.03 mm) packaging was $3.0 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW and with 0.05 mm PE film was 4.0–4.5 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after 3 days compared to control. Ascorbic acid content at harvest was $166 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW and decreased to $20 \text{ } \mu\text{g}^{-1}$ FW after 3 days. These patterns were more apparent at room temperature storage without PE film packaging. PE film (0.03 mm) packaging retained the initial ascorbic acid content at harvest. Chlorophyll content at harvest was $400 \text{ } \mu\text{g}^{-1}$ FW and slowly decreased as the storage period increased. PE film (0.05 mm) packaging prevented chlorophyll content from declining during storage. The shelf life for not packaged summer spinach was determined to be not more than 3 days, but the quality

of spinach was maintained packaged with 0.03 mm PE film for 3 days. On the other hand, the shelf life of summer spinach at 4°C with 0.03 mm and 0.05 mm PE films in 7 days. When the spinach in 0.05 mm PE film exceeded 7 days in the cold storage, the spinach showed poor appearance because of water-soak and wilting. In order to maintain quality of summer spinach after harvest, low temperature (4°C) storage combined with 0.05 mm and especially 0.03 mm PE film packaging is strongly recommended.

Early stage of summer spinach cultivation, Damping-off disease caused by *R. solani* was occurred in alpine areas. However, wilt caused by *F. oxysporum* f. sp. *Spinaciae* was occurred at mid and late stages. Also, Insect damages caused by *Hymenia recurvalis*, spinach leafminer, cabbage armyworm, beet armyworm and differentiate grasshopper were occurred at mid and late stages of summer spinach cultivation. Selected 11 spinach cultivars for summer cultivation were evaluated on disease resistance against damping-off and *Fusarium* wilt. However, all cultivars had not distinct resistance against diseases.

Antagonistic bacteria, *B. subtilis* B-SJ-2, *B. subtilis* B-DB, *Paenibacillus* sp. P-B had good inhibitory effects to *R. solani* and *F. oxysporum* f. sp. *Spinaciae*. In soil inoculation test, *B. subtilis* B-SJ-2 or *B. subtilis* B-DB treatment showed good growth of spinach. But, control efficacy of damping-off was low. Seed treatment of *B. subtilis* B-SJ suspension had good control effect against *Fusarium* wilt of summer spinach. Damping-off of summer spinach caused by *R. solani* AG-4 has become a very important disease. For the control of summer spinach damping-off, antifungal activity of thirteen fungicides (pencycuron, trifloxystrobin, pyraclostrobin, azoxystrobin, kresoxim-methyl, validamycin, fluazinam, Benlate-T, flutolanil, cyazofamid, hexaconazole, tebuconazole, prochloraz) were evaluated *in vitro* and *in vivo*. Pencycuron, pyraclostrobin, validamycin, fluazinam, Benlate-T, hexaconazole, tebuconazole, and flutolanil significantly suppressed the mycelial growth of the pathogenic fungus. However, trifloxystrobin, azoxystrobin, kresoxim-methyl, cyazofamid, and prochloraz did

not represent good inhibition on the growth of *R. solani*. When applied by soil drenching (2,000 mg/L), pencycuron, pyraclostrobin, validamycin, fluazinam, Benlate-T, and flutolanil provided spinach survival ratios of 97.8%, 84.4%, 93.3%, 95.6%, 91.1%, and 86.7%, respectively. Also when treated in seed at 2,000 mg/L, pencycuron and pyraclostrobin displayed survival ratios of more than 85.1%.

Circulation NFT- I type(平) that can make oxygen supply smoothly to root zone at planting early stage is suitable to spinach production. Growth and yield of spinach that grow up by this system are high.

Most suitable nutrient solution for circulation system was spinach exclusive use solution that is developed in Cornell University. Nutrient solution's pH was 5.5~6.0, and EC concentration was 2.0 dS/m, and when ratio of nutrient solution's NO₃-N and NH₄-N is 7:3, growth of spinach was good. This nutrient solution was low change more than that developed in national horticultural research institute and Yamazaki solution of Japan, and growth of spinach that grown in the nutrient solution was good.

When put granular rock-wool media to tray plug size of 180 holes and 200 holes and sowed 4 seed on hole, growth of spinach was good and there were many yields.

Suitable spinach species for spring season culture were Mahoroba, Dimple, Artlars, suitable species for summer season culture were Platon, turbo, Polka, Mirion, Paruku, and suitable species for autumn season and winter season culture were Mahoroba, Artlars, Dimple.

Suitable nutrient concentration to spinach growth stages was 2.1dS/m in seedling raising stage, 1.8dS/m in the planting to harvesting, and yield of spinach that grown in the nutrient solution increased.

Spinach plant to implant in the area was more, leaf number was decreased tendency. Yield was most by 1,487kg/10a in 12×11cm among some planting distance treatments.

After handle bio activator to spinach, it was no growth's difference when compared with control. There was difference in amount which assimilate to method to handle bio activator to spinach. When the Germanium spreaded to leaf, and selenium poured to nutrient solution or spreaded to leaf, and when the Chitosan poured to nutrient solution,

plant assimilated well. When poured selenium to nutrient solution and spreaded to leaf, growth of spinach was inactive than control.

When regulated root zone's nutrient solution temperature by 22°C low in the summer culture, growth of spinach was good than control (more than 25°C) and chlorosis did not appear.

CONTENTS

Chapter 1. Inteoduction	17
1. The Needs and The Purpose	17
Chapter 2. Current Status of Technique Development Domestic and Foreign Countries	30
1. Current Status of Technique Development Domestic	30
2. Current Status of Technique Developmen Foreign Countries	31
3. Prospect	32
Chapter 3. The contents and The Results in This Study	34
1. The Contents	34
2. The Results	37
Chapter 4. The Achievement of Objectives and The contribution in Related Fields	200
1. Developments of Seed Treatment and Labor-saving Culture Method, and Postharvest Quality Management of Spinach	200
2. Development of Optimum Recirculating Hydroponic System for Year-round Production of Spinach	201

Chapter 5. The Plant of Developed Techniques in This Study	202
1. Developments of Seed Treatment and Labor-saving Culture Method, and Postharvest Quality Management of Spinach	202
2. Development of Optimum Recirculating Hydroponic System for Year-round Production of Spinach	203
Chapter 6. Informations Corrected from Foreign Scientific Techniques during The Study	204
1. Sustainable Agriculture in Canada	204
2. Advanced Hydroponic Culture and Exhibition of International Horticultural Techniques in Japan	211
Chapter 7. References	219

목 차

제 1 장 서론	17
제 1 절 연구개발의 필요성과 목적	17
1. 연구의 필요성	17
2. 연구의 목표	27
3. 연구의 내용 및 범위	28
제 2 장 국내외 기술개발 현황	30
제 1 절 국내기술 현황	30
제 2 절 국외기술 현황	31
제 3 절 앞으로의 전망	32
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	34
제 1 절 연구방법	34
1. 연구내용	34
2. 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확후 선도 유지 기술개발	36
3. 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수정재배 기술 개발	36
제 2 절 연구결과	37
1. 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확후 선도 유지 기술개발	37
2. 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수정재배 기술 개발	144

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	200
제 1 절 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확후 선도 유지 기술개발	200
제 2 절 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발	201
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	202
제 1 절 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확후 선도 유지 기술개발	202
제 2 절 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발	203
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	204
제 1 절 캐나다 친환경 농업 견학	204
1. 견학일정	204
2. 방문기관 및 연락처	205
3. 캐나다 농업 연구소 방문일정	206
4. 방문기관 견학 사진	207
제 2 절 일본 시금치 수경재배 선진기술 정보수집 및 국제 원예 기술전 참관 ...	211
1. 출장개요	211
2. 출장수행사항	212
3. 자료수집	218
제 7 장 참고문헌	219
첨부(세미나자료)	225

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성과 목적

1. 연구의 필요성

가. 기술적 측면

1) 시금치 재배기술 측면

“채소의 여왕”이라고 불리는 시금치는 비타민 A와 C, 그리고 철분이 많아 빈혈을 치료해 주고 특히 쌀에 부족하기 쉬운 라이신, 트립토판, 시스틴 및 아이소루신 등의 아미노산이 많아 영양학적 측면에서 아주 중요한 채소이다. 국내에서 시금치의 전체 재배면적 및 생산량은 1994년 이후 지속적으로 증가하여 2001년에는 사상 최대의 생산량인 174천톤을 생산하였다. 재배기술의 발달과 수요의 증가로 시금치 시설재배 면적 및 생산량이 매년 지속적으로 증가하고 있는 추세로 노지재배를 대체하고 있는 실정이다. 지역별로는 경기, 전남, 그리고 경남의 생산량이 전체 생산량의 69%를 점하며, 경기지역은 시설재배가 대부분을 차지하는 반면, 경남은 노지재배가 많으며 앞으로 고랭지 시금치 재배면적은 상당히 증가될 것으로 예상된다.

시금치는 장일성 식물로서 일장이 12시간 이상 되면 추대가 시작하며, 장일·고온조건하에서 촉진되며 생육적온은 15-20℃로서 저온에는 강하고 고온에는 극히 약하여 23℃에서 생육이 억제되고, 25℃ 이상이 되면 생리장해나 노균병, 입고병 및 뿌리썩음병 등이 많아 여름철에 상품성이 좋은 시금치를 생산하기가 어렵다(그림 1). 시금치는 생육특성상 고온, 건조, 그리고 장일 등과 같은 불량환경조건이 가중되는 여름철 재배는 대단히 어렵고 특히 장마후의 고온기(30℃ 이상) 재배는 전혀 불가능하다(그림 1). 시금치 종자는 딱딱한 과피로 덮여 있기 때문에 균일한 발아가 어렵고, 특히 하계재배시에는 발아율이 50-60% 정도로 저조하여 발아율을 높이기 위한 시금치 종자처리 기술개발이 필요하다(그림 1).

지금까지 평난지에서 시금치 재배를 위한 온실의 냉방과 차광 fan-and-fan 냉각에 의한 온도조절 기술이 연구되었으나 과도한 시설비와 운영비 등의 문제로 실제 냉방을 실시하는 경우는 거의 없으며 환기만으로는 온도 저하에 한계가 있기 때문에 평난지 여름재배는 불

가능한 실정이다. 여름철인 6월말-9월초 재배는 비가림 하우스 재배 기술이 필요하며, 여름철 고랭지의 서늘한 환경(20℃ 전후)을 이용한 시금치 생산기술 개발에 대한 재배조건도 확립되지 않았다. 따라서 여름철 고랭지의 서늘한 기후와 생력화 재배기술을 이용하여 수출 및 내수를 위한 고품질 및 저비용 시금치의 안정적인 재배기술 개발이 절실하다.



추대

밭아 불균형



입 고 병

과습도장 (건조)

그림 1. 여름철 시금치 재배시 관찰되는 문제점

우리나라의 시금치는 대부분 토양재배에 의하여 생산되므로 수출시 경영과 뿌리에 흙이 묻어 검역과정에 문제가 된다. 시금치를 세척하면 유통중에 상품가치가 손실되어 세척이 불가능하여, 수출용 시금치 생산을 위해서는 수확후 세척의 필요성이 없는 간이 수경재배 기술개발이 필요하다. 여름철 고랭지에서 수경재배의 도입을 위해서는 적품종의 선정, 육묘

방법 및 적정 수경재배 시스템 등의 검토가 필요하나 이에 대한 연구는 수행되지 않았다. 수경재배는 토양재배에 비하여 생육환경의 조절이 쉬워서 적정 생육조건에 근접한 환경관리가 필요하나 경제적인 환경조절 기술의 개발이 미흡하다. 토양재배에 비하여 생육기간을 단축하기 위해서는 시금치 생육에 적합한 양액농도, 근권온도, 기온, 탄산가스 농도 등의 구명과 이의 적용이 필요하다.

시금치는 신선한 상태로 섭취하므로 무엇보다도 위생적이고 청결해야 한다. 그러나 토양재배에서는 연작으로 인한 각종 생육장해가 발병되므로 고품질의 시금치를 생산할 수 없게 된다. 이와 같은 토양 재배법으로는 환경을 오염시키는 결과를 초래하고 무공해, 청정 신선채소를 선호하는 소비자의 요구와도 부합되지 않으므로 환경 친화형 재배인 수경재배 시스템으로 재배하여야 한다.

특히 시금치는 채소류 중 유기산과 초산태질소가 많이 함유되어 있는데 이러한 인체 유해성분을 최소화시킬 수 있는 방법이 수경재배법으로 최소의 양액 공급 방법을 정립할 필요가 있다. 우리나라의 시금치는 대부분 토양재배에 의하여 생산되므로 수출시 경영과 뿌리에 흙이 묻어 검역과정에 문제가 되므로 앞으로 엽채류 수출을 위해서는 청정재배가 가능한 수경재배의 도입이 절실히 요구되고 있다. 최근 일본에서는 중국산 수입 냉동 시금치에서 농약허용 기준치를 넘어 위반사항이(7.1%, 2002. 8. 19기준) 많아 중국산 시금치가 전면 중단되어 모든 식물검역이 강화되고 있고 신선 농산물에 대한 식물검역은 앞으로 더욱 강화될 것으로 생각된다. 따라서 이러한 저공해·무농약 재배로 안정생산할 수 있는 새로운 친환경 수경재배 생산 시스템 기술 개발로 농업 생산에서의 활용은 시대적 요구이자 필연적이라 생각된다. 또한 시금치뿐만 아니라 비가림으로 재배되는 쌈채소 등에도 이용이 가능한 수경재배 시스템의 적용으로 수경재배 작목의 확대 가능하다.

시금치 품종은 대부분 가을에서 이른 봄 재배용으로 국한되어 있고 특히 여름철 재배에 적합한 만추대성의 품종이 일부 일본으로부터 수입되어 재배되고 있기는 하나 대부분 제 특성을 파악하지 못해 품질이 떨어지는 요인이 되기도 한다. 그래서 단경기인 7-9월에는 수급의 불안정으로 시금치 값이 폭등하여 부족한 물량은 외국에서 어떤 형태로든 수입하기 마련인데 최근 외국 농산물 수입품에 대한 불안감이 조성되어 우리 식탁을 위협한다. 시금치의 생산은 대부분이 토양에서 생산되어 생산성이 한계에 도달하고, 토양으로부터 오는 병원균, 청결성 등 여러 가지 문제점이 내포되어 있을 뿐 만 아니라, 고품질 청정채소를 요구하는 시대에서는 새로운 생산 시스템 개발이 필요하다.

따라서 고품질 시금치를 주년 안전 생산하기 위해서는 수입하여 재배되고 있는 외국 중

자 등 국내외 종자를 생산성이 가장 높고 품질이 우수한 품종을 재배시기별로 선발하면서 생리장해와 영양상태를 파악하여 안정적인 재배를 실현할 필요가 있다.

2) 시금치 수확 후 저장 및 유통기술의 측면

시금치 유통구조 혁신과 수출증대를 위한 일차적인 요인은 합리적인 선별에 있다. 그러나 우리나라에서 재배되는 시금치는 선별을 위한 기준이 주로 크기와 형상에만 의존하고 있어서 맛, 조직감, 그리고 성분과 같은 내부 품질특성은 간과되고 있다. 고품질 시금치의 생산과 소비구조 확립이 선진화 방향이라면 고품질의 기준이 먼저 설정되어야 한다. 그러나 품질을 포함한 수확후관리에 관한 시금치의 연구과제가 거의 고품질 방향으로 가고 있는데 원예산물에 대한 세밀한 품질기준의 설정 없이 연구가 수행되고 있다. 우리나라 농산물의 품질기준은 외국의 경우와 차이가 있으므로 내수 및 수출용 시금치에 적용할 수 있는 국산 농산물 자체의 품질기준의 설정이 필요하다.

고품질의 시금치를 유통시키기 위해서는 수출시장에서 요구되는 품질요인의 인증이 필요하며, 품질관리 시스템의 개발과 보급이 필수적이다. 선박을 통해 국내 농산물을 일본으로 수출하기 위해서는 수확 및 저장전처리 등 5일 이상 신선하게 보관할 수 있어야 하기 때문에 예냉·선별·포장·저장 등의 수확후관리 기술의 개발이 이루어져야 한다. 일본시장은 농산물의 선별이나 포장이 까다롭기 때문에 국내 농산물의 수출이 비교적 용이하게 이루어지려면 일본 현지에서 규제하는 병충해에 대해 국내에서 철저히 방제되거나 선별하는 작업이 전제되어야 한다. 국내에서 재배된 시금치는 일본으로 진출하기 위해서는 일본에서 생산된 시금치 및 중국에서 저가로 대량 생산된 시금치와 가격과 품질면에서 경쟁해야 하므로, 일본의 선진 수확후관리 기술을 매우 신속하고 효율적으로 도입하여 국내 유통과정에서 정착시켜야 한다.

여름에 일본에 수입되는 시금치는 전량 중국산이었으며 이중 대부분이 냉동 시금치로, 신선한 상태의 시금치 수출시 품질관리가 상대적으로 유리한 국내산 고품질의 시금치 수출 잠재력이 있을 것으로 판단된다. 신선 농산물은 선박을 통해 수출시 적정 포장기술이 적용되지 못해 컨테이너 내에서 부적합 온도 및 강제 환류에 의해 저온장해, 그리고 중량감소 등 과도한 손실이 발생한다. 수확후 급격히 품질이 저하되는 시금치는 적정수송, 보관 기술이 개발되지 못하여 유통시 장해 등을 경감시킬 수 있는 현장적용 기술개발이 미흡하다.

3) 수출여건 및 전망

농산물의 일본 수출은 중국과 치열한 경쟁관계에 있으나, 우리나라에서도 틈새시장 공략으로 여름철 단경기에 고품질 시금치를 6-9월까지 안정적 수출이 가능할 것으로 예상된다(표 1). 일본 바이어들이 강원도 고랭지 시금치의 고품질을 인식하고 시금치 수입에 관심이 매우 높다. 일본의 시금치 재배면적은 약 25-26천ha로 매년 감소추세에 있으며, 2000년 생산량도 250천톤으로 260천톤에 비해 감소하였다. 일본으로 수입되는 시금치의 대부분은 주로 7-8월에 냉동시금치로, 최근 물량·금액 모두 증가 추세를 보이고 있다(표 2). 출하량이 감소하는 여름철인 7-9월까지가 도매가격이 상승하는 시기이며, 12-3월은 동절기 시설재배 생산품의 출하량이 풍부하여 400-500엔/kg의 안정적인 공급을 나타내고 있다. 일본의 시금치 주산지는 사이타마, 지바 등지며 이 3개현이 전국 생산량의 1/3을 차지하고 있으며, 이외 에도 군마, 도쿠시마, 그리고 후쿠오카 등이 있다.

표 1. 고랭지 시금치와 고랭지 배추의 경제성 분석결과

항 목		평지 시금치 재배 (비가림)	고랭지 시금치 재배 (비가림)	고랭지 배추 재배 (노지)
		금액(원/10a)	금액(원/10a)	금액(원/10a)
경 영 비	종 묘 비	40,000	40,000	40,225
	무기질비료비	51,852	51,852	98,000
	유기질비료비	210,000	210,000	120,000
	농 약 비	10,000	20,000	130,000
	트레이비용	0	0	3,460
	육묘관리비용	0	0	1,561
	기 타 비 용	85,000	85,000	82,560
	소 계	396,852	406,852	393,246
수입(수량×가격)		2,400kg/10a×1,000원/kg = 2,400,000원	1,800kg/10a×4,000원/kg = 7,200,000원	7,000kg/10a×3,000원/kg = 2,100,000원
소득(수입-경영비)		= 2,023,148원	= 6,813,148원	= 1,624,194원

표 2. 일본의 시금치 수입동향

〈 신선냉장 〉

(단위 : 톤, 백만엔)

구 분	'98		'99		'2000		수입 시기
	물 량	금 액	물 량	금 액	물 량	금 액	
전 체	13	5	7	1	23	23	6,7,8,9월
중 국	8	1	7	1	23	23	

〈 냉 동 〉

(단위 : 톤, 백만엔)

구 분	'98		'99		'2000	
	물 량	금 액	물 량	금 액	물 량	금 액
전 체	45,814	5,683	44,426	4,782	44,978	4,589
중 국	45,589	5,635	44,308	4,762	44,907	4,579
대 만	37	5	11	1	23	2
미 국	124	32	64	10	20	2
기 타	64	16	45	9	28	6

자료) KOTIS

나. 경제·산업적 측면

시금치는 재배여건상 1-5월과 10-12월에 주생산 출하되고 고온기인 6월말-9월초중에는 생산량이 극히 적어 국내외적으로 시장가격이 고가로 형성된다. 한국과 일본이 7-8월 단경기로 고가를 형성하므로 국내시장과 수출시장을 동시에 점유 할 수 있다(그림 2, 3).

평야지 작형(1-5, 10-12월) : (국내) 1,500원/kg (일본) 4,326원/kg (그림 2, 3)

고랭지 작형(6월말-9월초) : (국내) 5,000원/kg (일본) 9,600원/kg (그림 2, 3)

고랭지 작형의 시장가격은 평야지보다 국내 및 일본시장에서 2.5배 이상 높음.

(고랭지 환경조건: 해발 750-1000m, 6-8월 평균온도 17℃, 연강수량 1,581mm)

2001-2002년도 고랭지 예비실험에서 생산된 시금치를 국내도매시장에 출하한 결과 5,000원/kg 이상 가격이 형성되어 앞으로 시금치는 6-8월 단경기에 수출 및 내수를 통하여 고소득이 가능하며, 중부산간 및 고랭지에서 유망한 여름작목으로 기대되어 기술개발 연구가 시급하다(그림 4).

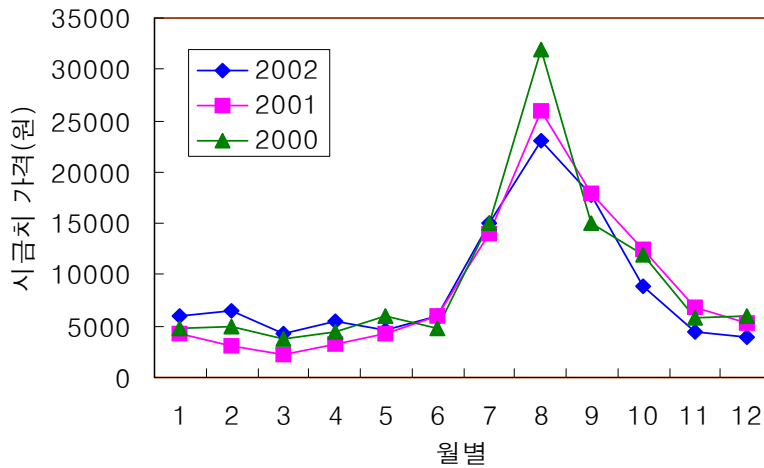


그림 2. 국내 시금치 도매가격 동향(원/4kg)

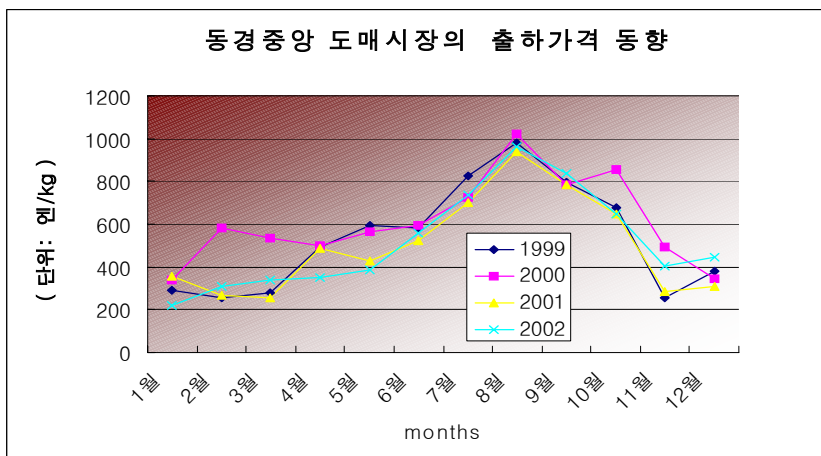



그림 3. 일본 동경중앙 도매시장의 시금치 가격동향(엔/kg)

수탁판매정산서

출하주명

출하주명	8571 - 참 영 북	 원주시청과광주도매시장 합동청과주식 대표이사 서 욱 강원도 원주시 단계동	직 일 과 일 상 전 산 당
경매번호	20010808-047		
판매일자	2001년 8월 8일 * 수량 : 16		

번호	품 명	수량/규격	등급	수량	경매단가	판매금액	경매자
1	시금치	4kg		5	18,000	90,000	55
2	시금치	4kg		5	19,000	95,000	10
3	시금치	4kg		6	21,000	126,000	55
공 의 전 화		수 수 료	21,720		합 계	311,000	
경리부 033-742-2325 742-8709 판매부 033-743-5292 F A X 033-742-6708		공 계 내 역	공 입	0	공채금액	22,730	
		신 도 금	0				
		회계명(별미)	960	차감지불액	288,270		
		기 타	0				

감사합니다. / 항상 농민의 이익을 위해 최선을 다하겠습니다.

합동청과주식회사

그림 4. 2001년도 예비실험에서 생산된 고랭지 시금치 도매시장 경매결과 정산서

간이 수경재배 시스템의 도입에 의한 시설비의 절감과 국외 시장 가격이 고가인 시기에 집적으로 출하하여 농가소득 증대 및 국가 경제에 기여한다. 또한 시금치뿐만 아니라 고랭지에서 비가림으로 재배되는 쌈채소 등에도 이용이 가능한 저비용 간이 수경재배 시스템의 적용으로 수경재배 작목의 확대 가능하다.

일본의 농수산물시장은 그 규모면에서 우리의 수출확대 잠재력을 지니고 있으나 채소의 전체 수출실적은 64백만불이며, 그중 신선채소는 송이(27백만불)가 대부분이고 오이와 딸기가 각각 4.9백만불과 4.5백만불을 약간 상회하고 있어 신규 유망작목 개발이 요구된다. 시금치는 일본현지에서도 생산되고 있지만 강원 고랭지 특정지역에서 재배되는 국내산 시금치는 잎이 두텁고 향과 맛이 독특해 품질에 있어서 대내·외 경쟁력을 구비한 것으로 평가되고 있어 시금치를 선박수송하는 과정에서 신선도를 유지할 수 있다면 국내산 신선시금치의 일본 수출을 크게 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다(표3, 표4). 시금치 생산 농가와 단지

의 경쟁력과 생산성을 향상시키기 위해서는 국산 시금치의 품질에 대한 신뢰도를 높여 수출 및 내수증대와 수출시장 내 가격안정을 반드시 도모하여야 한다. 시금치를 용도에 따라 품질기준을 설정해줌으로써 수출용과 내수용으로 분리하여 취급 할 수 있도록 하여 시금치에 대한 이용률 및 상품가치를 제고시킬 수 있는 기술도 필요하다.

표 3. 일본의 시금치 품질기준

구 분	A	B
형 상	품종 고유의 형상을 지닌 것 (줄기·잎이 꺾임이 없이 곧고, 탄력이있으며 싱싱한 것)	A 다음의 것
색 택	품종 고유의 색택을 지닌 것 (녹색이 짙고, 윤기가 있으며, 잎에 황변이 없는 것)	A 다음의 것
병해·상해	병충해의 피해·손상이 없는 것	A 다음의 것
기 타	<u>초장이 25-30cm이며 뿌리 부위를 적절히 절단하여 흙이 묻지 않고 깨끗한 것. 추대되지 않은 것 (국내용 일등급 초장 15-20cm)</u>	

표 4. 일본의 시금치 선과, 선별 및 포장기준

등 급	계 급	등 급 선 별 기 준						단 량
		길 이 (cm)	1속 중량 (g)	10kg상자	8kg상자	6kg상자		
				상자당 속수	상자당 속수	1속중량	상자당 속수	
A · B	3L	45~36	250이상	40속	32속	200	30~32속	10kg 8kg 6kg
	2L	36~31	200	50~53	40~43	200	30~32	
	L	31~25	200	50~53	40~43	200	30~32	
	M	25~20	200	50~53	40~43	200	30~32	
	S	20이하	200	50~53	40~43	200	30~32	

한·칠레 자유무역협정(FTA) 협상체결, 아시아 국가들의 잇달은 상호국가간에 FTA체결 움직임과 UR협상 등이 우리 농업의 위협과 세계 경제의 흐름속에서 자체노력의 기술개발로 국제경쟁력을 확보하지 않으면 안된다. 우리 농업의 생존을 위해서 특히 신선 농산물은 자급을 통해 내수와 함께 수출경쟁력을 키워 나가야 한다. 신선 경영채소 중 시금치는 아직 내수에 그치고 있지만 채소류 중 영양가면에서 우리 식탁에서 없어서는 안 될 중요한 채소중의 한 작물로서 최근 적은 양이지만 냉동시금치로 일본으로 수출되고 있는 실정이어서 앞으로 주년안전생산체계만 갖추어 진다면 수출 가능성은 충분히 있다고 본다.

다. 사회·문화적 측면

WTO 뉴라운드 출범에 대비 대외경쟁력 우위품목을 재배하여 수출촉진 및 농민들의 소득증대에 기여할 수 있고, 고랭지의 지리적, 계절적, 환경적 특성에 적합한 신규 수출유망품목 개발이 시급하다. 청결함을 중시하는 수입국 일본의 요구에 부응하는 수경재배에 의한 시금치 생산으로 품질에 대한 신뢰도를 높여야 한다. 일본에서 유기농산물 시장이 점차 확대되고 있으며, 친환경재배와 품질에 관한 신뢰도를 향상시켜 국가 및 상품에 대한 이미지를 높여야 한다. 생산자 입장에서 우리 농업의 미래에 대한 희망과 자신감을 갖게 하며 보다 높은 생산의욕을 갖고 우리의 생명산업을 지켜 나갈 수 있다.

주년 생산하기 위해서는 시설 재배가 불가피하며 토양재배에 비해 시설내부는 외부와 차단되어 있기 때문에 먼지나 토양으로부터 오는 토양오염 물질이 없어 청결한 환경조건하에서 재배되기 때문에 무농약 재배가 가능하고 육묘, 정식, 재배관리, 그리고 수확 등의 일련의 작업 등의 노력이 절감된다. 이러한 환경친화적 시금치 주년 재배의 새로운 생산방식에 의한 과학영농의식 고취로 차세대 농민에게 희망과 자신감을 부여시켜 농촌사회 안정에 크게 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 청결함을 중시하는 수입국 일본의 요구에 부응하는 수경재배에 의한 시금치 생산으로 품질에 대한 신뢰도를 제고시킬 수 있어 한국 농산물에 대한 안전성을 부각시킬 수 있다.

고도경제 성장의 발전과 더불어 국민 생활은 풍부하게 되었고 특히 식생활에 있어서는 포식시대를 넘어 먹거리의 다양화의 중심으로 변화였고 또한 채소의 소비량은 전반적으로 늘어나고 소비지향도 「양에서 질」로 변하고 있다. 채소류 중에서 시금치는 카로틴과 비타민C, 철분이 많이 포함되어 있어 녹색 채소를 대표하는 영양가가 높은 채소인데 이러한 건강채소를 주년 생산할 수 있는 시스템 개발로 대량 생산하여 농가소득 증대와 국제 경쟁력을 향상시키고 신선시금치의 수출로 수출 산업화를 꾀할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구의 목표

본 연구과제의 연구목표는 다음과 같다.

- 내수 및 수출용으로 추대가 낮고 병해충에 강한 여름수확전용 품종 탐색
- 종자처리를 통한 발아율과 발아세 향상기술 개발
- 재배방법에 따른 시금치의 품질특성 구명
- 주당 수확목표 증량을 25-30g으로 하여 평당 6kg 이상 생산 기술 개발
- 여름철 신선한 시금치생산으로 고랭지 여름채소류의 대체작목 개발
- 관수정도에 따른 품질의 차이 구명
- 안전농산물 생산 규격에 맞는 환경친화형 병해충 방제 기술 개발
- 시금치 생력화 기술을 사용하여 고품질의 시금치 생산 및 생산기술확립
- 작부체계 개발
- 유통과정에서 신선도 유지를 위한 실증실험으로 수확후관리조건을 구명한다.
- 수확후 상품의 급격한 시들음 증상을 억제할 수 있는 처리법 구명
- 고품질의 시금치 보급을 위한 품질 평가 및 품질기준안 제안
- 시금치의 저장조건별 품질 변화조사로 shelf life 제시
- 물류효율 증진을 위한 개선안 검증/최종안 제안
- 주년생산에 적합한 순환식 수경재배 시스템 선발
- 시금치 순환식 최적 배양액 선발
- 시금치 육묘기술 개발
- 시금치 재배시기별 국내외 품종 수집 및 선발
- 시금치 적정 재식밀도 확립
- 근권 양액온도 변화에 따른 황화 현상 구명
- 생물활성제 처리에 의한 시금치 품질향상
- 재배 및 신선도 유지기술 농가에 이전
- 경제성 분석 및 품질평가
- 수출 및 내수용 품질기준안 제시

3. 연구의 내용 및 범위

구분	세부과제명	연구개발의 내용 및 범위
1차 년도 (2003)	시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확 후 선도 유지 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재배방법에 대한 실태조사 실시 ○ 내수용 시금치 품종선발(추대, 내서성, 내습성, 내병성, 상품성) 구명 ○ 하계재배시 문제가 되고 있는 발아율 및 발아세 향상을 위한 종자처리 기술 구명(종자내부로 산소를 공급할 수 있는 처리기술 연구) ○ 생력화 재배에 필요한 파종기술 개발(기계직파, 씨드테입법, 육묘법, 산파법을 사용하여 경제성이 높은 기술 선택) ○ 여름철에 3기작 이상 가능한 작부체계 구명-관행재배법과 수확후관리의 실태 조사로 문제점 파악 ○ 유통을 위한 적정 실험실 조건(온도, 습도, 기간 등) 구명 ○ 국내·외 시금치 품질기준/평가 방법 조사와 수출용 품종의 기호도 조사와 품질분석에 의한 평가 체계 마련 ○ 유통조건이 수출과정 중 품질변화에 미치는 영향 조사 ○ 수출 및 내수작업의 효율증진을 위한 작업 manual 제안
	시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주년생산에 적합한 순환식 NFT 수경재배 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 베드구조, 양액공급 시스템 구명 ○ 시금치 순환식 최적 배양액 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 순환식 수경재배에 알맞은 배양액 농도 구명 - 원시 배양액 및 야마자끼 배양액과 비교 검토 ○ 시금치 육묘기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육묘상자 : 플러그 육묘(Cell육묘), 파종용 우레탄 - 육묘용토 재료 : 유·무기배양토 - Holl 당 종자수 : 3, 4, 5, 6립 ○ 시금치 재배시기별 국내외 품종 수집 및 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 시금치 품종 수집 - 여름철 고온기 만추대성 품종 수집 - 재배시기(사계절 구분)별 특성 및 수량성 검증

구분	세부과제명	연구개발의 내용 및 범위
2차 년도 (2004)	시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확 후 선도 유지 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지속적인 품종 선발실험 ○ 품종선발 이화학적 품질평가 요인 분석 ○ Priming 처리에 의한 종자발아 및 발아율 향상 ○ 모잘록병 및 시들음병 방제 기술 개발 ○ 고품질 생산에 적합한 합리적 기비 및 추비 기술 구명 ○ 여름철 관수정도에 따른 시금치의 품질차이 비교 ○ 환경친화형 병해충 방제 기술 개발 ○ 최상의 시금치 생산을 위한 품종선별 및 재배방법 제안 ○ shelf life 확인을 위해 생리특성과 유통 중 품질변화 조사 ○ 유통 중 품질변화 구명/검증으로 고품질 shelf life 제시 ○ 내수용 및 수출용 PE필름 포장한 시금치의 품질비교 ○ 수출용 시금치의 외관 및 내부 요인별 품질기준 설정 및 품질기여도에 따른 품질인자의 우선순위 조사 ○ 모의 수출과정을 통한 유통조건에 의한 실증실험으로 문제점 도출 및 이의 해결을 위한 해결방안 제시
	시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경 재배 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시금치의 주년생산에 알맞은 순환식 수경재배 시스템 구조개선 ○ 시금치의 순환식 최적 양액 개발 ○ 시금치의 육묘기술 개발 ○ 시금치의 재배시기별 국내외 품종 수집 및 선발 ○ 시금치의 생육단계별 양액 관리 기술 개발 ○ 시금치의 적정 재식밀도 확립 ○ 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육 특성 ○ 수경재배시 근권 양액 온도에 따른 시금치의 생육 특성

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내기술 현황

국내 선행연구 검토 결과 시금치의 주년재배를 위한 하계재배시 차광과 멀칭재배, Fog mist system의 이용, 관수방법, 종자처리기술, 그리고 시비기술 등을 연구하여 상당한 수준의 기술이 개발된 것으로 보고 되었지만 실용화에는 많은 어려움이 있는 것으로 판단되며 지속적인 연구가 필요하다. 본 연구의 연구자들은 고랭지 여름시금치 고품질 생산 및 수확 후 신선도 유지체계 확립에 대한 예비실험에서 기술 개발의 가능성을 확인함에 따라 앞으로 좀더 체계적인 연구가 필요하며, 특히 품종선발 예비실험에서는 수출 및 내수가 동시에 가능한 품종을 탐색할 가능성이 매우 높다는 결과를 얻은 바 있다.

시금치 재배 전용 배양액이 조성되고 수경재배 작형 개발의 일환으로 펄라이트 배지를 이용한 재배 연구가 일부 수행되었으나, 실제 생산을 위한 재배는 이루어지지 않고 있다. 여름철 평nan지에서 시금치의 수경재배 가능성 검토를 위한 품종 및 파종시기별 생육 양상을 조사하였으나 냉방시설 없이는 불가능함을 확인하였다. 우리나라에서는 시금치 재배 전용 배양액이 조성되고 수경재배 작형 개발의 일환으로 펄라이트 배지를 이용한 재배 연구가 일부 수행되었으나, 실제 생산을 위한 재배는 이루어지지 않고 있는 실정이고 일부 시험 연구기관에서 여름철 평nan지에서 시금치의 수경재배 가능성 검토를 위한 품종 및 파종시기별 생육 양상을 조사하였으나 냉방시설 없이는 불가능함을 확인하였다. 시금치 양액재배 안정화와 고품질 생산을 위한 기초 연구를 하였고(김광용 등., 1995) 여름철 단경기 시금치 생산을 위한 근권냉방 방법과 재식본수를 구명한 결과 시금치 고사율이 80~90%나타나 XL-파이를 이용한 근권냉방 방법은 어려워 결국 여름철 재배는 어렵다고 판단하였다(충북 농업기술원, 1999).

시금치의 예냉 조건은 미국에서 연구된 결과가 제시되어 있으나, 국내에서 재배되는 시금치는 예냉 기술개발에 관한 연구가 전무하다. 특히 여름철에 수확되는 시금치는 예냉의 필요성이 있으나 이에 대한 연구가 없어 예냉의 효과와 예냉의 활용 가능성이 검증되어 있지 못하였다(예비실험 결과 수확후 예냉을 하지 않으면 비타민 C의 함량 등 품질이 급격히 떨어지는 것이 확인되어 추가연구가 요구된다).

수입규제차원의 행정 및 제도적 장벽이 상존해 있다는 점을 간과해서는 안된다. 특히 수입식품의 범람으로 자국민보호책으로서의 식품검역 및 검사가 철저히 이루어지고 있어 수출에 상당한 어려움을 겪고 있다.

따라서 아직까지 우리나라는 주년채배 생산 식물공장생산 체계로 전환하기 위해서는 노동집약형에서 기술집약형 생산체계가 취약한 상태이다. 시금치 채배시기에 따른 품종 생육 반응은 장일성 채소로서 장일고온 조건하에서 촉진되어 25℃이상이 되면 생육장해나 병해충이 만연되어 고온장일 조건 같은 불량환경 조건이 가중되는 여름철 수확채배는 어렵게 된다. 따라서 적품종을 선택하든가 아니면 채배환경을 인위적으로 조절하지 않는 한 고품질의 시금치 안정 생산하기는 극히 어렵다. 특히 7월부터 이러한 이유 때문에 평지보다는 고랭지에서 채배가 이루어지고 있으며 주로 평지에서 채배되고 있는 품종으로서는 최근 품종으로 마이티, 파로마, 바이킹 등이 일본에서 도입되어 채배되고 있다.

제 2 절 국외기술 현황

중국은 일본의 여름철 시금치 틈새시장을 공략할 목적으로 신선시금치 수출을 위한 연구가 진행중에 있는 것으로 알려지고 있어 국내 시금치 채배 농민들과 경쟁이 불가피한 실정이다. 중국산 시금치의 현지 도매시장 가격은 국내의 60-70% 정도의 수준인 것으로 알려져 있다. 고품질 및 신선도 유지기술이 개발된다면 중국보다 한국이 일본에 인접해 있기 때문에 경쟁력 있는 것으로 판단된다. 단 2002년도에 일본수출용 중국 냉동시금치에서 고독성농약이 검출되어 앞으로 4년 이상 중국산 시금치 수입이 금지되어 앞으로 국내의 신선채소류의 해외수출에 절호의 기회가 열려있다.

농산물 유통선진국에서는 농산물의 장기간 고품질 유지와 에너지·노동력·비용 절감을 위해 콜드체인 기계설비의 설계·제작·이용 및 선별·포장·예냉·수송·하역에 관한 기준을 정하여 농산물의 고품질 유지와 비용절감 효과를 극대화하고 있으나, 국내에서는 이러한 연구가 매우 취약하다.

유럽에서는 수경채배를 이용한 시금치의 공장적 생산이 이루어지고 있으며, 일본에서는 친수성 섬유를 이용한 직파채배 기술이 개발되어 일부 실용화하고 있다. 시금치 양액채배 안정

화와 고품질 생산을 위한 기초 연구를 하였고(김광용 등., 1995) 여름철 단경기 시금치 생산을 위한 근권냉방 방법과 재식본수를 구명한 결과 시금치 고사율이 80~90%나타나 XL-파이를 이용한 근권냉방 방법은 어려워 결국 여름철 재배는 어렵다고 판단하였다(충북농업기술원, 1999). 또한 시금치에 함유된 유기산(Oxalic acid, $C_2H_2O_4+2H_2O$)과 초산태 질소가 인체에 해롭다는 것이 밝혀지면서 일본에서는 유기산이 적은 품종 육성과 재배방법 등으로 유기산과 초산태질소의 함량을 줄이고(塩見 등., 1996.) 또한 유기질비료 연용시비는 초산태 함량 저하에 유효하다는 보고(角田 등., 1997)도 있다. 일본에서는 수경 무농약 재배로 년 15작이 가능한 재배 시스템 개발로 10a당 약 20톤의 생산량을 안정적으로 확보할 수 있는 재배법이 개발되어 산업화로 이루어지고 있다.

제 3 절 앞으로의 전망

고품질의 시금치 생산하기 위해서는 저비용 및 안정생산이 가능한 생력화 기술 개발이 요구되며, 시금치의 신기술 개발(육묘, 재배, 저장, 유통 등)과 생산시설의 현대화를 통해 농업생산성 향상 기술 개발이 이루어 질 것이다. 시금치 주년 안전 생산 친화적인 방식으로 생산하여 품질을 극대화 함으로써 소비자들로 하여금 시금치 생산물에 대한 요구도에 부응하여 안정성, 기능성에 맞추어져 수요가 급증 될 것으로 전망되며 농가소득 증대는 물론 국제경쟁력 증진에도 크게 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

세계 최대 농산물 수입국인 일본을 인접에 두고 있는 우리나라는 농산물 수출의 유리한 점을 지니고 있다. 일본은 그동안 고도경제성장에 따른 식생활 소비구조 변화로 신선채소 중심의 농산물은 수요량이 크게 증대되고 있는 반면에 일본 내 생산량은 농촌노동력 부족과 노임 상승으로 정체 내지는 감소추세에 있다. 일본의 농수산물 자급률은 급격한 하락추세를 보여 60년에 75%이었던 것이 95년에는 42%에 불과한 실정이며, 대부분의 부족분을 해외수입에 의존하고 있는 실정이다. 최근 일본의 시금치 재배현황을 살펴보면 2001년 재배면적이 24,700ha 수확량이 319,300 톤으로 일본 엽경채류 수확중 7%를 차지하고 있고 재배면적은 2000년 대비 98%로 감소하였다. 따라서 일본의 시금치 재배면적은 감소 추세가 예상되는데 수확량 감소에 따른 부족분을 외국에서 수입할 수 밖에 없는데 시금치 주년안

정 생산기술 및 시스템 개발이 완료되면 연간 15회 정도의 수확이 가능하여 국내 수요 충족은 물론 수출 가능성이 매우 높을 것으로 유망시 된다. 수경재배에 의한 생육에 적합한 환경 유지로 생육기간이 단축되어 수량의 증가는 물론 수입국의 기호에 맞는 규격품 생산이 유리하다.

시급치 수입국인 일본의 검역은 점진적으로 강화될 것으로 예상되므로 이에 대처하기 위하여 청정생산이 가능한 수경재배의 도입이 필요하다. 또한 선도, 선별, 그리고 포장면에서 믿을 수 있는 상품 생산이 필요하고, 국내 가격등락과 무관하게 안정적 공급을 함으로서 신용을 확보해야 하고, 또한 잔류농약과 유해물질 없는 안전상품을 생산하여 수출하는 것이 요구된다. 일본은 우리나라와 지리적, 식문화적으로 가장 가까운 시장인 만큼 수출정책이나 유통여건이 조성된다면 일일 공급권 형성이 가능할 것이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구방법

1. 연구내용

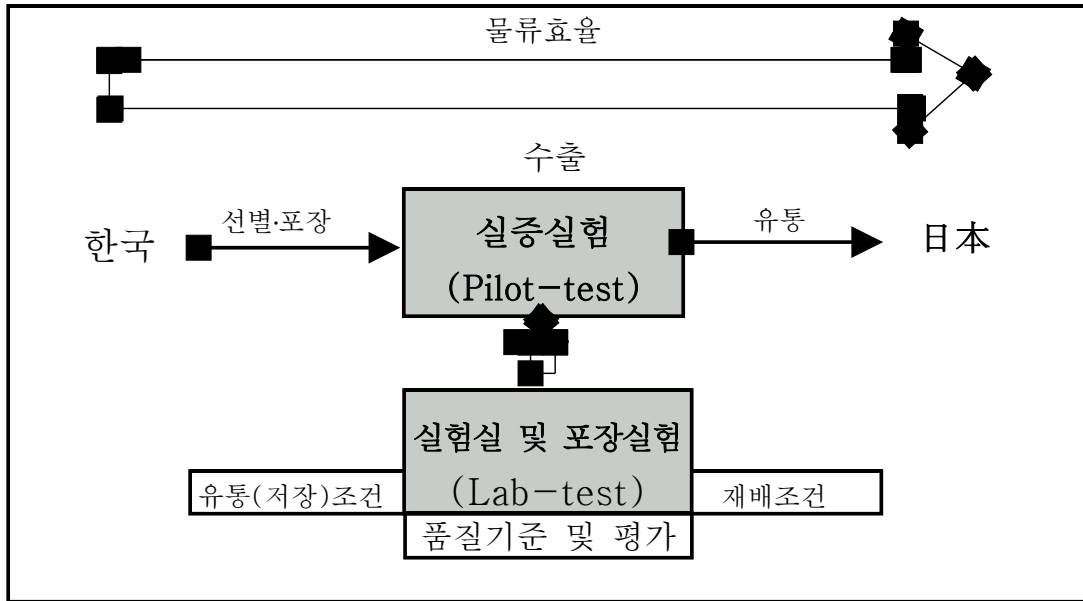


그림 5. 시금치 유통경로 및 연구 추진 개략도

표 5. 시금치 모의 운송조건 예시

성숙도	상품 및 운송온도 (모의 컨테이너 설정온도)	실험처리		기본조건
		초기상품 온도	필름포장	
관행 수확기	5℃ 또는 10℃	5℃	+	1) 습도조절 2) 포장단위 : 4kg 3) 수확시 예상온도 : 25℃
			-	
		10℃	+	
			-	
		실온	+	
			-	

**예비실험을 통한 수출 및 내수용 고품질 고랭지
시금치 생산 및 선도유지 가능성 확인**



- 수출 및 내수용 품종선발
- 종자처리기술 구명
- 생력화기술 개발
- 수경재배 기술 개발
- 예냉과 유통을 위한 조건 구명
- 품질기준 및 품질평가
- 고품질 및 안전성 평가
- 유통 품질변화 조사
- 수확단계별 생리특성 및 품질변화조사



총 2개 세부 과제
강릉대학교
식물응용과학과
전라남도농업기술원
농민단체(창수농장)

**3개 기관
연구진 참여**



- 재배기술, 병해충 실태조사와 관련된 정보 수집
- 고품질 규격 및 신선도 유지기술 조사
- 전문가 위촉
- 시금치생산농가 견학
- 일본수입업체의 자료수집
- 농약의 허용기준 관련 자료수집
- 선진국 견학으로 내수와 수출 촉진 전략적 방법 모색



**시금치의 고품질 및 수확후
신선도 유지기술 개발**



**실용적이고 저비용 재배기술 및 간이
수경재배기술 농가에 보급**



- 수출 및 내수용 고랭지 시금치 품종 홍보
- 토양특성에 따른 시금치 재배 처방지침서 보급
- 고품질 및 저비용 안정생산으로 국제경쟁력 강화
- 신선도 유지기술개발로 시금치 소비촉진
- 시금치 수출 시장 개척 및 수출증대

**수출 및 내수농산물 생산기반확충 및
농민의 소득증대 기여**

2. 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확후 선도 유지 기술개발

- 실태조사 : 평년지의 대규모 시금치 단지에서 시금치 재배관리 실태조사
- 품종탐색 : 국내외에 유통되고 있는 40여 품종에서 국내실정에 적합한 품종탐색
- 종자처리 : 발아율과 발아세를 향상시킬 수 있는 종자처리 기술 구명
- 파종방법 : 생력화 재배에 적합한 파종방법 구명(멀칭방법 구명)
- 작부체계 : 여름철에 3기작 이상 가능한 작부체계 구명
- 시비기술 : 고품질 시금치 생산에 적합한 합리적 기비 및 추비 기술 구명
- 병해충 : 안전농산물 생산 규격에 맞는 환경친화형 병해충 방제 기술 개발
- 포장 : 기존 포장과 필름포장의 효능 비교
- 품질분석 : 외관 및 내부품질 인자인 맛, 색소, 경도 등의 평가 및 기준안 마련
- 수확후관리 : 고품질 유지를 위한 수확후처리 구명
- 수출 및 내수 모의 실증실험 : 동일한 조건의 유통체계로 시금치의 품질변화 평가

3. 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발

- 시금치 주년생산 수경재배 시스템 개발
- 친환경 배양액 관리 체계화
- 시금치 육묘 기술 개발
- 시금치 주년생산 전용 품종 선발
- 시금치 기능성 및 품질향상

제 2 절 연구결과

1. 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확후 선도 유지 기술개발

가. 고랭지 여름재배용 시금치의 품종 선발과 재식밀도에 따른 생육 비교

1) 서언

호냉성 채소인 시금치의 종자발아는 종자의 구조적 특성 때문에 발아율과 발아세가 온도, 수분, 성숙도, 과피의 특성 그리고 품종 등에 의해 크게 차이가 나며(Leskovar 등, 1999; Woo와 Lee, 1985), 종자의 발아율을 높이기 위한 처리법이 연구되고 있다(Katzman 등, 2001; Ku 등, 1996; Lee 등, 2003). 일반적으로 시금치 종자의 평균 발아율과 발아세는 15°C에서 가장 우수하고 무박피 종자보다 박피 종자가 우수하였다(Woo와 Lee, 1985). 시금치 재배시 종자가 갖고 있는 문제점은 구조상 기계직파가 어렵다(Bracy와 Parish, 1998).

시금치는 여름재배시 고온에 의해 발아 불량과, 노균병, 입고병, 뿌리썩음병 등의 각종 병해 발생이 문제가 되고 있으며(GARES, 2004), 충해로는 응애와 도둑나방 등이 있어 장마 후의 고온기에는 평년지 재배가 극히 어렵다(Morita 등, 1988). 여름철 시금치 재배시 또 다른 문제점 중 하나는 직파시 밀식된 상태이므로 묘가 연약하게 자라거나 유묘기에 발생하는 모잘록병으로 수량이 감소한다는 것이다. 따라서 여름철인 7월부터 9월까지는 단경기가 형성되어 시금치의 값이 크게 폭등한다. 강원 중부 산간 및 고랭지 지역은 여름철 서늘한 기후로 여름재배용 시금치를 재배한다면 이러한 문제점을 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 지금까지 고랭지 여름재배에 적합한 시금치 품종의 선발, 재배방법 등에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 강원도 고랭지에서 여름철에 시금치를 안정적으로 재배하기 위해 적정 품종 선발과 재식밀도에 따른 생육반응을 구명하고자 실시하였다.

2) 재료 및 방법

고랭지에서 여름재배용 품종을 선발을 위한 실험은 7월 10일에 파종하여 9월 20일까지 대관령지역의 왕산면(해발고도 720m)에 있는 실험포장에서 실시되었다. 본 실험에 사용된 품종은 ‘광채’(Seminis Korea), ‘농록’(동부한농), ‘만추’(Seminis Korea), ‘바이오’(농우바이

오), ‘삼손’(Sinzenta), ‘스트롱’(Seminis Korea), ‘오카메’(Takii), ‘킹오브썸머’(Seminis Korea), ‘타이탄’(Seminis Korea), ‘폴카’(Seminis Korea), ‘플라톤’(Seminis Korea), 그리고 ‘TS-2506’(Takii) 등 12개 품종을 사용하였다. 종자는 발아율과 발아세를 향상시키기 위하여 12시간 동안 흐르는 물에 침지한 후 6시간 동안 상온에서 건조하였다. 비가림하우스에서 원예용 상토(Bio-2, Seminis Korea)를 채운 288구 플러그 트레이에 표면 건조된 종자를 파종하여 본엽 2-3매가 완전 전개될 때까지 20일간 육묘 후 비가림하우스에 정식하였다. 정식은 3열로 하였으며, 약 1m×1-2m (폭×길이) 면적에 난괴법 3반복으로 하였다. 관수는 육묘 초기에는 스프링 쿨러로 2일 간격으로 하였고, 육묘 중기 및 후기까지는 4-5일 간격으로 실시하였다. 퇴비, 비료, 병해충 방제 등 기타 재배 관리는 관행재배법에 따랐고 발아율, 엽색, 엽 형태, 엽육 두께, 추대율, 내서성 등을 조사하였다. 품종 선발은 발아율 90% 이상, 추대율 0%, 그리고 내서성(1, 내서성 약; 7, 내서성 강)의 기준으로 실시하였다. 1차 선발된 4개 품종은 완전임의배치법으로 2m×30m(폭×길이)로 재식하였다. 수확기의 시금치 조직감을 알아보기 위해 조섬유와 cutting force를 조사하였다. 시금치의 cutting force는 잎을 4겹으로 포개어 엽신의 중심부를 폭이 1cm가 되도록 절단한 후 면도날이 장착된 물성 분석기(EZ test-500, Shimadzu)로 측정된 후 잎 하나(1cm, 넓이)의 측정치로 환산하였다. 색차는 chroma meter(CR300, Minolta)으로 엽신의 Hunter 값을 조사하였다. Ascorbic acid는 엽조직 2g을 50% methanol 용액 10ml에 넣고 BHT를 100mg 첨가한 후 균질화하여 0.45µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC로 OA-1000 organic acid 분석용 column을 이용하여 UV detector 214nm에서 측정하였다.

재식밀도에 따른 생육반응을 알아보기 위한 실험은 Seminis Korea에서 분양받은 ‘광채’ 종자를 사용하였다. 종자 전처리와 품종 선발 실험과 같은 방법으로 실시하였고 재식밀도는 7×7cm, 10×10cm, 15×15cm, 그리고 20×20cm로 하였다. 생육조사는 정식 후 10일, 20일, 그리고 30일에 엽수, 엽신장, 엽장, 엽폭, 지상부 생체중, 지하부 생체중, 그리고 지상부 및 지하부 건물중을 조사하였다. 포장 관리는 품종 선발 실험과 동일한 방법으로 수행하였다. 통계는 SAS(Statistical Analysis System, ver. 8.1)을 이용하여 Duncan의 다중검정으로 분석하였다.

3) 결과 및 고찰

여름재배용 시금치 품종을 선발하기 위한 12개 품종의 특성조사 결과는 Table 6과 같았다. 시금치의 여름재배시 문제점 중 하나인 발아율은 ‘삼손’, ‘킹오브썸머’ 그리고 ‘플라톤’이

95% 이상으로 가장 우수하였으며, ‘광채’와 ‘바이오’가 각각 92%와 93%로 좋은 발아율을 보였다. ‘만추’, ‘스트롱’ 및 ‘타이탄’도 90%의 양호한 발아율을 보였다. Katzman 등(2001)과 Ku 등(1996)은 차아염소산나트륨 처리나 박피 등의 종자처리가 발아율을 높인다고 보고하였으나, 본 연구에서는 종자 고유의 발아력을 알아보기 위해 최소한의 종자처리인 침지 이외의 처리는 수행하지 않았다. 여름철 재배에서 시금치의 가장 중요한 문제점 중 하나인 추대는 ‘광채’, ‘바이오’, ‘삼손’, ‘킹오브썸머’, ‘타이탄’, 그리고 ‘플라톤’ 품종에서는 수확기까지 전혀 나타나지 않았다. 품질은 우수하나 수확기에 추대 때문에 선발에서 제외된 품종에 대한 추대억제 연구도 필요할 것으로 판단된다. 내서성은 ‘광채’ ‘바이오’, 그리고 ‘삼손’이 각각 7로 가장 좋게 나타났다. 가장 좋은 발아율을 보인 Takii 종묘의 ‘Ts-2506’는 추대율이 90%로 여름철 시금치로 가장 부적합하였다(자료미제시). 품종 중 발아율 90% 이상, 추대율 0%, 내서성이 7인 ‘광채’, ‘바이오’, ‘삼손’, 그리고 ‘킹오브썸머’ 등 4개 품종이 여름시금치로 적합한 것으로 사료되었다.

선발된 ‘광채’, ‘바이오’, ‘삼손’, 그리고 ‘킹오브썸머’의 4가지 시금치 품종의 조섬유와 경도는 Fig.6 같았다. 시금치내 조섬유 함량은 약 3% 정도이며 품종간 유의차는 없었다. 경도는 ‘바이오’ 품종이 높고 ‘킹오브썸머’ 품종이 가장 낮으며 ‘광채’와 ‘삼손’이 유사하여 0.6N 정도를 보였다. 색차에서 밝기를 나타내는 Hunter L 값은 ‘광채’와 ‘킹오브썸머’ 순으로 높았고, 녹색을 나타내는 -a값과 노란색을 나타내는 b값도 ‘광채’가 가장 높고 그 다음으로 ‘킹오브썸머’가 높았다. 단 Hunter a/b 값은 삼손이 -0.70 그리고 나머지 품종이 -0.74 전후로 유사하게 조사되었다(Fig. 7). 수확시 시금치에 있는 생체중당 ascorbic acid 함량은 ‘바이오’와 ‘광채’ 품종이 $150\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이상이었으며, ‘삼손’이 약 $85\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 그리고 ‘킹오브썸머’가 $30\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이하로 조사되었다(Fig. 8). Ascorbic acid 함량이 차이가 나는 것은 품종의 차이도 있겠지만, 고랭지에서 수확하여 실험실까지 걸리는 운송시간의 차이와 하루 중 수확 시기가 언제인가에 의한 차이가 크게 작용했을 것으로 생각된다.

재식밀도에 따른 시금치의 생육특성 조사는 선발된 4가지 품종 중에서 품질이 우수한 ‘광채’ 품종을 재료로 이용하였다. 전체적인 생육상태는 Fig. 4와 같았으며, 재식밀도에 따른 엽장과 엽신장의 변화는 정식 후 10일과 30일에는 엽장과 엽신장의 차이는 유의성이 없었으나, 정식 후 20일에는 재식밀도가 좁을수록 엽장이 길고 엽신장은 짧은 경향을 보였다. 재식밀도에 따른 엽폭의 차이는 정식 후 30일의 경우 7×7cm가 9.8cm, 10×10cm가 11.9cm, 20×20cm가 13.6cm로서 재식밀도가 커짐에 따라 증가되었다. 엽수는 정식 후 10일째에는 유의성이 없었지만 20일과 30일째에는 재식밀도가 커짐에 따라 증가되는 경향을 보였다

(Table 7). 지상부와 지하부 각각의 생체중은 정식 20일 후부터 재식밀도가 커질수록 증가되었으며 지상부의 경우는 정식 후 30일에는 7×7cm가 41.8g, 10×10cm가 52.6g, 15×15cm가 62.2g, 20×20cm는 87.2g으로 20×20cm의 경우 7×7cm 보다 생체중이 2배 이상의 결과를 보였다(Table 8). 이는 재식밀도가 커짐에 따라 투광율과 통기 그리고 단위면적당 양분 흡수량이 증대되어진 결과라고 생각된다. 시금치의 수량에는 지상부 생체중이 큰 영향을 미치므로 재식밀도가 커질수록 주당 수량은 증가하나 단위면적당 수량은 감소하는 것으로 생각된다. 그러나 수량성은 기상변화와 토양환경 요인에 따라서도 변할 수 있으므로 재식밀도에 따른 생육분석은 지속적인 연구와 검토가 필요할 것으로 생각된다. 지상부처럼 두드러지는 결과를 나타내지는 못하였지만 지하부의 생체중과 건물중도 재식밀도가 7×7cm에서 20×20cm으로 커짐에 따라 1.9g에서 3.0g로 유의성 있게 증가되었다(Table 8). 결과적으로는 재식밀도가 커질수록 시금치의 생체중이 증가되었지만 20×20cm에서 자란 시금치의 경우 다른 재식 거리에서 자란 시금치에 비해서 잎이 너무 크고 개장형으로 박스 포장시 불편한 점이 발견되었다. 7×7cm에서 수량은 가장 좋았지만 품질면에서 엽장은 상대적으로 길며 도장을 하여 상품성이 떨어졌다(Fig. 9). 총수량은 조사하지 못하였으나 10×10cm의 재식밀도에서 자란 시금치가 경제성과 소비자의 선호도에 비추어 보았을 때 상품성이 더 우수할 것으로 생각된다.

4) 초록

고랭지 여름철 시금치 재배시 종자의 발아율은 ‘삼손’, ‘킹오브썸머’, 그리고 ‘플라톤’이 95%로 가장 좋았고, 실험기간 동안 ‘광채’, ‘바이오’, ‘삼손’, ‘킹오브썸머’, ‘타이탄’, 그리고 ‘플라톤’은 추대가 발생하지 않았다. 또한 내서성은 ‘광채’, ‘바이오’ 그리고 ‘삼손’이 각각 7로 가장 좋았다. 발아율, 추대율, 그리고 내서성 등을 고려해 볼 때 시금치 12개 품종 중 ‘광채’, ‘바이오’, ‘삼손’, 그리고 ‘킹오브썸머’ 등 4개 품종이 고랭지 여름재배용 품종으로 적합할 것으로 사료된다. 정식시 재식밀도를 7×7cm, 10×10cm, 15×15cm, 그리고 20×20cm로 하여 ‘광채’ 품종을 재배한 결과 재식밀도가 클수록 정식 후 20일에 엽장과 엽신장은 작아지는 경향을 보이나 정식 후 30일에는 재식밀도간 통계적인 유의차가 없었다. 재식밀도에 따른 엽폭의 변화는 정식 후 30일에 7×7cm 재배시 9.8cm에서 20×20cm 재배시 13.6cm로 재식밀도가 커짐에 따라 증가되었다. 엽수는 정식 후 10일째 조사에서는 유의차가 없었지만 20일째부터 재식밀도가 커짐에 따라 엽수가 많아졌다. 지상부와 지하부 생체중은 정식 후 20일째부터 재식밀도가 커질수록 증가되었으며 지상부는 정식 후 30일에는 20×20cm 재

배는 7×7cm 재배보다 생체중이 2배 이상 많았다. 지하부의 생체중도 7×7cm가 1.9g인데 비해 20×20cm는 2.97g로 재식밀도가 커짐에 따라 증가하였다. 수량은 7×7cm에서 가장 좋았지만 품질은 엽장이 상대적으로 길며 도장을 하여 상품성이 떨어져 가장 경제성이 높은 재식밀도는 10×10cm로 판단된다.

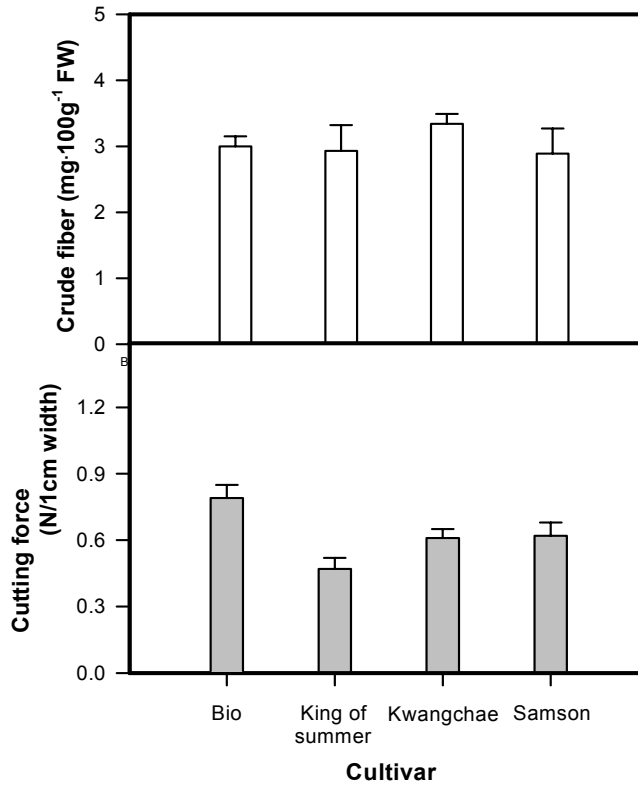


Fig. 6. Fiber contents and cutting force at harvest of 4 spinach cultivars selected from alpine area for summer cultivation in Korea. Spinaches were grown for 30 days after transplanting.

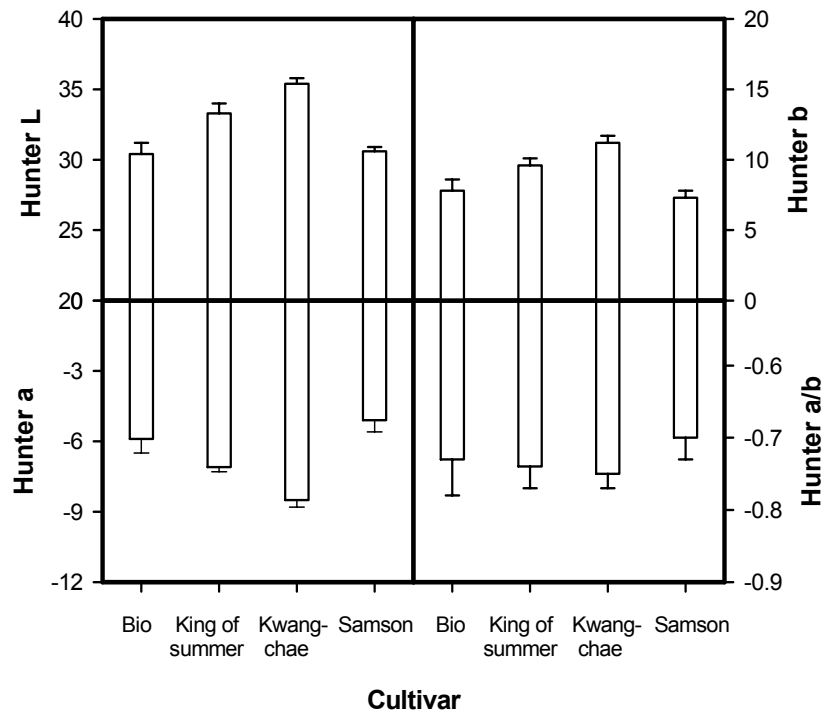


Fig. 7. Hunter values at harvest of 4 spinach cultivars selected from alpine area for summer cultivation in Korea. Spinaches were grown for 30 days after transplanting.

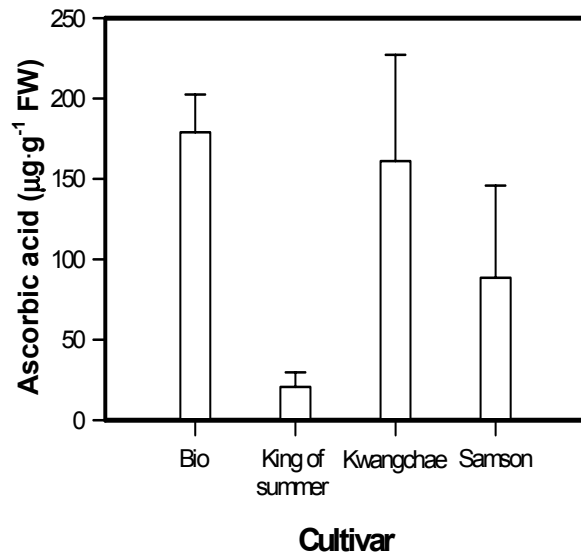


Fig. 8. Ascorbic acid contents at harvest of 4 spinach cultivars selected from alpine area for summer cultivation in Korea. Spinaches were grown for 30 days after transplanting.

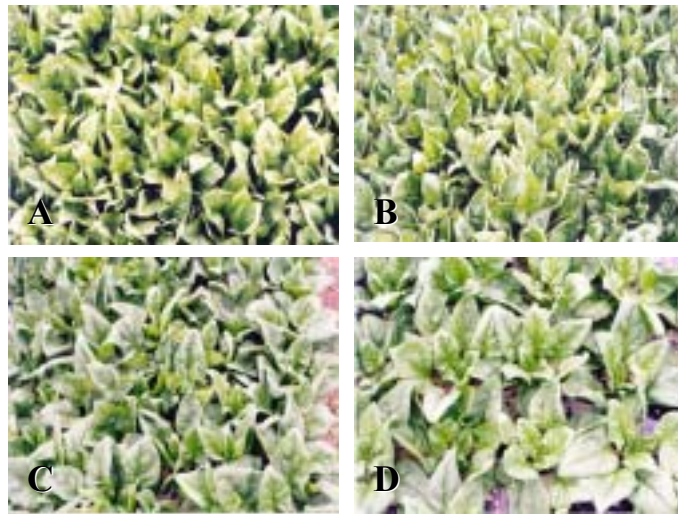


Fig. 9. Growth response according to different planting distances of spinach grown for 30 days after transplanting. A, 7×7cm; B, 10×10cm; C, 15×15cm; D, 20×20cm

Table 6. Growth characteristics of 12 spinach cultivars used in this study.

Cultivar	Leaf blade color ^z	Leaf blade and petiole attitude	Leaf blade shape		Summer resistance ^y	Germination percentage
			excluding basal lobes	apex		
Bio	3	horizontal	broad elliptic	-	7	93
King of Summer	5	horizontal	broad elliptic	rounded	6	95
Kwangchae	4	semi-erect	broad elliptic	obtuse	7	92
Manchoo	4	semi-erect	elliptic	obtuse	6	90
Nongrog	4	horizontal	elliptic	obtuse	5	86
Okame	3	horizontal	triangular	obtuse	5	80
Platon	3	horizontal	broad elliptic	-	6	95
Polka	3	semi-erect	elliptic	obtuse	4	87
Samson	4	semi-erect	broad elliptic	rounded	7	95
Strong	4	semi-erect	broad elliptic	rounded	6	90
Titan	4	semi-erect	broad elliptic	acute	4	90
Ts-2506 (Takii)	2	horizontal	triangular	obtuse	2	100

^zIntensity of green color: Dark-green 5, Light-green 1

^yStrong 7, Weak 1

Table 7. Effect of different planting distances on the leaf growth of spinach 'Kwangchae' after transplanting. Seedlings were grown for 20 days in plug trays.

Planting distance	Days after transplanting					
	10	20	30	10	20	30
	<i>Leaf length (cm)</i>			<i>Leaf width (cm)</i>		
7×7cm	8.7 a ^z	20.9 a	28.3 a	8.7 a ^z	7.1 bc	9.8 c
10×10cm	8.3 a	17.6 b	28.8 a	8.3 a	7.8 ab	11.9 ab
15×15cm	7.5 a	18.9 b	26.3 a	7.5 a	8.4 a	11.1 bc
20×20cm	6.7 a	14.9 c	26.4 a	6.7 a	7.0 c	13.6 a
	<i>Leaf blade length (cm)</i>			<i>No. of leaves (ea/plant)</i>		
7×7cm	-	11.0 b	14.7 a	2.7 a	9.5 b	14.8 b
10×10cm	-	10.5 bc	17.2 a	3.0 a	10.5 b	18.0 ab
15×15cm	-	12.8 a	16.7 a	3.0 a	11.0 a	15.5 ab
20×20cm	-	9.4 c	17.1 a	3.0 a	10.0 ab	18.5 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 8. Effect of different planting distances on the fresh weight and the dry weight of spinach 'Kwangchae' after transplanting. Seedlings were grown for 20 days in plug trays.

Planting distance	Days after transplanting					
	10	20	30	10	20	30
	<i>Top fresh weight (g)</i>			<i>Root fresh weight (g)</i>		
7×7cm	2.2 a ^z	11.3 c	41.8 b	0.3 a ^z	0.5 c	1.9 b
10×10cm	1.7 b	16.7 b	52.6 b	0.3 a	0.8 b	2.1 ab
15×15cm	1.4 c	21.0 b	62.2 b	0.2 b	1.0 a	2.4 ab
20×20cm	1.1 d	31.6 a	87.2 a	0.3 a	0.6 bc	3.0 a
	<i>Top dry weight (g)</i>			<i>Root dry weight (g)</i>		
7×7cm	0.3 a	0.8 c	3.0 b	0.02 a	0.04 c	0.21 b
10×10cm	0.3 a	1.3 c	3.4 b	0.02 a	0.08 ab	0.21 b
15×15cm	0.2 b	1.8 b	4.1 b	0.02 a	0.09 a	0.27 b
20×20cm	0.3 a	2.6 a	5.6 a	0.02 a	0.06 bc	0.40 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

나. 플러그 셀 크기가 여름시금치 묘 생육에 미치는 영향

1) 서언

호냉성 채소인 시금치(*Spinacia oleracea* L.)는 생육적온이 15-20℃로서 저온에 강하고 고온에 약하여 25℃ 이상에서 생육이 둔화되기 시작하고 30℃ 이상에서는 생육이 정지한다. 또한 고온·다습의 불리한 생육조건에서는 병충해, 생리장해, 그리고 추대 등이 발생한다. 시금치는 여름재배시 고온에 의해 발아 불량, 노균병, 입고병 및 뿌리썩음병 등 각종 병에 의한 피해(GARES, 2004), 그리고 응애와 도둑나방 등의 충해로 인해 장마 후의 고온기에서는 기온이 서늘한 고랭지 이외의 평nan지 재배가 극히 어렵다(Morita 등, 1988). 여름시금치 재배시 또 다른 문제점 중 하나는 직파시 밀식된 상태이므로 묘가 연약하게 자라거나 유묘기에 발생하는 모잘록병으로 수확량의 감소를 초래한다는 것이다. 따라서 국내에서는 7월부터 9월까지 단경기가 형성된다. 평nan지에서 시금치의 여름철 시설하우스 재배시 영향을 주는 요인은 지온 > 일사량 > 기온 > 습도 순이었다고 보고되었다(Woo 등, 1996). 시금치의 발아 속도는 20℃에서 좋았고(Lee 등, 2003), 시금치보다 생육적온이 높은 토마토는 플러그 유묘시 근권온도가 25℃에서 생육이 우수하였다는 보고가 있다(Huh 등, 2001).

고온기의 불리한 환경들을 극복하기 위한 방법 중 하나로 시설하우스 재배시 분무시스템, 냉풍시스템, 그리고 차광을 이용하여 온도를 낮추는 연구 결과도 있다(Woo 등, 1996; Suhardiyanto와 Matsuoka, 1992).

직파에 비해 플러그 육묘는 육묘 면적과 종자소요량이 적을 뿐만 아니라, 육묘의 일관된 시스템화가 가능하며, 정식작업이 간편하다. 따라서 최근 엽채류 등(Honda, 1996a, 1996b)에서도 많이 이용되고 있다. Suzuki와 Takaura(1994)는 종이플러그 트레이에 육묘한 시금치를 간이정식기로 정식하여 재배가 가능하였다고 보고하였다. 시금치를 이식재배 할 경우 재배기간이 단축되어 토지 이용율이 증대되고 이식전의 집중적 관리로 수량 및 품질 향상을 기대할 수 있다. 플러그 육묘는 육묘노력 절감과 균일 묘의 대량 생산이 용이하고 작물 생산을 분업화할 수 있는 장점(Ito, 1992)이 있어 1990년대에 우리나라에 도입된 이래 그 이용이 늘어나는 추세이다. 플러그셀의 크기에 따라 묘소질에 영향을 준다는 고추, 부추, 토마토 등의 연구 결과가 보고되어 있다(Kim 등, 2001; Lee와 Kim, 1999; Shin 등, 2000). 이와 같이 시금치의 정식재배는 여러 가지 장점을 가지고 있지만 지금까지 시금치의 육묘 및 정식재배에 관한 실용적 연구는 전무한 실정이다. 본 연구는 시금치를 안정적으로 재배하기 위해 육묘시 플러그 트레이의 셀 크기에 따른 육묘의 생육반응을 구명하고자 실시하였다.

2) 재료 및 방법

본 실험은 3월 15일부터 6월 15일까지 강릉대학교 유리온실에서 시금치를 육묘하여 유묘의 생육을 조사하였다. 공시품종은 일본 다끼 종묘에서 분양받은 'Summer Spinach'였다. 종자 전처리는 발아율과 발아세를 향상시키기 위하여 12시간 동안 흐르는 물에 침지한 후 6시간 동안 상온에서 건조하였다.

건조 후 20℃의 항온기에서 최아시킨 뒤 용뿌리상토(서울농자재)를 셀당 11.0cm³의 용적을 가진 200구, 6.4cm³의 용적을 가진 288구, 3.4cm³의 용적을 가진 406(A)구, 4.3cm³의 용적을 가진 406(B)구의 트레이에 채운 후 셀 당 1립씩 파종하여 30일간 육묘하였다. 파종 후 육묘는 18~25℃로 유리온실에서 실시하였으며, 관수는 1일 1~2회 두상관수법으로 물이 흐를 정도로 실시하였다. 시비는 잎이 전개후 일주일에 1회씩 총 3회 하이포넥스와 목초액(영월 목초액)을 각각 1,000배 희석한 혼합액을 엽면살포하였다. 병해충 방제는 살충제로 타스타와 에이팜을 사용하였다.

육묘 기간 중 생육조사는 파종 후 10일부터 10일 간격으로 3회에 걸쳐 각 처리구에서 5주씩 임의로 선발하여 엽장, 엽폭, 엽신장, 근장, 엽수, 건물중 및 생체중 등을 측정하였다. 건물중은 생체중 측정 후 80℃로 맞춰진 건조기에서 72시간 건조 후 측정하였다. 통계처리에는 SAS(Statistical Analysis System, V. 6.12, USA) 통계프로그램을 사용하여 Duncan의 다중검정을 하였다.

3) 결과 및 고찰

육묘 중 플러그 트레이의 셀 크기에 따른 시금치의 엽장변화는 Table 9와 같다. 육묘 후 10일에 200구에서 2.3cm로 나타나 다른 처리구에 비해 초기 생장이 매우 우수하였고, 그 다음으로 288구 > 406구(B) > 406구(A) 순이었다. 30일 묘에서도 200구가 8.7cm로 가장 길었고, 288구는 7.3cm, 406(B)구는 7.0cm, 그리고 406(A)구는 5.6cm로 육묘일수가 증가함에 따라 셀 크기가 커질수록 엽장도 길어지는 경향을 나타내었다. 이는 동일한 육묘일수 내에서는 셀 크기가 클수록 셀당 상토의 양이 상대적으로 많아 지상부 생육이 촉진되었음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 고추, 토마토, 부추 등에서도 유사하여 셀이 클수록 묘의 생육이 유리하였다(Kim 등, 2001; Lee와 Kim, 1999; Shin 등, 2000). 엽신장의 생육변화도 엽장과 마찬가지로 트레이의 셀 크기가 클수록 엽신장의 생장도 촉진되어 육묘 30일에 200구에서 4.4cm로 가장 길었고, 288구는 4.0cm, 406(B)구는 3.2cm, 그리고 406(A)구는 2.8cm로 나타났었다(Table 9). 그러나 엽장과 엽신장을 비교하였을 때 288구의 엽장이 7.3cm로

406(B)구 7.0cm와 비슷한 생장을 보였으나, 엽신장은 각각 4.0cm와 3.2cm로 나타나 결과적으로 406(B)구의 엽장이 길게 나타난 것은 엽병장이 길어져 웃자랐음을 의미하였다. 이는 406(B)구가 288구와 비교하여 셀 내부에 충전되는 상토의 양이 다소 적으며 406(B)구는 288구에 비해 더욱 밀식되므로 엽병이 웃자란 것으로 생각된다. 엽폭은 육묘 초기에 매우 급격하게 증가하였고, 육묘 20일 후에는 엽폭 증가율이 둔화되는 것을 알 수 있었다(Table 9).

시금치 육묘의 뿌리길어도 잎의 생육 상태와 유사하여 육묘 30일에 200구와 288구가 각각 7.1cm와 7.5cm로 뿌리신장이 촉진되었고, 406(A)구와 406(B)구가 각각 4.8cm와 5.2cm로 신장이 억제되었다(Table 9). 30일 육묘기간 동안 시금치의 지상부와 지하부 생육은 육묘 20일경부터 신장이 둔화되기 시작하였다. 이는 시금치 육묘시 20일 정도 육묘한 후 본 밭에 정식할 수 있다는 가능성을 제시하는 것이며, 따라서 육묘 일수를 결정짓는 요인이 될 수 있을 것으로 생각된다.

초기 생육에서부터 생육 30일 동안 각 셀 크기별 생육상태를 보면 Fig. 10와 같이 셀 크기가 커짐에 따라 생육이 유의성 있게 증가되었다. 단 시금치는 보고된 육묘실험이 없어 생육 조사는 30일 까지 수행하였으나 30일 묘는 뿌리돌림이 심하고 상토의 비료 성분의 결핍으로 인한 황화현상이 관찰되었다. 플러그 육묘시 뿌리돌림 현상은 고추에서도 발생하며, 플러그 트레이에 구리를 처리하여 뿌리 발달을 조절하는 연구도 보고되어 있다(Yeoung 등, 2002). 과채류는 플러그 육묘를 45일 전후로 하였으나(Kim 등, 1999; Shin 등, 1999), 시금치는 플러그 트레이에서 30일 이상 키워지는 묘는 여름철의 장일 및 고온 환경으로 인해 육묘기 상태의 크기로 영양생장은 정지되며 모두 추대가 발생하였다.

엽수는 육묘 후 10일에는 모두 동일하였으나 30일에는 200구와 288구가 7.2매, 406(A)구와 406(B)구는 5.4매였다(Fig. 11). 따라서, 육묘 후기로 갈수록 비슷한 셀 크기 내에서는 생장율의 차이가 어느 정도는 극복될 수 있다고 추측된다. 셀 크기에 따른 지상부 생체중과 건물중은 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 12). 육묘 후 30일에 200구에서 키운 시금치 육묘의 생체중은 1.3g으로 가장 높게 나타났고, 288구는 1.1g, 406(B)구는 0.6g, 그리고 406(A)구는 0.4g으로 셀 크기가 클수록, 또한 육묘 일수가 길어질수록 생체중이 증가하였다.

결과적으로 트레이의 셀 크기가 클수록 엽장, 엽신장, 엽폭, 엽수, 그리고 생체중의 발달이 더욱 좋은 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서 200구와 288구 플러그 트레이에서 육묘한 시금치는 생육 30일까지 생육에 큰 차이를 보이지 않아 생산비를 고려해 볼 때 288구 플러그 트레이를 사용하여 20일 육묘후 재배하는 것이 적당하다고 생각된다.

4) 초록

본 연구는 여름철에 시금치를 안정적으로 재배하기 위해 육묘시 플러그 트레이의 셀 크기에 따른 생육반응을 구명하고자 실시하였다. 시금치 육묘 중 셀 크기에 따른 엽장의 변화는 육묘 후 30일에 200구에서 8.7cm로 역시 가장 길었고, 288구는 7.3cm, 406(B)구는 7.0cm, 406(A)구는 5.6cm로 육묘일수가 증가함에 따라 셀 크기에 비례하여 엽장도 길어지는 경향을 나타내었다. 또한 엽신장의 생육변화도 엽장과 마찬가지로 셀 크기가 클수록 엽신장의 생장율도 촉진되어 200구에서 4.4cm로 가장 길었다. 엽수의 변화는 육묘 후 10일에는 모두 동일하였으나 30일에는 200구와 288구가 7.2매 406(A)구와 406(B)구는 5.4매였다. 셀크기에 따른 지상부 생체중과 건물중은 비슷한 경향을 나타내었으며, 육묘 후 30일에 시금치 묘의 생체중은 200구가 1.3g으로 가장 높게 나타났고, 288구에서 1.1g, 406(B)구는 0.6g, 406(A)구는 0.4g으로 셀 크기가 클수록, 육묘일수가 길어질수록 생체중이 증가하였다. 결과적으로 트레이의 셀 용적이 넓을수록 지상부와 지하부, 그리고 생체중 등의 발달이 좋은 것으로 나타났다. 본 연구에서 200구와 288구 플러그 트레이에서 육묘한 시금치는 생육 30일까지 생육에 큰 차이를 보이지 않아 생산비를 고려해 볼 때 288구 플러그 트레이를 사용하여 재배하는 것이 적당하다고 생각된다.

Table 9. Effect of plug cell size on the length of leaf and leaf blade, leaf width, and root length in spinach seedlings.

No. of cells per tray ^z	After seedling (days)		
	10	20	30
	<i>Leaf length (cm)</i>		
200	2.3	6.4 a ^y	8.7 a
288	1.2	6.4 a	7.3 a
406(A)	0.9	5.0 b	5.6 b
406(B)	1.0	4.7 b	7.0 ab
	<i>Leaf blade length (cm)</i>		
200	1.2	3.6 a	4.4 a
288	0.8	3.4 a	4.0 b
406(A)	0.9	2.2 c	2.8 d
406(B)	1.0	2.8 b	3.2 c
	<i>Leaf width (cm)</i>		
200	0.7	1.7 a	1.8 a
288	0.4	1.5 a	1.7 a
406(A)	0.4	0.9 b	1.1 c
406(B)	0.5	1.1 b	1.3 b
	<i>Root length (cm)</i>		
200	4.6	6.2 b	7.1 b
288	3.9	6.8 a	7.5 a
406(A)	3.5	5.4 c	4.8 d
406(B)	3.9	5.0 d	5.2 c

^zVolume per cell: 200, 11cm³; 288, 6.4cm³; 406 (A), 3.4cm³; and 406 (B), 4.3cm³.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 10. Growth response of spinach seedlings to different plug cell sizes at 20 (left) and 30 (right) days after seeding. A, 200 cells; B, 288 cells; C, 406 (A) cells; and D, 406 (B) cells.

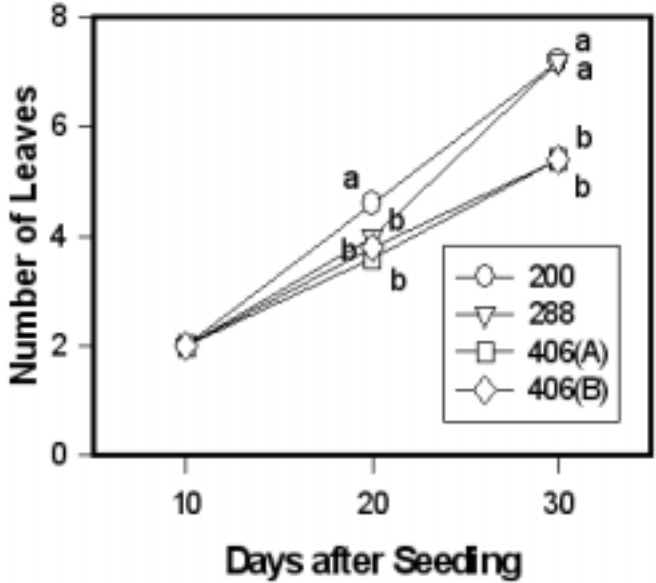


Fig. 11. Effect of plug cell size on the number of leaves of spinach seedlings. Means separation by Duncan's multiple range test. Points marked by the same letter are not significantly different at $P=0.05$. Vertical bars indicate SD. Volume per cell: see Table 9.

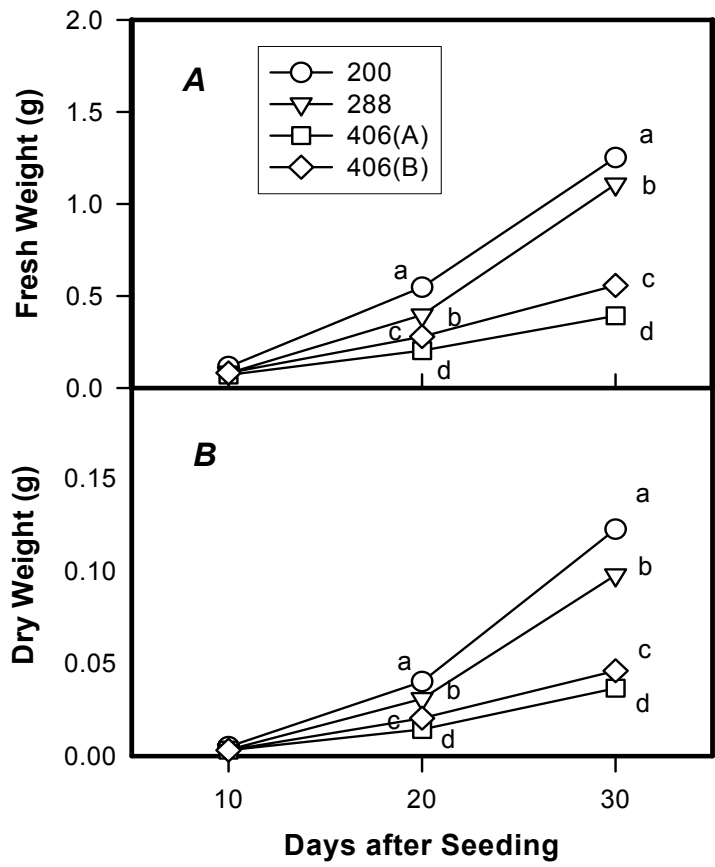


Fig. 12. Effect of plug cell size on the fresh (A) and dry (B) weights of spinach seedlings. Means separation by Duncan's multiple range test. Points marked by the same letter are not significantly different at P=0.05. Vertical bars indicate SD. Volume per cell: see Table 9.

다. 고랭지에서 직파와 정식재배에 따른 여름재배용 시금치 품종의 생육 및 수량 반응

1) 서언

시금치의 생육적온은 15~20℃로서 저온에 강하고 고온에 약하여 25℃ 이상에서 생육이 둔화되기 시작하여 30℃ 이상에서는 생육이 정지될 뿐만 아니라 고온·다습의 불리한 생육 조건에서는 병충해, 생리장해, 추대 등이 발생하게 된다. 시금치의 발아율과 발아세는 종자의 구조적 특성 때문에 온도, 수분, 성숙도, 껍질의 특성, 품종 등에 의해 크게 차이가 나며 (Leskovar 등, 1999; Woo와 Lee, 1985), 종자의 발아율을 높이기 위한 처리법이 연구되고 있다(Katzman 등, 2001; Ku 등, 1996; Lee 등, 2003). 일반적으로 시금치 종자의 평균 발아율과 발아세는 15℃에서 가장 우수하고 무박피 종자보다 박피 종자가 우수하다(Woo와 Lee, 1985). 시금치 재배시 종자는 구조상 기계직파가 어렵고(Bracy와 Parish, 1998), 재배 중에는 제초제에 대한 저항성이 없는 경우가 많아 잡초방제시 제초제 처리도 쉽지 않다(Haar 등, 2002). 시금치는 여름재배시 고온에 의해 발아가 불량하고 노균병, 입고병, 뿌리썩음병 등 각종 병의 발생이 문제가 되고 있으며(GARES, 2004), 응애와 도둑나방 등의 충해도 심하며, 장마 후의 고온기에는 평년지 재배가 극히 어렵다(Morita 등, 1988). 여름 시금치 재배시 또다른 문제점 중 하나는 직파시 밀식된 상태이므로 묘가 연약하게 자라거나 유묘기에 발생하는 모잘록병으로 수확량의 감소를 초래한다는 것이다. 따라서 7월부터 9월까지의 고온기에는 단경기가 형성되어 시금치의 값이 폭등한다. 평년지에서 시금치의 여름철 시설하우스 재배시 영향을 주는 요인은 지온 > 일사량 > 기온 > 습도 순이었다고 보고되었다(Woo 등, 1996). 시설재배와 멀칭재배가 재배효율과 수량 면에서 우수하며(Larmonts, 등 2003; Leskovar 등, 2000), 불리한 환경들을 극복하기 위한 방법 중 하나로 시설하우스 재배시 분무시스템과 차광처리에 의한 온도 강하 효과가 보고되어 있다(Woo 등, 1996; Suhardiyanto와 Matsuoka, 1992). 여름철이 서늘한 강원 중부산간 및 고랭지 지역에서 플러그 육묘를 하여 여름시금치의 정식재배를 한다면 이러한 문제점을 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 직파에 비해 플러그 육묘는 종자소요량이 적을 뿐만 아니라 육묘의 일관된 시스템화가 가능하며 정식작업이 간편하여 최근 업체류 등(Honda, 1996a, 1996b)에서도 많이 이용되고 있고, 종이플러그 트레이에 육묘한 시금치를 간이정식기로 정식하여 재배가 가능하였다는 보고도 있다(Suzuki와 Takaura, 1994). 시금치를 정식재배 할 경우 재배기간이 줄어들어 토지 이용율이 증대되고 정식 전의 집중적 관리로 수량 및 품질 향상을 기대할 수 있다. 이와 같이 시금치의 정식재배는 여러 가지 장점을 가지고

있지만 지금까지 시금치의 육묘 및 정식재배에 관한 실용적 연구는 전무한 실정이다. 본 연구는 여름철에 시금치를 안정적으로 재배하기 위해 관행의 직파재배와 비교하여 플러그 묘를 정식재배한 후 생육반응, 생산성 및 경제성을 구명하고자 실시하였다.

2) 재료 및 방법

본 실험은 6월 23일부터 8월 20일까지 해발 800m의 강릉시 왕산면에 소재하고 있는 강릉대학교 실험포장에서 실시되었다. 직파재배를 위한 여름재배용 시금치 품종은 ‘삼손’과 ‘킹오브썸머’를, 육묘에 의한 정식재배는 ‘광채’(Seminis Korea), ‘바이오’(농우바이오), ‘삼손’(Sinzenta), 그리고 ‘킹오브썸머’(Seminis Korea) 품종을 재료로 이용하였다. 육묘는 해발 750m의 (주)대관령플러그에서 6월 23일 파종하여 20일간 육묘 후 7월 9일 정식하였다. 직파재배는 시금치 종자를 같은 시기에 실험포장에 있는 비가림하우스에 직접 파종하여 재배하였다. 종자는 발아율과 발아세를 향상시키기 위하여 12시간 동안 흐르는 물에 침지한 후 6시간 동안 상온에서 건조한 후 파종되었다. 육묘는 원예용 상토(Bio-2, Seminis Korea)를 넣은 288구 플러그 트레이에 표면 건조된 종자를 파종하여 본엽 2-3매가 완전 전개될 때까지 20일간 육묘한 묘를 비가림하우스에 정식하였다. 실험 포장 내의 기온 및 지온은 자동 온도기록계(Hans system TR-71, Tand-CO)를 사용하여 측정하였다. 직파 및 정식 후 관수는 생육 초기에는 스프링 쿨러로 2일 간격으로 하였고, 생육 중기에서 후기까지는 4~5일 간격으로 실시하였다. 퇴비, 비료, 병해충 방제 등 기타 재배관리는 관행재배법에 따랐고 생육 중 지상부와 지하부의 생육상을 조사하였다. 또한 시금치 정식재배의 실용성을 검토하기 위해 재배방법에 따른 생산비용, 소득, 품질 등을 고려하여 경제성을 분석하였다. 통계처리에는 SAS(ver. 8.1) 프로그램을 이용하여 t-검정과 Duncan의 다중검정으로 분석하였다.

3) 결과 및 고찰

실험포장이 있는 대관령지역의 6월 말부터 8월 중순까지 평균기온은 17.0-20.0℃로 평년 지인 강릉과 전남(광주)보다 각각 약 5.5℃와 6.5℃가 낮아 시금치 생육에 유리하였다. 총일조시간도 대관령지역이 305시간으로 강릉의 282시간과 광주의 267시간보다 많아 생육에 유리한 것으로 생각되었다(KMA, 2004). 시금치 재배기간 7월 9일부터 8월 20일까지 고랭지 비가림하우스 내에서 지온은 최저 19.7℃에서 최고 32.5℃의 분포를 보였으며, 기온은 최저 21.7℃에서 최고 39.2℃의 분포를 나타냈다(Fig. 13). 이때 10일 동안 평균 기온이 28℃로 시금치 생육에 다소 높았으나 같은 기간 내에 평균 지온은 20℃ 내외로 유지되었기 때문에

시금치 생육이 비교적 양호했던 것으로 사료된다. 그러나 이 기간에 평난지의 기온 및 지온의 평균 온도는 30℃ 이상이므로 평난지에서는 시금치 생산에 불리할 것으로 예견된다. 실제로 여름 재배기간 중 받아불량, 노균병, 도장, 추대 등이 관찰되었다(Fig. 14).

여름 적품종 선발 실험에서 선정된 품종 중 2개의 품종을 직파한 후 엽장과 엽신장의 생육을 조사한 결과(Table 10), 엽장과 엽신장 등의 생육은 '킹오브썸머'에 비해 '삼손'에서 우수하였다. 특히 엽장은 직파 후 40일에 '삼손'이 26.1cm로 '킹오브썸머'의 15.4cm에 비해 약 10.7cm 더 길게 나타나 엽장의 신장이 우수하였다. 여름재배 적품종 선발에서 선정된 4개 품종을 육묘정식한 시금치의 엽장의 신장은 정식 후 10일에 '삼손'과 '킹오브썸머'는 각각 8.9와 9.0cm로 '광채'의 8.5cm와 '바이오'의 7.8cm에 비해 초기 신장율이 우수하였다. 그러나 생육 후기로 갈수록 '킹오브썸머'는 생육초기보다 엽장의 생육속도가 다소 둔화된 반면, '광채'와 '삼손'은 생육이 증진되었다(Table 10).

직파재배한 시금치의 엽신장은 생육 초기에는 '킹오브썸머'에 비해 '삼손'에서 다소 우수하였으나 생육 후기에는 두 품종에서 비슷하게 나타났다. 직파재배에서는 '킹오브썸머'에 비해 상대적으로 '삼손'의 엽병 신장이 더욱 커진 것을 의미하며, 엽병에 비해 엽신이 잘 발달되었다. 따라서 직파재배는 정식재배에 비해 엽신보다 엽병의 발달을 촉진하는 경향을 확인할 수 있었다(Table 10). 정식재배한 시금치의 엽신장은 정식 후 10일에는 모든 품종에서 비슷한 생육을 보였으나 정식 후 30일에는 '광채'와 '삼손'의 생육이 가장 좋게 나타나 생육 후기로 갈수록 생장이 촉진됨을 알 수 있었다. 또한 '킹오브썸머'는 엽장과 마찬가지로 생육 후기로 갈수록 엽신장의 생육이 둔화되었다. 특히 '바이오'의 엽장은 20.4cm, 엽신장이 12.4cm로 엽신보다 엽병이 길어 웃자랐음을 알 수 있었다(Table 10). 엽형이 반직립형인 '광채'와 '삼손' 품종은 개장형인 '바이오'와 '킹오브썸머'에 비해 엽신장이 더 길었던 것으로 판단된다.

엽폭은 직파 후 30일에 '삼손'이 다소 넓었으나 40일에는 '킹오브썸머'가 6.9cm로 '삼손'의 6.4cm에 비해 더 넓은 것으로 나타났다. 정식재배한 시금치의 엽폭은 정식 후 10일에 '광채'와 '바이오'에서 모두 3.6cm로 '삼손'의 2.9cm에 비해 매우 넓었으나, 정식 후 30일에는 '바이오'가 9.9cm, '삼손'이 9.5cm로 나타나 '삼손'의 생육 후기 생장이 매우 우수함을 알 수 있었다(Table 10).

엽수는 직파 후 40일에 '삼손'은 '킹오브썸머'에 비해 4매가 더 많아 '삼손'이 우수하였다. 정식한 시금치의 엽수는 생육 초기에 '광채'와 '킹오브썸머'에서 많았으나 생육 후기로 갈수록 품종간에 차이를 보이지 않았다(Table 10).

직파한 시금치의 지상부 생체중과 건물중의 결과는 비슷한 경향을 나타내었다(Table 11). 생육초기에는 두 품종 모두 비슷한 생육을 보였으나, 생육 후기로 갈수록 ‘삼손’의 생육이 촉진되었다. 직파 후 40일에 ‘삼손’의 생체중은 27.8g으로 ‘킹오브썸머’의 15.9g에 비해 매우 우수하였다. 그러나 ‘삼손’ 품종에서 직파재배를 정식재배와 비교하였을 경우 정식 후 30일에 35.1g으로 정식재배가 생육이 더욱 진전되었다. 지상부 생체중과 건물중은 정식 10일 후에는 ‘광채’와 ‘킹오브썸머’가 우수하였고, 정식 후 30일에는 ‘광채’가 42.1g 그리고 ‘삼손’이 35.1g으로 ‘바이오’의 28.2g과 ‘킹오브썸머’의 23.1g에 비해 월등하였다. 따라서 ‘광채’와 ‘삼손’ 품종이 엽장과 엽신장에서 다른 두 품종에 비해 매우 길었고, 이로 인해 품질도 우수한 것으로 판단된다. ‘바이오’ 품종은 실험기간 중 병해충의 피해발생이 많았는데 병의 동정 및 확인은 하지 못하였으나 엽병의 웃자람으로 인해 조직이 연약해져 시금치에서 노균병의 피해가 발생한 것으로 생각된다.

뿌리의 생체중과 건물중도 지상부 생육과 마찬가지로 ‘삼손’이 다른 품종에 비해 생체중과 건물중의 무게가 많게 나타나(Table 12) 지하부의 우수한 생장이 지상부에 영향을 미치는 것으로 생각되었다. 생육 초기에는 시금치 품종 중 ‘삼손’이 가장 적었으나, 생육후기에는 가장 많았다. 이는 ‘삼손’이 생육 후기로 갈수록 잎의 생육이 빨랐던 결과로 생각된다. 현재 고랭지 여름시금치 재배농가에서 다수 재배되고 있는 ‘킹오브썸머’보다는 ‘광채’와 ‘삼손’ 품종의 생육이 우수함을 알 수 있었으며, 고품질로 다수확하기 위해서는 직파재배보다는 정식재배가 더욱 유리할 것으로 확인되었다.

직파와 정식재배의 경제성을 비교해 보면, 농약, 비료, 그리고 기타 부대비용은 동일하였으나, 종묘비가 직파재배에서 정식재배보다 4배 정도 많았다. 이에 반해서 정식재배는 트레이, 육묘 및 정식비용이 더 소요되어 경영비는 직파재배보다 2배 이상 많았다. 그러나 수량은 정식재배에서 20t/ha으로 직파재배의 12.5t/ha보다 약 7.5t/ha의 수량증대 효과가 있었으며, 판매가격도 정식재배한 시금치가 직파재배한 시금치보다 50% 이상 높아 2.5배의 순수익이 증가되었다(자료미제시). 따라서, 앞으로 고랭지 여름재배용 고품질 시금치를 생산하기 위해서는 플러그 육묘 후 정식재배가 유리하다고 생각된다. 단 이러한 체계를 갖추기 위해서는 파종부터 정식까지 기계화와 재배기술에 대한 지속적인 연구, 수확 후 냉장 유통 기술과 판로개척이 요구된다.

4) 초 록

시금치 엽장과 엽신장의 생육은 정식 후 10일에 ‘킹오브썸머’가 다른 여름재배용 시금치

품종에 비해 초기 생장이 우수하였으나 생육 후기로 갈수록 ‘킹오브썸머’에 비해 ‘광채’와 ‘삼손’의 생육이 증진되어 정식 후 30일에 ‘광채’가 22.2cm 그리고 ‘삼손’이 22.6cm로 가장 우수하였다. 엽신장은 정식 후 10일에는 모든 품종에서 비슷한 생육을 보였으나 생육이 진행되면서 정식 후 30일에는 ‘광채’와 ‘삼손’이 가장 좋아 생육 후기로 갈수록 이 두 품종의 생장율이 촉진되었다. 엽폭은 정식 후 30일에 ‘바이오’ 9.9cm, ‘삼손’ 9.5cm 가장 우수하였다. 엽수는 직파와 정식재배 모두 품종간에 차이가 없었다. 지상부의 생체중과 건물중은 직파재배의 경우 ‘삼손’ 품종이 많았고 직파재배보다 정식재배에서 더욱 많았다. 정식재배시 정식 후 10일에는 ‘킹오브썸머’와 ‘광채’의 생육이 우수하였으나 정식 후 30일에는 ‘광채’가 42.1g, ‘삼손’이 35.1g으로 ‘바이오’ 28.2g, ‘킹오브썸머’ 23.1g에 비해 우수하였다. 수량은 정식재배시 20t/ha로 직파재배보다 약 7.5t/ha의 수량 증대가 있었다. 결과적으로 여름재배용 시금치를 정식재배는 직파재배에 비해 성장속도, 상품성, 수량성 등이 우수하여 경제성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 고랭지의 서늘한 기후와 정식재배 기술을 이용한다면 여름철 단경기에 고품질의 시금치를 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 10. Effect of direct seeding and transplanting on growth of leaf length and leaf blade length for spinach cultivars. Seedlings were grown for 20 days in plug trays.

Cultivars	Days after direct seeding			Days after transplanting		
	20	30	40	10	20	30
<i>Leaf length (cm)</i>						
Kwangchae				8.5 ab ^z	16.9 a	22.2 a
Bio				7.8 b	13.8 c	20.4 a
King of summer	9.3	14.4	15.4	9.0 a	16.0 ab	17.0 b
Samson	11.1*	17.4*	26.1*	8.9 a	14.5 ab	22.6 a
<i>Leaf blade length (cm)</i>						
Kwangchae				5.9 a	12.4 a	16.3 a
Bio				5.5 a	9.8 b	12.4 b
King of summer	6.2	9.9	10.5	5.9 a	11.0 ab	12.3 b
Samson	7.0*	11.7*	10.3	5.4 a	10.3 b	15.6 a
<i>Leaf width (cm)</i>						
Kwangchae				3.6 a ^z	9.1 a	8.6 ab
Bio				3.6 a	7.9 a	9.9 a
King of summer	3.4	5.7	6.9*	3.3 ab	7.8 a	8.1 b
Samson	3.6	6.0*	6.4	2.9 b	7.4 a	9.5 ab
<i>No. of leaves (ea/plant)</i>						
Kwangchae				11.0 a	16.8 a	16.8 a
Bio				8.5 b	15.8 a	14.5 a
King of summer	8.3	11.3	12.0	11.8 a	15.0 a	15.8 a
Samson	9.0	13.3*	16.0*	9.8 ab	13.5 a	15.0 a

*Significant at 5% level by t-test

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

Table 11. Effect of direct seeding and transplanting on fresh and dry weight for shoot part of spinach cultivars. Seedlings were grown for 20 days in plug trays.

Cultivars	Days after direct seeding			Days after transplanting		
	20	30	40	10	20	30
<i>Top fresh weight (g)</i>						
Kwangchae				3.1 a ^z	26.7 a	42.1 a
Bio				2.3 b	17.8 b	28.2 b
King of summer	3.1	9.7	15.9	3.6 a	16.7 b	23.1 b
Samson	3.9	13.9*	27.8*	2.7 b	19.9 ab	35.1 ab
<i>Top dry weight (g)</i>						
Kwangchae				0.3 a	2.6 a	4.1 a
Bio				0.2 b	1.9 b	2.5 b
King of summer	0.3	1.0	1.4	0.3 a	1.9 b	2.5 b
Samson	0.3	1.5*	2.5*	0.2 b	2.1 ab	3.7 ab

*Significant at 5% level by t-test

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

Table 12. Effect of direct seeding and transplanting on fresh and dry weight for root part of spinach cultivars. Seedlings were grown for 20 days in plug trays.

Cultivars	Days after direct seeding			Days after transplanting		
	20	30	40	10	20	30
<i>Root fresh weight (g)</i>						
Kwangchae				0.7 a ^z	1.3 a	3.5 b
Bio				0.5 a	0.9 b	3.9 b
King of summer	0.1	0.9	1.6	0.6 a	0.7 b	4.1 a
Samson	0.1	1.1*	2.0*	0.3 b	1.4 a	4.2 a
<i>Root dry weight (g)</i>						
Kwangchae				0.05 a	0.19 a	0.31 b
Bio				0.05 a	0.13 b	0.30 b
King of summer	0.02	0.10	0.15	0.05 a	0.14 b	0.36 ab
Samson	0.03	0.14*	0.21*	0.03 b	0.18 a	0.46 a

*Significant at 5% level by t-test

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

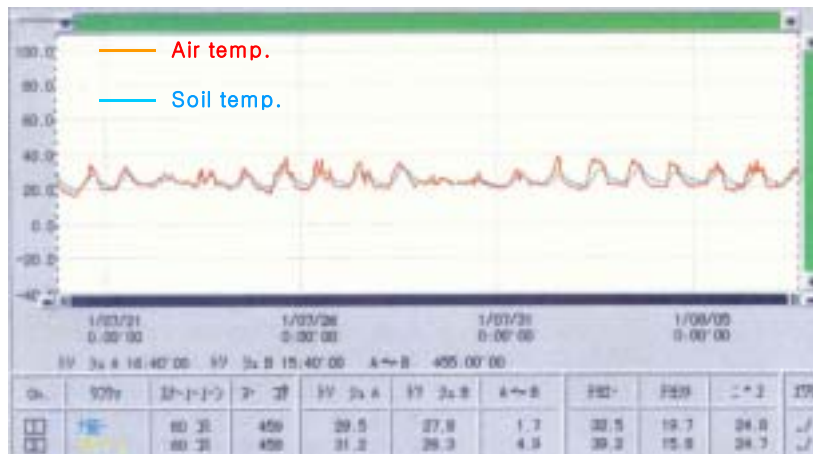


Fig. 13. Air and soil temperatures measured in the experimental field of summer spinach.



Fig. 14. Problems found on the cultivation of summer spinach. A, Irregular germination; B, Damping off; C, Shoot overgrowth caused by high temperature and humidity; D, Flower stalk formation.

라. 고랭지 여름재배용 시금치 ‘광채’ 품종의 PE 필름 포장 저장 중 품질변화

1) 서언

시금치(*Spinacia oleracea* L.)는 영양학적 가치면에서는 비타민류, 철분 그리고 칼슘 등이 많이 함유되어 있고, 대표적인 알칼리성 채소로 변비, 통풍, 류머티스, 빈혈증, 신장병과 어린이 골반발육, 여성미용 및 괴혈병 예방 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Magee, 1997; NHRI, 2004; Palaniswamy, 2003). 2001년의 전국 재배면적은 노지재배 4,598ha와 시설재배 3,286ha로 매년 증가 추세에 있어(MAF, 2002) 앞으로 수요가 증가할 전망이다. 외국에서 시금치 수확후생리와 관련된 최근의 연구는 oxalic acid와 관련된 보고(Kawazu 등, 2003; Wu 등, 1999)가 주를 이루며, 재배조건에 따른 생육, 생산량, 그리고 잎의 건조중 및 엽면적에 대한 연구(Leskovar 등, 2000), 수확후 저장중 시금치 노화와 항산화성의 관계(Hodges 등, 2001), 그리고 ascorbic acid의 기작과 관련된 연구(Hodges와 Forney, 2003; Toledo 등, 2003)가 보고되어 있으나, 국내에서는 신선 시금치의 수확후관리, 저장, 그리고 품질평가에 관한 연구가 전무한 실정이다. 본 연구는 여름철에 시금치의 안정적 공급을 위해 저장온도와 포장저장에 따른 품질변화를 비교하여 적정 저장조건을 구명하기 위해 수행하였다.

2) 재료 및 방법

본 실험은 6월 23일부터 8월 20일까지 해발 800m의 강릉시 왕산면에 소재하고 있는 강릉대학교 실험포장에서 육묘후 이식재배한 ‘광채’ 품종을 공시재료로 이용하였다. 육묘는 해발 750m의 공정육묘회사((주)대관령플러그)에서 6월 23일 파종하여 20일간 육묘 후 7월 9일 실험 포장에 이식하였다. 파종시 종자는 12시간 동안 흐르는 물에 침지한 후 6시간 동안 실온에서 건조하여 원예용 상토(Bio-2, Seminis Korea)를 넣은 288구 플러그 트레이에 표면 건조된 종자를 파종하여 본엽 2-3매가 완전 전개될 때까지 20일간 육묘하였다. 비가림하우스에 이식한 시금치의 포장 관리에서 관수는 생육 초기에는 스프링 쿨러로 2일 간격으로 하였고 생육 중기 및 후기까지는 4-5일 간격으로 실시하였으며. 퇴비, 비료, 그리고 병해충 방제 등 기타 재배 관리는 관행재배법에 따랐다.

정식 25일후에 수확한 시금치는 품질변화를 조사하기 위해 다음과 같은 품질요인을 조사하였다. 경도는 물성분석기(EZ test/CE-500N, Shimadzu)를 이용하여 면도날 plunger와 $60\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ crosshead speed 조건으로 절단력을 조사하였다. 시금치 잎의 조섬유는 시료

50g을 마쇄하여 각각 100ml의 chloroform:methanol(v/v, 1:1), methanol, 1.25% sulfuric acid(100℃), 1.25% sodium hydroxide, 그리고 acetone으로 균질화 및 여과하여 남은 잔사를 건조시킨 후 무게를 측정하여 구하였다(Paull 등, 1988). 시금치의 가용성당은 엽조직 2g을 증류수 10ml에 넣고 균질화시킨 후 상등액을 0.45 μ m-membrane filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. HPLC의 분석조건은 column은 Alltech 700CH(column 온도, 75℃), mobile phase는 double distilled deionized water, 그리고 detector는 RI detector로 분석하였다. 시금치내 ascorbic acid는 HPLC를 이용하여 조사하였으며, HPLC의 분석조건은 column은 Alltech IOA1000(column 온도, 30℃), mobile phase는 0.05N sulfuric acid, 그리고 detector는 UV detector로 245nm이었다. 시금치의 엽색은 Minolta Chroma Meter CR-300으로 Hunter L, a 및 b를 조사하였다. 엽록소 함량은 생체시료 2g을 acetone 20ml에 넣고 균질화 및 여과하여 642.5nm와 660nm에서 spectrophotometer로 측정하여 AOAC(1995)법으로 환산하여 정량하였다. 품질 분석은 5반복을 원칙으로 하였으며, 통계는 표준편차와 Duncan의 multiple range test를 각각 수행하였다.

3) 결과 및 고찰

6월 말부터 8월 중순까지 시금치 재배포장이 있는 대관령지역의 평균기온은 17-20℃로 평년지보다 약 6℃ 정도가 낮아 시금치 생육에 유리하였다. 총일조시간도 대관령지역이 305시간으로 타지역보다 15-35시간 길어 생육기간 중 일조량도 많아 생육에 유리한 것으로 생각되었다(KMA, 2004). 시금치 재배기간인 7월 9일부터 8월 20일까지 고랭지 비가림하우스 내에서 지온은 최저 19.7℃에서 최고 32.5℃의 분포를 보였으며, 기온은 최저 21.7℃에서 최고 39.2℃의 분포를 나타냈다(자료미제시). 이때 10일 동안 평균 기온이 28℃로 시금치 생육에 다소 부적당하였지만 같은 기간 내에 평균 지온은 20℃ 내외로 유지되었기 때문에 시금치 생육이 비교적 양호했던 것으로 사료된다. 그러나 이 기간에 평년지의 기온 및 지온의 평균 온도는 30℃ 이상으로 시금치 생산에 지극히 불리한 조건이 형성되는 것으로 나타났다.

이러한 기상조건에서 재배한 '광채' 품종의 시금치는 수확직후 예냉처리 없이 각각의 저장조건으로 저장하였다. 실온에 저장한 처리구의 온도는 25℃에서 최고 32℃이었으며 습도는 61-67%였다. 외관으로 시금치의 상품성을 조사하였을 때 1-2 잎에서 부분적으로 수침과 변색이 발생하였고 포장구 밑부분이나 내부에서 발생한 것이 많았다. 모든 실험구에서 포장처리를 개봉할 수 없어 정확한 수치를 제시할 수는 없으나 실온저장시 무포장구는 저

장 4일만에 모든 시금치에서 수침, 변색, 그리고 탈수에 의한 건조 증상 등으로 상품성을 상실하였다. 저장 5일째부터 실온저장한 시금치는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 필름으로 포장하였을 때 개체당 10-30% 정도 수침과 변색으로 상품성을 상실하였으며, $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름으로 포장한 시금치도 5-10% 정도의 상품성 손실을 가져왔다.

저장중 시금치의 무게는 무포장구는 실온저장시 저장 3일만에 56%가 감소하였으며, 저온저장한 시금치도 저장 7일에 20% 이상의 무게 감소를 보였다. PE 필름으로 포장하여 실온저장한 시금치는 저장 3일째에 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치가 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치보다는 무게 감소가 적었으나 통계적 유의차는 없으며, 두 처리구 모두 약 2.5% 정도 무게가 감소하였다. PE 필름으로 포장하여 저온저장한 시금치는 저장 7일까지는 무게감소가 약 1.5% 이었으나 저장 14일째에 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치는 6.7% 그리고 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름에 포장된 시금치는 21% 정도 무게가 감소하였으며 이는 수침현상과 부패로 탈수가 심하였기 때문이다(Fig. 15). 시금치의 저장중 경도변화를 알아보기 위해 조사한 절단력(Fig. 15)은 수확시 3N에서 저장중 점차 감소하였으며, 실온에 3일간 저장시 무포장구는 시금치의 심한 탈수로 조사가 불가능하였고, $\varnothing 0.05\text{mm}$ 포장구의 시금치가 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치보다 절단력이 다소 높았다. 저온에 저장한 시금치도 실온저장한 시금치처럼 저장중 절단력이 감소하였으며, 무포장구는 저장 3일에 절단력이 3.4N까지 증가한 후 저장 7일에 2.7N으로 다시 감소하였다. $\varnothing 0.03\text{mm}$ PE 필름에 포장한 시금치는 저온에서 7일간 저장하는 동안 2N까지 절단력이 감소한 후 저장 14일에 다시 4N으로 증가하였으며, $\varnothing 0.05\text{mm}$ PE 필름에 포장한 시금치는 저온저장 3일에 2.4N에서 저장 14일에 5.4N까지 절단력이 증가하였다. 시금치 ‘광채’ 품종의 조섬유 함량은 수확시 생체중의 약 3.3%이었으며 필름에 포장하여 실온저장한 시금치는 5% 이상으로 증가하였으나, 무포장구와 저온저장한 모든 처리구의 시금치는 조섬유의 함량이 저장기간 동안 거의 일정하게 유지되었다(Fig. 15).

시금치의 가용성 당은 sucrose가 $4.9\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW로 가장 많으며 glucose와 fructose가 각각 $1.9\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW와 $1.7\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW이었다(Table 13). 저장 3일째에 시금치의 sucrose의 함량은 저장온도에 상관없이 급격히 감소하였으며, 특히 두 온도처리구의 무포장구에서 $0.1\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW까지 저하되었다. PE 필름은 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 보다는 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름내의 시금치에서 sucrose 감소가 약간 적었으나 함량의 차이는 크지 않았다. 시금치의 fructose 함량도 수확시보다 줄어들었으며, 포장구보다 무포장구에서 그리고 통계적 유의차는 없으나 저온보다는 실온에 저장한 시금치에서 감소가 심하였다. 저온저장시 PE 필름 종류에 따른

fructose 함량의 차이는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 보다는 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치에서 fructose의 함량이 많았으나 통계적인 유의성은 없었다. 시금치의 glucose 함량은 수확시에 비해 저장 3일에 무포장구에서 증가하였으며 특히 실온저장한 시금치에서 $3.7\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW까지 크게 증가하였다. 그러나 실온과 저온에 저장한 시금치는 저장 3일째에 glucose 함량이 수확시의 1/2로 감소하였으며 이후 점차 증가하여 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치는 수확시보다 많은 함량을 유지하였다. 이상의 3가지 가용성당의 함량은 저장초기에 급격히 감소한 후 저온저장시 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 에 포장한 시금치는 약 $3.0\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 그리고 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장한 시금치는 $4.0\text{--}4.5\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW으로 일정한 수준을 유지하였다(Fig 16). 시금치내의 sucrose를 포함한 가용성당 함량의 급격한 감소는 작업여건상 시금치 수확시 높은 온도조건에 노출된 시간이 길었던 것이 가장 큰 원인으로 생각되며, 예냉 등의 수확후 처리나 수확 즉시 저장하지 못한 것도 함량의 감소를 억제시키지 못한 이유로 판단된다. 이러한 수확시 환경과 작업조건은 호흡을 증가시켜 가용성당 함량의 감소가 심하였을 것으로 생각된다.

시금치의 수확시 ascorbic acid 함량은 $166\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW이었으나 저장초기에 급격히 감소하여 저장 3일에 모든 저장처리구에서 $20\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 이하로 감소하였다(Fig. 16). 처리구 별로 ascorbic acid 함량은 저장온도에 관계없이 무포장구의 시금치에서 가장 낮았고 저온저장시 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장한 시금치보다는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 에 포장한 시금치에서 저장기간 동안 약간 높은 함량을 보였다. 수확시 시금치의 ascorbic acid 함량은 Hodges와 Forney(2003)의 연구결과와 유사하였으나 저장중 ascorbic acid의 감소가 본 연구에서 급격히 발생한 이유는 가용성당 함량 감소 원인과 동일한 이유로 시금치내의 ascorbic acid 함량도 급격히 감소한 것으로 판단된다.

시금치의 색도를 알아보기 위해 조사한 Hunter 값의 수확 및 저장중 변화는 Table 14와 같다. 시금치의 Hunter L 값은 수확시 35.5에서 실온저장한 무처리구의 증가를 제외하고 저장초기에 32 전후로 감소한 후, 저온저장한 시금치는 저장 7일부터 다시 증가하여 저장 14일에 37 이상으로 증가하였다. 시금치의 Hunter a 값은 저장 3일에 실온과 저온저장에서 무포장구는 감소하고, $\varnothing 0.03\text{mm}$ 에 포장한 시금치는 증가하며, $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장한 시금치는 감소하는 경향을 보였다. 시금치의 Hunter b 값은 수확시 11.2에서 저장중 점차 증가하며, 실온저장한 무포장 시금치는 16.5까지, 저온저장한 시금치는 저장 14일에 14-15 이상으로 증가하였다. 저장중 품질변화를 지연시켜 수확시와 유사한 시금치 색도를 유지하는 것은 Hunter 값의 관찰할 수 있으며, 변화가 적은 것이 유리할 것으로 판단된다. 시금치의 Hunter 값은 실온저장한 무포장구의 시금치가 가장 변화가 심하며, 저장 3일까지는 실온저

장시 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 에 포장한 시금치가 저온저장시 포장처리구보다는 무포장구가 변화가 적었다. 7일 이상 저온저장시 시금치는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 보다는 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름이 변색방지에 도움이 될 것 같으며, 저장 14일에는 Hunter 값의 변화가 심화되기 시작하였다.

시금치 앞에 있는 엽록소의 함량은 수확시 $400\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 정도이며, 함량은 저장 3일에 실온저장한 무포장구의 시금치는 감소하나 다른 처리구는 모두 증가한 것으로 조사되었으며, 특히 저온저장한 포장처리구에서 $450\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 이상으로 증가하였다. 저장이 진행되면서 엽록소는 점차 감소하며 무포장구가 가장 심하였고, $\varnothing 0.05\text{m}$ 에 포장한 시금치가 엽록소의 파괴가 가장 억제되었으며 저장 14일에는 수확시 엽록소 함량의 약 절반으로 감소하였다. 이상의 결과는 녹색을 나타내는 Hunter -a값의 결과에서 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장한 시금치 a값의 변화가 지연된 것보다 유사하였다.

이상의 결과에서 시금치는 실온저장시 무포장구는 저장이 어려워 즉시 출하해야 하며 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 와 $\varnothing 0.05\text{mm}$ PE 필름에 포장한 시금치도 저장기간은 3일 정도이고 두 포장구의 시금치 품질은 유사하였으나 변색 지연에 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 필름이 다소 유리하였다. 유통 시기가 여름철일 경우 시금치는 호흡율과 부패율을 감안할 때 실온유통에는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 필름이 품질유지에 좋을 것으로 판단된다. PE 필름에 포장하여 저온저장한 시금치도 저장기간은 7일 정도이며, 저장중 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 필름에 포장한 시금치가 품질은 좋았으나, 저장 7일에 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 와 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장한 시금치 사이에 품질의 차이가 크지 않으며, 저장 14일에는 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장저장한 시금치에서 부패가 심하였다. 고온기인 여름철에 시금치는 저온저장 및 저온유통 과정중에 적재, 선적, 그리고 하역 등 변온조건이 발생하므로 품질변화와 부패율을 감안하여야 한다. PE 필름 포장 저온 저장시 7일까지는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 과 $\varnothing 0.05\text{mm}$ PE 포장 처리 모두 품질이 우수하여 사용이 가능하나, 7일 이상 보관시 $\varnothing 0.05\text{mm}$ PE 포장은 시금치 수침과 시들음 현상이 심해지므로 저온저장 유통기간이 7일 이상으로 길어질 경우에는 $\varnothing 0.03\text{mm}$ PE 포장이 무난할 것으로 판단되었다.

4) 초록

본 연구는 여름철 재배용으로 적합한 시금치 ‘광채’ 품종의 저장온도와 포장저장에 따른 품질변화를 비교하여 적정 저장조건을 구명하기 위해 수행하였다. 저장중 시금치의 무게는 무포장구는 실온저장시 저장 3일만에 56%, 4°C 저장시 저장 7일에 20% 이상의 무게가 감소하였다. PE 필름으로 포장하여 실온저장한 시금치는 저장 3일에 약 2.5% 그리고 저온저장한 시금치는 저장 7일에 약 1.5%의 무게감소가 이었다. 시금치 엽조직내 가용성당은 수

확시 sucrose가 $4.9\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW로 가장 많으며 glucose와 fructose가 각각 $1.9\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW와 $1.7\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW이었으며, 모든 저장구에서 저장초기에 급격히 감소하였고, 저온저장시 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 에 포장한 시금치는 약 $3.0\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 그리고 $\varnothing 0.05\text{mm}$ 에 포장한 시금치는 $4.0\text{--}4.5\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW로 다른 처리구에 비해 높게 유지하였다. 시금치의 수확시 ascorbic acid 함량은 $166\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW이었으나 저장초기에 급격히 감소하여 저장 3일에 모든 저장처리구에서 $20\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 이하로 감소하였으며, 실온저장한 무포장구에서 가장 심하였고 저온저장시 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 에 포장한 시금치에서 저장기간 동안 약간 높은 함량을 보였다. 시금치 잎에 있는 엽록소의 함량은 수확시 $400\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 정도이며, 함량은 저장 3일에 실온저장한 무포장구를 제외한 모든 처리구에서 증가한 후 저장이 진행되면서 무포장구가 가장 심하게 그리고 모든 처리구에서 감소하였으며, $\varnothing 0.05\text{m}$ 에 포장한 시금치가 엽록소의 파괴가 가장 억제되었다. 이상의 결과에서 고온기인 여름철에 시금치는 실온저장시 품질 변화로 인하여 즉시 출하해야 하며 $\varnothing 0.03\text{mm}$ PE 필름 포장시 3일까지는 품질 유지 효과가 있었다. 저온저장시 $\varnothing 0.03\text{mm}$ 과 $\varnothing 0.05\text{mm}$ PE 포장 모두 7일까지는 품질이 우수하나, 저장기간이 길어지면 $\varnothing 0.05\text{mm}$ PE 포장한 시금치의 수침과 시들음 현상이 증가하여 $\varnothing 0.03\text{mm}$ PE 포장 유통이 시금치의 품질 유지에 유리할 것으로 판단되었다.

Table 13. Changes in soluble sugars content ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW) of spinach 'Kwangchae' during storage at room and low temperature after package with PE film. Spinach was grown on alpine area in summer.

Sugars	Storage temp	PE film	at Harvest	Storage (days)				
				3	7	14		
Fructose	Room temp	Control	1.66 ^z	0.99 b				
		∅0.03mm		1.45 a				
		∅0.05mm		1.44 a				
	4°C	Control	1.66	1.07 b	1.43 a			
		∅0.03mm		1.52 a	1.24 a	1.21 a		
		∅0.05mm		1.71 a	1.35 a	1.35 a		
		Glucose	Room temp	Control	1.91 ^z	3.66 a		
				∅0.03mm		0.94 c		
				∅0.05mm		0.81 c		
4°C	Control	1.91	2.41 b	2.10 b				
	∅0.03mm		0.77 c	1.54 c	1.48 b			
	∅0.05mm		0.93 c	2.40 a	2.76 a			
	Sucrose	Room temp	Control	4.89 ^z	0.11 c			
			∅0.03mm		0.78 a			
			∅0.05mm		0.96 a			
4°C		Control	4.89	0.11 c	0.13 b			
		∅0.03mm		0.56 b	0.33 a	0.25 b		
		∅0.05mm		0.85 a	0.34 a	0.45 a		

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 14. Changes in Hunter values of spinach 'Kwangchae' during storage at room and low temperature after package with PE film. Spinach was grown on alpine area in summer.

Hunter value	Storage temp	PE film	at Harvest	Storage (days)		
				3	7	14
L	Room temp	Control	35.5 ^z	38.8 a		
		Ø0.03mm		32.9 bc		
		Ø0.05mm		34.9 b		
	4°C	Control	35.5	32.2 c	34.6 a	
		Ø0.03mm		31.9 c	31.5 b	37.1 a
		Ø0.05mm		32.6 c	33.1 ab	37.8 a
a	Room temp	Control	-8.5 ^z	-11.6 c		
		Ø0.03mm		-8.6 a		
		Ø0.05mm		-10.0 b		
	4°C	Control	-8.5	-9.0 a	-9.8 c	
		Ø0.03mm		-8.1 a	-7.9 a	-10.0 a
		Ø0.05mm		-9.1 ab	-9.0 b	-11.1 b
b	Room temp	Control	11.2 ^z	16.5 a		
		Ø0.03mm		11.1 c		
		Ø0.05mm		13.1 b		
	4°C	Control	11.2	11.5 c	13.1 a	
		Ø0.03mm		10.7 c	10.1 c	14.5 a
		Ø0.05mm		11.8 c	12.1 b	15.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

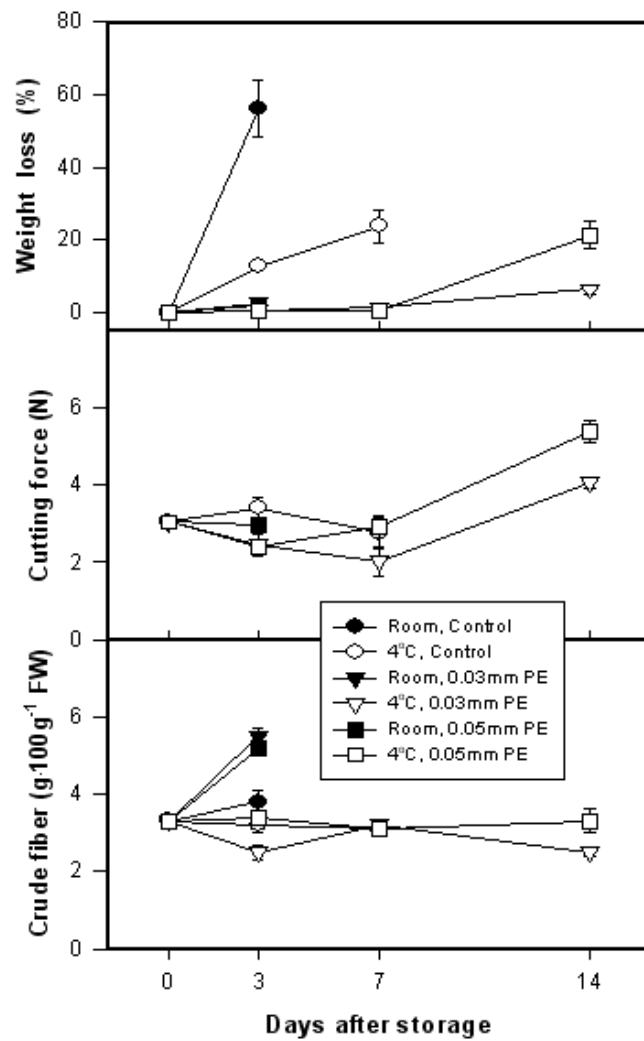


Fig. 15. Changes in weight loss, cutting force, and crude fiber content of spinach 'Kwangchae' during low temperature storage, as influenced by PE film packaging. Spinach was grown on alpine area in summer.

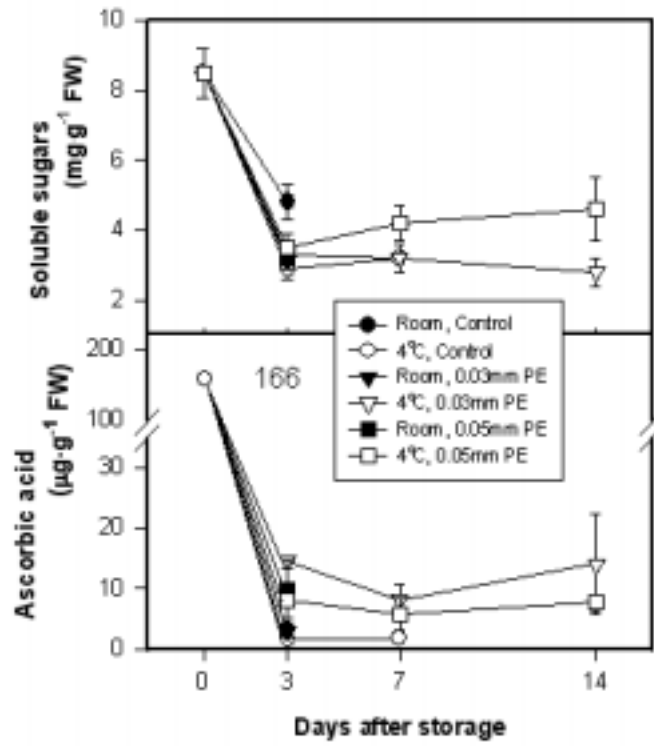


Fig. 16. Changes in contents of soluble sugars and ascorbic acid of spinach 'Kwangchae' during low temperature storage, as influenced by PE film packaging. Spinach was grown on alpine area in summer.

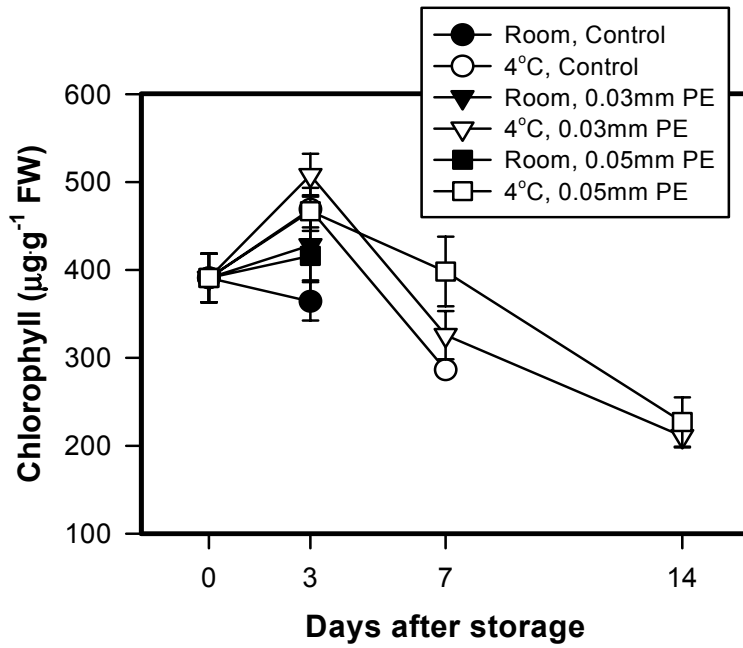


Fig. 17. Changes in chlorophyll content of spinach 'Kwangchae' during low temperature storage, as influenced by PE film packaging. Spinach was grown on alpine area in summer

다. 고랭지 여름재배용 시금치 선발을 위한 품종별 soluble 및 total oxalic acid 평가

여름재배용 시금치를 선발하기 위해 품종별로 가용성 및 전체 oxalic acid 함량을 조사하였다. 여름철에 고랭지에서 재배가 가능할 것 같은 시금치 품종을 국내 및 일본 종묘회사에서 추천받아 총 34품종을 대관령 지역의 차광막을 씌운 비가림하우스에서 6월 초에 직파하여 재배하였다. 시비는 계분 200kg/100평과 원예용 복합비료(N/P/K, 21/17/17%) 40kg/100평를 주었으며, 약제는 잘록병 방제를 위해 오비타(아족시스트로브린 20% 액상수화제, 신젠타) 1,000배액을 생육초기에 2회 살포하였다. 관수는 생육초기에는 2-3일에 1회 그리고 생육중기 이후에는 일주일 간격으로 1회씩 실시하였다. 시금치에는 가용성과 결합형을 포함한 전체 oxalic acid 함량이 각각 3.5-16.1과 4.2-19.7 mg · g⁻¹FW 정도로 조사되었다. 가용성 oxalic acid 함량에 따라 분류하면 크게 4 그룹으로 나뉘어 지며, '마스터'를 포함한 3개 품종에서 극히 많았고, '그림피아' 외 12 품종이 많았으며, '복지' 외 13 품종이 보통으로, 그리고 '광채' 외 4 품종에서 적은 것으로 조사되었다. 품종 간 차이는 가용성과 전체 oxalic acid가 유사한 결과를 보였다. Oxalic acid 함량에 따른 간이 선발기준을 마련하기 위해 oxalic acid 함량과 Hunter 값들을 이용한 색과의 상관관계를 조사하였으나 유의성은 없었다. 단 이상의 결과는 반복구 평균을 측정된 것으로 조사에 미흡한 점이 있었으며, 시금치 개체별로 보다 세밀한 분석이 요구된다.

Table 15. Contents of soluble and total oxalic acid in 34 spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season.

No	Cultivar	Oxalic acid	
		Soluble	Total
<i>mg · g⁻¹ FW</i>			
1	Bokji	11.40 cdefgh ^z	14.39 cdef
2	Carnival	10.71 fgh	15.29 bcd
3	Castel	10.43 fghi	11.65 hijk
4	Choice	10.47 fghi	10.78 j
5	Ddangddali	11.54 cdefgh	14.35 cdef
6	Greenpia	13.22 bc	16.35 b
7	King	11.90 bcdefg	13.49 defgh
8	King of Denmark	11.54 cdefgh	11.85 ghij
9	Kwangchae	8.72 ij	13.35 efgh
10	Master	15.18 a	18.94 a
11	Melody	12.67 bcde	16.30 b
12	Mighty	12.07 bcdef	12.13 ghij
13	Nice	16.07 a	18.06 a
14	Paroma	10.00 ghi	11.84 ghij
15	Polka	11.47 cdefgh	12.60 fghij
16	Power King	3.54 l	4.20 l
17	Quinto	12.18 bcdef	16.39 b
18	Shinsegae(F2)	13.55 b	14.90 bcde
19	Shinwoo	12.76 bcd	13.68 defg
20	Strong	15.64 a	19.68 a
21	Titan	11.73 bcdefgh	12.99 fgh
22	Titanic	11.92 bcdefg	12.96 fghi
23	Shikyo302	12.75 bcd	15.86 bc

Table 15. continued

No	Cultivar	Oxalic acid ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW)	
		Soluble	Total
		<i>mg · g⁻¹ FW</i>	
24	SP3837	10.67 fgh	15.24 bcd
25	SP3840	10.05 ghi	12.79 fghij
26	SP3855	12.03 bcdef	14.05 cdef
27	SP3858	6.66 k	8.16 k
28	SP3859	10.76 efgh	11.92 ghij
29	SP3860	10.96 defgh	10.99 ij
30	SP3864	13.24 bc	13.52 defgh
31	SP3866	7.91 jk	11.07 ij
32	SP3868	7.26 jk	7.53 k
33	SP6140	9.87 hi	12.63 fghi
34	SP6142	11.31 cdefgh	13.11 efgh

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 16. Relationships between oxalic acid and color factors, and their confidence level of 34 spinach cultivars grown on alpine area in summer season.

Factors	Correlation coefficient
Hunter a×Chlorophyll	0.5612**
Soluble oxalic acid×Hunter L	-0.2234 ^{NS}
Total oxalic acid×Hunter L	-0.0990 ^{NS}
Soluble oxalic acid×Hunter a	0.2943 ^{NS}
Total oxalic acid×Hunter a	0.1913 ^{NS}
Soluble oxalic acid×Hunter b	-0.3077 ^{NS}
Total oxalic acid×Hunter b	-0.1921 ^{NS}
Soluble oxalic acid×Chlorophyll	0.1640 ^{NS}
Total oxalic acid×Chlorophyll	0.1871 ^{NS}

^{NS,} ^{**} Nonsignificant and significant at $P \leq 0.01$, respectively.

2D Graph 13

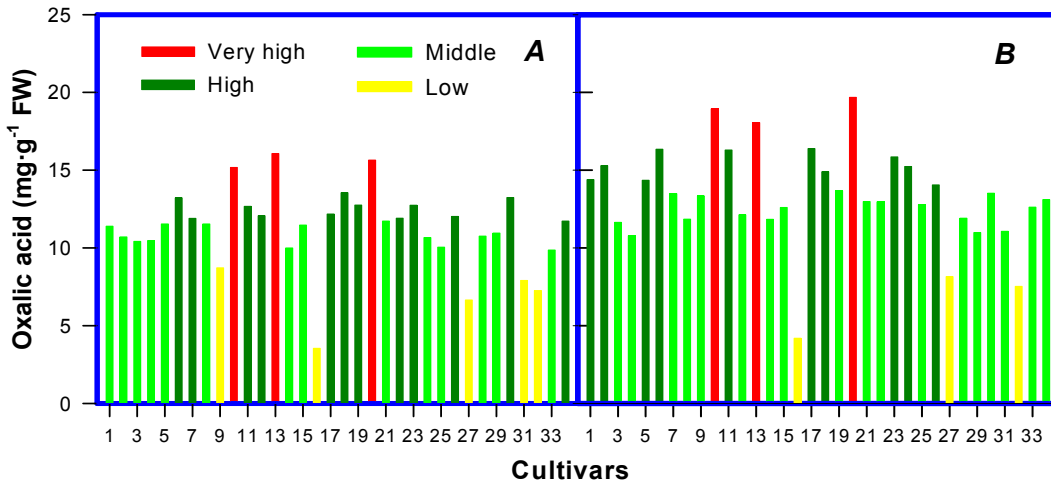


Fig. 18. Content of soluble (A) and total (B) oxalic acid in spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

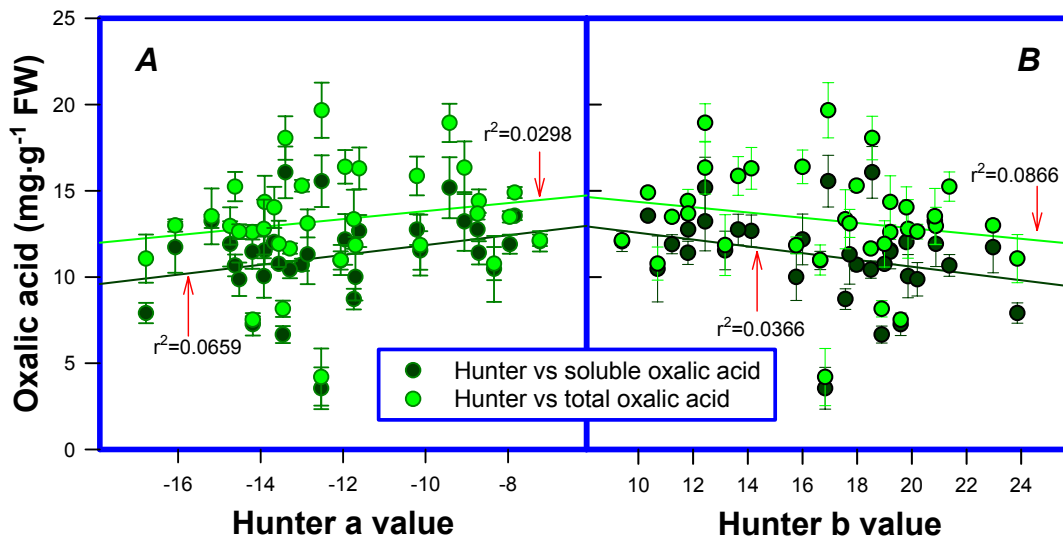


Fig. 19. Relationship between oxalic acid contents and Hunter a (A) or b (B) values of spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season.

바. 동일한 비가림하우스내 재배 위치에 따른 관수량의 부족이 시금치 생육 및 oxalic acid 함량에 미치는 영향

국내 및 일본 종묘회사에서 추천받아 여름철에 고랭지에서 재배한 34 품종의 시금치를 대관령 지역의 차광막을 씌운 비가림하우스에서 7월 중순에 직파하여 재배하였다. 시비와 약제 살포는 관행 재배에 준하였다. 관수는 스프링클러로 생육초기에는 2-3일에 1회 그리고 생육중기 이후에는 일주일 간격으로 1회 실시하였다. 조사는 34 품종을 모두 하였으며 관수가 충분하지 못한 처리구는 7개 품종을 따로 선정하여 조사하였다. 실험여건상 토양 수분함량은 측정하지 못하였으며, 동일한 하우스 내에서 눈으로 관찰하여 스프링클러가 충분히 미치지 못하는 재배구와 관수가 충분한 재배구로 구분하여 생육과 oxalic acid 함량을 조사 비교하였다. 관수가 원활히 이루어진 토양에서 자란 시금치와 비교하여 상대적으로 관수량이 부족한 7개의 품종은 생육이 불량하였다. 초장과 엽장은 ‘초이스’, ‘마이티’, ‘광채’ 품종이 억제되었으며, 근장은 품종간 차이가 적거나 오히려 관수가 부족한 ‘킹오브덴마크’와 ‘멜로디’ 품종이 길었다. 뿌리의 무게는 관수량이 부족할 경우 적었으며 ‘광채’ 품종이 특히 심하였으며, 생체중도 ‘킹오브덴마크’ 품종을 제외하고 특히 ‘광채’와 ‘마이티’ 품종이 크게 저하되었다. Oxalic acid 함량도 관수량 부족구에서 적은 것으로 조사되었으며, 특히 가용성 oxalic acid가 그리고 ‘광채’와 ‘멜로디’ 품종이 크게 줄어들었다.

Table 17. Difference in growth characteristics of spinaches irrigated sufficient or not caused by culture position in a house. Statistics of seven spinach cultivars was presented among 34 cultivars in this table.

No	Irrigation	Length (cm)			Leaf number (no)
		Leaf	Blade	width	
Bokji	Sufficient	26.1 m-o	15.6 gh	11.1 c-k	13.4 i-k
	Insufficient	19.5 qr	14.3 k-n	9.3 j-p	13.4 i-k
Choice	Sufficient	26.8 lo	15.7 f-m	12.6 a-e	13.8 i-k
	Insufficient	17.6 qr	11.1 op	7.9 n-q	13.2 i-k
King of Denmark	Sufficient	27.4 l-o	18.4 a-e	12.3 a-g	14.0 i-k
	Insufficient	26.5 l-o	16.1 e-m	11.9 a-i	14.4 h-k
Kwangchae	Sufficient	33.7 f-j	17.9 a-g	11.9 a-i	14.2 i-k
	Insufficient	26.4 l-o	14.8 k-n	9.9 g-m	13.4 i-k
Melody	Sufficient	36.6 c-h	17.4 b-j	9.5 j-o	18.2 b-f
	Insufficient	37.4 b-f	17.6 a-i	11.0 c-l	19.0 a-d
Mighty	Sufficient	27.9 k-n	14.9 j-n	11.3 c-k	15.2 f-k
	Insufficient	16.5 r	10.3 p	6.8 q	13.2 i-k
Shinwoo	Sufficient	20.9 pq	12.6 no	8.9 k-q	13.4 i-k
	Insufficient	20.2 pq	12.6 no	8.4 m-q	11.8 k

Table 17. continued

No	Irrigation	Root length (cm)	Weight (g)	
			Root	Total fresh
Bokji	Sufficient	20.8 b-f	5.5 b-h	73.8 b-k
	Insufficient	20.4 b-g	4.3 d-j	41.6 g-k
Choice	Sufficient	21.6 b-c	5.4 b-h	89.3 b-k
	Insufficient	17.7 c-l	2.2 ij	23.9 j-k
King of Denmark	Sufficient	16.5 e-i	4.0 e-j	50.0 f-k
	Insufficient	23.6 a-b	3.7 g-j	68.3 c-k
Kwangchae	Sufficient	17.2 c-i	9.1 a	145.7 bc
	Insufficient	18.3 c-i	3.6 g-j	26.5 i-k
Melody	Sufficient	16.1 f-i	4.7 d-h	109.7 b-h
	Insufficient	20.1 b-g	4.4 d-i	70.3 c-k
Mighty	Sufficient	21.0 b-f	5.3 b-h	229.6 a
	Insufficient	18.1 c-i	2.0 j	18.6 k
Shinwoo	Sufficient	21.8 bc	3.2 h-j	36.9 h-k
	Insufficient	19.3 b-h	2.0 ij	22.6 jk

Table 18. Contents of soluble and total oxalic acid in 7 spinach cultivars according to irrigate condition. Spinaches were grown on alpine area in summer season. The growing conditions were same except growing position in a house.

Cultivar	Irrigation	Oxalic acid	
		Soluble	Total
<i>mg · g⁻¹ FW</i>			
Bokji	Sufficient	11.40 ab ^z	14.39 b
	Insufficient	11.00 bc	11.90 cd
Choice	Sufficient	10.47 bc	10.78 de
	Insufficient	8.64 d	9.20 e
King of Denmark	Sufficient	11.54 ab	11.85 cd
	Insufficient	9.49 cd	10.15 e
Kwangchae	Sufficient	8.72 d	13.35 bc
	Insufficient	2.29 f	4.39 f
Melody	Sufficient	12.68 a	16.30 a
	Insufficient	5.89 e	10.70 de
Mighty	Sufficient	12.07 ab	12.13 cd
	Insufficient	9.65 cd	14.18 b
Shinwoo	Sufficient	12.76 a	13.68 b
	Insufficient	11.30 ab	11.93 cd

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

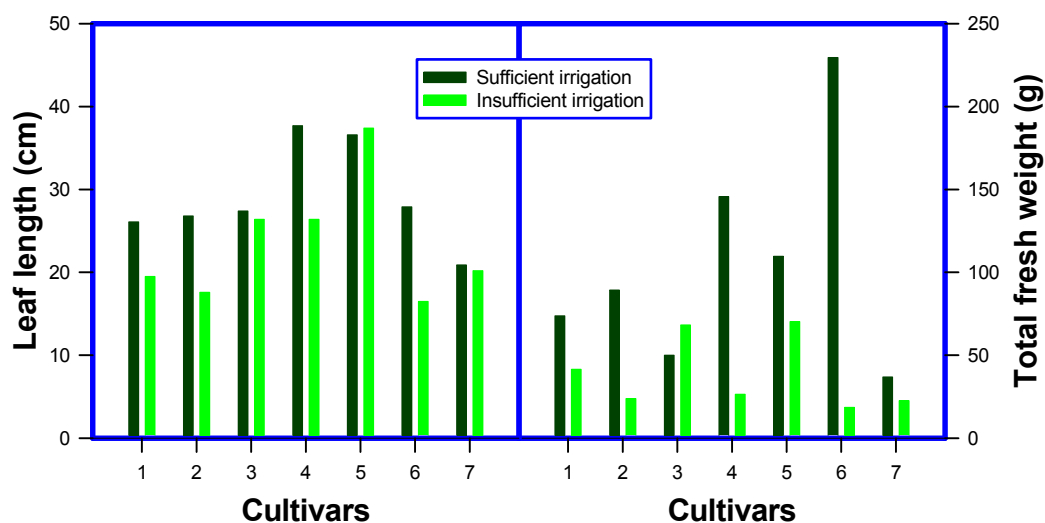


Fig. 20. Difference in leaf length (A) and total fresh weight with root (B) of spinaches irrigated sufficiently or not caused by culture position in a house. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

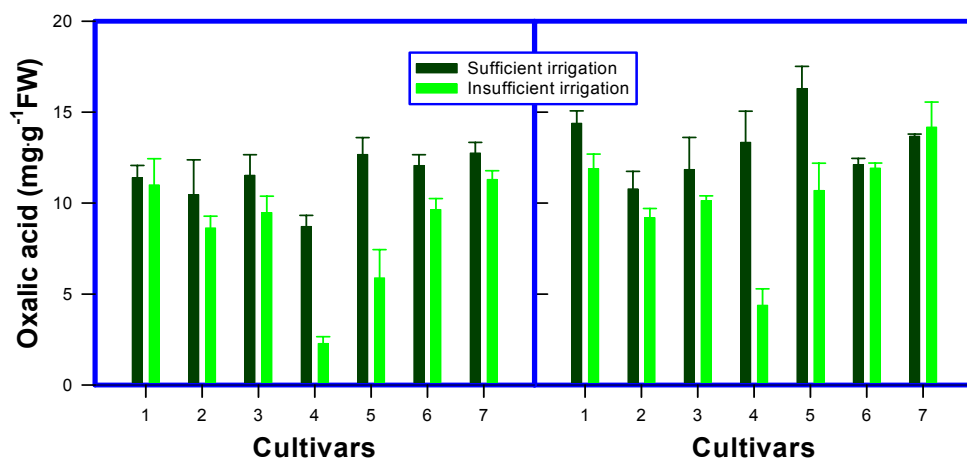


Fig. 21. Difference in contents of soluble (A) and total (B) oxalic acid in spinaches irrigated sufficiently or not caused by culture position in a house. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

사. 여름재배용 시금치 11 품종의 생육특성과 oxalic acid 함량 비교

국내 및 일본 종묘회사에서 추천받아 여름철에 고랭지에서 재배한 품종중 선발된 11 품종의 시금치를 대관령 지역의 차광막을 씌운 비가림하우스에서 7월 중순에 직파하여 재배하였다. 시비와 병해충방제는 관행재배법에 준하였다. 관수는 생육초기에는 2-3일에 1회 그리고 생육중기 이후에는 일주일 간격으로 1회 실시하였다. ‘복지’와 ‘광채’ 품종은 관수가 부족한 처리구를, ‘초이스’는 관수가 적당하고 부족한 처리구 모두를 그리고 ‘카니발’을 포함한 8개 품종은 관수가 적당한 처리구로 나누어 실험을 수행하였다. 11개 품종(12처리구) 중 추대가 발생한 ‘멜로디’ 품종을 포함하였다. ‘복지’와 관수가 부족한 ‘초이스’를 제외한 9개 품종은 초장이 30cm 이상으로 수출에 적합한 길이로 신장하였으며, 관수가 적당한 ‘초이스’와 ‘광채’ 품종은 초장이 수출이 가능한 25cm 이상으로 조사되었다. 생육형태는 ‘초이스’를 제외하면 모두 직립형태이었다. 국내에서 선호하는 붉은색의 뿌리를 가진 품종은 ‘마스터’ 외 3개 품종이 이었다. 시금치는 Hunter L이 높으면 b값도 높은 경향을 보였으며, L 값은 33-40 그리고 b값은 10-20 정도를 보였다. 녹색을 나타내는 Hunter -b 값이 낮을수록 시금치내 엽록소 함량이 낮은 경향을 보였다. 시금치의 가용성 당인 glucose와 sucrose의 함량은 각각 $0.6-1.8\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW와 $1.3-4.5\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 정도 이었으며, ‘복지’, ‘마스터’ 및 ‘SP3855’이 많았으며 그 외 품종은 유사한 함량을 보였다. 시금치의 ascorbic acid 함량은 $0.5-1.2\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ FW 정도 이었으며, ‘멜로디’ 외 3개 품종이 많은 것으로 조사되었다.

Table 19. Growth characteristics of 11 spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season.

No	Cultivar	Irrigation	Bolting	Leaf shape	Leaf attitude	Root color ^z
1	Bokji	Insufficient	-	Round	Erect	1.5
2	Carnival	Sufficient	-	Acute	Erect	2
3	Choice	Sufficient	-	Round	Semi-erect	2
		Insufficient	-	Round	Erect	1
4	Kwangchae	Insufficient	-	Round	Erect	2
5	Master	Sufficient	-	Acute	Erect	3
6	Melody	Sufficient	Bolting	Acute	Erect	2
7	Polka	Sufficient	-	Acute	Erect	3
8	SP3840	Sufficient	-	Acute	Erect	3
9	SP3855	Sufficient	-	Round	Erect	2.5
10	SP6140	Sufficient	-	Mix	Erect	3
11	SP6142	Sufficient	-	Acute	Erect	1

^z Root color : from 1(white) to 4(red).

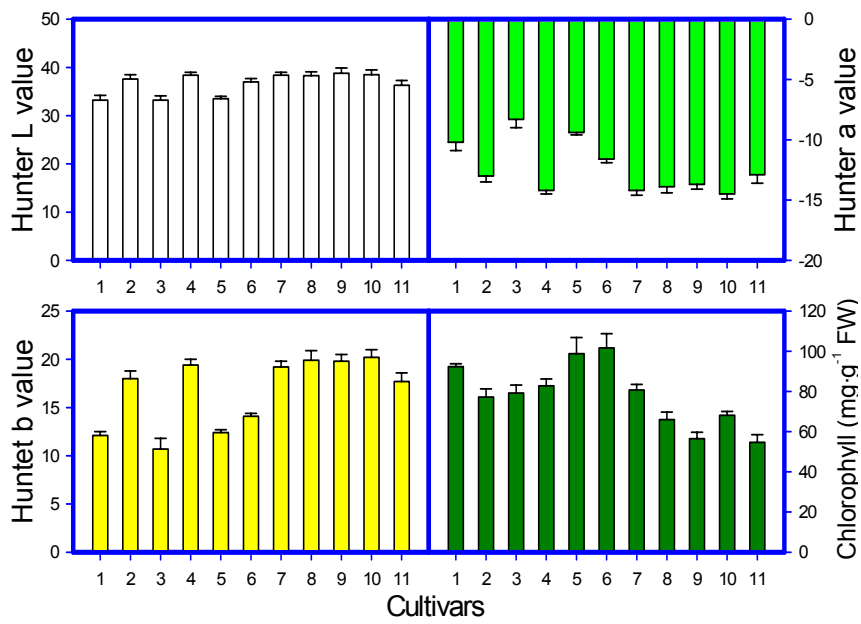


Fig. 22. Hunter values and chlorophyll contents of 11 spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

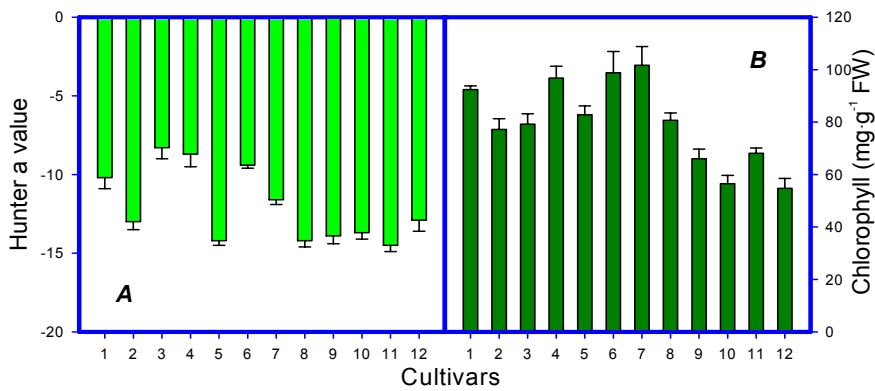


Fig. 23. Hunter values and chlorophyll contents of 11 spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

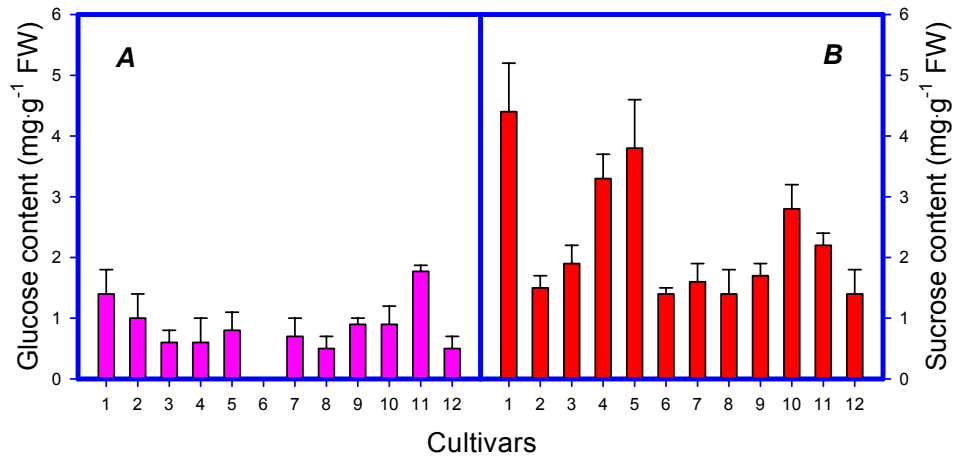


Fig. 24. Glucose (A) and sucrose (B) contents in 11 spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

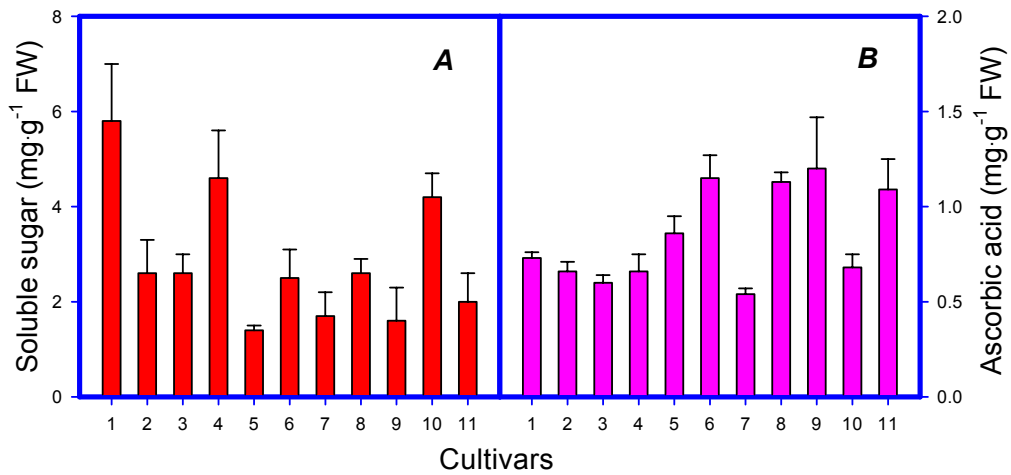


Fig. 25. Soluble sugar (A) and ascorbic acid (B) contents in 11 spinach cultivars. Spinaches were grown on alpine area in summer season. Refer to table 1 for each of cultivar number and name.

아. 여름 시금치의 병해충 방제기술 개발

1) 서 론

시금치(*Spinacia oleracea* L.)는 명아주과에 속하는 자웅이주의 1년생 호냉성 채소로서 우리나라에서 여름철 시금치 생산은 여름철의 고온장일 조건에서 추대 및 개화가 촉진되기 때문에 재배가 어렵다. 시금치는 고온에 약하여 25℃ 이상에서 생육이 둔화되기 시작하여 30℃ 이상에서는 생육이 정지될 뿐만 아니라 고온다습 등의 불리한 생육조건에서는 병충해, 생리장해, 추대 등이 발생하게 된다(이주성, 1979; 안재동, 1990; Naiki와 Kanoh, 1978). 특히 장마 후의 고온기에서는 평년지 재배가 극히 어렵다(Morita 등, 1988). 여름 시금치 재배시 문제점은 직파시 밀식된 상태이므로 묘가 연약하게 자라거나 생육이 불량하고, 특히 유묘기에 발생하는 잘록병과 생육기에 발생하는 시들음병 및 추대는 수량감소를 초래한다(Fig. 26). 따라서 여름철 7, 8, 9월에 단경기가 형성되어 시금치의 값이 크게 폭등한다.

한편 강원 중부산간 및 고랭지 지역은 여름철 서늘한 기후로 호냉성 채소류인 감자, 배추 등의 대표적 생산지로 만약 이곳에서 여름 시금치를 재배를 한다면 이러한 문제점을 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 용 등(2004)은 고랭지 여름 재배용 시금치를 선발하기 위하여 12개 품종을 검토한 결과 내추대성인 품종을 선발할 수 있었다.

그러나 여름 시금치 재배의 문제 중에 하나는 잘록병 및 모마름병 발생으로 입모울을 크게 떨어뜨려 수량에 막대한 손실을 일으키는 것이다. 고랭지 여름 시금치 재배는 파종에서 수확까지 걸리는 시간이 30-40일 정도로 초기 입모울 확보는 안정적인 수량 확보를 위하여 매우 중요하다.

시금치에 잘록병을 일으키는 가장 중요한 병원균은 *Rhizoctonia solani* AG-4로 알려져 있다(Naiki와 Nahoh, 1978, Kuramae 등, 2003). 일반적으로 *R. solani*의 전염원을 제거하기 위하여 methyl bromide로 토양을 훈증소독하지만 이 훈증제는 매우 독성이 높고 지구 오존층을 파괴하는 물질이므로 전 세계적으로 사용을 점차적으로 금지하고 있는 실정이다(Dhingra 등, 2004). *R. solani*에 의한 잘록병을 방제하기 위한 방법으로 화학적 방제, 생물학적 방제 경종적 방제 방법 등이 보고 되었다(Barnes와 Csinos, 1990; Dhingra 등, 2004; Gasztonyi 와 Lyr, 1995; Kataria 등, 1991; Lewis와 Lumsden, 2001; Szczech와 Shoda, 2004; van den Boogert와 Luttkholt, 2004). 그러나 현실적으로 시금치 잘록병의 방제는 화학적 방제에 의존할 수 밖에 없는 실정이지만 현재 한국에서 시금치 잘록병 방제를 위한 살균제는 등록된 것이 없는 실정이다. 또 *R. solani*은 균사융합군(anastomosis)에 따라서 살

균제의 반응이 다르다고 보고 된 바가 있다(Campion 등, 2003; Gasztonyi 와 Lyr, 1995; Kataria 등, 1991). 따라서 우수 약제의 선발은 시금치 잘록병 방제를 위하여 필요한 실정이다.

또 여름 시금치 재배에 문제가되는 병해로는 *F. oxysporum* f.sp. *spinaciae*에 의하여 발생하는 시들음병으로 이 균은 생육 초기에는 잘록병을 일으키며 중기와 후기에 발생하며, 고온기에 피해가 커지는 것으로 보고되었다(농촌진흥청 농업과학기술원, 2000). 여름 시금치는 여름철 고온기에 재배하므로 시들음병의 방제는 잘록병과 마찬가지로 중요하다.

본 연구는 고랭지 여름 시금치의 안정적 생산을 위하여 발생하는 병해충의 발생 상황을 조사하며, 병해중에서 가장 문제가되는 잘록병과 시들음병의 방제를 위하여 생물학적 방제제의 활성조사 및 화학적 방제를 위하여 방제 가능성이 예상되는 살균제의 *in vitro* 및 *in vivo* 살균활성을 조사하여 우수한 약효를 나타내는 약제를 선발하기 위하여 수행하였다.



Fig. 26. Problems found during the cultivation of summer spinach. A, Nonuniform germination by damping-off; B, Fusarium wilt; C, Shoot overgrowth caused by high temperature and humidity; D, Bolting.

2) 재료 및 방법

가) 여름시금치 병해충, 잡초 발생상황 조사

2004년부터 2005년에 걸쳐 여름시금치 재배포장에서 발생하는 병해충을 조사하기 위하여 강릉시 왕산면 대기리 소재 강릉대학교 시험포장과 홍천군 내면에 위치한 고랭지 농가 포장에 발생하는 병해충을 조사하였다. 해충은 발생한 해충을 채집하여 농촌진흥청에서 발간한 “원색도감 채소해충 생태와 방제”(1990)에 따라 동정하였으며, 병원균은 병든 식물을 채집하여 병원균을 순수분리하여 병원균의 형태적 특성에 기초하여 병원균을 동정하였다. 잘록병을 일으키는 병원균인 *Rhizoctonia solani*는 미국식물병리학회 출판부(APS) “Identification of *Rhizoctonia* species”(1991)에 따라 동정하였고, *Fusarium* spp.는 Nelson 등(1983)이 저술한 “*Fusarium* species—an illustrated manual for identification”에 따라서 동정하였다.

나) 시험균주

본 실험에 사용한 균주는 강릉시 왕산면 대기리에 위치한 시금치 시험포장에서 잘록병에 걸린 시료를 채집하여 병반 부위를 1% NaHClO solution에 1분간 표면소독한 후 streptomycin이 100 mg/L 들어있는 potato dextrose agar(PDA) 배지에 치상하여 자라나온 균총의 선단부위를 띄어 순수 분리한 후 다시 건전한 시금치에 접종하여 병원성을 확인하고 이들 중에 병원력이 큰 균주를 선발하여 시험에 사용하였다.

다) 시금치 종자

본실험에 사용된 공시품종은 1차년도 고랭지 여름 시금치 재배를 위하여 선발한광채, 복지, 초이스, 멜로디, 카니발, 마스터, 나카하라 (SPD24), 나카하라(SPD25), 나카하라(SPD32), 나카하라(SPD33), 풀카 11개품종을 사용하였으며, 잘록병 및 시들음병 실험에는 종자소독이 되어있지 않은(주)대농종묘의 “신세계”품종을 사용하였다. 육묘는 원예용 상토(Bio-2 Seminis Korea)를 이용하여 재배하였다.

라) 품종별 저항성 검정

실온에서 10일동안 왕겨·쌀겨배지에서 자란 잘록병 및 시들음병원균을 원예용상토(Bio-2)와 모래를 혼합(6:1)시킨 후 과종용 상자에 골고루 넣었다(Fig. 27). 유리온실에서 육묘중인 11개 시금치육묘를 이곳에 이식후 (접종된 처리구와 무처리 과종상자에 각

품종별 5개체 씩 2반복) 품종별 병저항성을 관찰하였다.

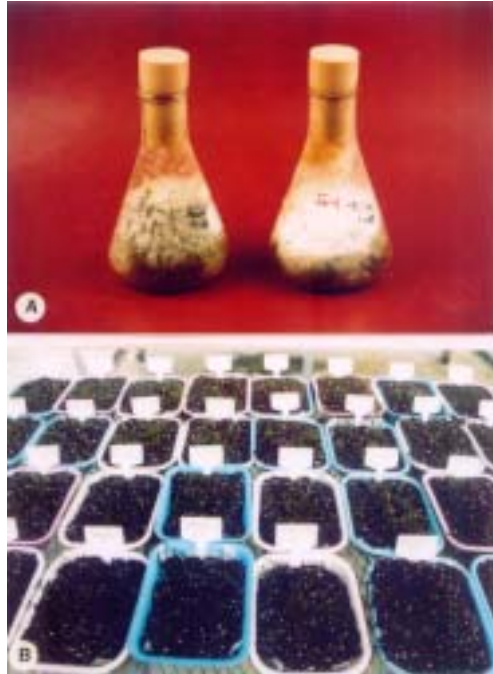


Fig. 27. Inoculum preparation of *R. solani* and *F. oxysporum* f.sp. *spinaciae* (A) and method for resistance screening of summer spinach cultivars against damping-off and wilt disease (B).

마) 시험약제

실험을 위해 사용한 살균제는 13종으로 strobilulin 계 살균제로 trifloxystrobin, pyraclostrobin, azoxystrobin, kresoxim-methyl을 사용하였고, ergosterol 생합성 저해제인 hexaconazol, tebuconazole, prochloraz 그리고 기타 살균제로 validamycin, fluazinam, Benlate-T, cyazofamid, flutolanil를 사용하였다(Table 20).

Table 20. Fungicides used in this study

Fungicide	Formulation ^{a)}	Chemical name
Pencycuron	25% WP	1-(4-chlorobenzyl)-1-cyclopentyl-3-phenylurea
Trifloxystrobin	22% SC	methyl (E)-methoxyimino-[(E)-1-(1,1,1-trifluoro- <i>m</i> -tolyl)ethylideneaminoxy]- <i>m</i> -tolyl acetate
Pyraclostrobin	18.8% WG	methyl <i>N</i> -(2-[1-(4-chlorophenyl)-1 <i>H</i> -pyrazol-3-ylloxymethyl]phenyl)(<i>N</i> -methoxy)carbamate
Azoxystrobin	20% SC	methyl (E)-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-ylloxy]phenyl]-3-methoxyacrylate
Kresoxim-methy	147% WG	methyl (E)-methoxyimino[2-(<i>m</i> -tolylloxymethyl)phenyl]acetate
Validamycin-A	10% SP	1L-(1,3,4/2,6)-2,3-dihydroxy-6-hydroxymethyl-4-[(1 <i>S</i> , 4 <i>R</i> , 5 <i>S</i> , 6 <i>S</i>)-4,5,6-trihydroxy-3-hydroxymethylcyclohex-2-enylamino]cyclohexyl β-D-glucopyranoside
Fluazinam	50% WP	3-chloro- <i>N</i> -(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyl)-1,1,1-trifluoro-2,6-dinitro- <i>m</i> -toluidine
Benlate-T	20+20 WP	methyl 1-(butylcarbamoyl)benzimidazol-2-ylcarbamate + tetramethylthiuram disulfide
Cyazofamid	10% SC	4-chloro-2-cyano- <i>N,N</i> -dimethyl-5- <i>p</i> -tolylimidazole-1-sulfonamide
Flutolanil	15% EC	1,1,1-trifluoro-3'-isopropoxy- <i>m</i> -toluanilide
Hexaconazole	10% EC	(<i>RS</i>)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-yl) hexan-2-ol
Tebuconazole	25% EC	(<i>RS</i>)-1-(<i>p</i> -chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol
Prochloraz	25% EC	<i>N</i> -propyl- <i>N</i> -[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl]imidazole-1-carboxamide; 1-(<i>N</i> -propyl- <i>N</i> -[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl])carbamoylimidazole

^{a)}WP=wettable powder, WG=water-dispersible granule, SC=suspension concentrate, SP=water soluble powder, EC=emulsifiable concentrate.

바) *In vitro*와 *in vivo* 살균제 약효 검정

살균제의 *in vitro* 약효 검정은 멸균된 PDA 배지에 약제를 넣어 Petri plate에 분주하여 굳힌 후에 미리 배양한 *R. solani*와 *F. oxysporum* f. sp. *spinaciae*의 균사 disc를 배지 중앙에 치상하고 25°C 배양기에서 7일간 배양 후 균총의 직경을 조사하였고 약제를 넣지 않은 plate의 성장과 비교하여 억제율(%)을 산출하였다. *In vivo* 유묘검정으로 관주효과는 *R. solani*를 멸균된 보리에 접종하여 2주간 배양한 후 원예용 상토(Bio-Best, Seminis Korea)에 혼합하여 만든 오염토양을 pot(직경 8 cm, 용량 150 ml)에 넣고 최아 시킨 시금치(품종: 신세계) 종자를 파종하고, 원제 기준 2,000 mg/L으로 제조한 살균제 현탁액을 pot 당 10 ml 관주하고 파종 2주 후에 건전한 시금치의 수를 조사하여 생존율을 조사하였다. 종자처리 효과는 1,000 mg/L과 2,000 mg/L으로 조제된 살균제 현탁액에 시금치 종자를 24시간 침지한 후 오염토양에 파종하여 2주 후 출현한 건전 시금치를 조사하여 생존율을 조사하였다.

사) 시금치 모잘록병 및 시들음병에 대한 생물학적 방제

여름 재배용으로 선발된 11개 품종 중 “멜로디” 품종을 사용하였으며, 병원균의 배양은 PDA 배지, Water agar 배지, 왕겨쌀겨배지를 각각 이용하였다. 본 실험에 사용한 길항 미생물은 강릉대학교 식물응용과학과 식물병리실험실에 보관 중인 *Bacillus subtilis* B-SJ-2, *Bacillus subtilis* B-DB, *Paenibacillus* sp. P-B균주를 이용하여 시들음병균인 *F. oxysporum* f.sp. *spinaciae*와 잘록병(입고병)균으로 *R. solani*에 대한 *in vitro* 및 *in vivo* 항균활성을 조사하여 미생물 농약으로의 이용 가능성을 조사하였다. *In vitro* 활성은 병원균과 대치배양을 하여 병원균의 성장을 억제하는 정도를 조사하였으며, *in vivo* 활성은 플라스틱 Petric-dish에 filter paper를 깔고 멜로디 시금치 종자를 치상 후 증류수를 뿌려주었다. 4일뒤 최아가 된 종자들만 유용미생물의 혼탁액에 침지시킨 후 실온에서 10일동안 왕겨쌀겨배지에서 자란 잘록병 및 시들음병원균을 원예용상토(Bio-2)와 모래가 혼합(6:1)된 파종용상자에 이식후 미생물방제 효과를 관찰하였다.

3) 결과 및 고찰

가) 여름시금치 병해충, 잡초 발생상황 조사

국내에 현재 보고된 시금치에 피해를 주는 병원균은 바이러스 3종(Broad bean wilt virus, Cucumber mosaic virus, Turnip mosaic virus)과 곰팡이병 10종 및 2종의 선충병이 보되었다(Table 21). 또한 시금치에 피해를 주는 해충으로는 섬서구메뚜기, 봉숭아혹진딧물, 거북

잎벌레, 흰띠명나방, 솟검은밤나방, 도둑나방, 과밤나방, 시금치꽃파리 등이 보고되었다(채소 해충 생태와 방제, 1990)

Table 21. Lists of spinach disease reported in Korea

병명	학명	영명
누른오갈병	Broad bean wilt virus(BBWV)	Wilt
모자이크병	Cucumber mosaic virus(CMV)	Mosaic
	Turnipn mosaic virus(TuMV)	Mosaic
갈색무늬병	<i>Cercospora spinaciae</i>	Leaf spot
잎곰팡이병	<i>Cladosporium macrocarpum</i>	Gray mold
탄저병	<i>Colletotrichum spinaciae</i>	Anthracnose
시들음병	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>spinaciae</i>	Fusarium wilt
잘록병	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>spinaciae</i>	Damping-off, Foot rot
	<i>Pythium aphanidermatum</i>	
	<i>Rhizoctonia solani</i>	
뿌리썩음병	<i>Fusarium</i> sp.	Root rot
갈색점무늬병	<i>Heterosporium variable</i>	Leaf spot
노균병	<i>Peronospora farinosa</i>	Downy mildew
점무늬병	<i>Phyllosticta chenopodii</i>	Leaf spot
역병	<i>Phytophthora drechsleri</i>	Phytophthora root rot
땅콩뿌리혹선충	<i>Meloidogyne arenaria</i>	Peanut root-knot nematode
자바니카	<i>Meloidogyne javanica</i>	Javanese root-knot
뿌리혹선충		nematode

* 한국식물병명목록 제4판, 2004.

2004년부터 2005년에 걸쳐 여름시금치 재배포장에서 발생하는 병해충을 조사한 결과 병해로는 생육초기에 *R. solani*에 의한 잘록병이 많이 발생하였으며, 중기에 들어서 *F. oxysporum* f. sp. *spinaciae*에 의한 시들음병이 부분적으로 발생했다(Fig. 28, 29).

충해로는 흰띠명나방과 시금치꽃파리 피해가 생육 중후반에 부분적으로 나타났으며, 생육후반기에 섬서구메뚜기가 부분적으로 가해했으며, 도둑나방과 파밤나방도 포장에 따라서 생육전반에 걸쳐 피해를 끼쳤다(Fig. 30).



Fig. 28. Spinach wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*. Symptom (A and B), Colony (C) and microconidia of the pathogen (D).

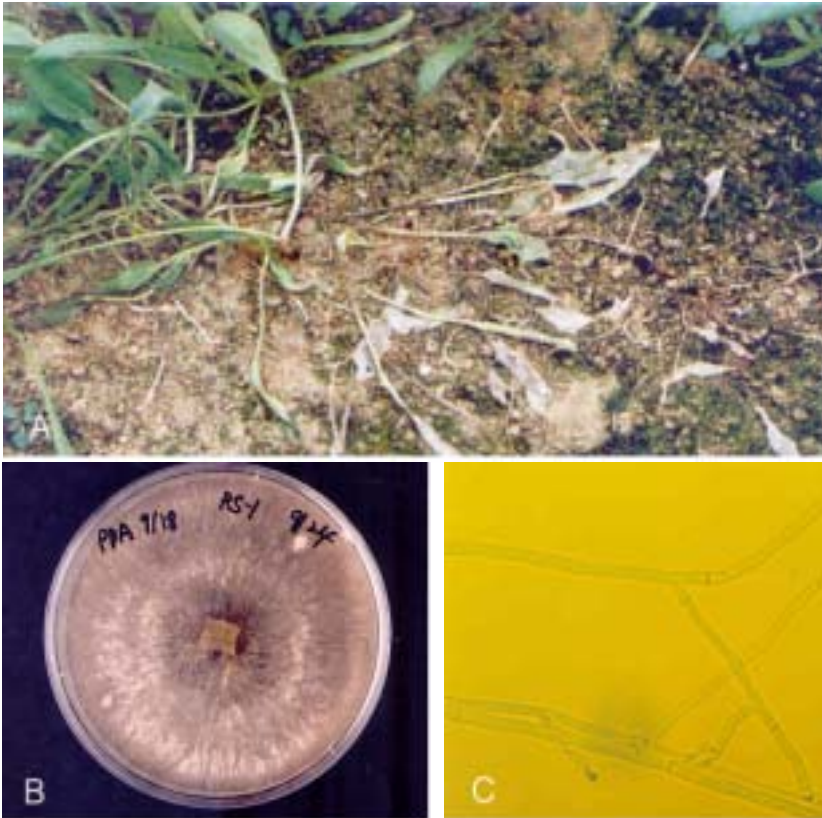


Fig. 29. Spinach damping-off caused by *Rhizoctonia solani*. Symptom (A), Colony (B) and hyphae of the pathogen.

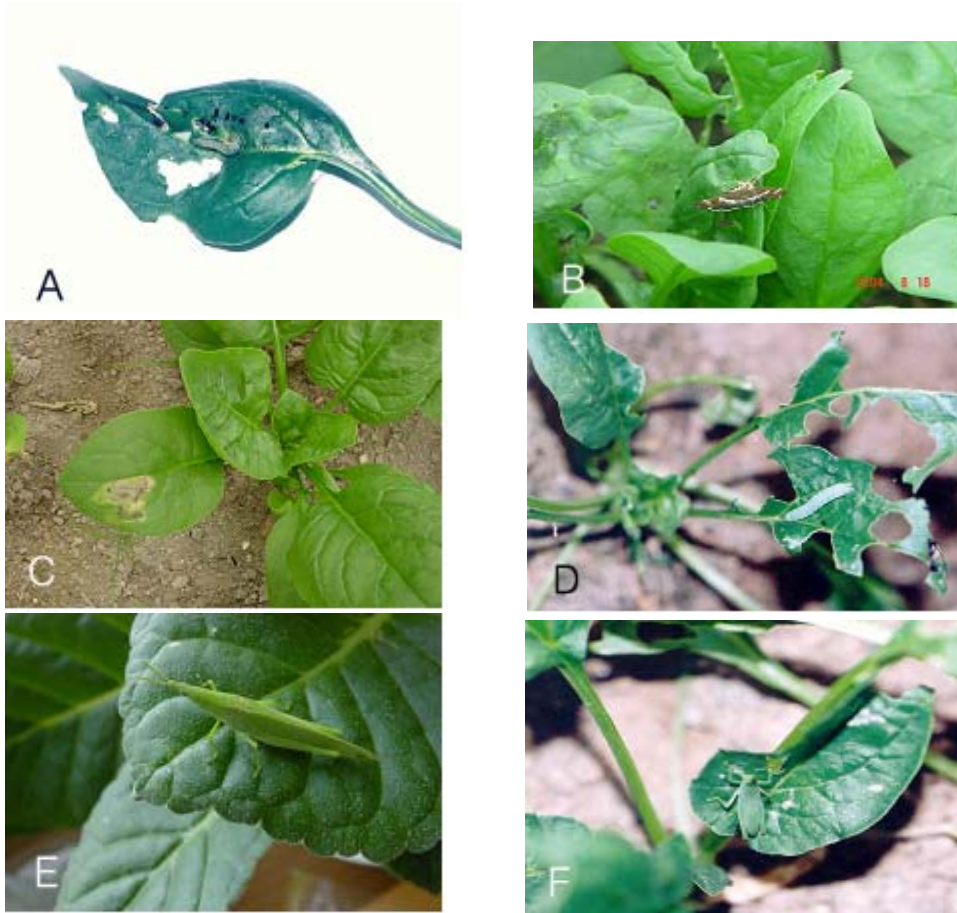


Fig. 30. Larva and adult of *Hymenia recurvalis* (A, B), symptom of spinach leafminer (C), larva of cabbage armyworm (D) and differentiate grasshopper (E, F).

나) 시금치 품종간 잘록병 및 시들음병에 대한 저항성 비교

1차년도에 선발된 11개 시금치 품종의 잘록병 또는 시들음병에 대한 저항성을 조사하였다(Fig. 31). 무처리, *R. solani*(Rs-1) 및 *F. oxysporum* f.sp. *spraciae*(Fo-1)처리간의 초장 등의 생육을 비교한 결과 11개 품종에 대하여 무처리 > Rs-1 > Fo-1의 순으로 나타났다. Rs-1, Fo-1에 감염된 시금치 유묘들은 무처리에 비해 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 근장, 근중 그리고 생체중이 무처리 시금치에 비해 훨씬 불량하였다. (Table 22, 23, 24. Fig. 32, 33). 나카하라25, 폴카 품종의 두처리구(Rs-1, Fo-1)내에서 초장이 다른 품종에 비해 좋았으며 멜로디, 초이스 품종은 Rs-1 처리내에서 초장의 생육이 다른 시금치 품종에 비해 좋게 나타났다. 엽장에서는 마스터 품종이 다른 시금치 품종에 비해 다소 좋았으며 엽폭, 엽수, 생체중에서는 폴카 품종이 다른 시금치 품종에 비해 양호했다. 근장상태는 나카하라32, 광채, 복지, 초이스 품종이 다른 시금치 품종에 비해 양호했다.

그러나 대체적으로 두처리구(Rs-1, Fo-1균 접종구)에서 자란 11개 품종의 시금치 생육이 무처리구의 시금치 생육에 비해 전체적인 생육은 불량했다. 따라서 조사된 시금치 품종은 잘록병이나 시들음병에 대한 저항성이 적은 것으로 나타났다.



Fig. 31. 시들음병균(*F. oxysporum* f.sp.*spinaciae*)또는 갈록병균(*R. solani*)에 접종된 11개 품종의 시금치 생육모습.

- A : *R. solani*의 균에 접종된 11개품종의 시금치 생육모습(상)
F. oxysporum f.sp.*spinaciae*균에 접종된 시금치 생육모습(중)
 무처리 조건의 11개품종의 시금치 생육모습 (하)

- B : 무처리와 처리간의 시금치 생육비교
 (좌) : 무처리, (중) : *Rhizoctonia solani*의 균에 접종된 시금치
 (우) : *F. oxysporum* f.sp.*spinaciae*균에 접종된 시금치

- C : 무처리와 처리간의 시금치 뿌리부분(Close-up)
 (좌) : 무처리, (중) : *R. solani*의 균에 접종된 시금치
 (우) : *F. oxysporum* f.sp.*spinaciae*균에 접종된 시금치

Table 22. 선발된 시금치 11개 품종에 대한 Rs-1, Fo-1의 처리구와 무처리 간의 생육비교

품 종	조 사 내 용					
	초 장			엽 장		
	Control	Rs-1	Fo-1	Control	Rs-1	Fo-1
마스터	12.86 AB ^Z	5.42 FGH	4.74 GHIJ	7.16 A	3.34 FGH	2.44 IJK
나카하라25	13.22 A	5.72 FG	5.32 FGHI	6.38 B	3.12 FGHI	2.76 HIJ
초이스	9.22 E	6.26 F	3.24 K	5.32 DE	3.74 F	1.9 KLM
카니발	10.8 CD	4.12 HIJK	3.98 IJK	6.04 BCD	2.06 JKLM	2.12 JKLM
나카하라24	11.9 BC	5.24 FGHI	4.64 GHIJ	6.18 BC	2.44 JKL	1.86 KLM
나카하라33	10.86 CD	5.42 FGH	3.6 JK	5.18 E	2.86 GHIJ	1.48 LM
나카하라32	10.42 DE	5.58 FG	4.12 HIJK	5.54 CDE	3.12 FGHI	1.58 LM
폴 카	12.04 ABC	5.94 FG	5.22 FGHI	6.26 BC	3.62 FG	2.12 JKLM
광 채	10.46 DE	4.1 HIJK	5.16 FGHI	5.82 BCDE	2.84 GHIJ	2.06 JKLM
멜로디	12.48 AB	6.22 F	3.72 JK	5.92 BCDE	3.32 FGH	1.46 LM
복 지	10.16 DE	5.86 FG	3.2 K	5.28 DE	3.26 FGH	1.34 M

^ZMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

Rs-1: *Rhizotonia solani*, Fo-1: *Fusarium oxysporum* f.sp.*spinaciae*.

Table 23. 선발된 시금치 11개 품종에 대한 Rs-1, Fo-1의 처리구와 무처리 간의 생육비교

품 종	조 사 내 용					
	엽 폭			엽 수		
	Control	Rs-1	Fo-1	Control	Rs-1	Fo-1
마스터	2.78 BCD	1.38 FGHI	1.06 FGHIJ	4.4 ABCDE	2.0 GH	4.4 ABCDE
나카하라25	2.76 BCD	1.38 FGHI	1.16 FGHIJ	5.0 ABCDE	1.6 H	5.2 ABCD
초이스	2.6 BCD	2.14 DE	1.02 FGHIJ	4.4 ABCDE	4.0 CDEF	4.2 BCDEF
카니발	3.18 ABC	0.86 HIJ	0.96 GHIJ	5.0 ABCDE	3.8 DEF	5.6 AB
나카하라24	3.14 BC	1.24 FGHIJ	0.84 HIJ	4.8 ABCDE	3.0 FG	5.2 ABCD
나카하라33	2.86 BC	1.46 FGH	0.9 HIJ	5.8 A	3.6 EF	4.8 ABCDE
나카하라32	2.68 BCD	1.48 FGH	1.0 FGHIJ	5.6 AB	3.6 EF	4.8 ABCDE
폴 카	3.22 AB	1.66 EF	1.12 FGHIJ	5.6 AB	4.2 BCDEF	5.8 A
광 채	3.76 A	1.52 EFGH	1.04 FGHIJ	5.0 ABCDE	1.8 GH	5.4 ABC
멜로디	2.54 CD	1.6 EFG	0.62 J	5.6 AB	3.0 FG	5.8 A
복 지	2.78 BCD	1.66 EF	0.72 IJ	5.4 ABC	3.6 EF	5.2 ABCD

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.
 Rs-1: *Rhizotonia solani* , Fo-1: *Fusarium oxysporum* f.sp.*spinaciae*.

Table 24. 선발된 시금치 11개 품종에 대한 Rs-1, Fo-1의 처리구와 무처리 간의 생육비교

품 종	조 사 내 용					
	근 장			근 중		
	Control	Rs-1	Fo-1	Control	Rs-1	Fo-1
마스터	8.1 ABCDE	4.24 GHIJ	3.68 IJ	0.092 C	0.0124 FG	0.0154 FG
나카하라25	10.44 A	2.16 J	5.92 EFGHI	0.09566 BC	0.00996 G	0.02594 FG
초이스	10.32 A	6.32 DEFGH	5.08 FGHI	0.05902 DE	0.02154 FG	0.01198 FG
카니발	8.36 ABCD	2.24 J	4.9 FGHI	0.00584 BC	0.01486 FG	0.0187 FG
나카하라24	9.1 AB	4.42 FGHIJ	6.4 CDEFGH	0.09852 BC	0.038162 EF	0.01984 FG
나카하라33	8.7 ABC	6.42 CDEFGH	4.88 FGHI	0.10404 BC	0.02592 FG	0.01938 FG
나카하라32	10.42 A	6.66 CDEFG	5.72 FGHI	0.11762 B	0.03804 EF	0.02476 FG
폴 카	10.04 A	4.14 HIJ	6.52 CDEFGH	0.10912 BC	0.03048 FG	0.02706 FG
광 채	10.24 A	4.54 FGHI	6.84 BCDEF	0.18464 A	0.01426 FG	0.02528 FG
멜로디	9.02 AB	5.1 FGHI	4.64 FGHI	0.06402 D	0.01016 G	0.01552 FG
복 지	9.52 A	5.8 EFGHI	6.16 DEFGH	0.0968 BC	0.02274 FG	0.01804 FG

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

Rs-1: *Rhizotonia solani* , Fo-1: *Fusarium oxysporum* f.sp.*spinaciae*.

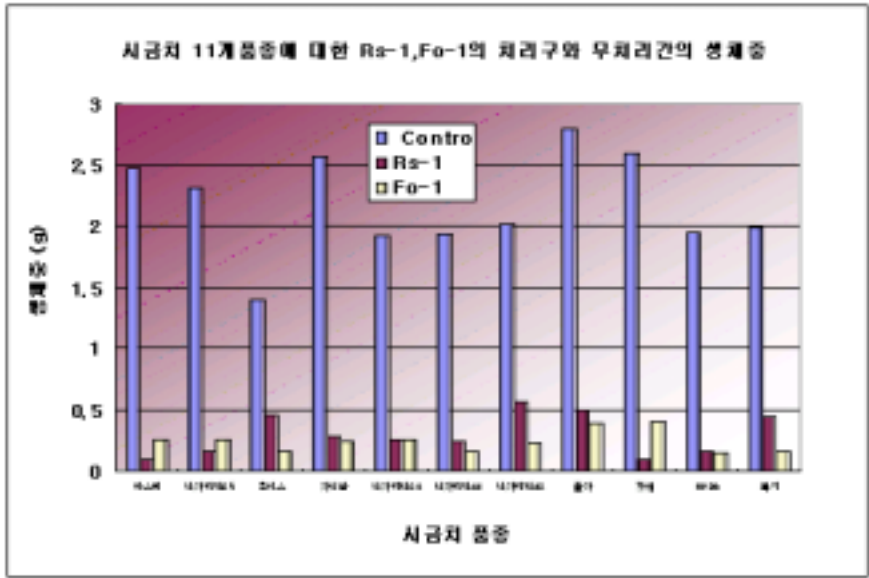


Fig. 32. 시금치 11개 품종에 대한 Rs-1, Fo-1의 처리구와 무처리간의 생체중.

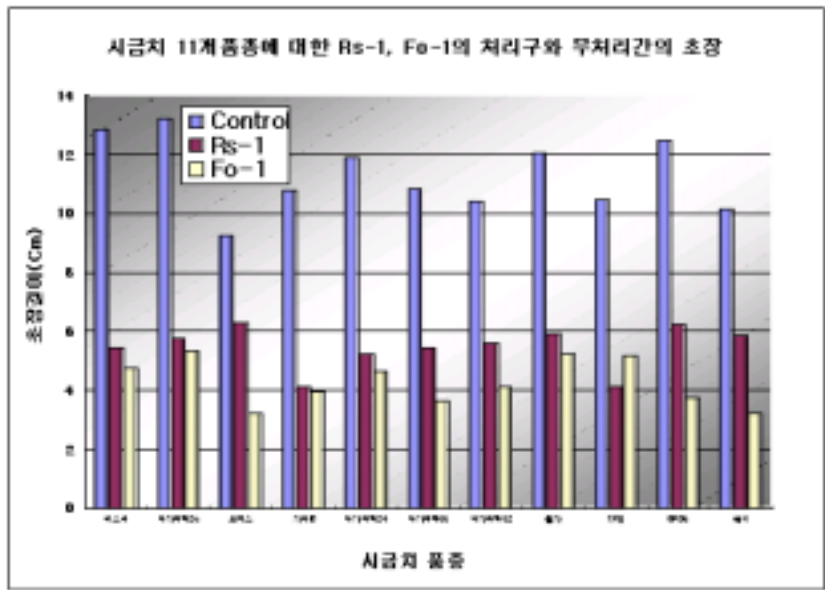


Fig. 33. 시금치 11개 품종에 대한 Rs-1, Fo-1의 처리구와 무처리간의 초장.

다) 시금치 잘록병 및 시들음병에 대한 생물학적 방제

본 연구에서 검토된 길항 세균 *Bacillus subtilis* B-SJ-2, *Bacillus subtilis* B-DB, *Paenibacillus* sp. P-B은 시금치 잘록병균 및 시들음병균의 성장을 크게 억제하였다(Fig. 34, 35). 무처리구 및 미생물처리구에서의 시금치 생육은 모두 양호하였다(Table 26). 시금치 잘록병(Rs-1) 접종구에서의 B-SJ, B-DB 미생물처리가 다른 처리구에 비해 생육이 다소 양호하였으나 발아 생존율은 그다지 높지 않았다. 시금치 시들음병균(Fo-1) 접종구에서는 B-SJ 미생물처리가 다른 처리구에 비해 시금치 생육이 좋았으며 생존율 또한 높은 것으로 나타났다(Table 25, 26, Fig. 36, 37, 38). 따라서 시들음병의 방제는 길항세균 *B. subtilis* B-SJ-2를 잘 활용하면 환경 친화적으로 방제가 가능하리라 사료된다.

길항 세균이 시금치 잘록병 및 시들음병을 방제하는 작용기작에 대해서는 아직 정확히 알려지지 않았다. 따라서 유용미생물에 대한 보다 정확한 자료를 얻기 위해서는 지역별 잘록병 및 시들음병에 따른 유용 미생물제의 처리가 이루어져야하며 방제효과, 병원균의 밀도 저하여부, 적정 농도별 유용 미생물제처리, 다양한 시금치 품종에 대한 실험 등에 관한 추가실험 및 반복실험이 있어야 할 것이다.

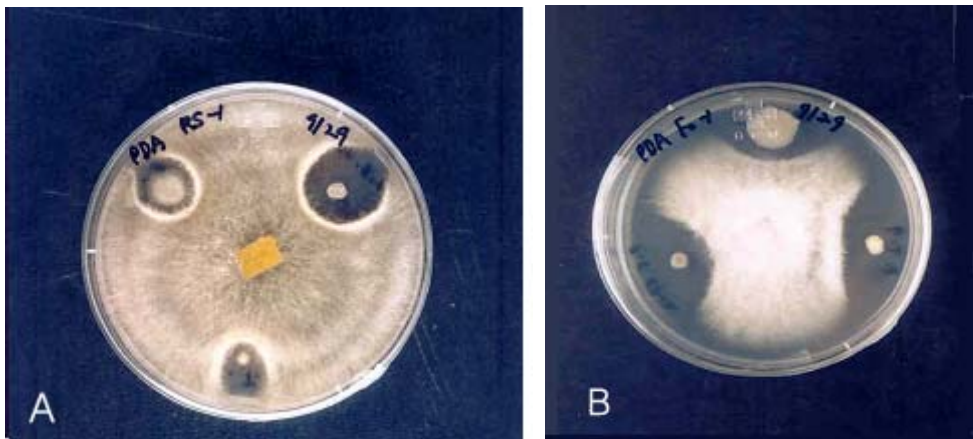


Fig. 34. PDA 배지에서의 길항 세균의 잘록병균 및 시들음병균의 생장억제 효과.

A : PDA 배지에서 길항 세균과 잘록병균과의 대치배양, B : PDA 배지에서 길항 세균과 시들음병균과의 대치배양

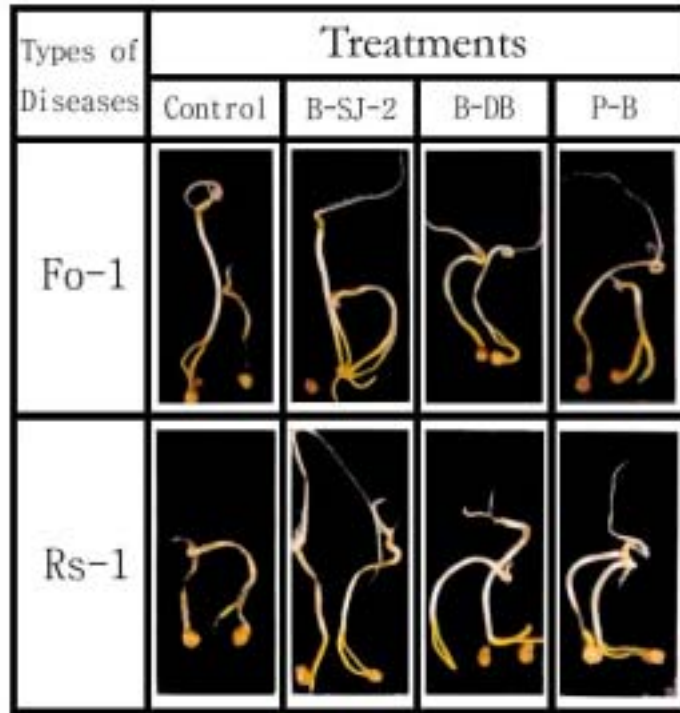


Fig. 35. PDA 배지에서 자라락 및 시들음병의 미생물처리에 의한 생육 비교.

Fo-1 : *F. oxysporum* f.sp.*spinaciae*, Rs-1 : *R. solani*. B-SJ-2 : *B. subtilis* SJ-2, B-DB : *B. subtilis* DB, P-B : *Paenibacillus* sp.

Table 25. 미생물 처리된 멜로디 시금치의 자라락 및 시들음병에 대한 생존율.

처리군주	처 리 내 용			
	Control	B-SJ	B-DB	P-B
Control	100%	83%	83%	100%
Rs-1	33%	50%	33%	50%
Fo-1	100%	100%	83%	66%

Table 26. 멜로디 시금치육묘에 대한 잘록병 및 시들음병의 미생물처리에 의한 생육비교.

처리	조사내용				
	초장	엽장	엽폭	엽수	
Con.	Con.	11.14 ^A	5.80 ^{AB}	0.80 ^A	5.2 ^A
	B-SJ	10.00 ^A	5.36 ^B	0.90 ^A	5.4 ^A
	B-DB	11.46 ^A	6.52 ^A	1.04 ^A	5.4 ^A
	P-B	11.12 ^A	5.88 ^{AB}	0.92 ^A	5.6 ^A
Rs-1	Con.	0.64 ^B	0.80 ^B	0.06 ^B	1.0 ^B
	B-SJ	5.50 ^A	3.24 ^A	0.48 ^A	3.8 ^A
	B-DB	5.90 ^A	3.84 ^A	0.60 ^A	4.6 ^A
	P-B	1.52 ^B	1.26 ^B	0.08 ^B	1.4 ^B
Fo-1	Con.	8.90 ^B	4.34 ^B	0.66 ^B	4.4 ^B
	B-SJ	11.32 ^A	6.00 ^A	1.18 ^A	5.6 ^A
	B-DB	10.40 ^{AB}	5.67 ^{AB}	0.88 ^{AB}	5.4 ^A
	P-B	10.30 ^{AB}	5.67 ^{AB}	0.84 ^{AB}	5.8 ^A

^ZMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$

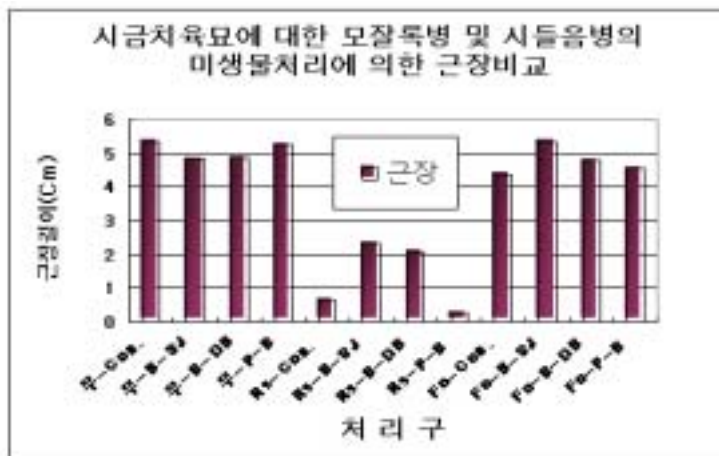


Fig. 36. 시금치육묘에 대한 잘록병 및 시들음병의 미생물처리에 의한 근장비교

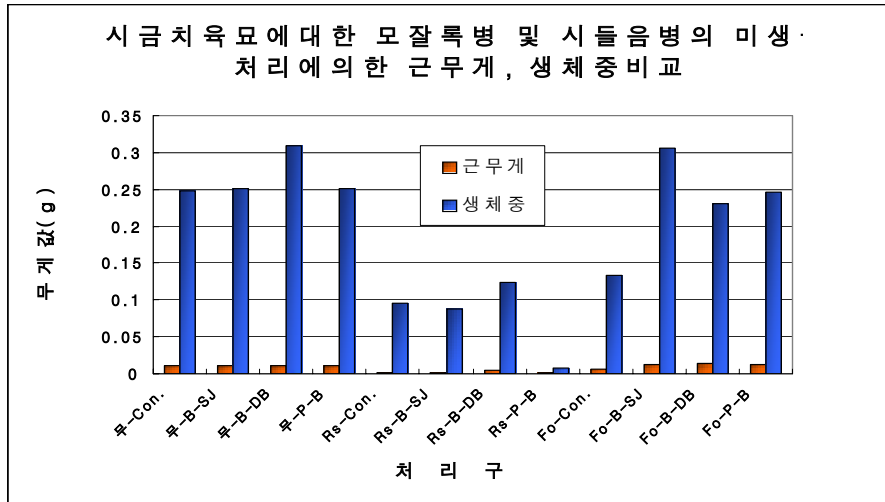


Fig. 37. 시금치육묘에 대한 잘록병 및 시들음병의 미생물처리에 의한 근무게, 생체중 비교



Fig. 38. 시금치 육묘에 대한 잘록병균 및 시들음병균 접종 후 길항세균 처리에 의한 생육 비교. A: Control, B: B-SJ, C: B-DB, D: P-B.

라) 살균제를 이용한 *in vitro* 약효 검증

시금치 잘록병을 일으키는 가장 중요한 병원균은 *R. solani*로 불완전균류(Deuteromycete)에 속하는 무포자균류로 포자를 형성하지 않는 균류이기 때문에 균사융합군(anastomosis group)에 따라서 분류하고 시금치 잘록병을 일으키는 균의 대부분은 AG-4로 보고되어 있다(Naiki와 Nahoh, 1978; Kuramae 등, 2003). 여름 시금치 재배에서 초기 입모율에 가장 큰 영향을 미치는 잘록병을 방제하기 위해서는 이 병원균의 균사 성장을 억제하는 살균제를 선별하는 것이 필요하다. 따라서 본 시험에서는 13종의 살균제를 대상으로 시금치 잘록병균에 대한 균사생장 억제효과를 조사하였다(Table 20). 조사된 살균제들 중 trifloxystrobin, pyraclostrobin, azoxystrobin, kresoxim-methyl은 strobilurin계 살균제로 담자균류(Basidiomycete)에 속하는 균류가 생산하는 천연 항균물질의 유도체 합성으로 개발된 살균제로 저독성이며, 항균범위가 넓은 살균제이다(Karadimos 등, 2005; Batlett 등, 2002). Strobilurin계 살균제들은 10 mg/L에서 pyraclostrobin의 경우 81.4%의 균사생장 억제율을 나타냈으나 다른 살균제들은 54.9%이하의 낮은 억제율을 나타냈다(Table 27, Fig. 39). Karadimos 등(2005)은 cytochrome b의 Qo site에 부착해서 mitochondria 호흡을 억제하는 strobilurin계 살균제는 *Cercospora beticola*의 균사 생장보다는 포자발아를 억제한다고 보고한 바가 있는데, *R. solani*의 경우에도 균사생장 억제효과가 낮게 나타났다. Pencycuron, Benlate-T, hexaconazole, flutolanil, tebuconazole은 10 mg/L에서 88.0% 이상의 균사 성장을 억제하였으며, pencycuron과 flutolanil은 1 mg/L에서도 100% 균사생장을 억제하여 조사한 살균제 중 *in vitro* 활성이 가장 높게 나타났다. 그러나 cyazofamid는 1,000 mg/L에서 58.6%였고, validamycin, prochloraz는 100 mg/L 이상의 농도에서 균사생장 억제율이 77.9와 82.9%의 억제율을 나타내어 비교적 낮은 억제율을 나타내었다(Fig. 39).

Table 27. Effect of fungicides on the growth of *Rhizoctonia solani in vitro*

Treatment	Fungal growth (mm)				
	control	1 ^a	10	100	1000
Pencycuron	73.5(0) ^b	0(100)	0(100)	0(100)	0(100)
Trifloxystrobin	71.7(0)	41.1(42.7)	42.9(40.2)	39.4(45.0)	31.9(55.5)
Pyraclostrobin	73.5(0)	28.5(61.2)	18.5(74.8)	3.7(81.4)	6.6(91.0)
Azoxystrobin	59.8(0)	41.7(30.3)	40.2(32.8)	44.8(25.1)	50.2(16.0)
Validamycin-A	59.8(0)	70.8(0)	34.7(42.0)	13.2(77.9)	0(100)
Fluazinam	59.4(0)	19.1(67.8)	14.1(76.3)	11.4(80.8)	6.6(88.9)
Benlate-T	59.4(0)	34.7(41.6)	0(100)	0(100)	0(100)
Hexaconazole	74.7(0)	3.6(95.2)	2.3(96.9)	0(100)	0(100)
Cyazofamid	74.7(0)	72.9(2.4)	67.8(9.2)	54.7(26.8)	30.9(58.6)
Flutolanil	59.0(0)	0(100)	0(100)	0(100)	0(100)
Tebuconazole	68.6(0)	12.5(81.8)	8.2(88.0)	0(100)	0(100)
Prochloraz	68.6(0)	52.0(24.2)	36.3(47.1)	11.7(82.9)	5.5(92.0)
Kresoxim-methyl	59.0(0)	37.1(37.1)	29.7(49.7)	26.6(54.9)	20.3(65.6)

^aConcentration in ppm.

^bPercent inhibition.

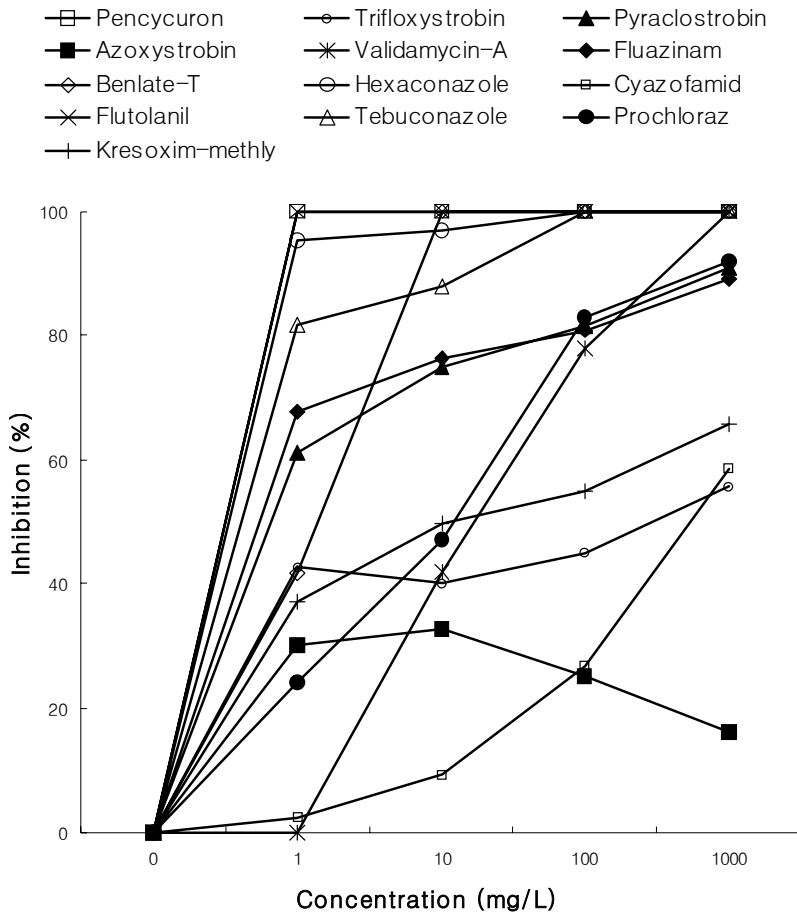


Fig. 39. Inhibition effects of fungicides against *Rhizoctonia solani*, causal microorganism of spinach damping-off *in vitro*.

잘록병 시험과 같은 방법으로 시들음병을 일으키는 *F. oxysporium* f. sp. *spinaciae*에 대한 13가지 살균의 활성을 조사하였다. Benlate-T는 *R. solani*에 대한 활성이 높았던 것과 유사하게 *F. oxysporium* f. sp. *spinaciae*에게도 높은 활성을 나타내었다. 이 살균제는 주로 종자소독제로 사용되는데 tubilin 생합성을 저해하는 benzimidazole계의 benomyl과 보호살균제인 thiram의 합제로 작용 범위가 넓은 살균제이다. *F. oxysporium* f. sp. *spinaciae*에 대한 공통적으로 높은 약효를 나타내는 살균제는 곰팡이의 sterol을 저해하는 살균제(ergosterol biosynthesis inhibitor, EBI제)인 hexaconazole, tebuconazole, prochloraz였다 (Table 28).

Table 28. Effect of fungicides on the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae* in vitro

Treatment	Fungal growth (mm)				
	control	1 ^a	10	100	1000
Pencycuron	41.1(0)	41.9(0)	40.7(1.0)	44.3(0)	51.3(0)
Trifloxystrobin	42.8(0)	38.4(10.3)	35.1(18.0)	34.6(19.1)	32.6(23.8)
Pyraclostrobin	41.1(0)	35.7(13.1)	32.9(19.9)	26.1(36.5)	13.6(66.9)
Azoxystrobin	45.5(0)	43.4(4.6)	41.2(9.4)	40.9(10.1)	40.9(10.1)
Validamycin-A	45.5(0)	42.1(7.5)	42.6(6.4)	42.2(7.2)	34.8(23.5)
Fluazinam	42.4(0)	37.1(12.5)	31.2(26.4)	29.5(30.4)	28.3(33.2)
Benlate-T	42.4(0)	34.1(19.6)	0(100)	0(100)	0(100)
Hexaconazole	41.8(0)	22.6(45.9)	14.4(65.5)	7.2(82.8)	0(100)
Cyazofamid	41.8(0)	41.2(1.4)	41.1(1.7)	42.8(0)	41.2(1.4)
Flutolanil	41.2(0)	39.7(3.6)	38.7(6.1)	40.1(2.7)	17.2(58.2)
Tebuconazole	40.5(0)	12.9(68.1)	3.9(90.4)	0(100)	0(100)
Prochloraz	40.5(0)	0(100)	0(100)	0(100)	0(100)
Kresoxim-methyl	41.2(0)	36.1(12.4)	31.9(22.6)	32.8(20.4)	26.4(35.9)

^aConcentration in ppm.

^bPercent inhibition.

마) 살균제 관주처리에 의한 잣록병 방제 효과

살균제의 잣록병 방제효과를 조사하기 위하여 *R. solani*로 오염된 토양에 파종한 종자에 살균제를 관주처리한 결과는 다음과 같다. 무처리에서는 잣록병 발병으로 31.1%만이 생존하였으나 pencycuron, pyraclostrobin, validamycin, fluazinam, Benlate-T, flutolanil은 84.4%이상의 높은 생존율을 나타내어 무접종구와 비슷한 생존율을 나타내었다(Table 29). Strobilurin계의 살균제 중 pyraclostrobin은 84.4%의 생존율을 나타내어 우수했으나 나머지 3 살균제는 64.4-71.1%의 생존율을 나타내어 본 연구에 사용한 살균제들 중에서 중간 정도의 약효를 나타냈다. 그러나 cyazofamid, hexaconazole, tebuconazole, prochloraz는 53.3% 미만의 낮은 생존율을 나타내어 약효가 낮게 나타났다. Tebuconazole과 hexaconazole의 경우는 100 mg/L에서 *R. solani*의 균사생장을 완전히 억제하였음에도 불구하고 관주처리 효과가 낮은 것은 이들 약제가 고농도 관주처리에 의한 약해에 기인한 것으로 사료된다(Table 29).

바) 종자처리에 의한 잣록병 방제효과

관주처리는 고농도의 약제를 포장 전체에 처리하여야 하므로 약제 처리량이 많고 처리된 약제의 유실에 따른 환경오염의 위험이 따르므로 종자처리로만 시금치의 잣록병을 방제할 수 있다고 하면 바람직하다고 할 수 있다.

관주처리 시험에서 약효가 낮게 나타난 cyazofamid, hexaconazole, tebuconazole를 제외하고 10개의 살균제에 대한 종자처리에 의한 방제효과를 조사하였다. 관주처리할 때 우수한 약효를 나타냈던 살균제들은 종자처리에서도 우수한 약효를 나타내었다. 종자처리는 각각의 약제를 1,000 mg/L과 2,000 mg/L으로 처리하여, 농도간의 약효차이를 조사하였는데 pencycuron과 azoxystrobin의 경우는 1,000 mg/L에서 보다 2,000 mg/L에서 더 높은 생존율을 나타내어 방제효과가 높게 나타났다(Table 30). Pencycuron은 1,000 mg/L에서 76.6%의 생존율을 나타낸 반면 2,000 mg/L에서는 93.6%의 생존율을 나타내었고, azoxystrobin은 1,000 mg/L에서 66.0%의 비교적 낮은 생존율을 나타냈으나 2,000 mg/L에서는 76.6%로 무접종구와 통계적($P=0.05$)으로 유사한 정도의 생존율을 나타내었다. 그러나 다른 약제에서는 약량 증가에 따른 약효의 증가는 나타나지 않았다(Table 30). Strobilurin계 살균제인 pyraclostrobin은 처리 농도에 상관없이 높은 생존율을 나타내었고 관주처리효과뿐 아니라 종자처리에서도 높은 방제 효과를 나타내었다. 현재 국내외에 종자소독제로 널리 사용되는 살균제가 Benlate-T와 prochloraz인데 이들 살균제와 비교하여 pencycuron과

pyraclostrobin은 시금치 잘록병에 대한 방제효과가 높고 무접종구와도 통계적($P=0.05$)으로 비슷한 정도의 방제효과를 나타내었다. 특히 strobilurin계 살균제인 pyraclostrobin은 *R. solani*에 대한 활성뿐만 아니라 다른 균에도 활성을 가지는 광범위 살균제이기 때문에 종자 처리제로서 개발가능성은 높다하겠다(Ammermann 등, 2000; Karadimos 등, 2005). 따라서 이후에 종자처리제 제형의 개발 및 활성 검정이 계속되어야 할 것이다.

본 연구에서 시금치 잘록병 및 시들음병 방제를 위하여 검토된 살균제는 저독성 살균제들로 사용규정을 정확히 지켜서 사용한다면 안전한 농산물을 생산할 수 있을 것이며, 종자 소독과 토양관주처리로 효과적인 방제가 가능할 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에서 여러 방법을 검토하였듯이 한가지 방법에 전적으로 의존할 것이 아니라 포장 위생환경을 청결히하고 경종적 방제로 비닐하우스의 온습도 관리와 친환경 제제를 병행하는 종합적 병해충 관리(integrated pest management, IPM)가 가장 바람직하다.

Table 29. Drenching influence of several fungicides on damping-off caused by *Rhizoctonia solani* of spinach, cultivar "Sinsegae"

Fungicide	Number of plants/pot ^{a)}	Survival ratio (%) ^{b)}
Pencycuron	8.8a	97.8
Trifloxystrobin	5.8de	64.4
Pyraclostrobin	7.6abcd	84.4
Azoxystrobin	6.0cde	66.7
Kresoxim-methyl	6.4bcde	71.1
Validamycin-A	8.4ab	93.3
Fluazinam	8.6ab	95.6
Benlate-T	8.2abc	91.1
Cyazofamid	1.8gh	20.0
Flutolanil	7.8abcd	86.7
Hexaconazole	1.2gh	13.3
Tebuconazole	0.6h	6.7
Prochloraz	4.8ef	53.3
Inoculated control	2.8fg	31.1
Uninoculated control	9.0a	100.0

^{a)} Each pot was drenched with 10 ml of fungicide solution (2,000 mg/L). Ten seeds were planted in pot containing soil inoculated with *R. solani*. Data are the average of 5 replications and they were analysed using Duncan's multiple range test. The same letters within a column mean no significant differences between the numbers.

^{b)} Survival ratio (%) was determined after 2 weeks of growth of spinach plants in the 15-20°C greenhouse.

Table 30. Seed treatment influence of several fungicides on damping-off caused by *Rhizoctonia solani* of spinach, cultivar "Sinsegae"

Fungicide	Number of plants/pot ^{a)}		Survival ratio (%) ^{b)}	
	1,000 ppm	2,000 ppm	1,000 ppm	2,000 ppm
Pencycuron	7.2abc	8.8ab	76.6	93.6
Trifloxystrobin	5.6cd	6.2cde	59.6	66.0
Pyraclostrobin	8.4ab	8.0abc	89.4	85.1
Azoxystrobin	6.2bcd	7.2abcd	66.0	76.6
Kresoxim-methyl	4.4de	4.4efg	46.8	46.8
Validamycin-A	6.8bcd	6.6bcde	72.3	70.2
Fluazinam	5.2cde	6.6bcde	55.3	70.2
Benlate-T	5.2cde	3.0fg	58.3	31.9
Flutolanil	6.6bcd	5.0edf	70.2	53.2
Prochloraz	2.6e	2.8fg	27.7	29.8
Inoculated control	2.6e	2.6g	27.7	27.7
Uninoculated control	9.4a	9.4a	100.0	100.0

^{a)} Ten seeds were planted in pot containing soil inoculated with *R. solani*. Data are the average of 4 replications and they were analysed using Duncan's multiple range test. The same letters within a column mean no significant differences between the numbers.

^{b)} Survival ratio (%) was determined after 2 weeks of growth of spinach plants in the 15-20°C greenhouse.

자. 여름철 고랭지 재배에 적합한 시금치 품종 최종 선발

1차년도(2003년)에 선발된 품종과 일본에서 직접 도입한 여름에 재배되는 만추대성 품종(그림 40)과 국내 종묘회사에서 추천하는 품종 등 총 22 품종(Table 31)을 고랭지에서 재배하여 2차 선발 실험을 수행하였다(그림 41). 재배법은 기존의 실험과 동일하게 하였으며 당해년 1차는 재배는 6월 중순에 파종하여 7월 중순에 수확하였으며, 2차 재배는 7월 말에 파종하여 8월 말에 수확하였다(그림 42). 수확한 시금치 품종별 생육특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

잎의 길이는 수출용은 25cm 이상을 선발하는 것을 원칙으로 하였으나 국내 내수시장에서는 너무 긴 시금치는 오히려 경매가격이 낮게 형성되어 국내 시장을 위해 25cm 이하도 선발하고자 하였다. 잎의 길이와 잎몸의 길이를 비교하였을 때 카니발과 NSP11 등의 품종은 잎자루가 상대적으로 길어 품종 선발에서 제외하였다. 전체적인 생육상의 균일도, 잎의 길이와 잎몸의 길이, 중간정도의 엽폭, 엽수, 생체중 등(Fig. 43, Fig. 44)을 종합적으로 판단하여 10품종(Table 31)을 2차 선발하였다. 국내용으로는 복지와 초이스를 선발하였으며, 수출용으로는 밀리온 등 3개 품종, 내수와 수출에 유리할 것으로 판단되는 품종은 카니발 등 5개 품종을 선발하였다. 선발된 10개 품종은 보다 정확한 품질 특성을 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다. 생체중에 대한 건물중 비율은 밀리온(79%)과 삼손(77%)을 제외하고 80% 이상이며, 절단력은 밀리온과 프리우스 품종이 낮고 복지와 광채 품종이 높았다(Fig. 45). 수확시 시금치의 ascorbic acid 함량은 밀리온 품종이 적었고 삼손, 초이스, 그리고 프리우스 품종이 많았으며, oxalic acid는 복지 품종이 많았고 NSP39가 적었으며, 다른 품종은 대체적으로 함량이 유사하였다(Fig. 46). 시금치의 Hunter 값으로 조사한 색차는 그림피야, 삼손, 그리고 특히 초이스 품종이 다른 품종에 비해 L과 b값은 낮았으며, a값은 높았다(Fig. 47). 시금치의 주요 당은 glucose와 sucrose였으며 가용성 당함량이 적은 밀리온 품종을 제외하고는 모두 유사하였으며, 그 중에서는 초이스 품종이 가장 많았다(Fig. 48). 이상의 결과를 종합 검토하여 최종적으로 초이스, 광채 프리우스, 나카하라25, 그리고 NSP39를 선발하였다.

본 실험에서는 스프링 클러 방식을 이용하였으나, 농가에서는 분수호수방식을 이용하거나 스프링 클러도 하우스 상단에서 설치하여 위에서 아래로 관수하는 것이 시금치의 수분 흡수와 포장이용면에서 유리할 것으로 생각된다.

Table 31. Number and name of spinach cultivars. Spinaches were grown for selection on alpine area during summer season in 2003 and 2004.

Third selection		Final selection		Simulted marketing	
No	Cultivar	No	Cultivar	No	Cultivar
1	Active	1	Bokji	1	Choice
2	Atlas	2	Carnival	2	Kwangchae
3	Baroque	3	Choice	3	Prius
4	Bokji	4	Greenpia	4	Nakahara25
5	Carnival	5	Kwangchae	5	NSP39
6	Choice	6	Milion		
7	Esper	7	Prius		
8	Greenpia	8	Samson		
9	King of Denmark	9	Nakahara25		
10	Kwangchae	10	NSP39		
11	Master				
12	Melody				
13	Milion				
14	Prius				
15	Samson				
16	SS-King				
17	Titan				
18	Nakahara24				
19	Nakahara25				
20	NSP11				
21	NSP39				
22	NSP40				



그림 40. 일본에서 직접 도입하여 품종 선발 실험에 이용된 시금치 종자.



그림 41. 본 실험에서 최종 선발 실험에 이용된 시금치 품종.



그림 42. 강릉지역과 고랭지에서 이용된 관수시설과 재배 시금치 품종(예시 : 나카하라25)의 생육차이(좌 : 강릉, 우 : 고랭지)

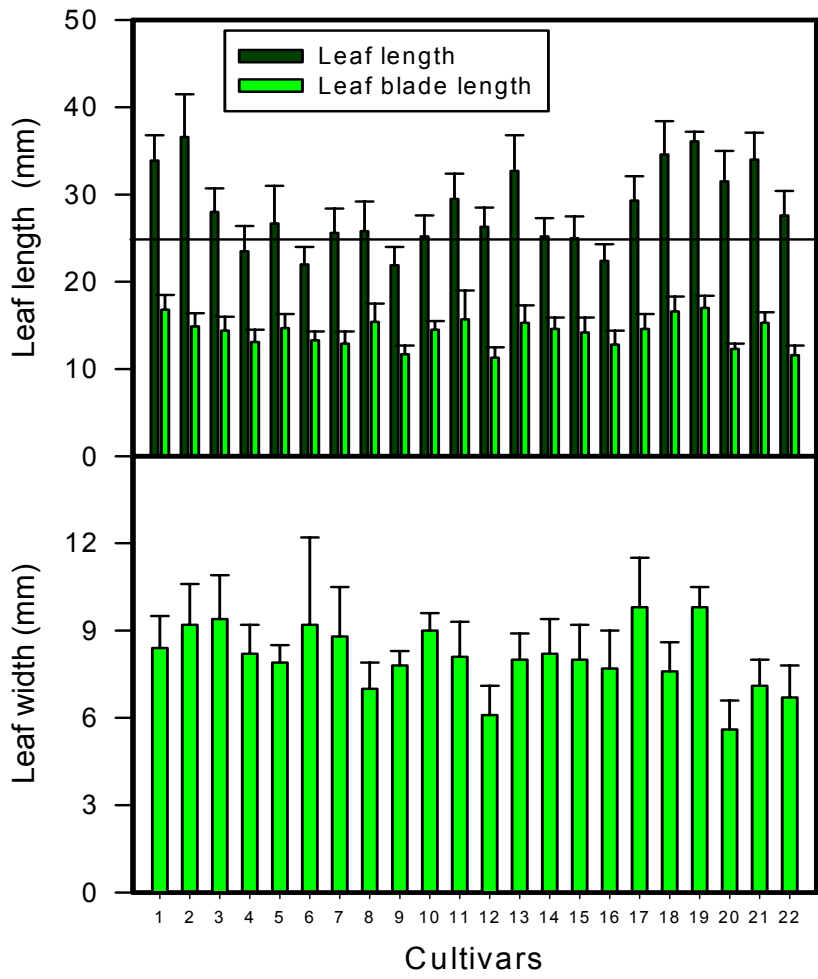


Fig. 43. Leaf length and width of 22 spinach cultivars. Spinaches were selected in 2003 and grown on alpine area during summer season in 2004. Refer to table 31 for each of cultivar number and name.

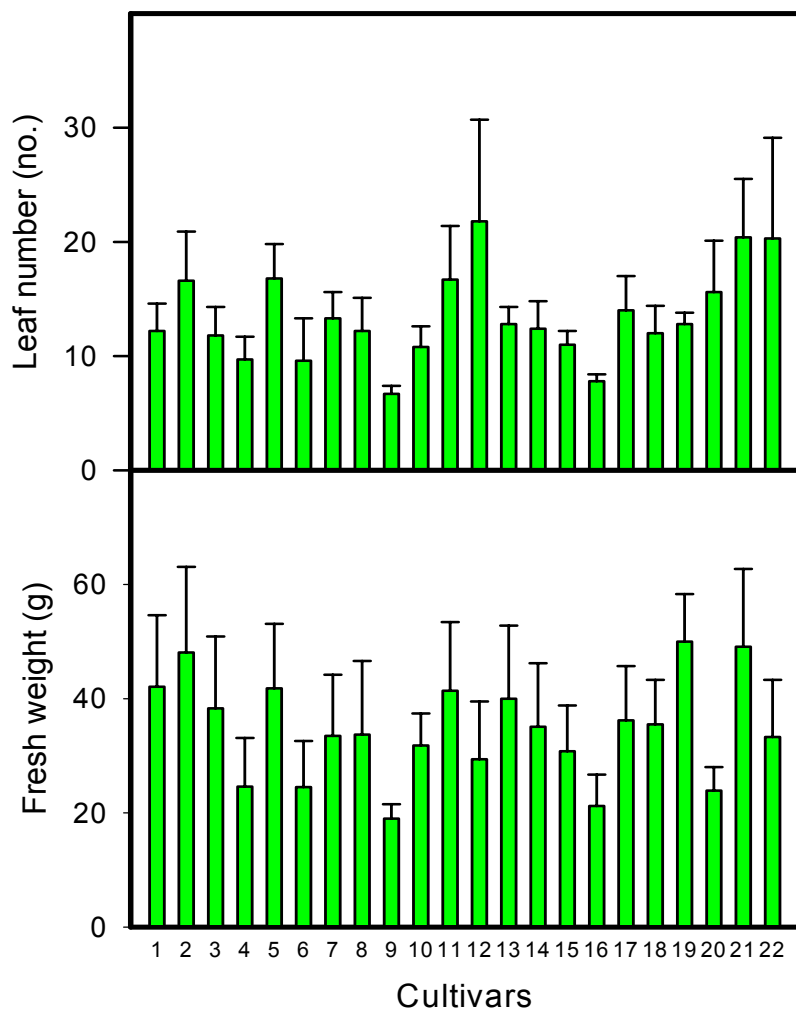


Fig. 44. Leaf number and fresh weight of 22 spinach cultivars. Spinaches were selected in 2003 and grown on alpine area during summer season in 2004. Refer to table 31 for each of cultivar number and name.

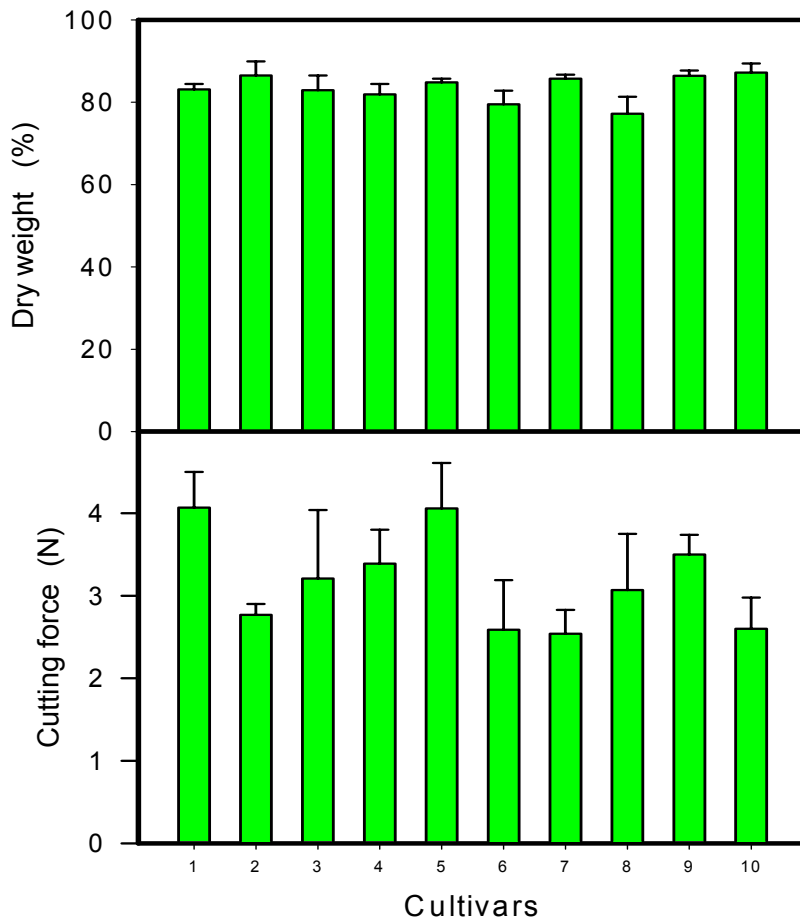


Fig. 45. Dry weight and cutting force of 10 spinach cultivars. Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004. Refer to table 31 for each of cultivar number and name.

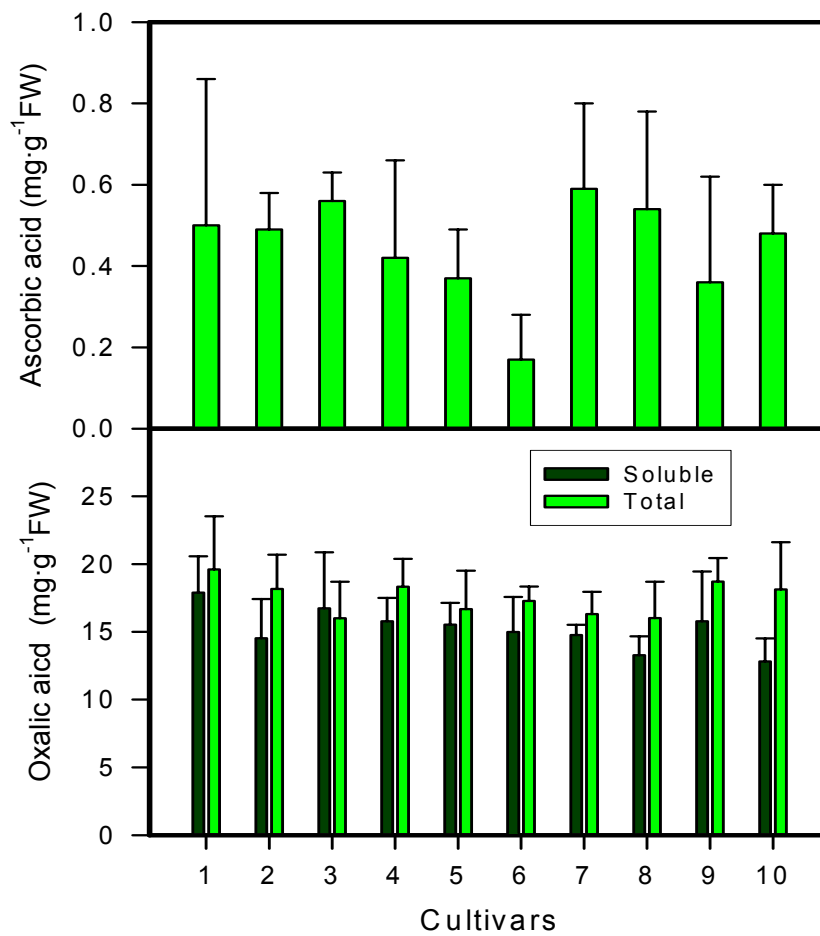


Fig. 46. Ascorbic acid and oxalic acid contents of 10 spinach cultivars. Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004. Refer to table 31 for each of cultivar number and name.

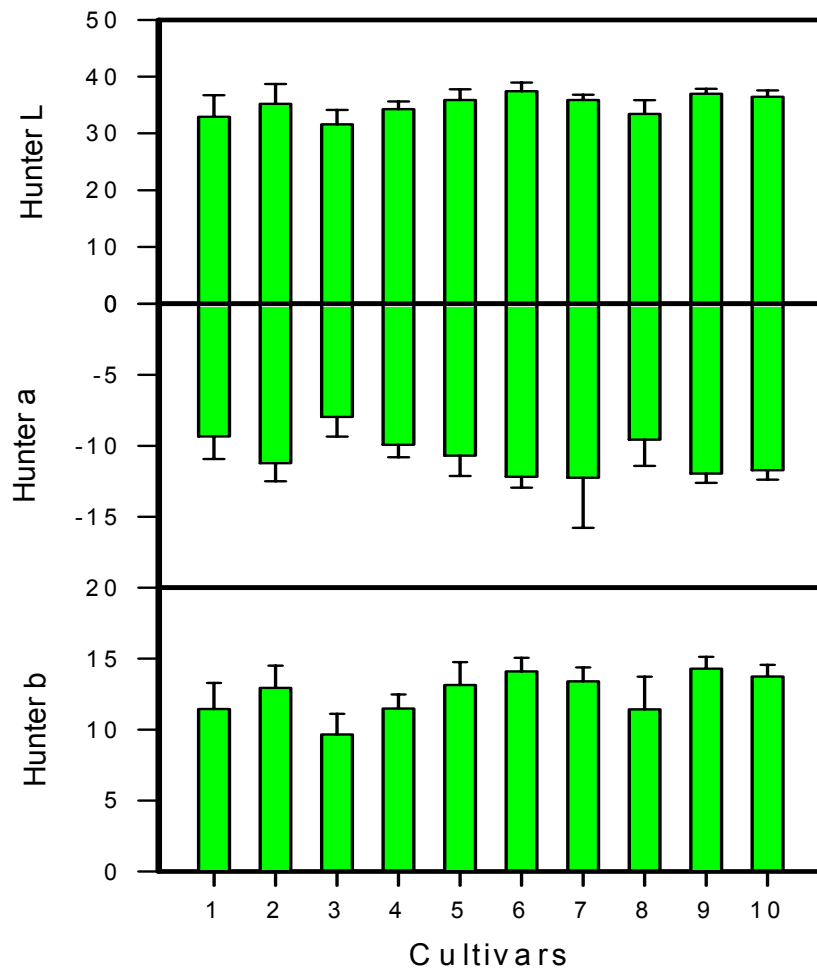


Fig 47. Hunter values of 10 spinach cultivars. Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004. Refer to table 31 for each of cultivar number and name.

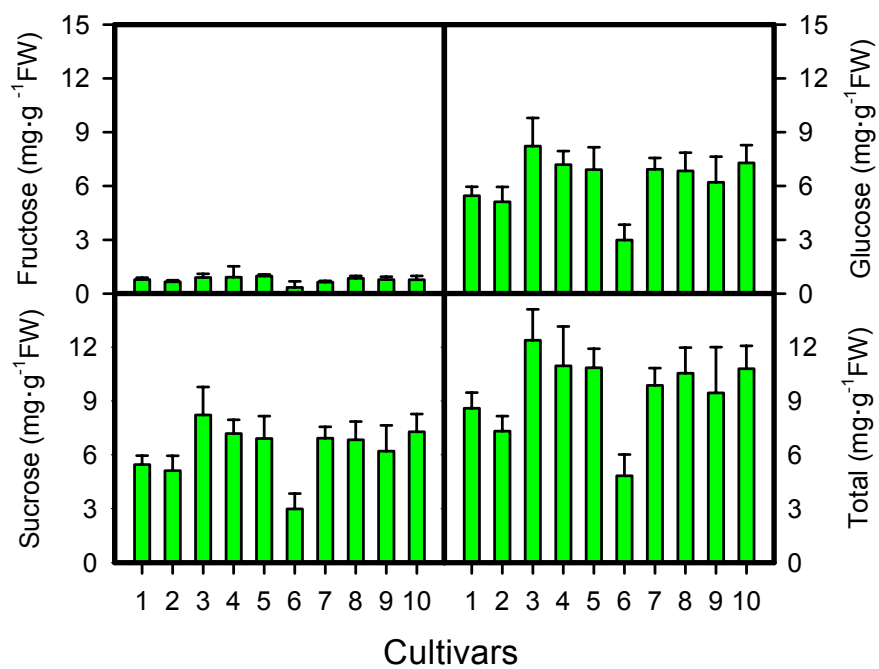


Fig. 48. Soluble sugars of 10 spinach cultivars. Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004. Refer to table 31 for each of cultivar number and name.

차. 시금치 국내·외 모의유통 실증 실험

모의유통과정을 조사하기 위해 최종 선발된 5개 품종을 이용하여 수출 및 내수로 구분하여 실험하였다. 포장처리는 대조구인 무포장과 비교하여 방담효과가 있는 두께 0.03mm의 기능성필름(oriented polypropylen, OPP) 2종류를 이용하였다. 시금치는 포장은 양면에 총 8개의 5 ϕ mm 구멍이 있는 일반 내수용과 양면에 540개의 바늘구멍(a hole made by a needle, perforate)이 있는 수출용 필름으로 시금치를 각각 5개씩 저장하였다(그림49). 유통 조건은 1차는 상온유통(온도 26-28 $^{\circ}$ C, 습도 76-83%)과 저온유통(온도 9-23 $^{\circ}$ C, 습도 75-81%), 그리고 2차는 상온유통(온도 25-28 $^{\circ}$ C, 습도 43-64%)과 저온유통(온도 9-23 $^{\circ}$ C, 습도 43-57%) 이었다. 저온 유통 조건에서 온도 변화가 심한 것은 냉장유통시 선적, 하역, 그리고 검역 등의 과정을 거치면서 냉동기를 끄는 시간을 동일하게 설정하였기 때문이다. 유통중 무게감소는 무포장구가 상온유통시 15% 정도 저온 유통시 10% 정도로 나타나 변온 과정이 있더라도 상온보다는 저온 유통조건에서 무게감소가 적었으며, 포장처리구는 수출용 포장을 한 시금치가 내수용포장시금치보다 무게감소가 많았다. 유통온도 및 포장 조건별 품종간에 일정한 무게감소 변화의 경향은 일정하지 않으나 나카하라25 무게감소가 심함을 보여주었다(Fig. 50). 수확시 절단력은 광채가 가장 높고 프리우스가 가장 낮았으나 유통 3일후에는 유통조건에 관계없이 초이스가 가장 높았고 광채와 프리우스가 그 다음으로 높았다(Fig. 51). Hunter 값의 변화는 수확시와 유통3일후에 큰 차이가 없었다(Fig. 52, Fig. 53, Fig. 54). 가용당 중 fructose는 상온과 저온 유통 모두 본 실험조건에서 분석한계인 0.4mg \cdot g $^{-1}$ FW 이하의 검출량을 보이는 개체가 많았으며 특히 저온유통에서 심하였다(자료 미제시). 시금치의 주요당인 glucose는 수확시와 비교하여 3일 유통시 1/2로 감소하였으며, 상온유통시 무포장과 수출용 포장처리구에서 분석한계 이하의 검량을 보이는 개체가 많았다(Fig. 55). 수확시 가장 많은 함량을 보인 sucrose는 유통3일 째에 절반이하로 감소하였으며, 상온저장시 거의 검출이 되지 않을 정도로 감소가 심하였다(자료 미제시). 가용성당을 모두 합한 총 당함량은 상온유통시 거의 85% 이상 감소하였으며, 저온 유통시에도 60% 정도 파괴되는 것으로 조사되었다. 품종간 가용성당의 함량 비교에서 초이스 품종이 가장 많았고 다른 품종은 모두 유사하였다(Fig. 56). 시금치내 ascorbic acid 함량은 수확시와 비교하여 저온유통 기간중에는 품종간 및 유통조건별 차이가 없었으나, 상온 유통시에는 급격히 증가한 것으로 조사되었다(Fig. 57). 이는 ascorbic acid가 당에서 만들어 지며 상온조건에서 당의 파괴가 심한 것과 연관이 있을 것으로 생각되나, 저온조건에서도 당의 파괴는 있

었던 것을 감안하면 그 원인과 기작은 분명치 않다. Oxalic acid 함량은 수확시와 비교하여 유통후 비슷한 함량을 보이거나 증가하는 경향을 보이며, 총 oxalic acid 함량이 가용성 oxalic acid 함량보다 약간 많고, 유통조건별로는 초이스와 특히 NSP39 품종에서 많은 것으로 조사되었다(Fig. 58, Fig. 59). 이상의 결과에서 5가지 품종 모두 우수한 상품성을 보이나 광채와 프리우스 품종이 특히 우수한 것으로 판단된다.



그림 49. 시금치 포장 필름(좌상 : 수출용(좌), 내수용(우))과 시금치 모의유통 실험 중 품질 평가

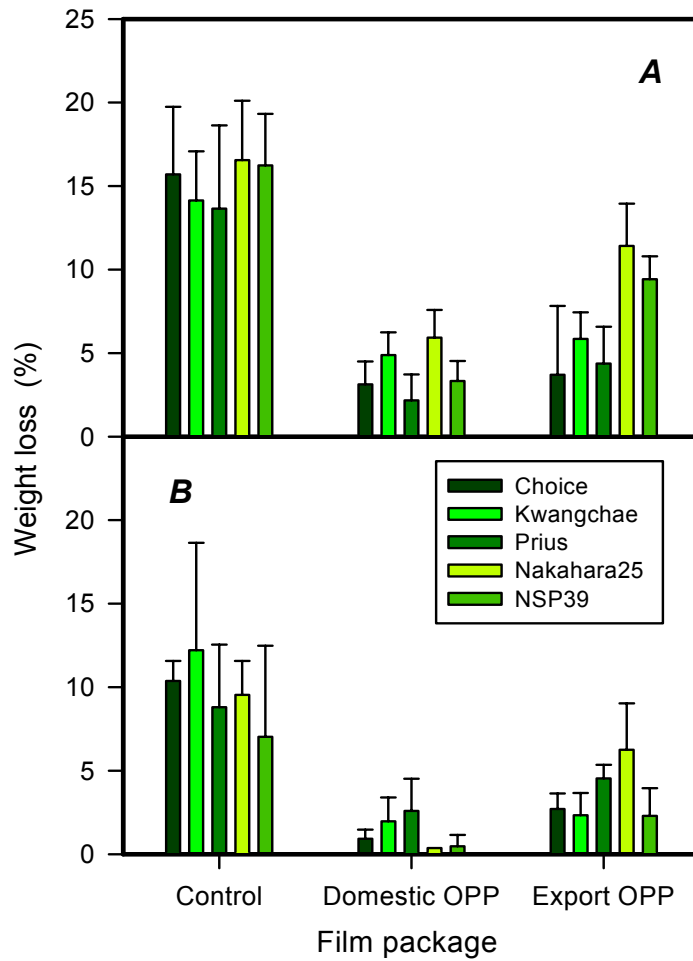


Fig. 50. Weight loss of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

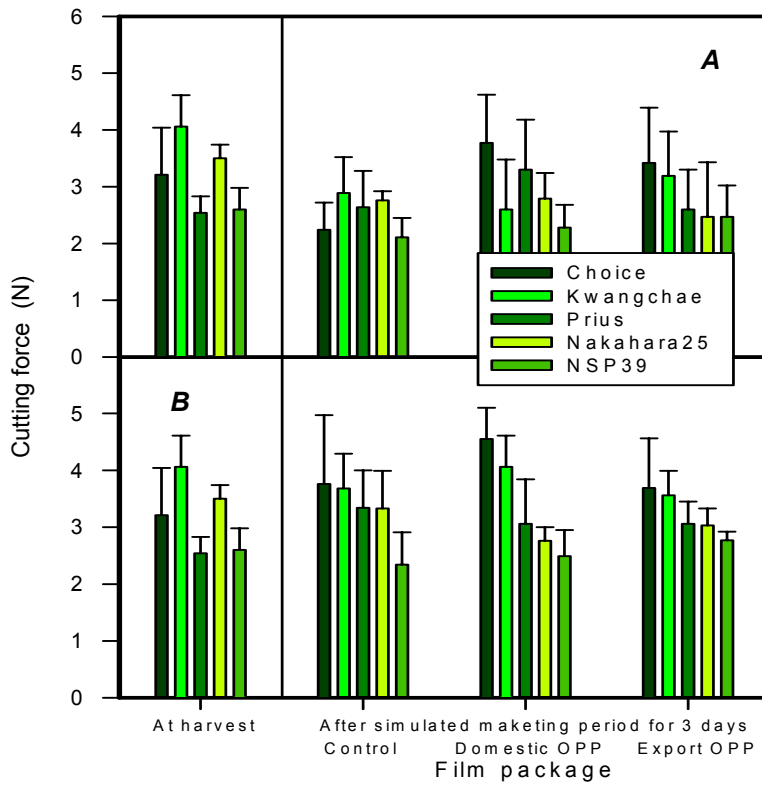


Fig. 51. Cutting force of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

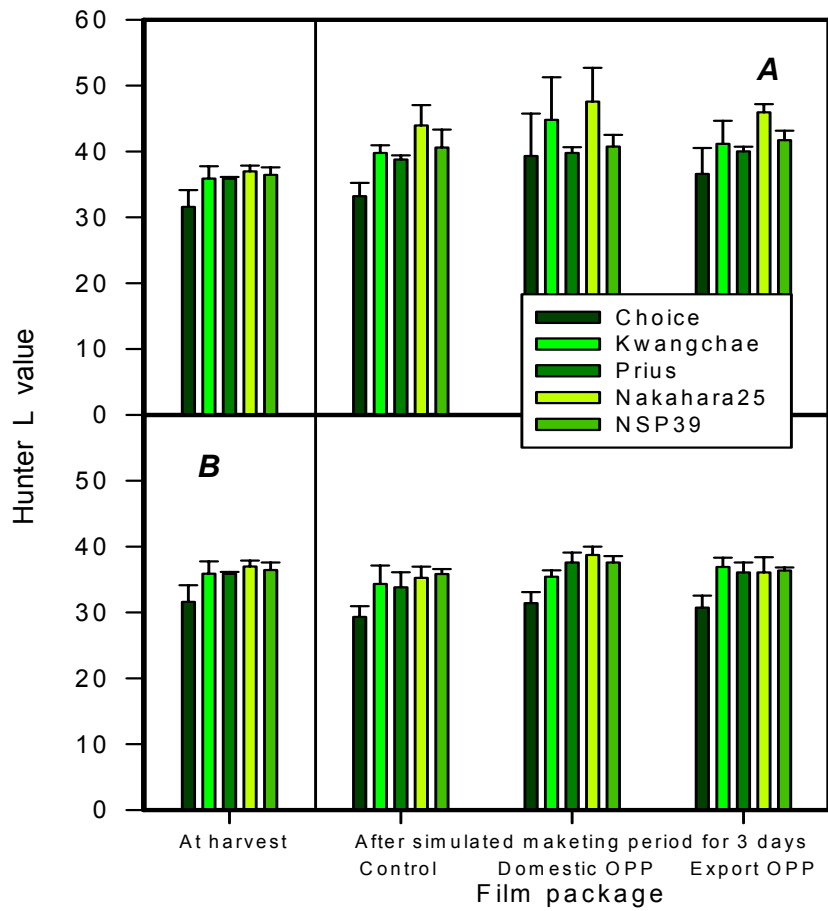


Fig. 52. Hunter value L of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

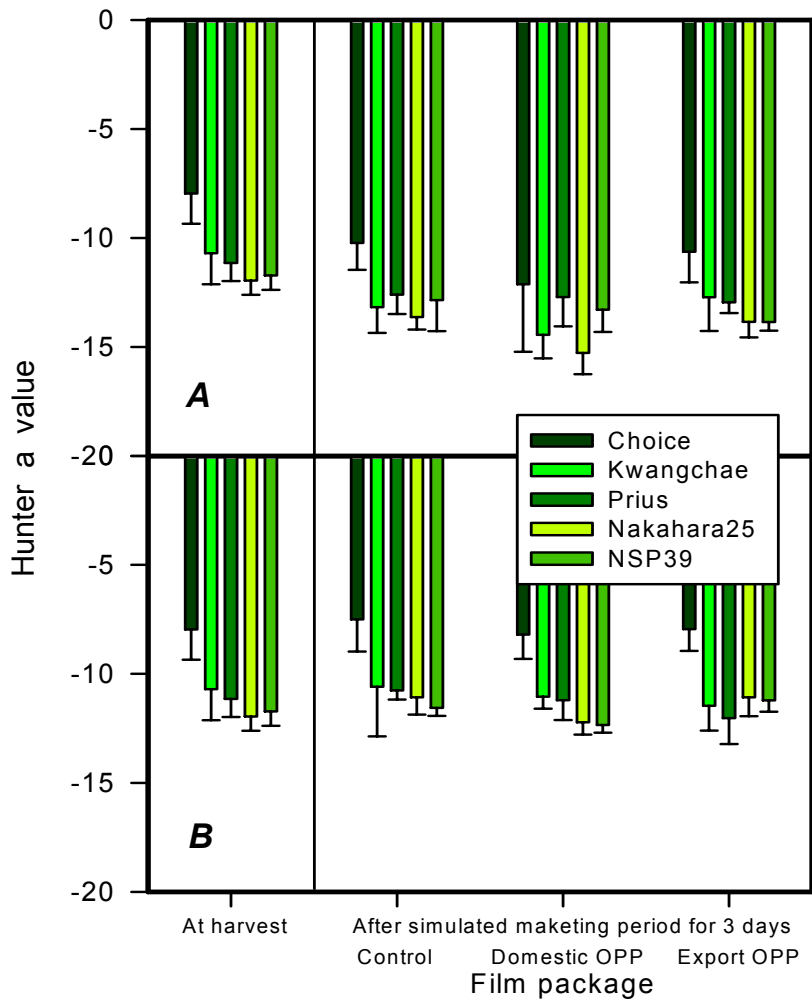


Fig. 53. Hunter value a of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

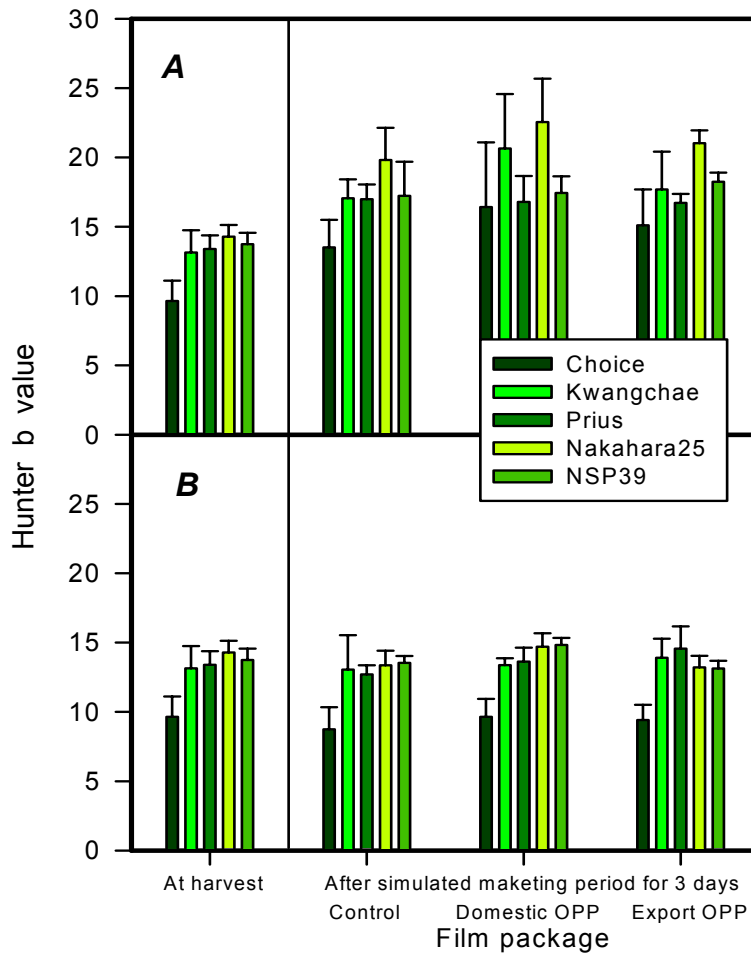


Fig. 54. Hunter value b of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

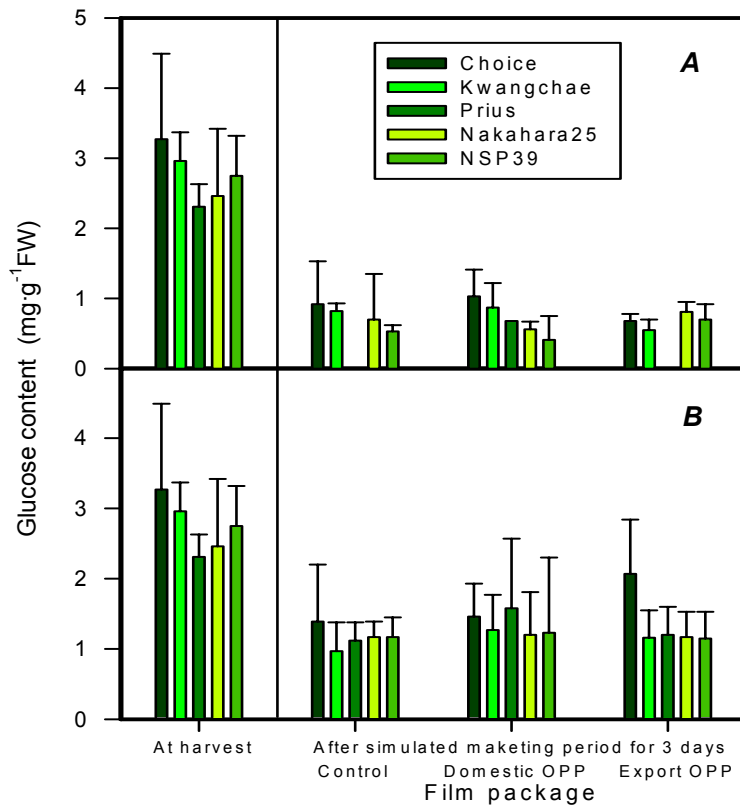


Fig. 55. Glucose content of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

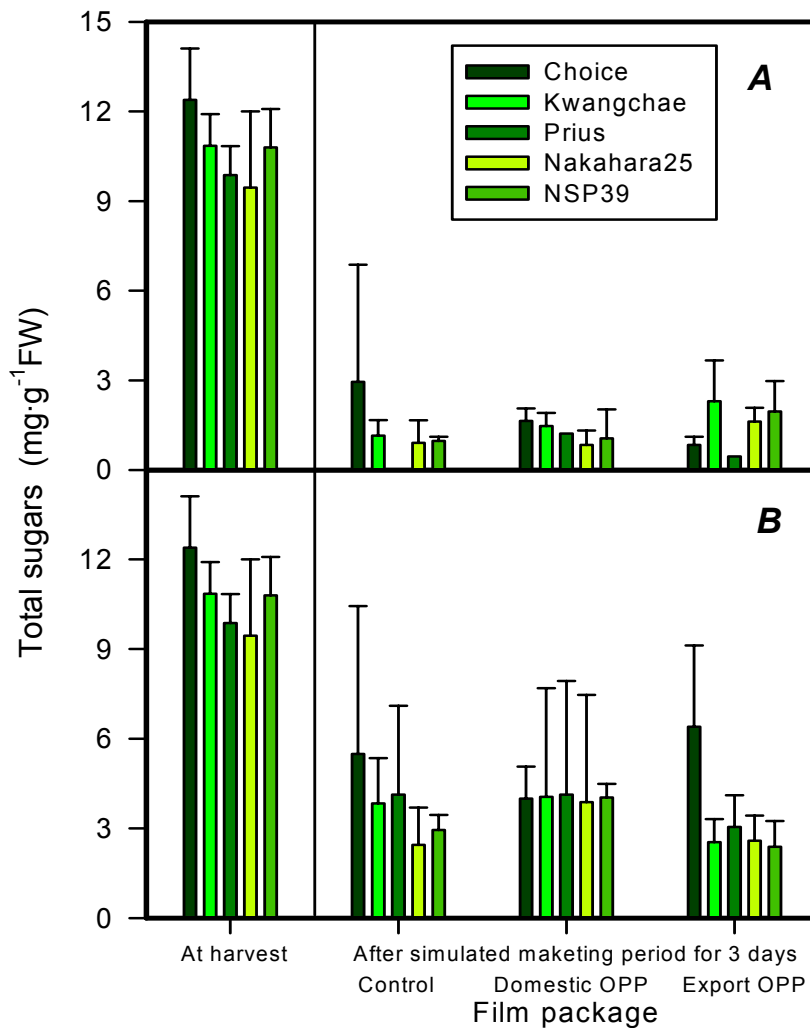


Fig. 56. Total soluble sugars content of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

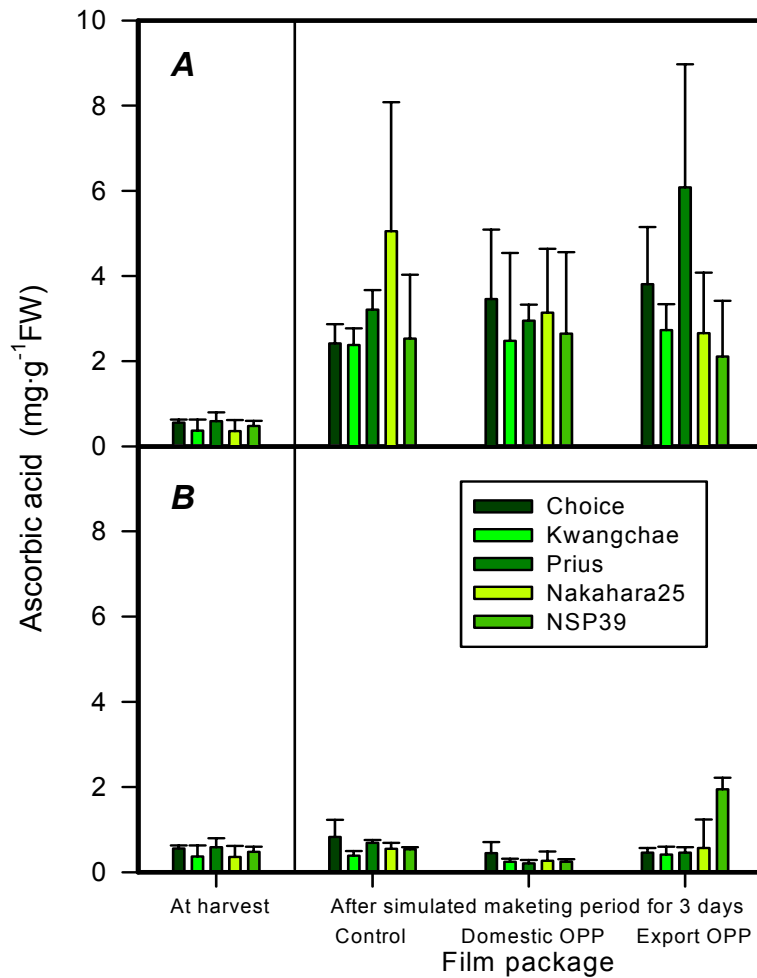


Fig. 57. Ascorbic acid content of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

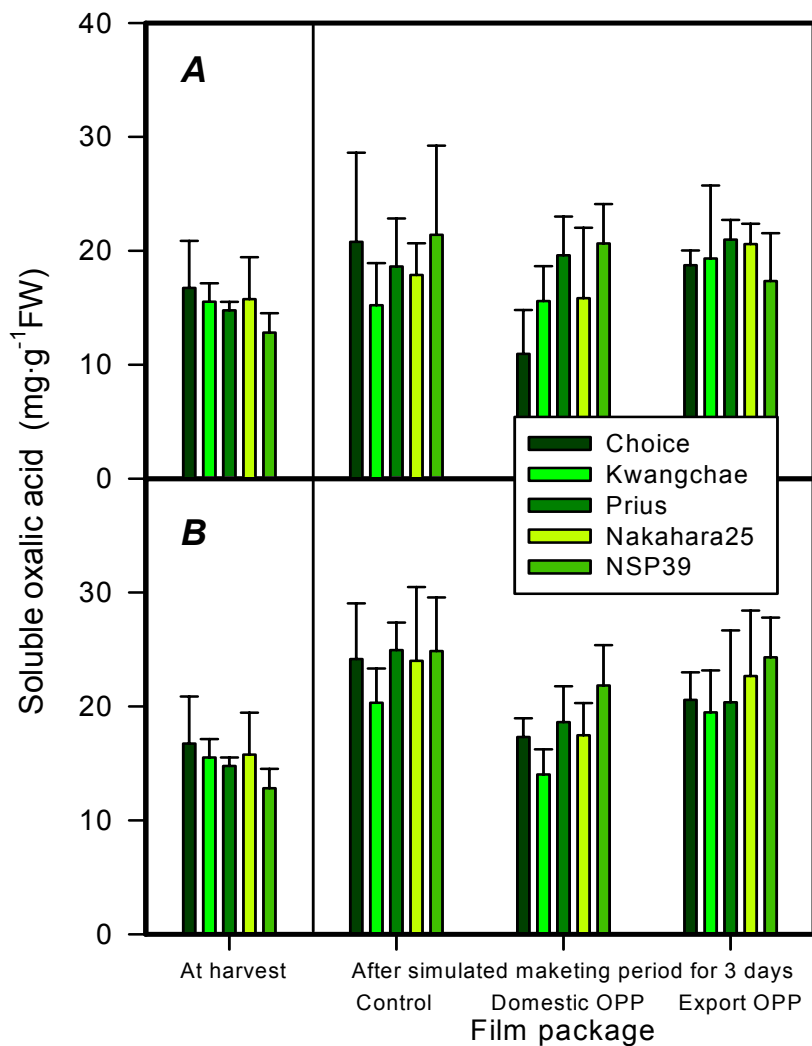


Fig. 58. Soluble oxalic acid content of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.

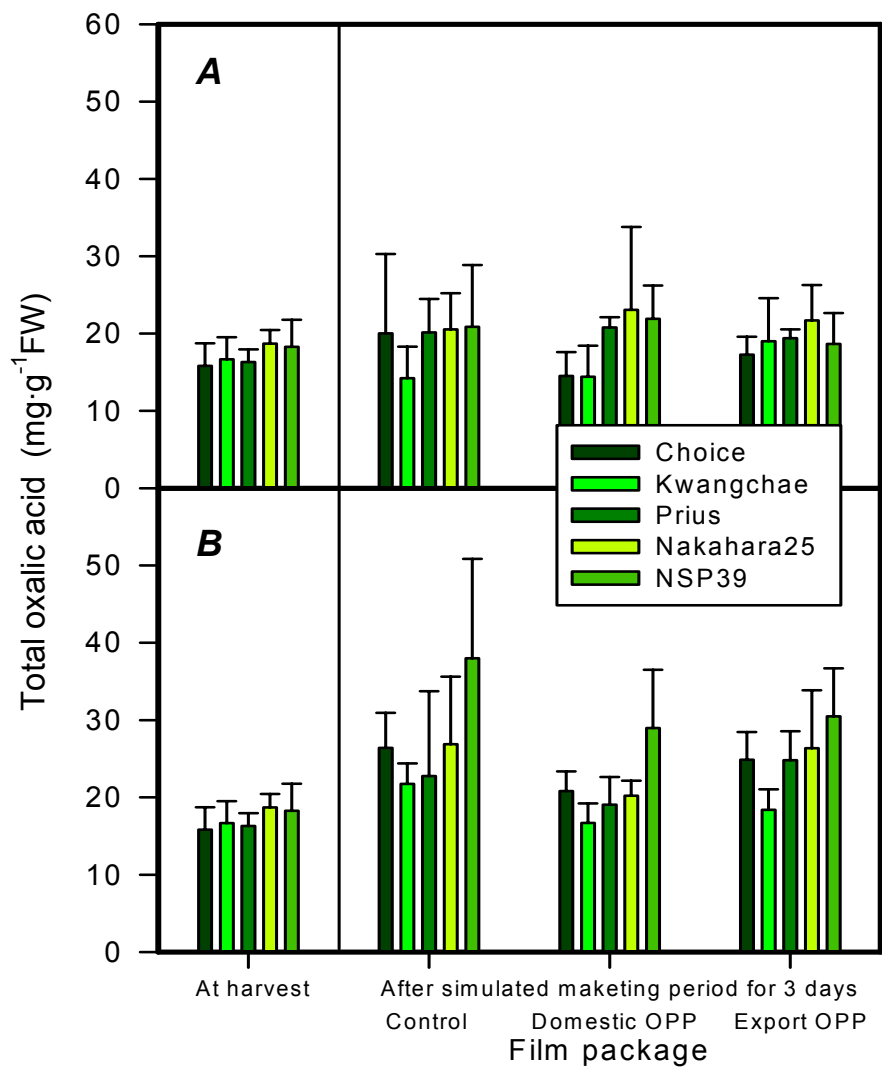


Fig. 59. Total oxalic acid content of 5 spinach cultivars during simulated marketing period for 3 days at room temperature (A) and cold chain (B). Oriented polypropylen (OPP) with 8 holes (5 mm) and with 270 holes made by needles were used for the domestic market and the export, respectively Spinaches were selected in 2004 and grown on alpine area during summer season in 2004.



그림 60. 상온 및 저온 모의유통 후 시금치

카. 시금치 품종보급 실증실험

2004(1년차) : 홍천(A농가) - 비가림하우스 100평 3동 유기농 재배농가
 복지, 초이스
 2005(2년차) : 고원농업시험장
 일본품종(프리우스, 아코디온)
 2005(2년차) : 홍천(A농가) - 비가림하우스 100평 3동 유기농 재배농가
 일본품종(프리우스, 아코디온)

1) 보급사례

소재지 : 강원도 홍천군 내면
 농장명 : 더랭이농장
 형태 : 유기농인증 농가
 보급품종 : 복지, 초이스
 재배방법 : 노지직파 유기농재배, 비가림하우스 100평형(3동)
 파종기 : 2004년 7월 11일부터 16일
 수확기 : 2004년 8월 16일부터 20일
 판매처 : 친환경농산물유통업체(계약재배), 가락동시장(경매)
 판매내역 : 친환경농산물유통업체 : 19,000-22000원/상자(4kg)
 가락동시장 : 17,000원/상자(4kg)

표 32. 시금치 보급품종 판매 내역

품종	재배면적(평)	총출하량(kg)	총수입(원)	kg당 수익(원)
복지, 초이스	300	1,576	7486,000	4,750

비고 : 단 1회(40일) 재배로 4,750원/kg의 매우 높은 고수익을 올림. 유기농재배농가로 인증을 받아 친환경농산물유통업체에 직접 납품한 것이 주요한 원인으로 생각됨. 전년도 비슷한 시기에 일본품종(25cm 이상 길이의 시금치)을 재배하여 가락동 시장에 납품(경매)한 태

백 인근지역의 경매가가 3000원/상자(4kg) 전후 이었던 것을 감안하면 매우 높은 수익을 얻은 것임.

이후 추진 상황 : 연구 2차년도에 선발한 2005년 5월 6일 일본에서 직접 도입한 품종인 아코디온과 프리우스 종자(각 1kg)를 종일 농장에 보급하여 실증 실험을 시작함.



그림 61. 유기농인증 농가 실증 실험 포장 사진



그림 62. 농가보급 일본품종

타. 전문가 활용

1) 전문가 인적사항

- 성 명 : 이병일
- 주민등록번호 :
- 소속 및 직위 : 서울대학교 명예교수

2) 자문 등 내용 :

일본의 시금치 재배농가에 대한 자문

일본 시금치 노지재배에 대한 소개

국내 여름재배가 가능한 우수 일본 품종(만추대성 : 프리우스, 아코디온) 소개 및 도입

※ 관련자료 첨부(자문 Power point 자료 및 도입 품종 사진 첨부)

3) 필 요 성 :

일본에 시금치 수출을 위한 품종과 재배법 확인이 지속적으로 요구됨

4) 자문기간 : 2005년 3월 18일

2005년 3월 30일(총 2회)



그림 63. 이루마노 시금치 노지재배 농가



그림 64. 이와키 시금치 수경 재배 농가

파. 일본 현지 방문

· 기간 : (2004년 6월 25일 - 7월 1일)



그림 65. 일본에서 팔고 있는 시금치종자와 Kintetsu백화점에서 판매되고 있는 신선 시금치

2. 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술 개발

가. 시금치의 주년생산에 알맞은 순환식 수경재배 시스템 구조 개선

1) 재료 및 방법

시금치 주년생산에 적합한 순환식 NFT 수경재배 시스템 개발을 위해 ‘아트라스’ 품종을 이용하였다. 종자를 육묘트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충전한 후 구멍(셀)당 시금치 종자를 2~3립 파종하여 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 일반 하우스내에서 두상관수(육묘배지 수분상태에 따라 1일 1회 정도 관수)로 육묘 관리하였다. 본엽이 2~3엽시 스티로폼 베드 30mm의 정식판에 11×12cm간격으로 정식구멍(홀)당 2~3주씩 정식하였다. 시금치 수경재배 시스템 개발을 위해 박막형(NFT : nutrient film technique)과 대비로 담액형(DFT : deep flow technique)방식으로 수행하였으며, 박막형은 베드 평면 보다 5mm정도 높게 하고, 폭 50mm의 파상형태이다(그림 66, 그림 67). 이 형태에서 시금치 정식묘를 베드 평면보다 높은 곳에 정식하는 방법(凸)과 베드 평면에 정식하는 방법(凹)이다. 담액형은 베드 내부 밑 평면으로부터 양액이 20mm 정도 되게 담액하여 재배하였다.

양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하고 기타 재배방법은 표 33과 같이 수행하였다. 생육기간중 사용된 양액은 야마자키액 시금치 전용 양액(N-P-K-Ca-Mg=7.0-2.0-3.0-4.0-2.0 me/ℓ)으로 양액 농도는 EC 1.8 dS/m, pH 5.8 내외로 관리하였다.

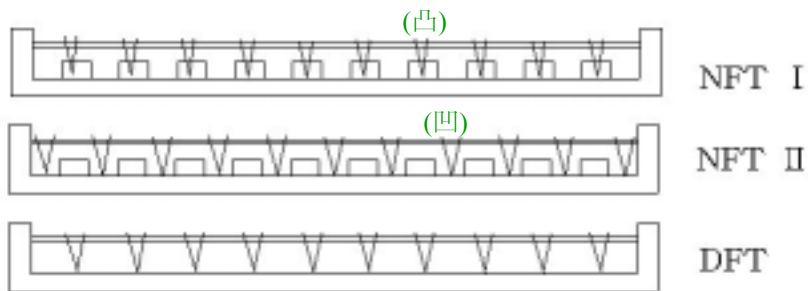


그림 66. 시금치 박막수경(NFT)과 담액수경(DFT)방식 베드구조



그림 67. 시금치 박막수경(NFT)과 담액수경(DFT)방식 베드 구조 비교

표 33. 시금치 순환식 수경재배 시스템 재배방법과 시스템 종류

품 종	파종기	정식기	수확기	재식거리	시스템 종류	양액관리
아트라스	'04. 3. 11	4. 2	4. 26	11×12cm	· 박막형(NFT- I) (NFT- II) · 담액형(DFT)	· pH 5.8 내외 · EC 1.8

2) 결과 및 고찰

표 34. 시금치 순환식 수경재배 시스템 방법에 의한 생육 특성

재배 방식	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)	수량지 수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x				
NFT- I	23.2 a ^z	9.0	10.6 a	9.7	1.1	5.1 a	45.8	139 b	12.2 a	1,342 a	124
NFT- II	19.8 ab	9.0	10.0 a	9.8	1.0	4.6 ab	49.0	162 a	11.2 a	1,232 b	114
DFT	15.5 b	8.0	7.0 b	8.5	0.8	3.9 b	48.8	110 b	9.8 b	1,078 c	100

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

시금치 주년생산에 적합한 순환식 NFT 수경재배 시스템 개발을 위해 DFT 방법을 대비로 한 결과 NFT 방법이 시금치의 초장 등 지상부의 생육과 수량도 DFT(1,078kg/10a)에 비해 NFT형이 14~24% 높았다(표 34, 그림 68). 특히 NFT 수경재배 시스템에서도 NFT-I(凸)의 형태가 NFT-II(凹)의 형태에 비해 초장 등 엽생육이 좋았으며, 생체중도 NFT-I형(12.2g/주)이 NFT-II형(11.2g/주)에 비해 무거웠으며 전체적인 수량도 NFT-I(1,342g/10a/1기작)형이 10% 증수되었다. 따라서 시금치 순환식 수경재배에서 정식초기 시금치 뿌리의 근권부위에 공기중의 산소와 접촉이 많은 NFT-I형이 가장 적합한 시스템으로 판단되었다.



그림 68. 시금치 순환식 수경재배 방식에 따른 생육 비교

나. 시금치 순환식 최적 양액 검토

1) 재료 및 방법

시금치 순환식 최적 양액 개발을 위해 평지(나주, 전남농업기술원, 표 35)와 고랭지에서(대관령, 고령지농업연구소, 표 37)시험을 수행하였다. 평지에서의 시금치 순환식 최적 양액을 검토하기 위해 평지에서는 ‘아트라스’ 품종, 고랭지에서는 ‘알미라’, ‘SS-king’ 품종을 이용하여 시금치 전용 양액인 야마자키액, 원예연 전용 양액, 코넬대액을 비교 검토하였다. 또한 고랭지에서는 여름재배시 코넬대의 시금치 재배 전용액 조성에 따른 시금치 생육을 비교 검토하였다(표 36). 파종 및 육묘방법은 앞서 서술한 수경재배 시스템 개발내용과 같다.

나주에서의 정식은 시금치 순환식 박막수경(NFT- I)방식으로 스티로폼 베드에 30mm의 정식판에 11×12cm 간격으로 정식구멍(홀)당 2~3주씩 정식하였으며, 고랭지에서는 폭 60cm, 깊이 5cm 규격의 스티로폼 베드에 30mm의 정식판을 올려 놓고 15×15cm 간격으로 시금치를 1주씩 정식하여 수행하였다. 양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다.

표 35. 시금치 전용 양액 종류에 따른 재배방법과 양액의 종류

시험 장소	시험 품종	파종기	정식기	수확기	양액의 종류	양액관리
나 주	아트라스	'04. 3. 11	4. 2	4. 26	· 야마자키 전용 · 원예연 전용 양액 · 코넬대 전용 양액	· pH 5.8 내외 · EC 2.1
고랭지	알미라 SS-king	'03. 7. 20	8. 11	9. 5	· 야마자키 전용 · 원예연 전용 양액 · 코넬대 전용 양액	· pH 5.8 내외 · EC 2.1

표 36. 시금치 전용 양액 조성

(단위 : me/l)

양액의 종류	N	P	K	Ca	Mg
야마자키액	7.0	2.0	3.0	4.0	2.0
원예연액	7.0	2.0	3.0	4.0	2.0
코넬대액	8.9	1.0	5.5	2.1	1.0

※ 미량원소(ppm) : Fe 0.94, Mn 0.14, B 0.16, Cu 0.03, Zn 0.13, Mo 0.03

표 37. 고랭지 여름재배시 시금치 양액 조성에 따른 재배방법과 양액조성

시험 장소	시험 품종	파종기	정식기	수확기	양액조성	양액
대관령	SS-king	'03. 7. 30	8. 11	9. 5	· 양액의 pH : 5.5, 6.0, 6.5 · 양액의 EC : 1.0, 1.5, 2.0 · 양액의 NH ₄ -N 비율 : 10, 20, 30%	코넬대액

2) 결과 및 고찰

시금치 순환식 최적 양액 개발을 위해 기존 시금치 전용 양액을 비교 검토해 본 결과 일본 야마자키액과 우리나라 원예연액(원예연구소액)보다 미국 코넬대액이 생육과 수량(1,474kg/10a)이 11% 이상 많았다(표 38). 한편 고랭지 여름재배시에서도 동일한 결과를 얻어 양액의 종류에 따른 시금치의 수량은 품종에 따라 다소의 차이는 있었지만 기존에 사용해오던 원예연 전용 양액이나 야마자키액에 비하여 코넬대액에서 20~26% 이상 많았다(표 39). 따라서 시금치 전용 양액은 코넬대액이 기존의 야마자키액이나 원예연 전용 양액보다 생육과 수량성이 좋았다. 양액종류에 따른 양액을 정식후 10일(4월 11일)부터 수확전 5일(4월 21일) 양액을 지하수로 전부 교체하기까지 양액 분석 결과의 경시적인 변화를 보면 그림 69와 같다. 야마자키액의 경우 정식후 10일부터 수확전 5일(4월 21일) 양액 분석 결과, 정식후 2주에 양액을 보충하는 방식으로 재배 하였을 때 원예연액과 코넬대액에서 공히 시금치 식물체가 K와 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 흡수량이 많았고, 상대적으로 Ca의 흡수량이 작아 양액보충 전까지 집적되었다. 그러나 야마자키액에서는 K, $\text{NO}_3\text{-N}$, Mg은 성분간의 흡수량이 균형을 이루어 정식초기부터 수확기까지 변화의 폭이 작았다. 그러나 Ca는 원예연액과 코넬대액에서처럼 양액보충전까지 집적 양상을 보였다. 따라서 수확전 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 흡수량을 줄이기 위해서는 상대적인 변화폭이 큰 원예연액이나 코넬대액을 사용하고 Ca의 시비량을 늘리는 방법을 검토할 필요가 있다고 생각된다.

한편, 고랭지 여름재배시 양액종류에 따라 시금치 생육기간의 pH 변화를 보면 코넬대액과 야마자키액의 경우 시간이 경과할수록 양액의 pH가 상승하였고, 원예연액은 감소되었다(그림 70). 또한 시금치 재배에 적합한 양액의 pH는 5.5~6.0으로 6.0이상이 되면 오히려 생체중이 감소되는 경향이었으며(표 40), 양액의 EC에 따른 생육과 수량은 EC 1.0과 1.5dS/m에 비해 EC 2.0dS/m 에서 초장 등 생육이 좋고 수량도 증수되었다(표 41). 양액중의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율에 따른 생육과 수량은 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 30% 비율이 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 10%, 20%의 비율에 비해 엽수 등 생체중과 수량도 증수되었다(표 42). 따라서 시금치 양액중의 pH는 5.5~6.0, 농도는 EC 2.0dS/m, $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율이 70%와 30%가 적당한 것으로 판단되었다.

표 38. 시금치 전용 양액 종류에 따른 생육 특성 및 수량

양액의 종류	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x				
야마자키액	13.6 b ^z	10.0	6.4	7.2 c	0.9	3.5	48.9	147.0 c	12.1 b	1,331 b	100
원예연액	17.6 b	9.0	7.6	9.9 b	0.8	4.3	48.1	161.0 b	11.4 c	1,254 c	94
코넬대액	20.0 a	8.0	8.8	12.2 a	0.7	4.9	49.3	166.0 a	13.4 a	1,474 a	111

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 39. 고랭지 여름재배시 시금치 전용 양액의 종류에 따른 생육 및 수량

품 종	양액의 종류	초장 (cm)	엽수 (매/주)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm ²)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)	건물률 (%)	수량 (kg/10a)	수량 지수
알미라	원예연액	23.6 b ^z	13.2	5.5	214 b	11.5 b	0.79 b	6.9 b	1,265 b	100
	야마자키액	23.2 b	12.2	4.8	214 b	9.8 b	0.75 b	7.7 a	1,078 c	85
	코넬대액	25.2 a	13.6	5.3	294 a	14.5 a	0.99 a	6.8 b	1,595 a	126
SS-king	원예연액	19.3 b	12.1	4.8	191 b	10.4 b	0.68 b	6.5 b	1,144 b	100
	야마자키액	18.9 b	11.9	4.2	186 b	9.2 b	0.64 b	7.0 a	1,012 c	88
	코넬대액	22.3 a	12.6	5.1	234 a	12.5 a	0.79 a	6.3 b	1,375 a	120

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

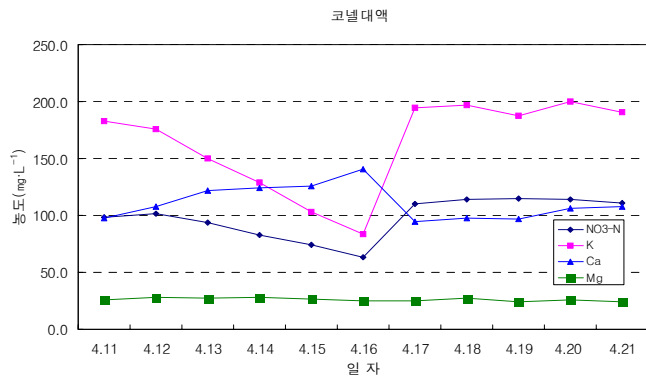
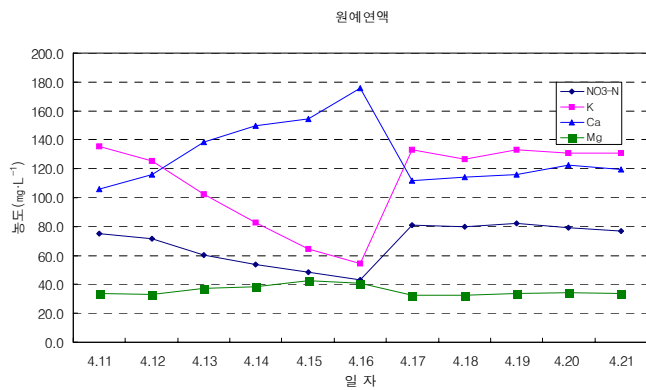
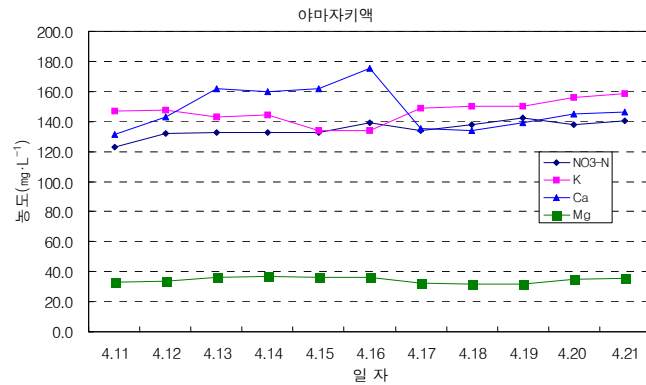


그림 69. 양액종류에 따른 시금치 생육기간중의 양액농도 변화
(4월 16일 양액보충)

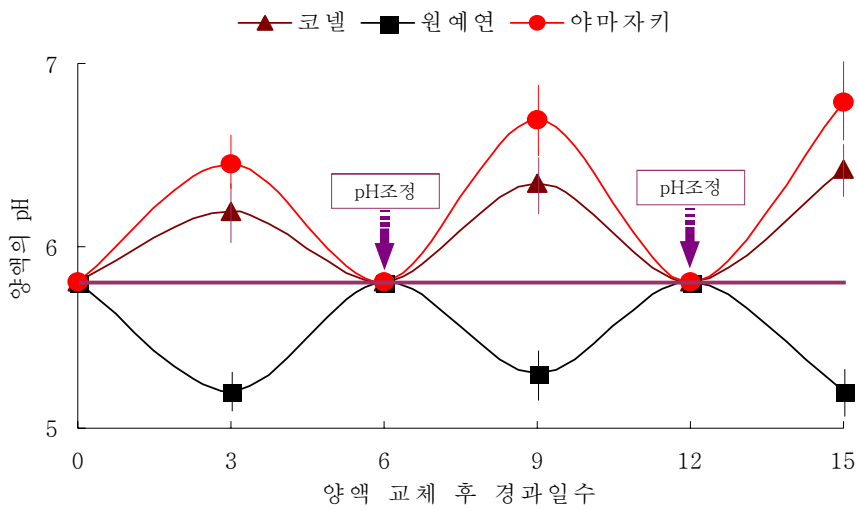


그림 70. 양액 종류별 양액의 pH 변화(8월 20일~9월 4일, 품종 : 알미라)

표 40. 양액의 pH에 따른 생육 및 수량

품종	양액의 pH	초장 (cm)	엽수 (매/주)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm ²)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)	건물률 (%)	수량 (kg/10a)
알미라	5.5 ~ 6.0	20.3	12.6	5.9	276 a ^z	13.8 a	0.97 a	7.0 b	1,518 a
	6.0 ~ 6.5	21.1	13.6	5.6	233 b	11.3 b	0.89 b	7.9 a	1,243 b
	6.5 ~ 7.0	21.8	13.6	5.3	200 c	10.9 b	0.80 c	7.3 b	1,199 b
SS-king	5.5 ~ 6.0	18.2	11.1	5.5	231 a	12.1 a	0.81 a	6.7 b	1,331 a
	6.0 ~ 6.5	17.9	11.8	4.8	214 b	10.8 b	0.79 a	7.3 a	1,188 b
	6.5 ~ 7.0	17.5	11.3	5.3	209 b	10.2 b	0.76 b	7.5 a	1,122 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

표 41. 양액의 EC에 따른 생육 및 수량

품 종	양액의 EC (dS/m)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm ²)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)	건물률 (%)	수량 (kg/10a)
알미라	1.0	20.7	17.2	5.8	283 b ^z	12.8 b	0.91 c	7.1 c	1,408 c
	1.5	20.2	18.4	5.8	279 b	13.7 b	1.21 b	8.8 b	1,507 b
	2.0	21.1	19.3	5.9	296 a	15.1 a	1.42 a	9.4 a	1,661 a
SS-king	1.0	18.3	16.1	5.4	203 c	10.9 b	0.68 b	6.2	1,199 b
	1.5	19.2	17.2	5.5	211 b	11.2 b	0.72 b	6.4	1,232 b
	2.0	19.9	17.9	5.7	232 a	13.4 a	0.84 a	6.3	1,474 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

표 42. 양액의 NH₄-N의 비율에 따른 생육 및 수량

품 종	NH ₄ -N 비율 (%)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm ²)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)	건물률 (%)	수량 (kg/10a)
알미라	10	25.2	14.3	5.6	475 b ^z	21.3	1.65 c	7.7 b	2,343 b
	20	26.6	15.1	5.9	506 b	21.6	1.71 b	7.9 b	2,376 ab
	30	26.1	15.3	5.9	508 a	21.9	1.84 a	8.4 a	2,409 a
SS-king	10	22.3	12.8	4.9	401 c	17.3	1.35 c	7.8 b	1,903 b
	20	23.1	13.2	5.2	446 b	17.9	1.61 b	9.0 a	1,969 ab
	30	23.9	13.8	5.6	478 a	18.2	1.74 a	9.6 a	2,002 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

다. 시금치의 육묘기술 개발

- 1). 육묘 자재와 트레이 육묘 상자 크기에 따른 시금치의 생육
가) 재료 및 방법

육묘 자재(용토)와 트레이 육묘 상자 크기에 따른 시금치의 생육특성 구명을 위해 나주(전라남도농업기술원)와 고령지(고령지농업연구소)에서 수행하였다(표 43). 생육기간 중 사용된 양액은 야마자키액 시금치 재배 전용액과 코넬대의 시금치 재배 전용액을 이용하였다.

표 43. 육묘 용토 재료와 트레이 크기에 따른 시금치 재배방법과 처리내용

시험 장소	시험품종	과중기	정식기	수확기	육묘자재와 트레이 크기	양액
나 주	플라톤	'03. 10. 10	-	-	○ 육묘자재 - 입상암면(중립면) - 입상암면(1)+ 필라이트3호(1) - 필라이트3호 - 코코피트 - 우레탄 스펀지 ○ 트레이 크기 - 105공 육묘판(트레이) - 128공 육묘판(트레이)	야마자키액
고랭지	알미라 SS-King	'03. 9. 30	10. 11	11. 10	○ 육묘자재 - 우레탄 스펀지 - 암면플러그 ○ 트레이 크기 - 128공 육묘판(트레이) - 200공 육묘판(트레이)	코넬대액

나) 결과 및 고찰

육묘 및 트레이 크기에 따른 시금치의 육묘의 생육과 수량성 구명을 위해 나주와 고랭지에서 시험을 수행한 연구결과는 입상암면에서 입모율이 타 육묘자재보다 좋았으며, 전체적인 생육도 좋았다(표 44, 그림 71). 우레탄 스펀지는 육묘자재 특성상 육묘상에서의 초기 수분조절이 어려워 발아율이 낮아 결국 입모율이 낮았다. 그러나 입모율을 높여 정식하면 타 육묘자재보다 시금치 수확시 근권 부분의 청결도와 포장시 미관상 좋으므로 입모율 향상을 높이면 좋을 것으로 판단된다. 또한 트레이 크기에 따른 생육의 차이는 없었다. 한편, 고랭지에서 육묘자재에 따른 시금치 생육과 수량은 200공 트레이에서 우레탄스펀지에 비해

43~50% 증수되었다(표 45).

표 44. 육묘자재 및 트레이 크기에 따른 시금치 유묘 생육(나주)

육묘자재 및 트레이 규격		입모율 (%)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중 (g/주)	근장 (cm)
입상암면	105공	90 a ^z	8.1 a	4.0 b	3.1 b	1.7 b	4.4 ab	8.3 b
	128공	90 a	9.2 a	4.3 b	3.4 a	1.9 a	4.9 ab	9.9 ab
입상암면(1)+ 펄라이트3호(1)	105공	89 a	8.9 a	4.7 a	3.7 a	2.0 a	6.0 a	9.3 ab
	128공	90 a	8.7 a	4.7 a	3.3	1.7 a	4.9 ab	8.4 b
펄라이트3호	105공	70 b	7.9 a	4.3 b	3.6 a	2.2 a	6.5 a	11.6 ab
	128공	71 b	8.2 a	4.3 a	3.3 a	1.9 a	6.1 a	11.4 a
코코피트	105공	86 ab	3.8 b	2.7 c	1.8 d	0.8 c	1.1 c	4.4 c
	128공	86 ab	3.4 b	3.3 c	3.2 b	0.6 b	0.9 c	4.2 c
우레탄스펀지	105공	59 c	4.9 b	5.0 a	2.5 c	1.5 b	2.8 bc	11.5 a
	128공	58 c	4.0 b	4.5 a	1.9 b	1.2 ab	1.8 bc	13.0 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

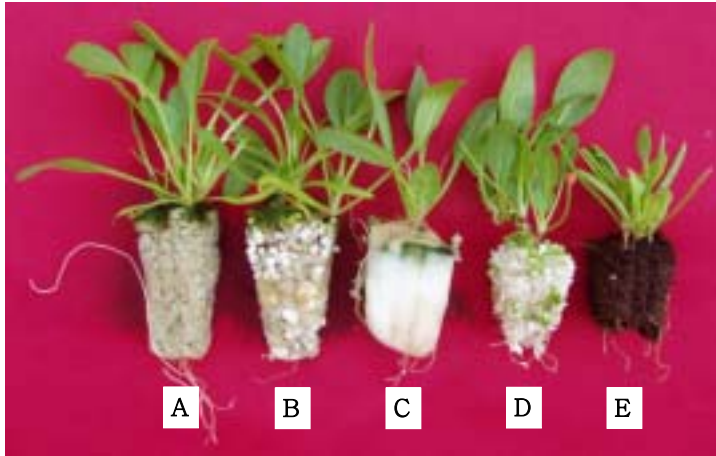


그림 71. 육묘자재에 따른 시금치 유묘 생육[A:입상암면(중립면), B:입상암면(1)+펄라이트3호(1), C:우레탄스펀지, D:펄라이트3호, E:코코피트]

표 45. 육묘자재 및 트레이 크기에 따른 시금치의 생육 및 수량(고랭지)

품 종	육 묘 자 재	입모율 (%)	초장 (매/주)	엽수 (cm)	엽면적 (cm ²)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)	건물률 (%)	수량 (kg/10a)	수량 지수
알 미 라	우레탄스펀지	63 b ^z	21.3 b	15.3 b	274 b	16.4 b	1.54 b	9.4 a	1,804 b	100
	암 면 플 러 그	68 b	22.6 b	16.2 b	281 b	17.6 b	1.61 b	9.1 a	1,936 b	107
	128공육묘판	86 a	26.6 a	18.4 a	321 a	21.5 a	1.98 a	9.2 a	2,365 a	131
	200공육묘판	84 a	27.8 a	19.6 a	348 a	23.4 a	2.01 a	8.6 b	2,574 a	143
SS-kin g	우레탄스펀지	61 b	18.2 b	13.1 b	234 c	14.1 b	1.31 b	9.3 a	1,551 b	100
	암 면 플 러 그	63 b	19.6 b	14.0 b	243 c	15.2 b	1.39 b	9.1 a	1,672 b	108
	128공육묘판	81 a	23.5 a	16.2 a	283 b	19.3 a	1.65 a	8.5 b	2,123 a	137
	200공육묘판	80 a	24.4 a	17.3 a	301 a	21.2 a	1.84 a	8.7 b	2,332 a	150

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

2) 시금치 육묘시 정식구멍(홀)당 종자수에 따른 생육 및 수량

가) 재료 및 방법

시금치 육묘시 정식구멍(홀)당 종자수에 따른 생육 및 수량을 위해 육묘 트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충전한 후 구멍(셀)당 시금치 종자를 처리별로 2, 3, 4, 5립씩 각각 파종하였다. 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 일반 하우스내에서 두상관수(육묘배지 수분상태에 따라 1일 1회 정도 관수)로 육묘 관리하면서 본엽이 2~3엽 시 순환식 박막수경(NFT-I)방식으로 스티로폼 베드 30mm의 정식판에 11×12cm 간격으로 정식하였다(표 46). 양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다.

표 46. 시금치 육묘시 정식구멍(홀)당 종자수에 따른 재배방법과 파종립수

품 종	파종기	정식기	수확기	재식거리 (cm)	파종립수 (립/정식구멍)	양액조성
플라톤	'04. 5. 22	6. 8	6. 25	11×12	2, 3, 4, 5	코넬대액
파루크	'04. 6. 10	6. 29	7. 19	11×12	2, 3, 4, 5	코넬대액

나) 결과 및 고찰

정식구멍(홀)당 종자수에 따른 발아와 육묘기의 생육에는 차이가 없었으며(그림 72), 수확시의 엽 생육은 큰 차이를 보이지 않았으나, 엽면적에 있어서 정식 구멍당 2립 파종(113.0cm²/주)이 5립 파종(88.0cm²/주)에 비해 커서 파종립수가 많을수록 엽면적은 큰 경향이 있었다. ‘플라톤’ 품종의 경우 생체중은 정식구멍당 1개체는 파종립수가 적은 2립(12.5g/주)이 5립(9.3g/주)에 비해 컸으며, 반면 정식구멍당 전체 무게는 파종립수가 많은 4~5립 파종(33.9~32.4g/홀)이 컸다(표 47, 그림 73). 따라서 전체적인 수량은 2립 파종을 제외한 3, 4, 5립간의 유의성은 없었으나, 경제적인 수량은 2립 파종(1,020kg/10a/1회)에 비해 4립 파종(1,491kg/10a/1회)에서 46% 증수되었다.

표 47. 육묘시 정식구멍당 종자수에 따른 생육 및 수량

품종	파종립수	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
				엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장 비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x		1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
플라톤	2	20.1	7.0	9.9 a ^z	10.2	1.0	4.3	45.2	113.0 a	12.5 a	23.2 b	1,020 b	100
	3	20.7	6.0	9.2 ab	11.5	0.8	4.0	44.1	106.7 ab	10.8 ab	31.7 a	1,394 a	136
	4	20.7	6.0	9.7 ab	11.0	0.9	5.1	42.2	105.0 ab	10.0 b	33.9 a	1,491 a	146
	5	20.5	7.0	9.7 ab	10.8	0.9	5.0	41.5	88.0 b	9.3 b	32.4 a	1,425 a	139
파루크	2	19.5	6.0	9.8	9.7	0.9	4.7	44.3	89.6	11.7 a	22.3 b	981 c	100
	3	19.1	7.0	9.8	9.3	0.9	4.2	42.9	77.7	10.2 b	26.5 a	1,166 b	118
	4	18.8	7.0	9.3	9.5	0.9	4.7	37.8	76.6	9.9 b	29.5 a	1,298 a	132
	5	18.4	6.7	9.1	9.3	1.0	4.1	31.4	74.7	9.7 b	28.6 a	1,258 a	128

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).



그림 72. 시금치 육묘시 정식구멍(홀)당 따른 파종립수와 육묘

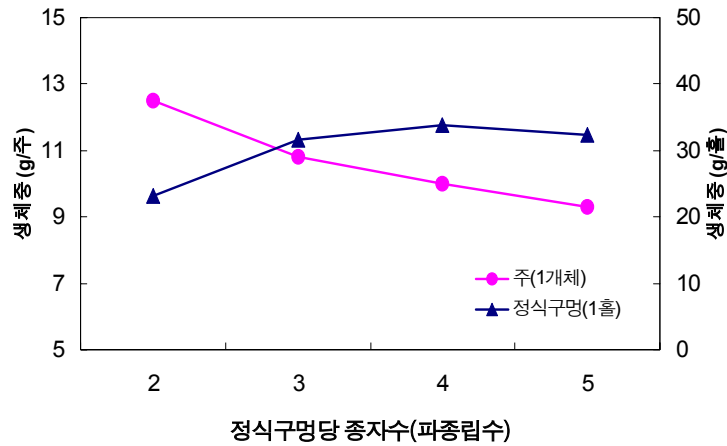


그림 73. 시금치 정식구멍당 종자수에 따른 생체중 비교

라. 시금치의 재배시기별 국내외 품종 수집 및 선발

1) 재료 및 방법

시금치 주년생산을 위해 국내외에서 육성한 ‘카니발’ 등 37종의 품종을 수집하고, 수집된 품종에 대해 재배시기별로 특성을 검정을 하기 위해 표 48, 표 49과 같이 재배하여 수행하였다. 정식은 시금치 순환식 박막수경(NFT-I)방식으로 스티로폼 베드에 30mm의 정식판에 11×12cm 간격으로 정식구멍(홀)당 2~3주씩 정식하였다. 아울러 고랭지에서 시금치 품종의 특성을 검정하기 위해 표 50과 같이 수행하였다.

양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다.

표 48. 시금치 품종의 특성검정 재배방법

품종	재식거리 (cm)	육묘배지	파종립수 (립/홀)	양액	양액관리
카니발 등 37	11×12	입상암면	2~3	·1~4작기 : 야마자키액 ·5~14작기 : 코넬대액	·pH 5.8 내외 ·EC, dS/m : 2.1

표 49. 시금치 주년생산 재배시기

구 분	1작기	2작기	3작기	4작기	5작기	6작기	7작기	8작기	9작기	10작기	11작기	12작기	13작기	14작기
파종기	9.24	10.24	11.11	12.6	1.29	2.27	3.27	4.26	5.21	6.10	6.28	7.14	8.6	8.30
정식기	10.23	11.16	12.20	1.26	2.24	3.25	4.21	5.22	6.9	6.29	7.15	8.5	8.31	9.23
수확기	11.29	12.17	1.26	2.23	3.24	4.20	5.19	6.8	6.25	7.19	8.10	8.30	9.24	10.15
품종수	24	24	24	24	24	24	28	28	28	34	37	37	28	24

표 50. 고랭지 단경기 시금치 품종의 특성검정 재배방법

품 종	파종기	정식기	수확기	양액
SS-King 등 14	'03. 7. 1	7. 11	8. 5	원예연 시금치 재배 전용액

2) 결과 및 고찰

시금치 주년생산을 위해 평지에서 국내외에서 육성한 37품종을 수집하여 재배시기별로 생육 특성 검정을 수행하였으며, 고랭지에서는 14품종을 수집하여 생육 특성을 검정한 결과는 다음과 같다.

가을재배부터 이듬해 가을까지 1년 14작기 동안 수행한 결과(표 51~표 64), 각 품종간 형태적 특성은 초형이 개장형태인 품종이 10품종, 직립형태인 품종이 14품종(계통), 그 중간 형태인 것이 4품종으로 나타났고, 엽의 형태는 5형태로 나타났다(그림 74). 이 중 수경재배와 수출규격에 알맞은 품종위주로 선발한 결과, 초장이 20cm이상, 엽이 크고, 초형이 직립형인 품종은 마호로바, 덤플, 아트라스, 무스탕, 퀴토, 프리미엄, 플라톤, SC7-008 8품종(계통)이었다(그림 75). 따라서 앞으로 시금치 주년생산체계를 위해서는 이들 품종을 위

주로 여름재배시 생육특성 및 수량성, 품질에 대해 계속 연구를 하고, 아울러 품종 특성 검정이 필요하다고 생각된다. 한편, 고랭지 시금치 여름철 수경재배에서는 아트라스, 알미라, 퀴토, 무궁화 등의 품종에서 초장이 대부분 수출 규격에 적합한 초장 20cm 이상의 생육을 나타내었다. 따라서 재배시기별로 선발된 시금치의 품종은 표 65과 같으며, 재배순기는 표 66과 같다. 선발된 품종중 봄재배에서는 초형이 직립형태이면서 초장이 20cm 이상인 마호로바, 덤플, 아트라스 품종, 여름재배에서는 초형이 직립형태, 초장이 15cm 이상, 추대가 비교적 적은 플라톤, 폴카, 터보, 파루크, 미리온 품종, 가을과 겨울재배에서는 봄재배와 같이 초형이 직립형태이면서 초장이 20cm 이상인 일본 수출규격품에 알맞은 마호로바, 덤플, 아트라스 품종들이 타 품종에 비해 생육과 수량성이 많았다.



























그림 74. 시금치 엽의 형태



그림 75. 초장이 20cm 이상된 시금치 품종

표 51. 수경재배시 시금치 1작기의 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대 율 (%)	생체중 (g/주)	초형	엽형	근부 색	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ²⁾	엽폭 (cm)	엽색도 ³⁾							
카니발	17.4	8.0	8.5	8.5	1.0	4.6	47.5	171.7	0	9.0	개장		유백색	990
나이스	12.0	9.0	5.6	5.7	1.0	2.5	44.3	91.3	0	4.7	중간		엽옴 색	517
선라이트	17.2	7.0	10.2	6.3	1.6	7.0	48.7	236.7	0	13.2	개장		엽옴 색	1,452
마호로바	25.5	9.0	12.1	12.1	1.0	6.3	45.0	296.0	0	13.8	직립		엽옴 색	1,518
멜로디	20.2	7.0	9.1	10.3	0.9	4.2	49.4	148.3	0	7.0	직립		엽옴 색	770
무스탕	21.3	10.0	8.9	11.2	0.8	5.4	46.3	258.0	0	12.8	직립		엽옴 색	1,408
파루크	14.3	8.0	7.4	6.0	1.2	6.2	48.8	164.0	0	8.1	개장		엽옴 색	891
반추파루크	13.0	8.0	6.6	5.4	1.2	4.8	48.0	145.7	0	7.6	개장		엽옴 색	836
광채	16.3	9.0	10.0	6.2	1.6	6.5	48.4	281.3	0	13.9	개장		엽옴 색	1,529
마이티	11.2	8.0	6.1	4.7	1.3	4.1	63.6	121.3	0	7.4	개장		유백색	814
타이탄	18.5	9.0	8.6	9.4	0.9	5.2	45.9	180.0	0	8.9	개장		유백색	979
킹오브덴마크	11.5	6.0	6.6	4.5	1.5	4.9	58.6	98.0	0	4.6	개장		유백색	506
퀸토	21.5	9.0	10.6	10.1	1.1	6.7	47.2	255.3	0	11.1	직립		엽옴 색	1,221
딤플	24.4	8.0	11.9	11.7	1.0	7.4	43.5	312.7	0	14.1	직립		엽옴 색	1,551
아트라스	24.7	8.0	9.9	13.9	0.7	6.1	39.7	256.3	0	12.7	직립		엽옴 색	1,397
플라톤	20.0	9.0	9.2	10.2	0.9	6.1	45.0	248.0	0	11.8	직립		엽옴 색	1,298
스트롱	13.5	9.0	7.3	5.7	1.3	5.3	50.3	196.3	0	10.0	개장		엽옴 색	1,100
프리미엄	22.1	8.0	11.2	10.0	1.1	6.8	47.9	265.7	0	11.7	직립		엽옴 색	1,287
폴카	18.2	9.0	10.5	7.7	1.4	6.9	46.2	333.7	0	14.1	직립		엽옴 색	1,551
F 182M	19.5	7.0	10.4	8.5	1.2	7.4	54.7	254.3	0	12.1	중간		엽옴 색	1,331
F 182L	22.3	8.0	9.3	8.5	1.1	7.1	49.9	235.0	0	9.8	중간		유백색	1,078
SC7-008	20.7	7.0	9.7	12.5	0.8	6.5	45.7	248.0	0	10.8	직립		엽옴 색	1,188
O22 M	20.7	9.0	9.7	10.1	1.0	5.7	49.7	220.7	0	8.3	직립		엽옴 색	913
C1-021	20.6	8.0	10.3	9.7	1.1	6.6	45.3	262.3	0	11.1	직립		엽옴 색	1,221

²⁾엽장을 엽병장으로 나눔.

³⁾SCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 52. 수경재배시 시금치 2작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	12.8	13.7	6.5	6.3	1.0	4.1	52.0	316	0	9.9	943
나이스	14.5	15.0	7.3	7.2	1.0	3.6	50.8	245.3	0	7.8	1,154
선라이트	14.8	10.7	8.2	6.7	1.2	6.3	54.7	455.0	0	16.6	1,449
마호로바	25.0	9.0	11.0	14.0	0.8	6.5	48.4	518.7	0	16.3	1,650
멜로디	24.2	11.0	10.4	13.8	0.8	5.4	57.0	456.3	0	14.8	2,094
무스탕	23.3	10.7	8.8	14.5	0.6	4.6	50.7	342.3	0	13.7	2,527
파루크	15.2	9.0	7.8	7.3	1.1	6.0	51.4	286.3	0	12.0	1,352
반추파루크	15.3	7.7	7.3	8.0	0.9	6.0	52.6	294.0	0	9.8	1,300
광채	17.5	8.5	9.0	7.2	1.2	6.5	47.6	295.0	0	14.8	1,953
마이티	12.5	8.0	7.0	5.5	1.3	4.6	69.9	260.3	0	8.3	990
타이탄	26.4	11.0	11.8	14.7	0.8	7.1	46.9	593.7	0	19.5	1,692
킹오브텐마크	11.2	8.3	5.7	5.5	1.0	4.9	62.5	214.7	0	7.0	900
퀸토	17.5	9.0	7.7	9.8	0.8	5.7	53.4	357.0	0	10.9	1,192
딤플	31.4	8.7	12.1	19.3	0.6	7.0	40.6	527.0	0	19.0	2,392
아트라스	25.5	11.3	11.2	14.3	0.8	6.6	38.8	557.3	0	20.4	1,820
플라톤	20.3	10.7	8.9	11.3	0.8	5.6	49.9	482.7	0	15.4	1,496
스트롱	11.5	11.0	6.4	5.1	1.3	4.4	50.6	330.3	0	10.5	1,160
프리미엄	17.7	7.3	7.5	10.2	0.7	4.6	50.5	238.7	0	7.4	1,864
프리미엄	17.7	7.3	7.5	10.2	0.7	4.6	50.5	238.7	0	7.4	1,864
폴카	23.5	9.0	9.5	14.0	0.7	6.0	41.6	396.7	0	12.2	2,211
F 182M	18.2	8.3	9.1	9.2	1.0	6.6	59.9	481.7	0	17.2	2,334
F 182L	15.5	9.3	8.0	7.5	1.1	5.8	54.6	384.7	0	11.5	1,117
SC7-008	16.2	10.7	7.7	8.5	0.9	4.1	54.5	373.7	0	11.7	1,212
O22 M	20.5	8.7	8.3	12.2	0.7	6.0	57.3	345.7	0	10.7	1,258
C1-021	27.0	11.0	10.6	16.3	0.6	7.7	51.6	651.7	0	22.9	2,490

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 53. 수경재배시 시금치 3작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	14.7	8.0	7.3	7.4	1.0	4.6	46.2	81.0	0	6.8	898
나이스	11.4	9.0	5.4	6.0	0.9	3.0	46.1	91.0	0	5.6	739
선라이트	19.0	8.0	5.9	3.1	1.9	5.4	46.7	117.0	0	5.4	713
마호로바	24.4	9.0	9.0	10.4	0.9	5.1	49.0	208.0	0	10.6	1,399
멜로디	17.6	10.0	8.2	9.4	0.9	4.7	47.3	175.0	0	9.4	1,241
무스탕	18.4	7.0	6.9	11.5	0.6	4.0	44.1	109.0	0	4.9	647
파루크	11.4	7.0	6.7	4.7	1.4	5.7	47.9	130.0	0	5.5	726
반추파루크	11.6	7.0	6.4	5.2	1.2	5.7	49.0	124.0	0	5.8	766
광채	10.3	10.0	6.9	3.4	2.0	5.4	47.8	181.0	0	9.3	1,228
마이티	9.5	6.0	5.8	3.7	1.6	4.5	61.4	98.0	0	5.2	686
타이탄	18.1	8.0	8.5	9.6	0.9	6.6	44.9	124.0	0	12.3	1,624
킹오브텐마크	9.6	6.8	5.5	4.1	1.3	4.2	57.5	96.0	0	5.1	673
퀸토	18.5	7.0	8.1	10.4	0.8	5.5	46.7	149.0	0	6.1	805
딤플	24.0	6.0	8.3	11.7	0.7	5.2	42.8	112.0	0	10.3	1,133
아트라스	23.2	6.0	6.9	8.3	0.8	4.7	40.7	78.0	0	9.5	1,254
플라톤	23.8	8.0	8.3	9.5	0.9	7.9	44.8	215.0	0	13.5	1,782
스트롱	10.5	9.0	6.4	4.1	1.6	4.4	51.9	134.0	0	5.1	673
프리미엄	19.8	10.0	9.6	10.2	0.9	6.9	48.6	265.0	0	14.1	1,861
폴카	17.2	11.0	8.7	8.5	1.0	5.5	45.8	245.0	0	10.7	1,412
F 182M	12.3	6.0	6.6	5.7	1.2	5.2	53.9	94.0	0	4.6	607
F 182L	15.4	7.0	8.3	7.1	1.2	6.4	48.8	190.0	0	9.6	1,267
SC7-008	22.5	8.0	7.8	10.7	0.7	4.9	44.8	112.0	0	9.5	1,045
O22 M	17.0	7.0	8.1	8.9	0.9	5.0	48.6	130.0	0	5.4	713
C1-021	20.4	8.0	9.0	11.4	0.8	6.8	44.7	137.0	0	8.7	1,148

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 54. 수경재배시 시금치 4작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	11.6	9.7	6.2	5.4	1.2	4.3	58.7	151.0	0	12.0	1,584
나이스	9.3	8.0	5.8	3.5	1.7	5.0	61.8	122.0	0	8.8	1,162
선라이트	16.6	8.7	6.8	9.8	0.7	5.5	65.9	134.3	0	9.0	1,188
마호로바	23.2	8.7	9.5	13.7	0.7	5.8	55.1	172.3	0	11.5	1,518
멜로디	13.6	7.3	5.8	7.8	0.7	4.3	58.7	148.3	0	12.8	1,690
무스탕	13.4	8.0	5.6	7.8	0.7	3.3	60.5	89.3	0	6.8	898
파루크	13.9	8.3	7.4	6.5	1.2	4.9	59.6	136.7	0	8.3	1,096
반추파루크	16.0	8.0	8.3	7.7	1.1	4.9	66.1	156.0	0	11.0	1,452
광채	7.7	8.7	5.3	2.3	2.3	4.2	71.6	98.7	0	9.0	1,188
마이티	6.8	8.0	4.5	2.7	1.7	3.9	70.9	72.3	0	5.1	673
타이탄	8.7	8.7	5.3	3.3	1.6	4.5	53.7	128.0	0	10.5	1,386
킹오브텐마크	7.2	8.0	4.4	2.8	1.6	4.0	64.8	86.7	0	8.8	1,162
퀀토	11.6	8.3	6.3	5.5	1.2	5.4	55.6	204.0	0	15.5	2,046
딤플	24.6	6.7	9.0	11.6	0.8	5.6	44.9	133.7	0	10.5	1,386
아트라스	20.8	9.0	6.3	8.5	0.7	4.4	50.5	150.0	0	9.8	1,293
플라톤	22.2	9.3	6.0	5.2	1.2	3.5	59.3	108.3	0	10.2	1,346
스트롱	6.8	10.0	4.3	2.9	1.5	3.2	55.9	83.3	0	5.5	726
프리미엄	20.5	10.0	9.5	11.0	0.9	6.7	60.7	266.7	0	14.7	1,940
폴카	15.3	9.7	6.9	8.4	0.8	4.2	57.3	140.3	0	7.8	1,030
F 182M	9.9	8.3	5.7	4.1	1.4	4.8	55.5	99.0	0	7.3	964
F 182L	16.4	7.7	6.9	9.5	0.7	3.3	65.9	83.7	0	6.2	818
SC7-008	23.4	10.7	10.2	13.2	0.8	6.2	60.2	256.7	0	15.8	2,086
O22 M	12.9	7.7	7.0	5.9	1.2	5.2	63.9	160.3	0	12.4	1,637
C1-021	16.7	9.0	7.2	9.5	0.8	4.8	54.8	138.3	0	9.0	1,188

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 55. 수경재배시 시금치 5작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	15.5	9.6	8.3	7.3	1.1	4.5	57.5	166.0	0	10.8	1,426
나이스	9.9	8.3	5.2	4.8	1.1	4.5	60.8	118.0	0	8.5	1,122
선라이트	17.6	8.5	6.9	10.7	0.6	5.4	62.0	244.3	0	9.9	1,307
마호로바	24.2	8.5	9.6	14.6	0.7	5.9	56.2	272.0	0	11.9	1,571
멜로디	18.6	7.6	7.9	10.8	0.7	5.3	59.0	149.9	0	10.5	1,386
무스탕	17.4	8.1	7.8	9.7	0.8	4.8	62.5	135.6	0	7.7	1,016
파루크	16.8	8.7	7.3	9.5	0.8	5.2	59.0	145.3	0	8.6	1,135
반추파루크	17.8	8.2	8.2	9.6	0.9	5.7	56.1	155.0	0	10.5	1,386
광채	10.7	8.5	5.9	4.9	1.2	4.6	61.6	198.8	0	9.7	1,280
마이티	10.8	8.1	4.4	6.5	0.7	4.5	65.4	122.3	0	9.1	1,201
타이탄	20.8	8.8	6.5	9.4	0.7	4.7	54.5	129.0	0	9.3	1,228
킹오브텐마크	9.2	8.3	4.9	4.4	1.1	4.3	60.3	86.9	0	6.9	911
퀀토	15.4	8.1	6.5	8.9	0.7	5.5	56.3	224.0	0	12.1	1,597
딤플	23.5	6.8	9.2	13.3	0.7	5.7	45.8	273.0	0	10.8	1,426
아트라스	22.5	9.2	7.8	12.7	0.6	4.9	51.2	205.0	0	10.1	1,333
플라톤	20.2	9.1	7.5	10.7	0.7	4.5	54.3	212.9	0	10.7	1,412
스트롱	14.8	10.0	5.8	9.0	0.6	3.9	56.8	183.3	0	10.0	1,320
프리미엄	22.1	10.1	9.8	12.3	0.8	6.5	61.5	268.8	0	11.0	1,452
폴카	20.2	9.6	7.2	11.0	0.7	4.0	58.2	232.7	0	10.8	1,426
F 182M	10.8	8.3	6.7	4.1	1.6	4.6	54.5	199.8	0	11.3	1,492
F 182L	17.4	7.5	6.9	10.5	0.7	3.8	60.8	183.9	0	10.1	1,333
SC7-008	23.4	10.1	10.2	13.3	0.8	6.1	61.4	207.0	0	15.3	2,020
O22 M	18.9	7.4	8.3	10.6	0.8	5.5	61.8	187.3	0	10.4	1,373
C1-021	16.7	9.1	8.4	8.4	1.0	4.9	56.4	248.6	0	9.9	1,307

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 56. 수경재배시 시금치 6작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	16.4	7.2	7.5	8.2	0.9	4.2	46.2	154.3	0	8.8	1,162
나이스	11.8	7.0	5.6	5.9	0.9	2.2	44	91.3	0	4.6	607
선라이트	15.2	8.1	9.4	6.2	1.5	6.4	46.2	208.9	0	12.8	1,690
마호로바	20.2	8.2	10.3	11.5	0.9	6.1	44.2	231.4	0	13.7	1,808
멜로디	17.9	6.5	8.4	10.1	0.8	4.2	48.3	138.9	0	10.9	1,439
무스탕	18.5	8.0	7.8	10.6	0.7	5.2	45.6	202.9	0	12.1	1,597
파루크	13.9	7.3	7.4	6.9	1.1	5.8	47.1	145.7	0	8.9	1,175
반추파루크	12.9	7.0	6.6	5.4	1.2	4.8	47.9	138.4	0	7.5	990
광채	15.9	8.0	8.4	5.9	1.4	6.2	48.5	211.8	0	13.4	1,769
마이티	11.2	6.4	6.1	5.1	1.2	4.1	52.3	111.9	0	7.8	1,030
타이탄	19.8	8.0	7.9	9.3	0.8	5.2	41.7	168.9	0	8.7	1,148
킹오브텐마크	11.5	6.0	6.6	4.5	1.5	4.9	49.6	95.0	0	5.2	686
퀀토	19.4	7.0	8.9	10.3	0.9	5.4	44.3	204.8	0	12.3	1,624
딤플	20.2	6.7	9.4	10.7	0.9	6.9	41.4	242.7	0	14.2	1,874
아트라스	19.9	6.6	9.1	12	0.8	5.4	37.8	243.3	0	12.3	1,624
플라톤	20.7	7.0	8.5	9.9	0.9	5.6	44.2	220.7	0	11.7	1,544
스트롱	13.5	8.0	7.3	5.3	1.4	5.3	47.5	189.4	0	10.8	1,426
프리미엄	20.1	7.0	9.1	9.1	1.0	6.5	46.2	223.4	0	12	1,584
폴카	21.8	8.0	9.7	6.8	1.4	6.9	44.7	279.2	0	13.4	1,769
F 182M	18.7	7.0	9.3	7.9	1.2	7.4	45.6	230.1	0	11.5	1,518
F 182L	18.4	6.4	9.3	8.1	1.1	7.2	47.9	202.3	0	9.9	1,307
SC7-008	17.6	6.7	9.4	10.3	0.9	6.3	44.8	221.7	0	9.9	1,307
O22 M	16.8	7.0	9.1	9.5	1.0	5.6	47.6	189.7	0	8.4	1,109
C1-021	19.5	7.0	8.9	9.5	0.9	6.5	44.6	198.3	0	10.8	1,426

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 57. 수경재배시 시금치 7작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	17.7	7.0	7.9	9.8	0.8	5.6	48.3	76.0	0	4.7	620
나이스	17.5	10.0	7.2	10.3	0.7	3.0	43.6	120.0	100	4.5	594
선라이트	22.3	8.0	7.3	15.0	0.5	3.8	45.0	89.0	0	5.3	700
마호로바	25.5	10.0	12.3	18.2	0.7	6.5	41.8	165.0	20	17.2	2,270
멜로디	22.0	9.0	9.8	12.2	0.8	3.0	44.5	79.0	0	5.1	673
무스탕	20.0	8.0	8.0	12.0	0.7	5.5	44.4	108.0	0	6.9	911
파루크	24.3	9.0	8.3	16.0	0.5	4.0	56.8	117.0	0	7.4	977
반추파루크	27.1	8.0	9.8	17.3	0.6	7.5	45.2	143.0	0	8.8	1,162
광채	15.2	9.0	9.0	6.2	1.5	4.6	54.5	135.0	0	7.5	990
마이티	16.5	6.0	6.5	9.8	0.7	4.1	61.0	79.0	0	3.8	502
타이탄	20.7	10.0	9.4	11.3	0.8	4.3	48.4	140.0	0	9.2	1,214
킹오브텐마크	13.0	8.0	6.8	6.2	1.1	4.2	65.7	87.0	0	4.7	620
퀀토	28.3	10.0	11.5	16.8	0.7	6.4	38.7	185.0	40	17.3	2,284
딤플	22.8	9.0	9.0	13.8	0.7	3.7	43.3	80.0	10	9.5	1,254
아트라스	28.2	10.0	10.2	18.0	0.6	4.9	42.4	146.0	20	10.9	1,439
플라톤	24.3	10.0	9.2	15.1	0.6	4.8	47.9	130.0	0	9.2	1,214
스트롱	18.6	9.0	8.6	10.0	0.9	5.0	45.9	81.0	0	6.6	871
프리미엄	23.7	7.0	8.2	15.5	0.5	4.8	51.2	116.0	15	6.9	911
폴카	28.0	10.0	10.3	17.7	0.6	5.5	43.3	180.0	0	12.3	1,624
F 182M	22.2	7.0	8.2	14.0	0.6	4.3	51.0	92.0	80	6.9	911
F 182L	21.2	11.0	9.2	12.0	0.8	5.6	49.8	159.0	0	11.1	1,465
SC7-008	20.6	10.0	7.1	13.5	0.5	3.3	46.8	91.0	0	5.9	779
O22 M	27.2	9.0	9.8	17.4	0.6	5.1	49.1	155.0	100	13.0	1,716
C1-021	18.9	9.0	8.6	10.3	0.8	4.9	46.6	96.0	100	6.6	871
파크	11.9	7.0	5.9	6.0	1.0	3.7	63.0	50.1	0	3.4	449
극광	21.4	9.0	6.6	14.8	0.4	4.2	86.0	50.6	0	5.7	752
그린피아	18.1	8.0	7.6	10.5	0.7	4.1	88.0	55.3	0	4.8	634
터보	12.1	10.0	6.9	4.2	1.6	3.7	105.0	60.2	0	6.2	818

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 58. 수경재배시 시금치 8작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	13.5	7.0	5.7	7.8	0.7	3.2	46.8	49.3	0	2.6	343
나이스	11.7	8.0	5.2	6.5	0.8	2.3	47.5	36.0	100	1.9	251
선라이트	11.9	8.0	5.5	6.4	0.9	3.9	48.9	55.0	0	2.8	370
마호로바	12.4	7.0	5.7	6.3	0.9	3.1	47.3	49.0	15	2.4	317
멜로디	14.2	9.0	6.2	8.0	0.8	2.4	54.3	48.0	0	2.2	290
무스탕	13.9	8.0	5.9	7.3	0.8	2.7	47.1	54.0	5	2.9	383
파루크	13.4	8.0	7.2	6.2	1.2	4.4	49.7	110.0	0	5.7	752
반추파루크	11.8	7.0	6.2	5.8	1.1	3.6	52.5	67.0	0	3.5	462
광채	13.7	7.0	7.2	6.5	1.1	3.0	52.0	79.0	0	3.8	502
마이티	12.7	7.0	6.2	6.5	1.0	3.7	46.5	64.0	15	3.4	449
타이탄	15.0	8.0	6.7	8.3	0.8	3.5	50.6	67.0	0	2.9	383
킹오브텐마크	11.0	6.0	5.5	5.5	1.0	2.3	50.5	36.0	0	1.9	251
퀀토	13.5	9.0	6.2	7.3	0.8	3.4	48.7	90.0	0	4.1	541
딤플	15.2	8.0	6.4	8.8	0.7	2.7	50.2	51.0	100	2.9	383
아트라스	15.1	7.0	6.3	8.8	0.7	3.1	49.7	59.0	40	3.0	396
플라톤	14.5	8.0	6.2	8.3	0.7	3.3	52.5	61.0	0	3.0	396
스트롱	13.3	7.0	6.5	6.8	1.0	3.4	51.4	63.0	0	3.4	449
프리미엄	15.5	9.0	7.0	8.5	0.8	3.7	51.0	86.0	0	4.2	554
폴카	16.0	8.0	7.7	8.3	0.9	3.9	49.3	72.0	0	4.1	541
F 182M	13.9	8.0	6.8	7.2	0.9	4.2	48.7	89.0	100	5.8	766
F 182L	15.0	8.0	7.3	7.7	0.9	4.4	55.3	96.0	100	5.2	686
SC7-008	16.0	8.0	7.3	8.7	0.8	2.8	50.7	67.0	0	3.8	502
O22 M	12.1	8.0	5.8	6.3	0.9	3.1	49.0	64.0	0	3.3	436
C1-021	16.3	8.0	7.0	9.3	0.8	3.7	49.5	74.0	100	3.8	502
파크	14.4	6.0	6.6	7.8	0.8	4.3	49.0	75.0	0	5.3	700
극광	11.6	8.0	5.3	6.3	0.8	3.0	51.6	46.0	0	2.7	356
그린피아	13.7	7.0	6.2	8.0	0.8	3.0	53.8	56.0	0	2.4	317
터보	12.2	7.0	6.4	5.8	1.1	3.2	47.6	71.0	0	3.6	475

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 59. 수경재배시 시금치 9작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	17.4	7.0	7.4	10.0	0.7	3.4	38.1	59.0	20	3.4	449
나이스	18.1	6.0	7.1	11.0	0.6	2.6	43.3	55.0	100	2.7	356
선라이트	15.5	6.0	7.2	8.3	0.9	4.3	50.5	59.0	0	4.1	541
마호로바	18.9	7.0	7.9	11.0	0.7	3.8	47.6	63.0	40	3.7	488
멜로디	14.3	8.0	6.0	8.3	0.7	2.5	48.9	43.0	60	2.5	330
무스탕	21.3	6.0	8.2	13.1	0.6	4.0	43.1	68.0	70	4.3	568
파루크	16.0	8.0	7.7	8.3	0.9	5.1	41.0	96.0	10	4.9	647
반추파루크	15.2	6.0	6.7	8.5	0.8	3.8	45.0	58.0	20	3.8	502
광채	18.3	8.0	6.8	11.5	0.6	4.3	45.6	91.0	0	5.2	686
마이티	14.0	7.0	6.8	7.2	0.9	4.3	57.8	55.0	30	3.9	515
타이탄	22.4	6.0	8.6	13.8	0.6	5.0	47.2	96.0	30	5.6	739
킹오브텐마크	12.2	5.0	5.1	7.2	0.7	3.2	52.4	46.0	30	2.1	277
퀸토	18.6	8.0	7.6	11.0	0.7	4.0	43.8	100.0	30	5.4	713
딤플	14.0	6.0	6.2	7.8	0.8	2.8	33.3	51.0	100	3.1	409
아트라스	15.4	6.0	6.3	9.1	0.7	2.9	39.8	44.0	40	2.1	277
플라톤	20.0	7.0	7.5	12.5	0.6	3.7	36.5	74.0	10	4.8	634
스트롱	15.3	7.0	7.5	7.8	1.0	3.7	42.5	73.0	10	4.0	528
프리미엄	16.6	7.0	7.8	8.8	0.9	2.6	45.9	88.0	30	4.2	554
폴카	16.8	8.0	7.3	9.5	0.8	3.7	45.8	89.0	30	4.9	647
F 182M	13.0	7.0	6.5	6.5	1.0	3.6	46.9	62.0	10	3.2	422
F 182L	13.2	7.0	6.7	6.7	1.0	4.4	44.8	75.0	100	4.2	554
SC7-008	13.3	6.0	6.3	7.0	0.9	2.3	27.5	44.0	10	2.4	317
O22 M	15.7	7.0	5.5	10.2	0.5	2.3	36.3	31.0	30	2.0	264
C1-021	20.4	8.0	8.4	12.0	0.7	4.4	41.2	96.0	100	5.6	739
파크	15.7	7.0	7.5	8.2	0.9	5.1	46.2	92.0	0	4.8	634
극광	11.1	7.0	4.4	6.7	0.7	2.8	40.0	41	30	2.2	290
그린피아	15.0	6.0	6.7	8.3	0.8	3.4	39.9	67.0	30	3.4	449
터보	10.3	6.0	5.0	5.3	0.9	2.7	32.5	33.0	0	1.7	224

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 60. 수경재배시 시금치 10작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	13.4	6.0	5.7	7.7	0.7	3.2	34.0	32.0	30	2.2	290
나이스	17.7	7.0	7.2	10.5	0.7	3.4	36.0	49.0	100	3.1	409
선라이트	16.7	6.0	7.0	9.7	0.7	4.8	39.9	74.0	0	6.0	792
마호로바	18.3	7.0	8.2	10.1	0.8	3.9	38.0	54.0	40	3.7	488
벨로디	16.0	6.0	6.2	9.8	0.6	3.4	33.3	49.0	60	2.8	370
무스탕	13.1	8.0	6.4	6.7	1.0	3.1	40.8	64.0	70	3.9	515
파루크	13.8	6.0	6.7	7.2	0.9	4.1	32.5	68.0	10	3.7	488
반추파루크	9.8	7.0	5.2	4.8	1.1	3.7	41.5	51.0	20	2.2	290
광채	15.7	7.0	6.4	9.3	0.7	4.5	39.5	67.0	0	6.9	910
마이티	10.5	7.0	5.2	5.3	1.0	2.9	52.2	46.0	30	2.5	330
타이탄	16.4	6.0	5.6	8.8	0.6	3.9	45.2	67.0	30	4.9	647
킹오브텐마크	12.6	5.0	5.2	6.4	0.8	3.3	49.8	48.0	30	2.6	343
퀸토	17.5	8.0	7.5	10.0	0.8	4.4	36.2	96.0	30	5.4	713
딤플	14.6	5.8	6.0	6.8	0.8	2.9	34.3	49.0	30	6.2	818
아트라스	18.3	8.0	7.6	10.7	0.7	4.0	36.3	72.0	40	4.1	541
플라톤	16.5	8.0	5.7	10.8	0.5	3.0	51.2	67.0	10	5.7	752
스트롱	13.3	7.0	5.5	7.8	0.7	3.3	33.8	62.0	10	3.0	396
프리미엄	15.1	7.0	6.3	8.8	0.7	3.8	34.5	69.0	30	4.3	568
폴카	15.3	8.0	6.7	8.7	0.8	2.9	41.5	62.0	30	3.3	436
F 182M	16.4	7.0	6.9	9.5	0.7	3.3	34.3	76.0	10	2.8	370
F 182L	16.3	8.0	6.2	10.2	0.6	4.3	37.5	70.0	100	4.6	607
SC7-008	16.7	6.0	8.3	8.4	1.0	4.1	37.6	68.0	30	4.7	620
O22 M	14.2	8.0	7.0	7.2	1.0	3.2	38.1	63	30	3.9	515
C1-021	19.5	7.8	7.4	9.2	0.8	4.1	45.2	98.7	100	5.7	752
파크	17.2	6.0	6.9	10.3	0.7	4.8	42.9	78.0	0	4.6	607
극광	19.9	6.0	6.9	13.0	0.5	4.5	36.2	64.0	10	5.0	660
그린피아	14.8	6.0	7.5	7.3	1.0	2.8	47.7	50.0	30	2.6	343
터보	16.0	7.0	8.0	8.0	1.0	4.6	40.8	106.0	0	6.0	792
나카하라24	14.7	6.3	6.5	8.2	0.8	3.1	33.9	38.0	0	2.5	330
아스타	14.0	8.0	6.8	7.2	0.9	3.5	40.8	64.0	20	3.8	502
에스파	11.1	8.0	5.1	6.0	0.9	3.8	29.1	55.0	30	3.6	475
삼손	11.7	6.0	5.4	6.3	0.9	3.8	36.9	36.0	0	2.1	277
복지	9.2	6.0	4.8	4.4	1.1	2.7	43.0	20.0	10	1.1	145
초이스	16.3	7.0	6.3	10.0	0.6	3.7	30.5	45.0	0	4.1	541

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 61. 수경재배시 시금치 11작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	11.1	11.0	5.6	5.5	1.0	2.7	43.0	56.0	30	3.6	475
나이스	9.3	7.0	4.3	5.0	0.9	1.7	43.7	36.0	100	1.2	158
선라이트	15.8	7.0	4.4	4.0	1.1	2.8	49.0	35.0	0	5.6	739
마호로바	11.5	7.0	5.7	5.8	1.0	3.4	39.7	56.0	40	2.5	330
멜로디	10.3	8.0	5.1	5.2	1.0	2.7	54.4	51.0	60	2.2	290
무스탕	14.1	11.0	6.6	7.5	0.9	2.7	47.1	60.0	70	3.7	488
파루크	7.5	7.0	3.5	4.0	0.9	2.0	41.4	50.0	10	1.3	172
반추파루크	9.8	7.0	5.2	4.6	1.1	3.7	41.5	51.0	20	2.2	290
광채	15.5	9.0	6.2	4.5	1.4	3.9	43.3	75.0	10	5.6	739
마이티	8.2	7.0	4.2	4.0	1.1	2.7	50.0	48.0	30	2.9	383
타이탄	10.2	9.0	5.5	4.7	1.2	3.8	49.2	65.0	30	3.2	422
킹오브텐마크	7.9	7.0	4.3	3.6	1.2	3.2	48.0	82.3	30	2.0	264
퀀토	15.6	8.0	7.3	9.8	0.7	4.1	40.2	93.0	30	5.6	739
딤플	17.7	10.0	6.9	6.8	1.0	4.1	48.8	74.3	30	6.1	805
아트라스	13.5	9.0	6.2	7.3	0.8	3.3	45.0	66.0	40	3.5	462
플라톤	15.1	9.0	5.3	5.8	0.9	3.4	48.8	59.3	10	6.1	805
스트롱	9.2	9.0	5.0	4.2	1.2	2.9	37.2	39.0	10	2.1	277
프리미엄	11.0	8.0	5.2	5.8	0.9	2.9	41.8	62.0	30	2.0	264
폴카	10.5	8.0	5.0	5.5	0.9	3.2	40.4	77.0	30	4.0	528
F 182M	9.9	9.0	5.2	4.7	1.1	3.3	47.9	45.0	10	2.7	356
F 182L	9.1	8.0	5.2	3.9	1.3	3.4	48.4	68.3	100	2.5	330
SC7-008	16.7	11.0	8.5	8.2	1.0	4.9	48.2	85.0	30	8.1	1,069
O22 M	10.4	9.0	5.6	4.8	1.2	3.1	52.7	53.0	30	3.1	409
C1-021	11.6	9.0	5.6	6.0	0.9	3.2	40.3	61.0	100	3.1	409
파크	16.5	6.0	6.5	9.8	0.6	4.5	41.8	76.0	0	4.7	620
극광	18.7	6.0	6.7	12.3	0.5	4.4	40.1	65.3	10	5.1	673
그린피아	10.2	8.0	5.2	5.0	1.0	2.7	48.7	51.0	30	2.6	343
터보	16.3	6.7	7.8	8.0	0.9	4.0	41.2	99.8	10	5.9	779
나카하라24	19.5	9.0	7.8	11.7	0.7	4.4	46.2	100.3	0	6.4	845
아스타	13.3	9.0	6.8	6.5	1.0	3.7	48.8	76.0	20	3.8	502
에스파	9.1	11.0	5.3	3.8	1.4	4.3	49.0	69.3	30	5.9	779
삼손	6.0	7.0	3.9	2.3	1.7	2.8	49.0	52.0	0	1.5	198
복지	4.3	7.0	2.8	1.5	1.9	2.1	50.4	68.3	10	0.9	119
초이스	9.7	8.0	5.5	4.2	1.3	3.9	49.1	63.0	0	2.8	370
에스파	11.1	8.0	5.1	6.0	0.9	3.8	29.1	55.0	30	3.6	475
미리온	8.7	8.0	5.0	3.7	1.4	3.2	43.4	66.6	0	2.8	370
아크티온	5.7	7.0	3.4	2.3	1.5	2.1	48.8	38.6	0	1.1	145

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 62. 수경재배시 시금치 12작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	10.9	9.0	5.8	5.9	1.0	3.2	42.0	57.9	50	3.5	462
나이스	10.1	7.6	4.9	5.7	0.9	2.9	42.3	37.8	100	2.6	343
선라이트	10.9	7.0	6.0	4.9	1.2	4.3	45.8	67.0	10	4.0	528
마호로바	10.3	9.0	6.1	4.2	1.5	4.0	48.9	98.0	60	5.4	713
멜로디	10.0	8.0	5.3	6.1	0.9	3.5	50.2	52.0	80	2.8	370
무스탕	14.5	8.0	6.8	7.7	0.9	3.4	49.9	82.0	70	4.7	620
파루크	11.6	9.0	5.9	5.7	1.0	3.9	50.2	103.0	10	5.2	686
반추파루크	13.9	8.0	7.8	6.1	1.3	5.3	53.6	104.0	20	8.9	1,175
광채	12.0	7.0	6.3	5.7	1.1	3.3	41.8	72.0	0	5.9	778
마이티	15.3	7.0	6.7	8.6	0.8	2.7	49.7	63.0	40	3.3	436
타이탄	11.4	9.0	6.2	5.2	1.2	4.3	47.0	78.0	40	4.1	541
킹오브텐마크	6.7	5.0	3.6	3.1	1.2	2.3	49.2	25.0	80	1.2	158
퀸도	15.0	8.0	7.8	10.2	0.8	4.7	40.6	92.0	70	5.2	686
딤플	20.1	6.0	9.0	11.1	0.8	4.9	45.4	121.0	20	6.4	845
아트라스	17.4	8.7	7.9	9.5	0.8	3.9	48.8	135.0	10	7.4	977
플라톤	18.2	8.0	8.0	10.2	0.8	4.4	49.5	91.0	20	6.4	845
스트롱	9.8	8.0	5.2	4.6	1.1	3.8	38.2	38.9	30	3.2	422
프리미엄	13.0	7.0	6.3	6.7	0.9	4.5	51.1	77.0	40	4.0	528
폴카	10.0	8.0	5.4	6.0	0.9	3.7	40.3	76.8	50	4.2	554
F 182M	9.5	8.0	5.6	5.6	1.0	3.9	41.8	44.7	20	3.5	462
F 182L	14.3	7.0	7.7	6.6	1.2	5.3	45.1	131.0	100	7.0	924
SC7-008	24.7	8.0	11.7	13.0	0.9	5.7	47.6	199.0	30	10.8	1,426
O22 M	10.0	8.0	5.9	4.7	1.3	3.7	48.3	52.7	50	3.3	436
C1-021	10.5	8.0	5.7	5.8	1.0	4.0	39.6	60.3	100	3.7	488
파크	15.9	7.0	8.2	8.3	1.0	3.9	40.3	99.1	0	6.2	818
극광	13.0	7.0	5.8	7.2	0.8	3.4	48.2	61.0	10	5.1	673
그린피아	11.1	8.0	6.2	6.2	1.0	3.7	35.8	70.3	40	4.0	528
터보	15.8	7.0	7.9	7.9	1.0	4.1	40.9	98.7	0	6.5	858
나카하라24	18.6	8.0	8.4	10.7	0.8	4.3	44.5	99.7	0	6.1	805
아스타	14.6	8.0	7.2	6.8	1.1	4.2	46.7	86.0	30	4.0	528
에스파	9.8	8.0	6.5	4.5	1.4	4.9	48.1	70.3	30	6.4	845
삼손	10.5	8.0	6.0	4.5	1.3	4.0	52.2	88.0	0	5.3	700
복지	5.5	7.0	4.2	3.3	1.3	3.6	48.3	69.4	10	2.3	304
초이스	8.9	8.0	5.9	5.1	1.2	4.2	47.9	68.2	0	3.2	422
에스파	10.8	8.0	6.5	6.5	1.0	4.6	30.9	65.2	30	3.9	515
미리온	15.2	8.0	8.5	6.7	1.3	4.6	50.0	115.0	0	6.2	818
아크티온	9.8	8.0	5.7	4.1	1.4	2.8	47.1	69.0	0	3.4	449

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 63. 수경재배시 시금치 13작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	16.9	6.8	7.2	10.2	0.7	3.3	40.2	145.3	20	7.9	1,043
나이스	17.9	6.0	6.9	11.1	0.6	2.9	44.6	105.0	60	3.6	475
선라이트	15.6	6.0	7	8.5	0.8	4.9	49.4	156.3	0	8.8	1,161
마호로바	20.9	6.5	7.1	10.9	0.7	4.2	49.8	163.2	10	9.8	1,294
멜로디	14.5	7.8	5.9	8.2	0.7	3.3	47.9	143.6	30	9.4	1,241
무스탕	19.5	6.0	7.2	12.9	0.6	3.7	44.4	158.9	40	10.0	1,320
파루크	15.6	7.5	7.1	8.5	0.8	4.9	43.6	169.2	10	7.8	1,030
반추파루크	14.5	6.0	6.8	8.6	0.8	3.9	46.5	103.6	20	7.8	1,030
광채	17.7	7.7	6.2	10.8	0.6	4.5	44.9	191.3	0	10.2	1,346
마이티	13.6	7.0	5.9	7.3	0.8	4.1	51.6	155.6	20	7.0	924
타이탄	19.8	6.0	7.4	12.8	0.6	4.7	48.9	149.5	30	8.5	1,122
킹오브텐마크	11.3	5.0	5.2	7.5	0.7	3	53.2	100.2	30	5.0	660
퀸토	17.6	8.0	6.7	10.9	0.6	4.2	44.8	203.5	30	10.3	1,360
딤플	21.4	6.0	6	7.9	0.8	3	39.7	198.4	10	10.5	1,386
아트라스	20.9	6.0	5.9	8.9	0.7	3.3	40.8	155.8	10	11.3	1,492
플라톤	18.7	7.0	6.7	11.5	0.6	3.5	40.6	189.7	0	10.5	1,386
스트롱	14.6	7.0	6.9	7.9	0.9	3.9	44.5	126.5	0	9.8	1,294
프리미엄	15.5	7.0	6.4	7.8	0.8	3	47.6	189.7	0	10.4	1,373
폴카	15.4	8.0	6.9	9.2	0.8	3.8	47.9	199.6	10	11.2	1,478
F 182M	12.9	7.0	6.5	6.4	1.0	3.4	49.9	189.6	0	9.8	1,294
F 182L	13.1	7.0	6.8	6.9	1.0	4.6	48.7	175.9	50	10.3	1,360
SC7-008	17.8	6.0	6.3	6.8	0.9	3	38.9	145.6	0	9.9	1,306
O22 M	13.7	7.0	5.2	10	0.5	2.9	39.6	165.8	20	11.6	1,531
C1-021	20.7	7.1	7.8	11.8	0.7	4.6	44.6	174.8	50	10.4	1,373
파크	14.5	7.0	7.4	7.9	0.9	4.9	45.8	95.0	0	6.9	911
극광	10.9	7.0	4.6	6.5	0.7	3.5	45.6	87.0	10	5.8	766
그린피아	14.5	6.0	6.8	8.5	0.8	3.7	44.9	79.0	10	6.1	805
터보	10.2	6.0	5.2	6	0.9	3.4	40.7	54.0	0	5.7	752

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 64. 수경재배시 시금치 14작기 생육 및 수량 특성

품종명	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y				
카니발	14.9	9.3	6.6	8.3	0.8	3.9	49.3	258.0	0	11.0	1,210
나이스	12.1	8.3	5.3	6.7	0.8	2.6	46.3	122.3	0	11.6	1,216
선라이트	16.6	6.7	7.9	8.7	0.9	6.2	46.5	314.7	0	12.5	1,375
마호로바	22.3	8.5	11.1	12.0	0.9	5.8	44.3	287.6	0	12.9	1,419
멜로디	18.3	8.7	7.1	11.2	0.6	3.3	53.6	177.7	0	16.5	1,815
무스탕	20.2	9.0	8.2	12.0	0.6	4.6	49.0	248.0	0	12.6	1,227
파루크	15.9	7.3	8.7	7.2	1.2	5.9	54.3	367.3	0	10.7	910
반추파루크	17.3	5.7	8.4	9.1	0.9	5.8	48.3	224.3	0	13.9	1,051
광채	12.6	9.7	7.3	5.3	1.3	5.5	55.6	368.7	0	13.1	1,152
마이티	14.2	6.7	7.4	6.8	1.0	5.3	53.3	242.0	0	16.4	1,443
타이탄	19.5	8.0	9.0	9.0	1.0	5.6	44.8	176.0	0	9.1	1,001
킹오브텐마크	10.9	7.0	5.3	5.6	0.9	4.0	52.5	123.0	0	14.1	1,240
퀀토	22.0	8.0	8.9	9.8	0.9	6.9	49.2	246.3	0	12.3	1,353
딤플	25.8	7.3	13.4	17.4	0.7	7.7	45.0	515.3	0	16.9	1,491
아트라스	23.8	9.7	10.5	13.3	0.7	6.2	45.5	373.3	0	15.1	1,544
플라톤	18.4	8.0	7.6	8.7	0.8	5.2	49.5	264.0	0	18.4	1,619
스트롱	11.6	8.7	5.8	5.9	0.9	4.1	45.3	160.3	0	14.0	1,232
프리미엄	21.6	9.0	9.3	12.3	0.7	5.6	44.9	491.0	0	16.6	1,566
폴카	17.8	10.3	8.5	9.4	0.9	4.5	44.1	365.0	0	21.0	1,848
F 182M	17.7	6.3	8.5	9.2	0.9	5.8	46.5	251.3	0	19.2	1,689
F 182L	14.2	7.3	7.5	6.7	1.1	4.5	40.9	248.7	0	15.3	1,346
SC7-008	23.5	7.3	10.5	13.0	0.8	5.5	44.7	407.3	0	17.8	1,566
O22 M	22.6	8.0	10.7	11.9	0.8	5.9	52.0	419.7	0	20.0	1,760
C1-021	22.0	7.7	8.4	10.6	0.7	5.4	44.4	285.0	0	20.3	1,786

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 65. 수경재배 순환식 시금치의 품종 선발

작기(수확기) \ 품종	수집종	선발 품종	비고
1작기(11월 하순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플, 아트라스, CI-021	초형이 직립이며, 초장이 20cm 이상인 품종(김밥 및 수출용)
2작기(12월 중순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플, 아트라스	"
3작기(1월 중순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플	"
4작기(2월 하순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플, 아트라스, 플라톤, SC7-08	"
5작기(3월 하순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플, 아트라스, 플라톤	"
6작기(4월 하순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플, 아트라스, 플라톤	"
7작기(5월 중순)	카니발 등 28	· 선라이트, 멜로디, 무스탕, 파루크, 타이탄, 플라톤, 폴카, F182 L	"
8작기(6월 상순)	카니발 등 28	· 타이탄, 플라톤, 폴카	초형이 직립이며, 추대가 적고, 초장이 15cm 이상인 품종(김밥용)
9작기(6월 중순)	카니발 등 28	· 플라톤, 선라이트, 광채	"
10작기(7월 중순)	카니발 등 34	· 플라톤, 선라이트, 광채, 극광, 터보	"
11작기(8월 상순)	카니발 등 37	· 플라톤, 선라이트, 광채, 극광, 터보, 미리온	"
12작기(8월 하순)	카니발 등 37	· 덤플, 아트라스, 플라톤, SC7-008, 미리온	"
13작기(9월 하순)	카니발 등 28	· 마호로바, 덤플, 아트라스	초형이 직립이며, 초장이 20cm 이상인 품종(김밥 및 수출용)
14작기(10월 하순)	카니발 등 24	· 마호로바, 덤플, 아트라스	"

표 66. 순환식 수경재배에 있어서 시금치의 재배 시기

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	적품종
작 기	봄		○	×	■	○	×	■					· 마호로바, 딤플, 아트라스, 타이탄, 플라톤, 폴카
	여름					○	×	■					· 플라톤, 선라이트, 광채, 극광, 터보, SC7-008, 미리온
	가을							○	×	■			· 마호로바, 딤플, 아트라스, CI-021
	겨울	■	×	○							○	×	· 마호로바, 딤플, 플라톤, 아트라스, SC7-008

※ ○:과중, ×:정식, ■:수확

마. 시금치의 생육단계별 양액 관리 기술 개발

1) 시금치의 육묘에 알맞은 양액 농도 구명

가) 재료 및 방법

시금치 육묘에 알맞은 양액 농도를 구명하기 위해 ‘플라톤’ 품종을 이용하여 육묘 트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충전한 후 구멍(셀)당 시금치 종자를 4립 과중하여 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 일반 하우스내에서 양액농도별로 처리하였다(표 67). 관수방법은 배지의 수분상태에 따라 1일 1회 두상관수하면서 육묘 관리하였다.

양액은 코넬대액 시금치 전용 양액(N-P-K-Ca-Mg=8.9-1.0-5.5-2.1-1.0 me/l)으로 수행하였다.

표 67. 시금치의 육묘에 알맞은 양액농도 재배방법과 양액농도

품종	과중기	과중립수 (립/홀)	육묘배지	트레이 규격	양액농도 (EC, dS/m)	양액조성	양액관리
플라톤	'04. 9. 6	4	입상암면	128공	1.2, 1.5, 1.8	코넬대액	· pH 5.8 내외

나) 결과 및 고찰

시금치 육묘시 양액농도에 따른 생육은 양액농도가 낮을수록 초장 등 엽 생육이 떨어지는 경향이였다. 양액농도가 EC 1.2dS/m는 EC 1.8dS/m에 비해 생육의 차이를 보여 육묘시 양액농도를 높여야 시금치의 육묘 생육이 좋은 것으로 판단됨에 따라서 시금치 육묘시 양액농도는 EC 1.8dS/m이 좋은 것으로 판단되었다(표 68).

표 68. 시금치 육묘시 양액 농도에 따른 생육 특성

양액농도 (dS/m)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x			
EC 1.2	6.4	4.0	2.7 b ^z	3.7 b	0.7	0.9 c	29.1	4.6 b	0.30 c	0.07
EC 1.5	8.8	4.0	3.2 b	5.6 ab	0.6	1.4 b	29.0	5.0 b	0.57 b	0.09
EC 1.8	10.2	4.0	4.1 a	6.1 a	0.7	1.8 a	29.2	15.0 a	0.83 a	0.14

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

2) 시금치의 정식부터 수확전 5일까지의 양액 농도 구명

가) 재료 및 방법

시금치의 정식부터 수확전 5일까지의 양액농도를 구명하기 위해 ‘플라톤’과 ‘아트라스’ 품종을 이용하여 재배시기별로 육묘 트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충진한 후 구멍(셀)당 시금치 종자를 4립 파종하여 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 일반 하우스내에서 양액농도별로 처리하였다(표 69).

관수방법은 배지의 수분상태에 따라 1일 1회 두상관수하면서 육묘 관리하였다. 양액은 코벨대액 시금치 전용 양액(N-P-K-Ca-Mg=8.9-1.0-5.5-2.1-1.0 me/l)으로 수행하였다. 정식은 시금치 순환식 박막수경(NFT-I)방식으로 스티로폼 베드에 30mm의 정식판

에 11×12cm 간격으로 정식하였다. 양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다. 시금치의 엽내 즙액 NO₃-N의 분석은 RQ flex 2(MERCK, Germany)로 측정하였다.

표 69. 시금치의 정식부터 수확전 5일까지의 양액 농도 재배방법과 양액농도

과종기	품종	정식기	수확기	재식거리 (cm)	과중립수 (립/홀)	양액농도 (EC, dS/m)	양액조성	양액관리
'04. 9. 22 (가을재배)	플라톤	10. 25	11. 16	11×12	4	1.8, 2.1, 2.4	코넬대액	pH 5.8 내외
'04. 11. 20 (겨울재배)	아트라스	12. 28	'05. 1. 31	11×12	4	1.8, 2.1, 2.4	코넬대액	pH 5.8 내외
'05. 2. 7 (봄재배)	아트라스	3. 14	4. 11	11×12	4	1.8, 2.1, 2.4	코넬대액	pH 5.8 내외

나) 결과 및 고찰

가을 수경재배시 양액농도에 따른 시금치의 생육 시험결과 양액농도가 EC 2.1dS/m이 EC 1.8dS/m에 비해 초장이 크고 수량(1,399kg/10a)이 22% 증수되었다. EC 2.4dS/m는 EC 2.1dS/m에 비해 오히려 생육과 수량이 감소되는 경향이였다(표70).

표 70. 가을 수경재배 양액농도에 따른 시금치의 생육 및 수량 특성

양액농도 (dS/m)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x		1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
EC 1.8	23.0	9.5	10.3	12.7	0.8	7.2	50.3	194.3	8.6	25.9 b ^z	1,139 b	100
EC 2.1	25.6	7.8	11.3	14.3	0.8	7.1	47.1	206.8	10.6	31.8 a	1,399 a	122
EC 2.4	23.0	7.6	10.0	13.0	0.8	7.7	49.2	151.9	9.7	29.3 a	1,289 a	113

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

양액농도에 따른 양액중의 pH와 NO₃-N의 변화를 살펴보기 위해 생육기간 중 조사한 결과 양액농도에 관계없이 양액중의 pH가 높으면 NO₃-N의 농도는 감소되고 반면 pH가 낮으면 NO₃-N의 농도는 증가하는 경향이였다(그림 76). 그리고 수경재배시 양액농도에 따라 시금치의 엽내 NO₃-N의 함량의 변화를 알아보기 위해 생육중의 엽을 분석한 결과 시금치의 엽내 NO₃-N 함량은 양액을 교환 하기전(11월 12일)은 양액농도가 높은 EC 2.4dS/m에서는 가장 많은 1,470mg·L⁻¹ 이었으며 농도에 상관없이 1,200mg·L⁻¹을 이상을 나타내었다. 그러나 양액을 지하수로 교환한 1일후부터는 양액농도에 관계없이 NO₃-N의 함량이 감소하는 경향이였다.

NO₃-N의 함량의 변화를 수확당일과 양액교환전(1,220~1,470mg·L⁻¹)을 비교하면 41~46%(540~610mg·L⁻¹)으로 감소되었고, 수확후 1일이 경과되면 NO₃-N의 함량은 더 감소되었다(그림 77). 따라서 시금치 수경재배시 엽내 NO₃-N의 함량을 감소시키기 위해서는 시금치 수확 5일전에는 양액을 지하수로 교환하여 주는 게 재배방법중의 하나라고 판단된다.

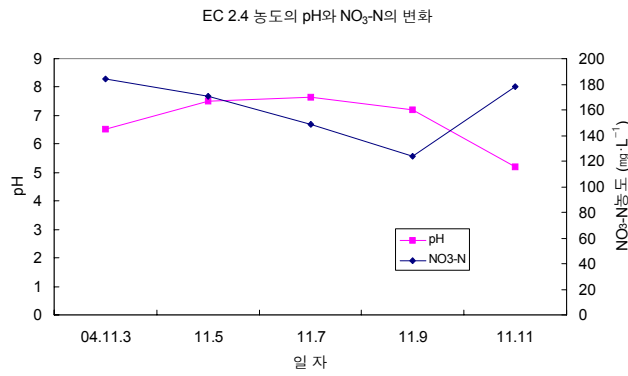
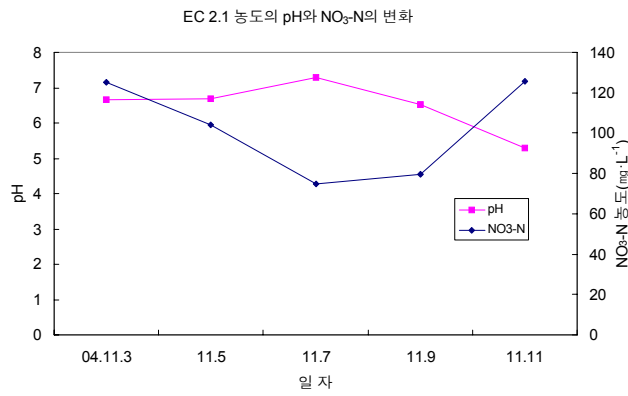
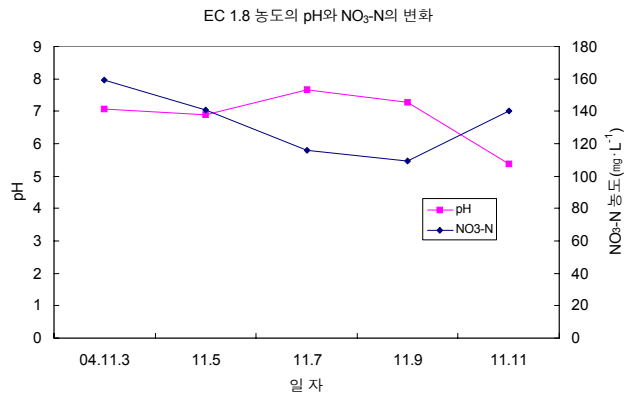


그림 71. 수경재배 시금치 양액중의 pH와 NO₃-N의 변화

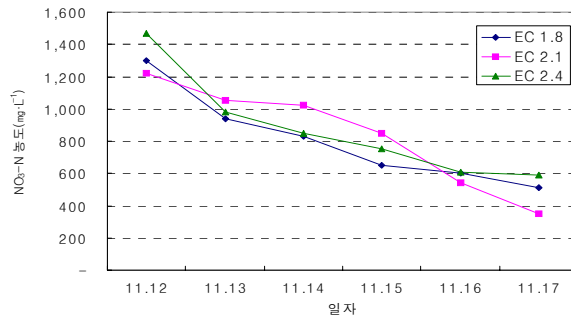


그림 77. 양액농도에 따른 시금치의 엽내 NO₃-N 함량 변화

[11월 12일:양액교환전, 11월 13일:양액교환(지하수), 11월 16일:수확일, 11월 17일:수확후 1일]

시금치의 엽내 무기성분 함량은 T-N, P₂O₅, K₂O는 양액농도가 높을수록 함량이 증가되었고, CaO는 양액농도가 높을수록 엽내 함량은 감소되었다. 한편 엽내 K₂O의 함량이 가장 많았다(그림 78).

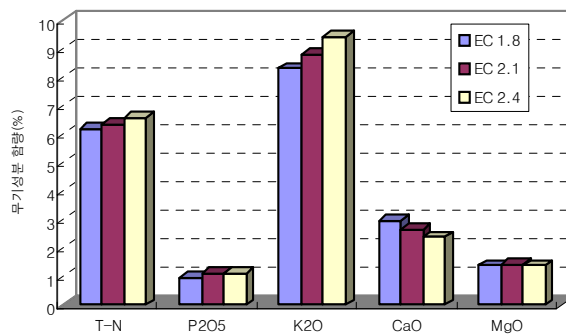


그림 78. 수경재배 시금치의 양액농도에 따른 엽내 무기성분 함량

겨울 수경재배에서의 양액농도에 따른 초장 등의 엽 생육은 양액농도의 차이에 관계없이 비슷한 생육을 보였으며, 수량은 EC 2.1dS/m에서 1,460kg/10a으로 타 농도에 비해 5~6% 증수되었으나 통계적인 유의성은 없었다(표 71).

표 71. 겨울 수경재배 양액농도에 따른 생육 및 수량 특성

양액농도 (dS/m)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^z	엽폭 (cm)	엽색도 ^y		1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
EC 1.8	19.0	9.1	7.6	11.4	0.7	4.9	43.5	309.4	8.9	31.1	1,368	100
EC 2.1	19.5	8.1	8.0	11.5	0.7	5.8	43.1	324.9	9.5	33.2	1,460	106
EC 2.4	20.9	8.4	7.9	13.0	0.6	5.3	42.7	274.8	9.0	31.5	1,386	101

^z엽장을 엽병장으로 나눔.

^ySCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 72. 겨울 수경재배시 양액농도에 따른 시금치 지상부의 엽내 NO₃-N 함량 변화

(단위 : mg·L⁻¹)

일 자 양액농도 (dS/m)		'05. 1. 11	1. 13	1. 15	1. 17	1. 19	1. 21 (양액 보충)	1. 23	1. 25 (양액 보충)	1. 27	1. 29	1. 31 (수확일)
		엽	EC 1.8	1,840	2,240	2,207	1,860	1,647	1,887	1,540	1,887	1,687
EC 2.1	1,960		2,453	2,233	2,133	1,800	1,920	1,640	2,067	1,793	1,713	1,473
EC 2.4	2,200		2,467	2,240	2,227	2,000	1,940	1,740	2,133	2,107	1,787	1,733
엽병	EC 1.8	4,580	4,410	4,550	4,530	3,060	3,920	3,410	4,060	4,780	4,700	4,160
	EC 2.1	4,593	5,320	4,960	5,100	3,570	4,230	3,880	4,220	5,200	5,670	4,360
	EC 2.4	4,840	5,660	4,970	5,220	4,870	5,310	4,210	4,610	5,690	6,780	5,270

겨울 수경재배에서 양액농도에 따른 시금치 지상부의 NO₃-N 함량의 변화를 보면 표 72, 그림 79와 같다. 시금치 생육기간 중간부터 수확일까지 시금치 지상부를 엽과 엽병의 즙액을 분석 비교해 보면 엽병의 NO₃-N는 엽에 비해 많았고 양액농도가 높을수록 많았다.

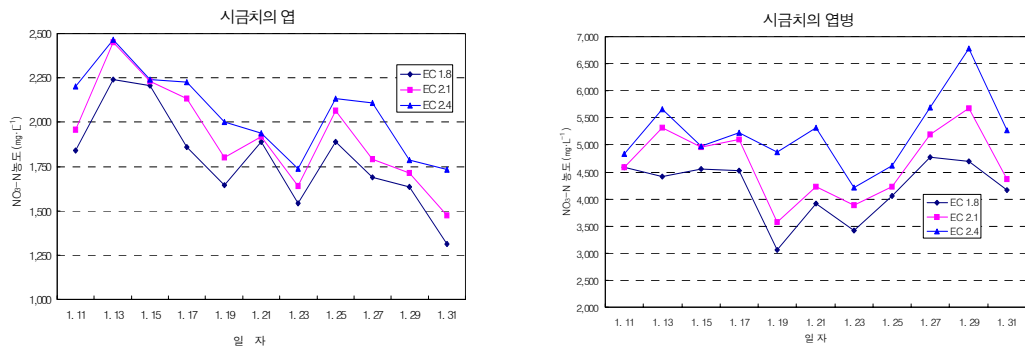


그림 79. 겨울 수경재배시 양액농도에 따른 시금치 지상부의 NO₃-N 농도의 경시적 변화
(2005년 1월 21일과 1월 25일은 양액보충)

표 73. 봄 수경재배 양액농도에 따른 시금치의 생육 및 수량 특성

양액농도 (dS/m)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x		1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
EC 1.8	26.2	6.8	8.9	17.3	0.5	5.2	41.4	149.7	9.3	32.5	1,430 b ^z	100
EC 2.1	26.1	8.1	9.2	16.9	0.5	5.3	43.0	129.3	13.3	39.9	1,755 a	122
EC 2.4	26.8	6.9	9.6	17.2	0.5	6.0	41.3	192.2	13.2	39.6	1,742 a	121

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

봄 수경재배의 양액농도에 따른 생육 반응도 가을재배와 겨울재배 같이 저농도인 EC 1.8dS/m 보다는 EC 2.1dS/m(1,755kg/10a)에서 수량이 22% 증수되었다(표 73). 시금치의 엽내 무기물 함량은 양액농도가 높을수록 성분함량이 많았으며 수확 7일전보다는 수확 당일 각 성분함량이 감소되는 경향이었다(표 74). 봄 재배에서도 가을재배에서와 같이 K₂O의 함량이 다른 무기성분 함량보다는 시금치 엽에 많이 함유되었다.

표 74. 봄 수경재배 양액 농도에 따른 시금치의 엽내 무기성분 함량

양액농도 (dS/m)		T-N (%)		P ₂ O ₅ (%)		K ₂ O (%)		CaO (%)		MgO (%)	
		엽	뿌리	엽	뿌리	엽	뿌리	엽	뿌리	엽	뿌리
1.8	수확 7일전	5.1	4.3	2.1	3.6	9.4	6.2	2.6	0.7	1.1	1.6
	수확 3일전	5.0	4.4	2.0	2.9	8.3	3.6	3.8	3.0	1.2	1.8
	수확당일	4.0	4.2	0.9	2.7	6.9	3.9	3.4	1.4	0.8	1.4
2.1	수확 7일전	5.3	4.7	2.6	3.1	9.5	7.0	1.7	1.4	1.6	1.5
	수확 3일전	5.1	4.7	2.6	3.0	9.0	4.7	2.1	1.4	1.4	1.8
	수확당일	4.2	4.0	2.4	3.1	8.2	3.7	1.7	2.0	1.0	1.8
2.4	수확 7일전	5.9	4.9	2.8	3.9	12.0	7.1	1.4	1.1	1.5	1.5
	수확 3일전	5.7	4.3	2.8	3.3	12.2	4.9	0.9	1.5	1.5	1.4
	수확당일	4.3	4.3	2.3	3.4	5.7	2.8	0.9	1.2	1.1	1.0

※ 수확 7일전(양액교환 전일): '05. 4. 8, 수확 3일전(양액교환후 지하수): '05. 4. 13, 수확 당일: '05. 4. 16

양액농도에 따른 시금치의 지상부의 NO₃-N 함량은 봄 수경재배에서도 가을재배와 겨울재배 같은 비슷한 경향으로 수확전보다는 지하수로 양액을 교환후부터 점차 감소되는 경향이였다(표 75).

표 75. 봄 수경재배시 양액농도에 따른 시금치의 지상부의 NO₃-N 함량 (단위 : mg·L⁻¹)

양액농도 (dS/m)	수확 7일전		수확 5일전		수확 3일전		수확당일	
	엽	엽병	엽	엽병	엽	엽병	엽	엽병
EC 1.8	1,900	5,653	780	3,706	386	1,786	326	626
EC 2.1	2,153	6,093	960	4,253	433	2,013	313	1,600
EC 2.4	2,313	7,880	1,226	4,746	713	2,113	386	1,760

※ 수확 7일전(양액교환 전일) : '05. 4. 8, 수확 5일전(지하수) : '05. 4. 12, 수확 3일전(지하수) : '05. 4. 14, 수확 당일 : '05. 4. 16

바. 시금치의 적정 재식밀도 확립

1) 재료 및 방법

시금치의 적정 재식밀도를 구명하기 위해 ‘아트라스’ 품종을 이용하였다. 종자를 육묘 트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충전한후 구멍(셀)당 시금치 종자를 4립 파종하여 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 일반 하우스 내에서 육묘하여 재배하였다(표 76). 관수방법은 배지의 수분상태에 따라 1일 1회 두상관수하면서 육묘 관리하였다.

표 76. 시금치의 적정 재식밀도 재배방법과 재식거리

품 종	파종기	정식기	수확기	파종립수 (립/홀)	재식거리 (cm)	양액조성	양액관리
아트라스	'04. 10. 20	11. 18	12. 24	4	·12×9 ·12×11 ·12×13 ·12×15	코넬대액	pH 5.8 내외

양액은 코넬대액 시금치 전용 양액(N-P-K-Ca-Mg=8.9-1.0-5.5-2.1-1.0 me/ℓ)으로 수행하였다. 정식은 시금치 순환식 박막수경(NFT-I)방식으로 스티로폼 베드에 30mm의 정식판에 처리별로 정식하였다. 양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다.

2) 결과 및 고찰

재식밀도에 따른 시금치의 생육 특성 조사는 선발된 품종 중에서 수경재배에 알맞은 직립형태이면서 발아율 90%이상, 초장이 25cm 내외인 ‘아트라스’ 품종을 시험재료로 이용한 결과 재식밀도에 따른 엽 생육 상황은 표 77와 같다. 초장 등 엽 생육은 처리간 유의성은 없었으나 재식밀도가 적을수록 큰 경향이있으며, 주당 엽수는 재식밀도가 클 수록 컸다. 재식밀도에 따른 초장의 차이는 12×11cm가 24.1cm, 12×15cm가 21.5cm, 12×15cm가 21.2cm에 비해 재식밀도가 커짐에 따라 감소되었다. 엽 면적은 재식밀도가 커질수록 증가되었으

나 재식밀도간 유의성은 없었다. 한편 지상부의 생체중도 재식밀도가 커질수록 증가되었으며 1개체의 무게는 12×9cm(7.3g/주)에 비해 12×11cm, 12×13cm, 12×15cm이 각각 10.7g으로 46% 컸으며, 정식 1홀당 생체중도 재식밀도가 커질수록 증가되어 12×9cm(20.2g/홀)에 비해 12×11cm(33.8g/홀), 12×11cm(29.7g/홀), 12×11cm(26.9g/홀)이 각각 67~33% 증가되어 수량에 영향을 미쳤다. 수량은 12×11cm(1,489kg/10a)가 12×9cm(890kg/10a)에 비해 59% 증가되었다. 이는 재식밀도가 커질수록 광의 투과율과 통기성이 좋아 수량성이 증대 되어진 결과라고 생각되어진다. 따라서 수경재배시 재식밀도가 커질수록 시금치의 지상부 생체중이 증가되지만 정식 구멍당 1홀의 생체중은 12×11cm보다 크면 감소되는 경향을 보여 수경재배에서 수출 규격품 생산 등 경제적인 재식밀도는 12×11cm라고 생각되어진다.

표 77. 시금치의 재식밀도에 따른 생육 및 수량

재식밀도 (cm)	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도		1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
12×9	23.1	7.3	8.9	14.2	0.6	4.7	39.3	257.8	7.3 b	20.2 b ^z	888 b	100
12×11	24.1	7.3	9.8	14.3	0.6	6.0	41.1	361.4	10.7 a	33.8 a	1,487 a	167
12×13	21.5	7.8	9.3	12.2	0.8	5.3	40.9	390.6	10.7 a	29.7 a	1,306 a	147
12×15	21.2	8.1	9.0	12.2	0.7	5.3	41.9	345.1	10.7 a	26.9 ab	1,183 ab	133

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).



그림 80. 시금치의 재식밀도에 따른 생육 비교

사. 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육 특성

1) 재료 및 방법

시금치에 생물활성제 처리에 의한 생육과 식물체내 흡수정도를 파악하여 기능성 향상을 높이기 위해 ‘아트라스’ 품종을 이용하였다. 종자를 육묘 트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충전한 후 구멍(셀)당 시금치 종자를 4립 파종하여 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 일반 하우스내에서 육묘하여 재배하였다(표 78). 관수방법은 배지의 수분상태에 따라 1일 1회 두상관수하면서 육묘 관리하였다. 양액은 코넬대액 시금치 전용 양액(N-P-K-Ca-Mg=8.9-1.0-5.5-2.1-1.0 me/l)으로 수행하였다. 정식은 시금치 순환식 박막수경(NFT-I)방식으로 스티로폼 베드에 30mm의 정식판에 처리별로 정식하였다. 겨울재배는 양액통을 전기엑셀파이프로 20℃ 내외의 온도를 유지하면서 관리하였다. 양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다. 게르마늄(Ge)의 사용방법은 시금치 정식후 10일에 양액통에 1,000ppm의 농도로 희석하여 양액과 같이 순환하였으며, 재배하는 동안 게르마늄의 침전 방지를 위해 산소공급(에어펌프)을 24시간 하였다. 엽면살포는 수확 7일전에 1,000ppm의 농도로 1회 살포하였다. 셀레늄(Se)의 사용방법은 시금치 정식후 10일에 양액통에 2,000배액의 농도로 희석하여 양액과 같이 순환하였으며, 엽면살포는 수확 7일전에 2,000ppm의 농도로 1회 살포하였다. 키토산(Ch)의 사용방법은 시금치 정식후 10일에 양액통에 1,000ppm의 농도로 희석하여 양액과 같이 순환하였으며, 엽면살포는 수확 7일전에 1,000ppm의 농도로 1회 살포하였다. 아울러 생물활성제재에 따른 시금치 엽내 성분함량이 얼마나 흡수 되었는가를 알아보기 위해 식품의약품안전청 식품위생검사기관인 전문 분석기관(랩프런티어, 수원시 소재)에 겨울재배('05. 2. 1)와 봄재배('05. 4. 14)로 수확한 시금치의 엽을 2회에 걸쳐 분석의뢰 하였다.

표 78. 생물활성제 처리에 의한 시금치의 재배방법과 처리내용

품 종	파종기	정식기	수확기	재식거리(cm)	처리내용	처리방법
플라톤	'04. 9. 6	'04. 10. 5	'04. 10. 22	11×12	·Ge(액상 Germanium) ·Se(액상유기 Selenium) ·Ch(Chitosan 올리고당 5.5%)	·엽면살포 ·양액관주
아트라스	'04. 11. 20	'04. 12. 28	'05. 1. 31	11×12	·Ge(액상 Germanium) ·Se(액상유기 Selenium) ·Ch(Chitosan 올리고당 5.5%)	·엽면살포 ·양액관주

나) 결과 및 고찰

가을 수경재배에 있어서 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육과 수량 특성은 표 79과 같다. 생물활성제에 따른 엽 생육은 무처리에 비해 생육의 차이는 없었으며 수량의 차이도 셀레늄을 양액에 희석한 것을 제외하고는 대부분 처리에서 1,227~1,257kg/10a 의 분포를 보였다. 처리방법별로는 양액희석보다는 생육이 왕성한 수확전 엽면살포 처리가 생육이 좋았다.

표 79. 수경재배시 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육 특성 및 수량

구 분	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중 (g/홀)	수량 (kg/10a)	수량 지수	
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x					
게르 마늄 (Ge)	엽면살포	22.1	7.7	10.9 a ^z	11.1 ab	0.9	7.7	48.1	240.6	28.2	1,240	101
	양액희석	20.2	6.7	10.0 a	10.4 ab	0.9	7.2	50.6	205.6	28.1	1,236	100
	평균	21.1	7.2	10.4	10.7	0.9	7.4	49.3	223.1	28.1	1,238	(100)
셀레늄 (Se)	엽면살포	23.2	7.3	11.4 a	11.9 ab	0.9	7.1	47.0	261.3	28.4	1,249	101
	양액희석	18.8	6.7	6.0 b	9.8 b	0.6	6.1	41.9	179.3	25.6	1,126	91
	평균	21.0	7.0	8.7	10.8	0.7	6.6	44.4	220.3	27.0	1,187	(96)
키토산 (Ch)	엽면살포	22.0	7.7	9.8 a	13.0 a	0.7	6.3	40.3	205.3	28.5	1,254	102
	양액희석	18.8	6.7	9.3 a	9.5 b	0.9	6.0	48.7	194.0	28.0	1,232	100
	평균	20.4	7.2	9.5	11.2	0.8	6.1	44.5	199.6	28.2	1,243	(101)
무처리		21.2	6.3	9.9 a	11.3 ab	0.8	7.0	47.0	206.3	27.9	1,227	100

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

생물활성제 처리에 의한 겨울재배의 경우도 가을재배와 비슷한 경향을 보였다(표80, 그림 81). 키토산 처리가 타 처리보다 초장 등 엽면적이 컸으며 양액희석보다는 엽면살포가 더 생육이 좋았다. 셀레늄의 경우는 무처리에 비해 오히려 엽수가 적었으며 다소 생육부진 현상을 보여 수량(1,056~1,108kg/10a)도 무처리(1,166kg/10a)에 비해 감소되었다. 이는 시금치 체내 셀레늄 축적에 의한 농도 장애라고 판단되어지며 금후 셀레늄에 대한 농도는

별로도 수행하여 검토하는 게 타당하다고 생각되어 진다.

표 80. 겨울 수경재배시 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육 특성 및 수량

구 분	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	생체중 (g/홀)	수량 (kg/10a)	수량 지수	
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x					
게르 마늄 (Ge)	엽면살포	23.3 ab ^z	8.0 b	9.3	14.1 abc	0.7	5.9	42.4	346.3	26.8	1,179	101
	양액희석	22.2 ab	7.7 b	7.5	14.7 ab	0.5	5.2	42.7	306.3	26.4	1,161	100
	평 균	22.7	7.8	8.4	14.4	0.6	5.5	42.5	326.3	26.6	1,170	(100)
셀레늄 (Se)	엽면살포	20.5 b	7.0 b	7.4	13.1 bc	0.6	5.1	36.3	228.3	25.2	1,108	95
	양액희석	19.4 b	7.7 b	7.4	12.1 bc	0.6	4.4	37.4	217.0	24.0	1,056	90
	평 균	19.9	7.3	7.4	12.6	0.6	4.7	36.8	222.6	24.6	1,108	(93)
키토산 (Ch)	엽면살포	23.0 ab	11.0 a	9.0	14.0 abc	0.6	5.9	41.6	377.3	27.4	1,205	103
	양액희석	25.8 a	7.3 b	9.2	16.5 a	0.6	6.0	39.1	326.3	26.7	1,174	100
	평 균	24.4	9.1	9.1	15.2	0.6	5.9	40.3	351.8	27.0	1,189	(102)
무처리	19.5 b	8.1 ab	8.0	11.5 c	0.7	5.8	43.1	324.9	26.5	1,166	100	

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV means specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).



그림 81. 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육 비교

생물활성제에 대한 각 성분별로 식물체를 분석한 결과 게르마늄의 엽내 함유량은 겨울 재배보다는 봄재배에서 2.03~3.94mg/kg으로 겨울재배 0.01~0.73mg/kg보다도 월등히 높아 재배시기에 따라 식물체가 흡수하는 것도 달랐다(표 81). 처리방법은 겨울재배에서는 단용 처리보다는 엽면살포와 양액희석을 혼용하여 이용하는 것이 시금치 식물체내에 흡수하는 양(0.73mg/kg)이 많았으며, 봄재배에서는 엽면살포만으로도 식물체내에 함유량(3.94mg/kg)이 많았다.

표 81. 수경재배시 게르마늄 처리에 의한 시금치의 엽내 함유량

구 분		겨울재배	봄재배
게르마늄	엽면살포(mg/kg)	0.01	3.94
	엽면살포+양액희석(mg/kg)	0.73	3.35
	양액희석(mg/kg)	0.30	2.03
	무처리	-	불검출

셀레늄의 경우도 게르마늄의 흡수와 비슷한 경향을 보였으며 겨울재배보다는 봄재배에서 그 성분이 많았으며 엽면살포와 양액희석을 혼용하였을 때 1.04mg/kg으로 가장 많았다(표 82).

표 82. 수경재배시 셀레늄처리에 의한 시금치의 엽내 함유량

구 분		겨울재배	봄재배
셀레늄	엽면살포(mg/kg)	0.01	0.98
	엽면살포+양액희석(mg/kg)	0.23	1.04
	양액희석(mg/kg)	0.86	0.12
	무처리	-	불검출

키토산의 경우는 게르마늄이나 셀레늄의 식물체내의 흡수와는 달리 재배시기에 따라 식물체내의 흡수정도에는 큰 차이는 없었으며, 겨울재배는 양액희석, 봄재배에서는 양액희석

이나 엽면살포와 병행하는 게 시금치 엽내에 함유량이 많았다(표 83). 이상의 본 연구 결과를 토대로 생물활성제에 따른 처리방법과 농도, 재배시기별로 차이가 나타날 것으로 판단되어 이 부분에 대해서는 금후 수확후 저장성과 관련하여 좀더 세부적인 연구검토가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

표 83. 수경재배시 키토산처리에 의한 시금치의 엽내 함유량

구 분		겨울재배	봄재배
키토산	엽면살포(%)	0.21	0.08
	엽면살포+양액희석(%)	0.18	0.10
	양액희석(%)	1.13	0.11
	무처리	-	불검출

아. 수경재배시 근권 양액온도에 따른 시금치의 생육 특성

1) 재료 및 방법

여름 수경재배시 근권 양액온도에 따른 시금치의 생육 특성과 엽의 황화증상을 구명하기 위해 여름재배에서 추대에 비교적 강한 ‘파루크’와 ‘플라톤’ 품종을 이용하였다. 종자를 육묘 트레이 128공에 입상암면(중립면)을 충진한 후 구멍(셀)당 시금치 종자를 4립 파종하여 육묘 배양실(22℃)에서 발아시켜 떡잎이 완전히 전개된 다음 70% 차광된 일반 하우스 내에서 육묘하여 재배하였다(표 84). 관수방법은 배지의 수분상태에 따라 1일 1회 두상관수 하면서 육묘 관리하였다.

양액은 코넬대액 시금치 전용양액(N-P-K-Ca-Mg=8.9-1.0-5.5-2.1-1.0 me/l)으로 수행하였다. 정식은 시금치 순환식 박막수경(NFT-I)방식으로 스티로폼 베드에 30mm의 정식판에 처리별로 정식하였다. 여름철 재배기간 동안 하우스내의 건조와 온도상승을 막기 위해 165㎡당 에어쿨(TCS-700S, Paru, Korea) 1대를 설치하여 재배하였다.

정식부터 수확기까지 양액의 근권의 온도조절을 위해 항온수조기(Vision Scientific, Korea)를 이용하였다. 온도처리는 19℃와 22℃로 무처리를 대비로 양액을 엑셀파이프를 이용 양액통내에 순환시키면서 재배하였다. 한편, 22℃는 여름철 지하수를 이용 근권온도

를 낮추고자 본 시험에 이용할 지하수를 점검한 결과 21℃ 내외의 온도분포를 보여 활용 가능할 것으로 판단되어 22℃로 근권온도를 처리하였다. 양액은 순환식으로 24시간용 타이머를 이용 15분 공급, 3분 중단을 반복하면서 공급하였다.

표 84. 수경재배시 근권 양액온도 재배방법과 처리온도

품 종	파종기	정식기	수확기	재식거리 (cm)	처리온도 (℃)	양액조성	양액관리
파루크	'04. 6. 10	6. 29	7. 19	11×12	·19 ·22 ·무처리	코넬대액	·pH 5.8 내외 ·EC, dS/m : 2.1
플라톤	'04. 8. 20	9. 8	10. 2	11×12	·19 ·22 ·무처리	코넬대액	·pH 5.8 내외 ·EC, dS/m : 2.1

나) 결과 및 고찰

여름 수경재배의 안정 생산을 위해 시금치 근권의 양액온도를 조절하여 연구를 수행한 결과 여름철의 근권의 1일 온도분포는 그림 82, 표 85과 같다. 근권온도가 19℃에서는 최저 19.4℃, 최고 21℃의 분포, 근권온도가 22℃에서는 최저 21.3℃, 최고 22.5℃의 온도분포, 무처리에서는 최저 22.7℃, 최고 30.1℃의 온도분포를 나타내었다. 따라서 여름철 지하수 이용 가능한 22℃에서는 무처리 근권온도(주간 25.5~30.1℃, 야간 22.7~25.2℃)에 비해서 주간에 근권의 온도를 4~8℃, 야간 3~4℃를 떨어뜨리는 효과가 있지만 재배하고자 하는 지역의 지하수의 자원에 문제점이 제기되어 진다. 여름철에 재배기간 동안 지하수를 계속 순환시켜야 하는데 지하수가 풍부하지 않으면 곤란하다. 아울러 여름철 수경재배 시스템에 의한 재배는 근권온도 뿐만 아니라 하우스내의 미기상이 문제라고 생각되어 지며 별도의 시설투자가 수반되지 않으면 여름철 고랭지가 아닌 평지에서는 경제적인 재배가 어렵다고 생각된다. 한편, 본 시험에서는 하우스 외부 차광과 에어쿨은 하우스내 건조방지와 미풍효과로 인해 온도 상승억제 효과가 있어 한낮에도 평균 28℃의 온도분포를 나타내어 38℃이상을 나타내는 일반 하우스와는 무려 10℃이상의 온도를 떨어뜨리는 효과를 나타내었다.

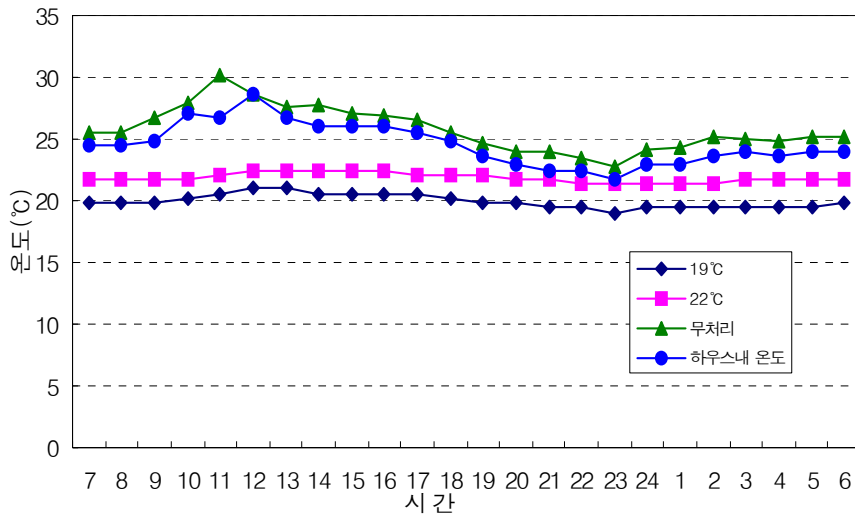


그림 82. 근권 양액온도에 따른 온도변화('04년 7월 4일)

여름재배에서 근권온도에 따라 시금치의 지상부 생육반응을 보기 위해 한여름을 제외한 2회에 걸쳐 수행한 연구 결과는 표 86, 표 87과 같다.

6월 하순에 정식하여 7월 중순에 수확한 '파루크' 품종의 경우 근권 양액온도에 따른 시금치의 생육은 지하수 이용 가능한 22°C에서 초장과 엽 생육 등 수량(897kg/10a)이 무처리에 비해 82% 증수되었다. 생육에 있어서 무처리의 경우 초장이 14.3cm로 19°C와 22°C에 비해 25~34%이상 차이를 보였는데 이는 근권 양액온도가 고온으로 인해 양액중의 이온간 식물체의 흡수 저해와 불균형 등의 원인으로 인해 생육장해를 받아 하엽 부분에 황화현상이 나타난 것으로 판단된다. 따라서 여름철 평지에서도 지하수를 이용하면 재배가 가능할 것으로 판단되나 경제적인 재배를 위해서는 좀 더 많은 연구 검토가 필요하다고 생각된다. 9월 상순에 정식한 '플라톤' 품종의 경우는 6월 하순에 정식한 '파루크' 품종과 비슷한 생육 양상을 보였다(표 87). 초장은 22°C에서 17.9cm로 가장 컸으며, 수량(2,006kg/10a)은 무처리에 비해 83% 증수되었다. 9월 상순 정식에서는 6월 하순 정식에 비해 수량의 증수 효과를 보였는데 이는 품종의 특성에 따른 것으로 보여지며 아울러 근권부위의 양액온도가 재배시기에 따라 다소 차이가 있고, 일장이 짧아지는 시기이므로 지상부 생육이 좋았던 것으로 판단된다.

표 85. 수경재배시 시금치의 근권 양액 온도 처리에 따른 1일 온도 변화 비교

시간 \ 처리	19℃	22℃	무처리(℃)	하우스내 온도(℃)
07:00	19.8	21.7	25.6	24.4
08:00	19.8	21.7	25.5	24.4
09:00	19.8	21.7	26.7	24.8
10:00	20.2	21.7	27.9	27.1
11:00	20.6	22.1	30.1	26.7
12:00	21.0	22.5	28.6	28.7
13:00	21.0	22.5	27.6	26.7
14:00	20.6	22.5	27.7	26.0
15:00	20.6	22.5	27.1	26.0
16:00	20.6	22.5	26.9	26.0
17:00	20.6	22.1	26.6	25.6
18:00	20.2	22.1	25.6	24.8
19:00	19.8	22.1	24.6	23.6
20:00	19.8	21.7	24.0	22.9
21:00	19.4	21.7	24.0	22.5
22:00	19.4	21.3	23.4	22.5
23:00	19.0	21.3	22.7	21.7
24:00	19.4	21.3	24.2	22.9
01:00	19.4	21.3	24.3	22.9
02:00	19.4	21.3	25.2	23.6
03:00	19.4	21.7	25.0	24.0
04:00	19.4	21.7	24.9	23.6
05:00	19.4	21.7	25.1	24.0
06:00	19.8	21.7	25.2	24.0

※ '04년 7월 4일, 맑은 날 기준

표 86. 수경재배시 근권 양액온도에 따른 시금치 '파루크' 품종의 생육 특성 및 수량

처 리	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x			1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
19℃	18.0 a ^z	7.0	7.3 b	10.7	0.7	4.4 ab	33.1	60.3	15	4.0 a	16.0	704 a	143
22℃	19.3 a	7.0	8.3 a	11.0	0.8	5.0 a	32.7	72.0	15	5.1 a	20.4	897 a	182
무처리	14.3 b	6.0	5.8 c	8.5	0.7	3.9 c	44.3	72.0	20	2.8 b	11.2	492 b	100

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

표 87. 수경재배시 근권 양액온도에 따른 시금치 '플라톤' 품종의 생육 특성 및 수량

처 리	초장 (cm)	엽수 (매/주)	최 대 엽					엽면적 (cm ² /주)	추대율 (%)	생체중		수량 (kg/10a)	수량 지수
			엽장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장비 ^y	엽폭 (cm)	엽색도 ^x			1개체 (g/주)	1홀 (g/홀)		
19℃	17.7 a ^z	8.3	7.5	10.3 a	0.7	4.9	54.8	133.0 ab	10	9.1 a	34.0 a	1,601 a	146
22℃	17.9 a	8.7	8.9	9.9 a	0.9	6.0	56.8	174.6 a	10	11.4 a	45.6 a	2,006 a	183
무처리	14.4 b	7.3	7.4	7.0 b	1.1	4.9	53.4	96.3 b	15	6.2 b	24.8 b	1,091 b	100

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

^y엽장을 엽병장으로 나눔.

^xSCDSV specific color difference sensor value(SPAD 502, Minolta, Japan).

한편, 무처리에서는 시금치의 하엽 부위에서 황화현상이 나타났는데 원인 구명을 위해 시금치의 엽을 분석한 결과(표 88) T-N이 무처리에서는 2.4%로 타 처리(2.9%)에 적었으며, K₂O와 Mn도 적게 나타나 무기이온의 흡수 장애로 인해 황화현상(그림 83)이 나타난 것으로 생각되고 아울러 황화현상과 관련된 양액중의 N과 K₂O 등 무기이온의 농도를 분석한 경시적 변화는 그림 84와 같다.

여름철 시금치 수경재배에서 NH₄-N와 NO₃-N은 무처리는 19℃와 22℃에 비해 양액중

의 농도가 높아 시금치의 체내 흡수가 낮았다. 또한 K와 Mg의 양이온 흡수는 정식후 2주(9월 21일)까지 흡수가 상대적으로 많았고, 정식후 2주가 경과되면서 시금치의 엽수가 증가되고 생육이 왕성하면서 무처리에 비해 19℃와 22℃가 더 많은 체내 흡수가 된 것으로 생각된다. 수동적 흡수를 하는 Ca의 경우는 시금치의 엽수가 증가하는 정식후 3주부터는 온도가 높아 수분흡수가 많은 무처리에서 19℃와 22℃에 비해 비교적 흡수가 많았다. PO₄-P의 경우는 19℃보다 온도가 높은 22℃와 무처리에서 수확기까지 꾸준히 더 많은 흡수를 보였다. 이상의 결과로 생육기간중의 온도가 높은 무처리에서는 N와 K, Mg의 흡수가 19℃와 22℃에 비해 상대적으로 낮아 무처리에서는 생육이 상대적으로 떨어지고 시금치의 하엽에 황화증상이 나타난 것으로 생각된다. 그리고 9월 상순에 정식한 ‘플라톤’ 품종의 경우는 6월 하순에 정식한 ‘파루크’ 품종에 비해 엽의 황화증상이 심하지 않았는데 이는 하우스내 기상조건에 따른 지상부의 온도조건이 6월보다는 9월의 기상조건이 시금치의 생육에 유리하게 작용한 것으로 생각된다. 따라서 하우스내 지상부 온도와 지하부(근권)온도와의 상관관계는 좀더 연구검토가 필요하다고 생각된다.

표 88. 수정재배시 근권 양액온도에 따른 시금치의 엽내 무기성분 함량(품종 : 플라톤)

처 리	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Mn (ml/l)	Fe (ml/l)	Zn (ml/l)
19℃	2.9	0.8	3.6	0.4	0.8	28.0	46.1	110.8
22℃	2.9	0.9	4.5	0.7	0.9	26.9	111.0	89.4
무처리	2.4	0.8	3.5	0.6	0.6	25.8	77.4	90.2



그림 83. 근권 양액온도 처리에 따른 시금치의 엽 생육

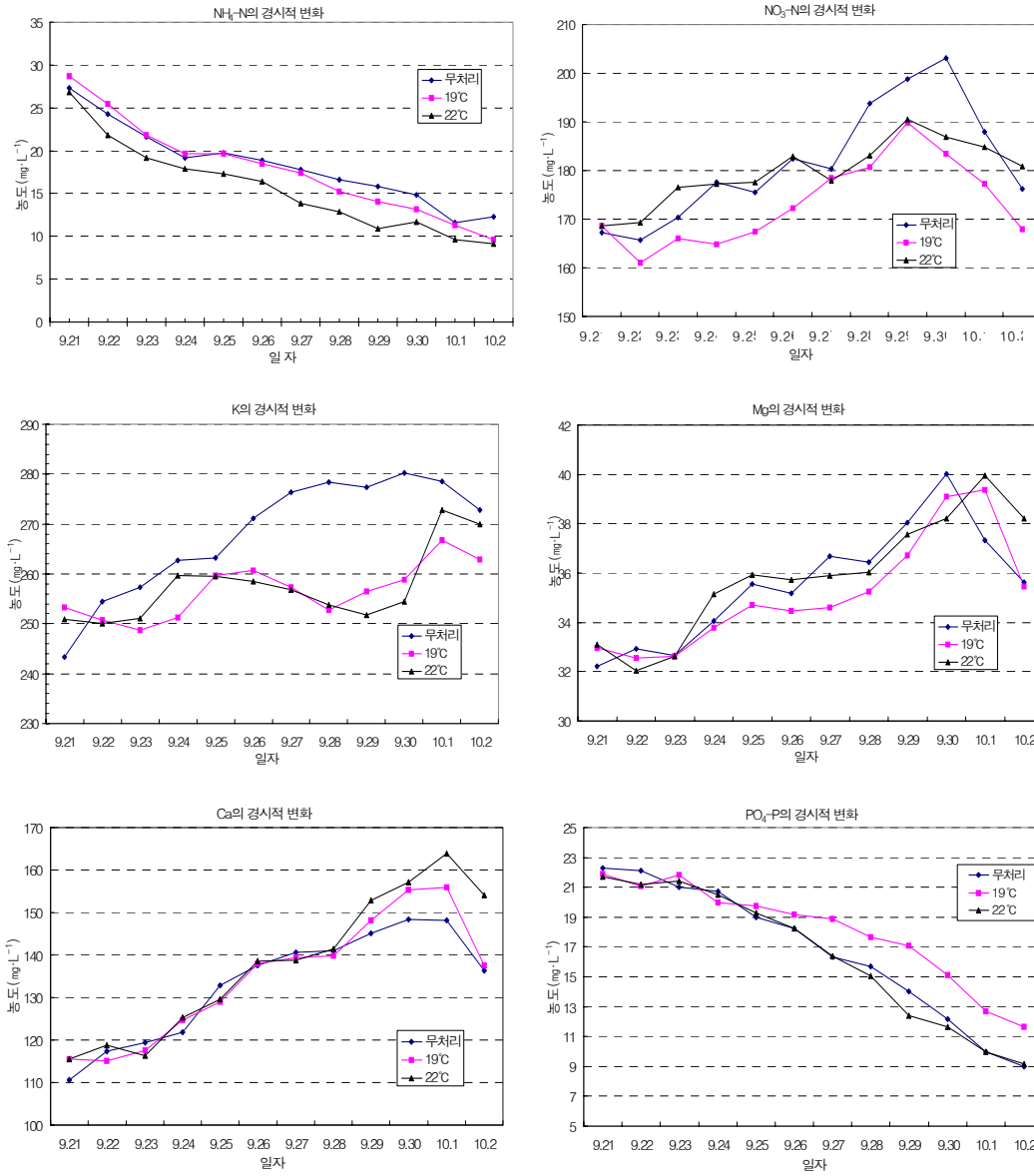


그림 84. 근권온도에 따른 시금치 양액중의 무기이온의 경시적 변화
 [9. 21:정식후 3주, 9. 27:양액교환(지하수), 10. 2:수확]

자. 적 요

시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술개발 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 NFT 수경재배 시스템은 정식 초기 시금치 근권 부위에 공기중의 산소 접촉이 많게 개선한 NFT-I형(凸)이 엽 생육과 수량이 좋아 수경재배 시스템에 가장 적합하였다.
- 2) 시금치 순환식 최적 양액은 코넬대 시금치 전용 양액이 야마자키액과 원예연액보다 생육기간중 양액이 비교적 안정되어 있고 생육도 좋았다. 양액의 pH는 5.5~6.0, EC의 농도는 2.0dS/m, 양액중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율은 70%와 30%가 가장 좋았다.
- 3) 시금치의 육묘에 있어서 육묘자재에 따른 생육은 입상압면(중립면), 트레이 규격은 180공, 200공이 좋았으며, 육묘시 적정구멍(홀)당 종자수는 2립 파종보다는 4립파종이 시금치의 생육과 수량이 많았다.
- 4) 시금치 주년생산을 위한 재배시기별 품종선발은 봄재배에서는 마호로바, 덤플, 아트라스 품종, 여름재배는 플라톤, 터보, 풀카, 미리온, 파루크 품종, 가을재배와 겨울재배는 마호로
- 5) 아트라스, 덤플 품종이 유망시 되었다.
- 6) 시금치 수경재배시 육묘기의 적정 양액농도는 1.8dS/m, 정식후부터 수확기까지는 2.1dS/m이 가장 적합하였으며, 시금치의 엽 생육과 수량이 증수되었다.
- 7) 수경재배시 시금치의 적정 재식밀도는 재식밀도가 커짐에 따라 엽수는 감소되는 경향이 었다. 재식밀도간 수량은 12×11cm(1,487kg/10a)가 가장 많았다.
- 사. 생물활성제 처리에 의한 시금치의 생육특성 검정 결과 무처리에 비해 생육차이는 없었
- 8) 생물활성제 처리 방법에 의한 식물체내 성분 함유율은 게르마늄은 엽면살포, 셀레늄은 양액희석이나 엽면살포 혼용, 키토산은 양액희석이 식물체내 흡수가 더 효과적이었다. 셀레늄의 경우는 양액희석과 엽면살포의 중복 혼용시 농도장해에 의해 무처리에 비해 생육부진 현상을 보였다.
- 9) 여름 수경재배시 근권 양액온도가 22℃이하에서 생육하면 무처리(25℃ 이상)에 비해 생육이 좋았으며 황화증상도 없었다.

제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확 후 선도 유지 기술 개발

- 여름철에 생육이 우수한 고랭지 여름시금치의 재배가 가능하여 증수는 물론 고품질의 고랭지 시금치 생산이 가능할 것이다.
- 약제처리 및 토양수분 조절로 입고병 발생을 억제하고, 시금치 생육에 가장 적합한 환경으로 개선하여 여름철 평지 및 고랭지에서의 안정적인 재배가 가능하다.
- 본 연구를 통하여 개발된 여름시금치 종자처리 및 생력화 재배기술은 시금치뿐만 아니라 고랭지 채소류(양채류, 당근, 무, 양파)에 직접적으로 적용될 수 있을 것이다.
- 환경친화형 시금치 모잘록병 및 무름병 방제법은 현재 고랭지 지역에서 문제가 되고 있는 고랭지 채소류에 적용하여 청정 채소류 생산에 기여할 것이다.
- 선박을 통해 국내 농산물을 일본으로 수출하기 위해서는 수확 및 저장전처리 등 5일 이상 신선하게 보관할 수 있어야 하기 때문에 유통중 수확후관리 기술의 개발로 국내 농산물의 품질경쟁력을 강화하였다.
- 고품질 시금치 생산으로 농가 소득증대 및 경영안정화에 기여한다
- 한국과 일본이 7-8월이 여름시금치 단경기로 높은 가격을 형성하므로 국내시장과 수출시장을 동시에 점유 할 수 있다.
- 일본 시장의 특성과 유통실태, 소비자의 형태 등 살아 있는 시장정보를 수시로 파악하고, 이에 신속히 대응해 나가야 하며, 우리 시금치의 판매촉진을 위한 박람회 참가-해외광고 사업 등을 활성화하여 우리상품(시금치)의 우수성을 일본 소비자들에게 효과적으로 전달함으로써 수출시장을 개척한다.
- 시금치의 고품질화를 유도한다.
- 외국산 농산물의 대량수입으로 위축된 국내농업의 활로를 개척하는데 적극적인 동기를 부여하였다.

제 2 절 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술개발

시금치는 연약채소로서 종래는 품종도 적었고 재배시기와 산지가 한정되어 사실상 여름철 단경기 생산은 어려워 주년 생산재배가 힘들었다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해 여름철 시금치 생산을 위해 시설내 토양에서 재배를 하고 있지만 추대성과 이상 생리장애, 생육부진 등으로 품질이 떨어져 사실상 고랭지 이외의 지역에서는 재배가 이루어지지 않고 있는 실정이지만 수경재배 도입으로 주년생산체계가 가능해 졌다. 하지만 시금치 수경재배에 알맞은 양액관리 재배기술도 아직 미흡한 실정이어서 체계적인 수경재배 관리 기술도 필요하다. 특히 시금치에 많이 함유되어 있는 유기산과 초산태 질소등의 안정성 문제, 품종, 시설구조개선 등 고품질화를 위해 재배기술, 연구가 많이 이루어져야 하였는데 본 연구수행 결과 주년생산체계가 가능하게 되었다. 시금치 주년안정 생산을 위한 공정육묘 생산 시스템 기술 개발과 양액공급 시스템 개선, 재배시기별 품종선발, 적정 재식밀도 확립 등으로 연간 12~14회 정도의 수확이 가능해 지면서 고품질의 생산도 가능해 졌다. 따라서 시금치 주년 안전 생산을 위해 환경친화적인 순환식 수경재배 방식으로 품질을 극대화시키고, 소비자들로 하여금 시금치 생산물에 대한 요구도에 부응하여 안정성, 기능성에 맞추어 생산하므로써 그 수요가 급증 될 것으로 전망되며, 농가소득 증대에도 크게 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

제 1 절 시금치의 종자처리 및 생력화 재배기술 개발과 시금치의 수확 후 선도 유지 기술 개발

- 고랭지 지역의 주요 재배작물은 무, 배추, 당근, 감자 위주의 연 1기작으로 매우 단순하였으나 소득작목인 시금치는 대체작물로 홍보한다.
- 시금치는 일본 현지에서도 생산되고 있지만 강원특정지역에서 재배되는 국내산 시금치는 잎이 두텁고 향과 맛이 독특해 품질에 있어서 대내외 경쟁력을 구비한 것으로 평가되고 있어 시금치를 선박수송하는 과정에서 장기간 선도를 유지할 수 있도록 하여 국내산 시금치의 일본수출을 크게 증가시킬 수 있도록 농가에 기술을 보급한다.
- 시금치 재배기술을 사용하여 고품질의 시금치생산 및 생산기술을 확립하고 수출촉진 계기조성을 통한 농가의 새 소득원 개발에 활용한다.
- 고랭지 신선채소의 수출전초기지 육성 및 수출전문농가 조직화 및 육성에 견인 역할을 할 수 있도록 지도한다.
- 추대가 늦고 품질이 우수한 품종선택, 무농약 사용 병해방제, 시비기술 포장실험 결과와 농약 잔류량 모니터링 결과를 토대로 생산비 절감과 고품질 저비용 생산 기술 모델을 농가에 보급하고 청정 농산물 생산으로 고랭지 여름시금치의 청정이미지 부각에 활용한다.
- 연구결과물은 활용촉진을 위하여 농업기술센터와 원예농협을 통해 농민들에 개발된 기술을 보급하여 농민들의 소득증대에 기여한다.

제 2 절 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 수경재배 기술개발

- 시금치 주년 생산에 알맞은 순환식 NFT-I 형(凸) 수경재배 시스템은 상추 등 엽채류 생산 시스템에 적용하여 활용하고자 한다.
- 시금치 순환식 최적 양액은 학회지의 논문게재와 시금치 주년 생산재배 농가의 현장접목에 적극 활용하고자 한다.
- 시금치의 육묘비용 절감을 위해 입상암면(중립면), 트레이 규격 180공, 200공, 트레이 구멍(셀)당 4립 파종은 영농활용 자료와 현장접목에 활용하고자 한다.
- 시금치 주년생산을 위해 국내외에서 수집된 시금치 품종중 재배시기별로 선발된 품종은 시금치 재배농가 교육시 영농자료로 활용하고자 한다.
- 시금치 수경재배시 생육단계별 양액농도는 시금치 주년 생산재배 농가의 현장접목에 적극 활용하고 학회지에 논문게재 하고자 한다.
- 수경재배시 시금치 적정 재식밀도는 시금치 주년 생산재배 농가의 현장접목에 적극 활용하고 학회지에 논문게재 하고자 한다.
- 생물활성제 처리에 의한 시금치의 기능성 효과와 여름 수경재배시 시금치 엽의 황화증상, 생육장해 발생 경감을 위한 근권 양액관리 온도는 농가의 현장접목에 적극 활용하고자 한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보

제 1 절 캐나다 친환경농업 견학

1. 견학일정

일시(현지시간)		장 소	내 용
제1일 6월20일(월)	10:00	Vancouver Int'AirPort	캐나다 도착
제2일 6월21일(화)	10:00	Okanagan Lavender	A. McFadden Kelowna 허브농원 견학
	11:30	Kelowna Land & Orhcard	사과 생과 및 가공품 판매 겸용 관광 과수원
	13:30	Calona vineyards Summerhill winery	Icewine 가공공장 견학 Icewine 가공판매장 견학
제3일 6월22일(수)	09:00	Agri. and Agri-Food Canada Res. Centre	V. Brookes 외 5인 캐나다 농업 및 농업식품연구센터 견학
제4일 6월23일(목)	06:00	United Flower Growers	H. Grasmeyer 화훼경매장 견학
	09:30	South Alder Greenhouse Ltd	W. Cheuk, A. Gaddy 유리온실 견학
	13:30	Univ. British Columbia	Dr. M. Isman, Dr. J. Bohlmann 세미나 및 견학
제5일 6월24일(금)	09:00	Fishers Blueberry Farm	B. Fisher 블루베리 농장 견학
	15:30	Ravenhill Herb Farm	N. Rechardson, J. Cameron 허브농원 견학
제6일 6월25일(토)	10:30	Phil's Farm	J.P. Christensen 블루베리, 라즈베리 농장 견학
제7일 6월26일(일)	10:30	Lynn Canyon	캐나다 산림 견학
제8일 6월27일(월) 28일(화)	11:50	Vancouver Int'AirPort	공항 도착 및 일본행(20:15, 출국 지 연) 일본 도착
	23:30	Kansai Int'AirPort	
제9일 6월29일(수)	11:40	Incheon Int'AirPort	입국

2. 방문기관 및 연락처

방문기관	주소	담당자	연락처
Okanagan Lavender Herb Farm	4380 Takla Road Kelowna, B.C.VIW 3C4 Canada	Andrea McFadden	250)764-7795
Kelowna Land & Orchard	644 barnaby Road Kelowna, BC VIW 4A6	Raven Ridge	250)764-1091
Calona vineyards	1125 Richter Street Kelowna, B.C,	Manager	250)762-9144
Summerhill Pyramid Winery	4870 Chute Lake Rd Kelowna, B.C.	Manager	250)764-8000
Agri. and Agri-Food Canada Res. Centre	Pacific Agri-Food Research Centre P.O. Box 1000-6947 #7 Highway Agassiz, B.C. W0M 1A0	Dr. Valerie Stevens	604)796-2221
		Dr. Victoria Brookes	
		Dr. David Raworth	
		Dr. Sheila Fitzpatrick	
		Dr. Grant Kowalenko	
		Dr. Tom Forge	
United Flower Growers	4085 Marine way, Burnaby, B.C., Canada V5J 5E2	Henk Grasmeyer	604)430-2211
BC Greenhouse Growers' Association	108-7565 132nd St., Surrey, B.C.	A. Gaddy	604)519-4580
		W. Cheuk	
University of British Columbia	The University of British Columbia 6331 Crescent Road Vancouver, B.C.	Dr. Murray Isman	604)822-4782
		Dr. Jörg Bohlmann	604)822-0282
Fishers Blueberry Farm	9351 No. 6 Road, Richmond, B.C.	Bob Fisher	604)277-6681
Ravenhill Herb Farm	1330 Mt. Newton X. Rd. Saanichton, BC	N. Recharadson J. Cameron	250)652-4024
Phil's Farm	6080 Oldfield Rd. RR#3, Vistoria, BC	J.P. Christensen	250)652-2264

3. 캐나다 농업연구소 방문일정

Student Tour(South Korea)
Agriculture and Agri-Food Canada Research Centre
Agassiz, British Columbia
9:00 - 11:00 am June 22, 2005

9:00	Welcome: Dr. Valerie Stevens, Research Manager
9:10-9:20	Weed Identification Victoria Brookes, Biologist, Pesticide Risk Reduction and Minor Use
9:20-9:40	Aphids and Blueberry Scorch Virus Dr. David Raworth, Research Scientist, Small Fruit and Greenhouse Vegetable Insects
9:40-10:00	Integrated Pest Management of Berris Dr. Sheila Fitzpatrick, Research Scientist, Berry Insects
10:00-10:30	Environment Field Tour Dr. Grant Kowalenko, Research Scientist, Soil Biochemistry and Fertility Dr. Tom Forge, Research Scientist, Soil Ecology and Nematology
10:30-11:00	Field Vegetable Research Dr. David Ehret, Research Scientist, Greenhouse and Field Crop Physiology

4. 방문기관 견학 사진



Okanagan Lavender Herb Farm



Kelowna Land & Orchard



Agri. and Agri-Food Canada Res. Centre



Dr. Murray Isman



Dr. Jörg Bohlmann

University of British Columbia (seminar)



BC Greenhouse Growers' Association



United Flower Growers



미주 시금치 육묘, 재배, 수확, 선별, 포장 현황



Blueberry Farm

제 2 절 일본 시금치 수경재배 선진기술 정보수집 및 국제 원예 기술전 참관

1. 출장개요

가. 목 적

최근 일본 수경재배 기술 정보 수집과 시금치 수경재배 시스템에 대한 기술 도입으로 금후 우리도(전남)의 도서지방을 중심으로 한, 시금치 연중 생산 가능과 대일 수출 경쟁력 제고 방안 마련을 위한 기초 자료로 활용코자 하며 또한 국제원예기술전(IHE JAPAN 2004)참관으로 최근 원예자재산업 동향 파악과 자료를 수집할 기회를 가짐으로써 우리도의 원예산업이 더 한층 발전할 수 있는 계기를 마련하고자 함.

나. 출장기간 : 2004. 4. 19 ~ 4. 23(4박 5일)

다. 대상국가 : 일본

라. 방문장소 : 이바라키 시금치수경재배농가

국제원예기술전(일본컨벤션센터, 마쿠하리 멧세)

시즈오카 딸기 수경재배 농가

마. 출 장 자 : 전라남도농업기술원 지방농업연구사 서 중 분

바. 주요내용

- 수경재배 농가 방문 견학
 - 시금치(이바라키현), 딸기(시즈오카현 후지에다)
- 국제원예기술전 참관(일본컨벤션센터, 마쿠하리 멧세)
 - 최근 원예자재산업 동향파악과 자료 수집
- 식물생산 농업기술에 대한 자료수집
- 기타 시금치 포장 유통 관련 자료수집

사. 기대효과

- 시금치 수경재배 기술 정보 수집 및 기술 도입으로 주년재배 생산 체계화
- 국제 시설원에 연구 동향파악 및 정보수집
- 농업기술 정보 및 각종 기초자료 수집 이용

2. 출장수행 사항

가. 시금치 수경재배 농가 동향 파악

- 1) 목 적 : 수경재배 농가 동향 파악 및 기술정보 자료수집
- 2) 일 시 : 2004. 4. 21(수)
- 3) 위 치 : 이바라키현
- 4) 농장주 : 하다(재배경력 7년)
- 5) 농장 안내자 : 시노하라 교수



- 재배면적 : 2,500평 (15작/1년)
- 수경재배 기술 지원 : 태양농업주식회사
- 수경재배 방법
 - 육묘 : 전용 트레이 사용(144공) - 배지 → 입상면
 - 육묘시 자동 관수 : EC 1.5dS/m
 - 양액조성(표준액 EC : 2.4dS/m)
 $NH_4-N(16me/l)$, $P(4me/l)$, $K(12me/l)$, $Mg(4me/l)$, $Ca(4me/l)$
 - 분포 EC 관리 : 3.0dS/m
 - 베드 : 60cm(D)×100(L) = 45구명

- 수확 : 정식후 18일째(초장 25cm)
- 안정적 재배기술
 - 수확 3일전부터 물만 공급
 - 식물체가 양액 탱크의 영양분 모두 흡수
 - 식물체의 초산이온 농도 감소
 - 병원균 예방 대책 : 차아염소산나트륨 소독(후사륙균 25℃ 정도 발생)
 - 여름철 작형 : 차광망 피복(60%)



[시금치 파종 판넬]



[시금치 파종 장면]



[시금치 육묘 장면]



[정식 베드]



[시금치 정식용 묘 크기(3-4매/주)]



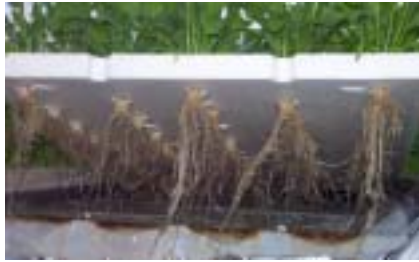
[정식 구멍]



[시금치 베드구조(배수구)]



[정식후 장면]



[수확시 뿌리 부분]



[시금치 수확]



[수확후 선별 포장기]



[출하용 포장 박스]

나. 국제원예기술전 참관

- 1) 목적 : 원예자재 산업 동향 파악과 자료 수집
- 2) 일 시 : 2004. 4. 20(화)
- 3) 장 소 : 일본 컨벤션센터(마쿠하리 멧세)
- 4) 전시규모 : 280회사
- 5) 내 용

- 생산자의 고령화나 후계자 부족으로 노동력 부족과 무농약, 피복 자재나 토양 처리 등 환경보전에 대한 배려가 필요

- 첨단기술의 도입, 대규모화를 중심으로 한 경영의 효율화나 작업 부담 경감의 추진, cost performance가 뛰어난 기기·자재의 개발이 요구되고 있는 상황을 배경으로, 원예 산업의 발전을 위해 일본 생산자는 물론 해외 생산자의 정보 교류, 상거래를 촉진하는 장소를 제공하여, 원예 산업발전을 지원하는 게 목적임



[국제원예기술전 전경]



[시금치 포장재]



[엽채류 포장기기]



[포장된 엽채류]



[시금치 포장규격(초장 25cm, 무게 150g)]



[각종 채소류의 포장 출하]



[식물생장에서 육묘]



[육묘되어 정식된 엽채류]



[식물공장에서 묘 생산]



[식물공장에서 육묘된 시금치 생육 장면]



[엽채류 수경재배 시스템]



[엽채류 수경재배용 용토]



[딸기 고설식 수경재배 시스템]



[딸기 입체식 수경재배]

다. 딸기 고설 수경재배 농가 동향 파악

- 1) 목 적 : 딸기 고설식 무농약 재배 농가 동향 파악
- 2) 일 시 : 2004. 4. 22(목)
- 3) 위 치 : 시즈오카현 후지에다

4) 농장주 : 키네즈카(재배경력 5년)

5) 농장 안내자 : 히라다 교수(동경농공대학), 키네즈카



- 재배면적 : 400평, 품종 : 아끼히메
- 정식기 : 9월 상순, 수확기 : 11월 하순부터 이듬해 7월까지 계획
- 수경재배 방법
 - 베드 배지 : 입상면
 - 정식간격 : 15cm, 2줄 정식
 - 비료염 : 4종 복합비료, 1,000배액 관주



[보조사업으로 추진]



[딸기 고설식 수경재배]



[베드내 액아화방 모습]



[비료염(4종복합비료)]

라. 시금치 포장재 및 유통

- 1) 시금치 포장재는 대부분 기능성 필름을 사용하여 무농약 신선야채로 시중에 유통되고 있으며 백화점, 공항내 편의점에 진열되어 있음.
- 2) 포장 규격은 25cm, 포장 무게 150g



[동경시내 편의점 야채 코너]



[나리타 공항내 무농약야채 판매장]

3. 자료수집

가. 수경재배 시스템 및 기술 정보 수집

- 관련 카다로그(딸기, 시금치, 토마토 등)

나. 국제 시설원에 연구 동향 파악 및 정보수집

다. 원예 시험연구 관련 정보 수집 및 채소 신품종 종자 수집

- 딸기 고설재배 연구 논문집, 딸기 고설재배 서적
- トマピ-F₁, 고추(とうがらし 3종), 방울배추(メキャベツ),
홍당무(はつかだいこん), 화훼(팬지 등 5종)

라. 일본 농업의 유기농업 동향 파악

제 7 장 참고문헌

1. Ammermann, E., G. Lorenz, K. Schelberger, B. Mueller, R. Kirstgen and H. Sauter (2000) BAS 500 F-the new broad-spectrum strobilurin fungicide. Proceedings of the BCPC Conference on Pests and Diseases, BCPC, Farnham, Surrey, UK, 2, pp. 541-548.
2. AOAC. 1995. AOAC official method 940.03 chlorophyll in plants. Chap. 3. p. 26-28. AOAC 16th. vol. 16. USA.
3. Banko, J. J. and B. A. Boe. 1975. Effects of pH, temperature, nutrition, ethephon and chlormequat on endogenous cytokinin levels of *Cloves blume* Benth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(2) : 168-172.
4. Barnes J. S. and A. S. Csinos (1990) Effects of fungicides, cultivars, irrigation, and environment on *Rhizoctonia* limb rot of peanut. Plant Dis. 74:671-676.
5. Bartlett, D. W., J. M. Clough, J. R. Godwin, A. A. Hall, M. Hamer and B. Parr-Dobrzanski (2002) The strobilurin fungicides. Pest Manag. Sci. 58:649-662.
6. Bracy, R.P. and R.L. Parish. 1998. Seeding uniformity of precision seeders. HortTechnology 8:182-184.
7. Champion C., C. Chatot, B. Perraton and D. Andrivon (2003) Anastomosis groups, pathogenicity and sensitivity to fungicides of *Rhizoctonia solani* isolates collected on potato crops in France. European J. Plant Pathol. 109:983-992.
8. Cooper. A. W. and E. B. Dunbnoff. 1973. Plant adjustment to osmotic stress in balanced mineral media. Can. J. Bot. 51: 763 - 773.
9. Dhingra O. D., M. L. N. Costa and G. J. Silva Jr (2004) Potential of allyl isothiocyanate to control *Rhizoctonia solani* seedling damping-off and seedling blight in transplant production. J. Phytopathol. 152:352-357.
10. Fukuda, N., M. Miyagi, Y. Suzuki, H. Ikeda, and K. Takayanagi. 1999. Effects of supplemental Night Lighting and NO_3^- Exclusion on the Growth and NO_3^- Concentration in the Leaf Sap of Greenhouse-grown Spinach under NFT. J. Jan. Soc. Hort. Sci. 68(1):146-151.

12. Gangwon Agricultural Research and Extension Services (GARES). 2004. Spinach cultivation in summer. <http://ares.gangwon.kr>.
13. GARES. 2004. Spinach cultivation in summer. Gangwon Agricultural Research and Extension Services. <http://ares.gangwon.kr>.
14. Gasztonyi, M. and H. Lyr (1995) Miscellaneous fungicides. pp. 390–414, *In* Modern selective fungicides—properties, applications, mechanisms of action (ed. by Lyr, H.), Gustav Fischer Verlag, New York.
15. Haar, J.M., S.A. Fennimore, M.E. McGiffen, W.T. Lanini, and C.E. Bell. 2002. Evaluation of preemergence herbicides in vegetable crops. *HortTechnology* 12:95–99.
16. Hodges, D.M. and C.F. Forney. 2003. Postharvest ascorbate metabolism in two cultivars of spinach differing in their senescence rates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:930–935.
17. Hodges, D.M., C.F. Forney, and W.V. Wismer. 2001. Antioxidant responses in harvested leaves of two cultivars of spinach differing in senescence rates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:611–617.
18. Honda, F. 1996a. Problems of cell seeding usage [10]. IV. Cell seedling production and mechanical transplanting of leafy and root vegetables in field (1). *Agriculture and Horticulture (Japan)* 71:312–316.
19. Honda, F. 1996b. Problems of cell seeding usage [11]. IV. Cell seedling production and mechanical transplanting of leafy and root vegetables in field (2). *Agriculture and Horticulture (Japan)* 71:401–405.
20. Huh, M.R., Y.S. Kim, Y.G. S, Y.G. S, and J.C. Park. 2001. Effect of root zone temperature on the growth, mineral contents, and activities of antioxidative enzymes of tomato plug seedlings. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:147–150.
21. Ito, T. 1992. Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry, p. 65–82. In: K. Kurata, and T. Kozai (eds.). *Transplant Production System*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
22. Karadimos D. A., G. S. Karaoglanidis and K. Tzavella–Klonari (2005) Biological activity and physical modes of action of the Qo inhibitor fungicides trifloxystrobin and pyraclostrobin. *Crop Protection* 24:23–29.

23. Kataria H. R., P. R. Verma and U. Gisi (1991) Variability in the sensitivity of *Rhizoctonia solani* anastomosis groups to fungicides. J. Phytopathol. 133:121–133.
24. Katzman, L.S., A.G. Taylor, and R.W. Langhans. 2001. Seed enhancements to improve spinach germination. HortScience 36:979–981.
25. Kawazu, Y., M. Okimura, T. Ishii, and S. Yui. 2003. Varietal and seasonal differences in oxalate content of spinach. Scientia Horticulturae 97:203–210.
26. Kim, C.K., J.Y. Oh, and S.J. Kang. 2001. Effect of plug cell size and seedling age on growth and yield of Chinese chives (*Allium tuberosum* R.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:167–170.
27. Kim, Y.B., Y.H. Hwang, and W.K. Shin. 1999. Effects of root container size and seedling age on growth and yield of tomato. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:163–165.
28. KMA. 2004. Korea meteorological administration. <http://kma.go.kr>.
29. Ku, J.H., T.I. Kim, and D.W. Jun. 1996. Effect of sodium hypochlorite treatment on germination of spinach seeds. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:357–361.
30. Kuramae E. E., A. L. Buzeto, M. B. Ciampi and N. L. Souza (2003) Identification of *Rhizoctonia solani* AG 1–I b in lettuce, AG 4 HG–I in tomato and melon, and AG 4 HG–III in broccoli and spinach, in Brazil. European J. Plant Pathol. 109: 391–395.
31. Larmonts, Jr., W.J., M.D. Orzolek, E.J. Holcomb, K. Demchak, E. Burkhart, L. White, and B. Dye. 2003. Production system for horticultural crops growth in the Penn State high tunnel. HortTechnology 13:358–362.
32. Lee, E.H., J.M. Lee, J.G. Lee. W.B. Kim, and S.Y. Ryu. 2004. Optimum Cultivar and Solution for Summer Season Hydroponics of Spinach in Highlands. J. Kor. Bio–Env. Con. 13(1):208–211.
33. Lee, J.S., W.C. Pill, S.H. Park, Y.A. Shin, G.R. Do, and Y.K. Kang. 2003. Effect of seed treatment and seedling culture system on germination and subsequent growth 'King of Denmark' spinach (*Spinacia oleracea*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:850–854.
34. Lee, J.W. and K.Y. Kim. 1999. Tomato seedling quality and yield following raising seedlings with different cell size and pretransplant nutritional regimes. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:407–411.
35. Leskovar, D.I., L.A. Stein, and F.J. Dainello. 2000. Planting systems influence

- growth dynamics and quality of fresh market spinach. HortScience 1238–1240.
- Leskovar, D.I., L.A. Stein, and F.J. Dainello. 2000. Planting systems influence growth dynamics and quality of fresh market spinach. HortScience 35:1238–1240.
36. Leskovar, D.I., V. Esensee, and H.B. Belefant–Miller. 1999. Pericarp, leachate, and carbohydrate involvement in thermoinhibition of germinating spinach seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124:301–306.
37. Lewis J. A. and R. D. Lumsden (2001) Biocontrol of damping–off of greenhouse–grown crops caused by *Rhizoctonia solani* with a formulation of Trichoderma spp. Crop Protection 20: 49–56.
38. MAF. 2002. Statistics related to agricultural industry. Ministry of Agriculture and Forestry. <http://www.maf.go.kr>.
39. Magee, J.B. 1997. Some misconceptions about fruit and vegetables in human nutrition. HortTechnology 7:234–239.
40. Morita, T., H. Kitajima, T. Higashi and J. Ohta. 1988. Variety test and cultivation.
41. Morita, T., H. Kitajima, T. Higashi, and J. Ohta (1988) Variety test and cultivation method for spinach harvested in summer in plastic green house. Bulletin of the Kumamoto Agricultural Experiment Station 13:69–87.
42. Morita, T., H. Kitajima, T. Higashi, and J. Ohta. 1988. Variety test and cultivation method for spinach harvested in summer in plastic green house. Bulletin of the Kumamoto Agricultural Experiment Station 13:69–87.
43. Naiki T. and M. Kanoh (1978) Grouping of *Rhizoctonia solani* Kuhn causing root disease of spinach in plastic house cropping. Ann. Phytopath. Soc. Japan 44:554–560.
44. National Horticultural Research Institute (NHRI). 2004. Spinach. <http://www.nhri.or.kr>.
45. Nelson, P. E., T. A. Toussoun and W. F. O. marasas. 1983. *Fusarium* species—an illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press. 192 pp.
46. Palaniswamy, U.R. 2003. Vegetarianism and human health. HortTechnology 13:243–251.
47. Paull, R.E., N.J. Chen, and T.T.C. Goo. 1988. Compositional changes in ginger rhizomes during storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:584–588.

48. Shin, Y.A., K.Y. Kim, Y.C. Kim, T.C. Seo, J.H. Chung, and H.Y. Pak. 2000. Effect of cell size and seedling age on seedling quality and early growth after transplanting of red pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:49–52.
49. Sneh, B., L. Burpee and A. Ogoshi. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. APS press, St. Paul, Minnesota, USA. 133 pp.
50. Suhardiyanto, H. and T. Matsuoka. 1992. Studies on a zone cooling system in greenhouse. *Environ. Control in Biol.* 30:143–151.
51. Suzuki, T. and Y. Takaura. 1994. Studies on transplanting cultivation of spinach by easy transplanter. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 63:368–369. (Abst.).
52. Szczech M. and M. Shoda (2004) Biocontrol of *Rhizoctonia* damping-off of tomato by *Bacillus subtilis* combined with *Burkholderia cepacia*. *J. Phytopathol.* 152: 549–556.
53. Toledo, M.E.A., Y. Ueda, Y. Imahori, and M. Ayaki. 2003. L-Ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during postharvest storage in light and dark. *Postharvest. Biol. Technol.* 28:47–57.
54. van den Boogert and A. J. G. Luttikholt (2004) Compatible biological and chemical control systems for *Rhizoctonia solani* in potato. *European J. Plant Pathol.* 110:111–118.
55. Woo, Y.H. and J.M. Lee. 1985. Germination of spinach seeds as influenced by cultivar, seed size, seedcoat removal, and some environmental conditions. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 26:239–245.
56. Woo, Y.H., J.M. Lee, and Y.S. Kwon. 1996. Analysis of major environmental factors and growth response of spinach (*Spinacia oleracea*) as affected by fog system and shading in summer plastic house. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:638–644.
57. Wu, F., Z. He, Q. Luo, and Y. Zeng. 1999. HPLC determination of oxalic acid using (1, 10-phenanthroline)ruthenium(II) chemiluminescence-application to the analysis of spinach. *Food Chemistry* 65:543–546.
58. Yeoung, Y.R., J.Y. Jeon, and S.Y. Shim. 2002. Characteristics of root development and seedling quality during pepper seedling growth in copper-coated plug trays. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:151–154.
59. Yeoung, Y.R., M.K. Jung, G.Y. Jeon, B.S. Kim, and S.J. Hong. 2004. Selection of

- Cultivars and Growth Response to Planting Distance for Summer Spinach in Alpine Area. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 22(3):283-287.
60. 廣保 正, 林 田弘. 1972. 培養液の反應とハウレンウの生育. 園學雄 41: 287 - 289.
61. 김광용, 김영철, 이지원. 1995. 시금치 양액재배를 위한 배양액 개발에 관한 연구. 농진청농업논문집.37(1) : 226-233.
62. 農業技術大系. 1986. 하우스レンソウの編. 農漁村文化協會. 東京.
63. 농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 채소병해충 진단과 방제. 330 pp.
64. 농촌진흥청 농업기술연구소. 1990. 원색도감 채소해충 생태와 방제. 224 pp.
65. 渡辺容子, 内山總子, 吉田企世子. 1994. 夏季及び秋期栽培ハウレンソウの生育過程における部位成分について. 園學雜. 62(4):889-895.
66. 朴英明. 1990. 葉根菜試驗成績書. 神奈川県 農業綜合研究所.
67. 안재동 (1990) 시금치 주년재배에 관한연구. I 과종기에 따른 수량성. 농시연보 32(3):21-27
68. 용영록, 정문교, 전지영, 김병섭, 홍세진 (2004) 고랭지 여름재배용 시금치의 품종선발과 재식밀도에 따른 생육 비교. 원예과학기술지 22: 283-287.
69. 이주성 (1979) 새로운채소재배기술. 농촌진흥청표준영농교본-41, pp 181-189.
70. 人見英里·玉置美子·友枝幹夫. 1992. 하우스レンソウのシュウ酸代織にする研究. 園學雄.61:431-435.
71. 林在昱, 崔病漚, 李漢哲, 兪昶在. 1987. PE와 遮光網 被覆이 여름栽培 시금치 生育 및 수량에 미치는 影響. 京機農業研究(4):101-106.
72. 충북농업기술원. 2000. 시금치 여름 재배법 연구.
73. 香川 彰. 1999. 高品質ハウレンソウの栽培生理.(株)いしずえ.

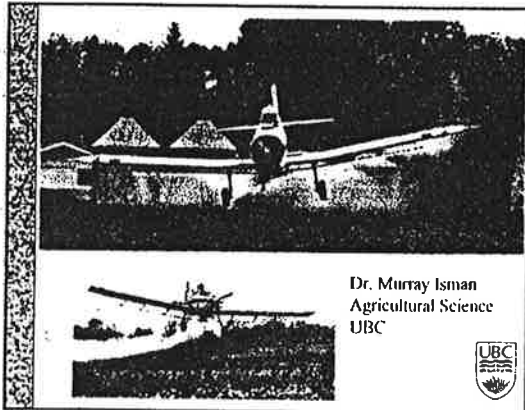


Dr. Murray Isman

Agricultural Science, UBC

- **Murray B. Isman**
Professor, Agroecology
(Entomology/Toxicology)
- Ph.D. (Entomology),
University of California, Davis, 1981
- M.Sc.(Zoology),
University of British Columbia, 1977
- B.Sc. (Zoology),
University of British Columbia, 1975
- Faculty of Agricultural Sciences
University of British Columbia
248-2357 Main Mall
Vancouver, B.C., Canada
V6T 1Z4
- Tel: (604) 822-2329
Fax: (604) 822-8640
Email: murray.isman@ubc.ca


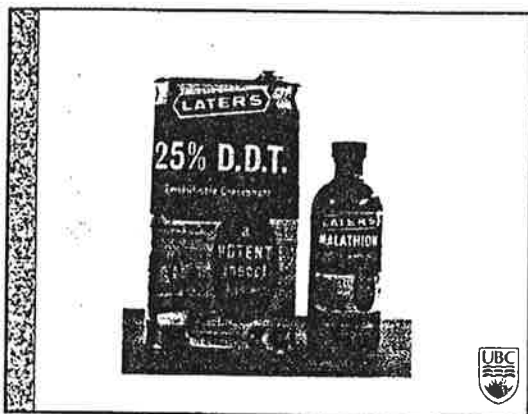




“Spray opponents seek UN’s help”
 Citizens’ group claims program a ‘human crop-dusting experiment’


“Anti-spray campaign paints risky picture”
 Do we have to wait for an autopsy before we have proof?

“Spray causes fear for water supply”
 Precautions urged to guard watershed


“Reduced Risk” Insecticides

- Reduced impact on human health and very low mammalian toxicity
- Displaces chemicals of concern to human health
- Reduced effects on non-target organisms
- Reduced potential for contaminating groundwater
- Lower potential for pest resistance (e.g. novel mode-of-action)
- High compatibility with integrated pest management




“Reduced Risk” Insecticides

- **Microbials**, e.g. *Bacillus thuringiensis*
- **Insect growth regulators** (biorationals), e.g. methoprene, tebufenozide
- **Botanicals**, e.g. neem, essential oils
- **New chemistries**, e.g. spinosyns, imidacloprid, fipronil, indoxacarb



Long-established Botanical Insecticides

- Pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium*)
- Rotenone (*Derris elliptica*, *Lonchocarpus* species)
- Nicotine (*Nicotiana* and *Anabasis* species)

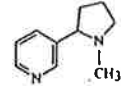


Recently Introduced Botanical Insecticides

- **Neem (*Azadirachta indica*)**
- **Essential oils various including *Eugenia, Cymbopogon, Thymus, Cinnamomum, Citrus***



Nicotine



- **Source: numerous countries**
- **Active ingredients: alkaloids (3 compounds), concentrates contain up to 40% alkaloids**
- **Mode of action: synaptic poisons – acetylcholine mimics**
- **Pesticidal action: contact/knockdown**
- **Rat oral LD₅₀ = 50-60 mg/kg, equally toxic via dermal exposure**
- **T_{1/2} = 1-2 days out of doors**



Pyrethrum

Pyrethrin I

Pyrethrum

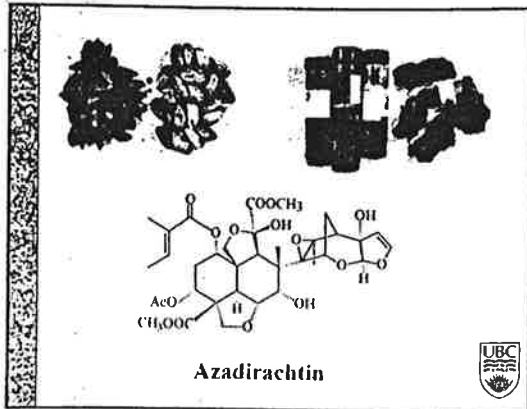
- **Source: Kenya, Australia (Tasmania)**
- **Active ingredients: pyrethrin esters (6 types), oleoresin contains 20-25% pyrethrins**
- **Mode-of-action: axonic poison (Na⁺ channel)**
- **Pesticidal action: contact/knockdown**
- **Rat oral LD₅₀ = 260 – 600 mg/kg (pyrethrins in purity), 1500 mg/kg (oleoresin)**
- **T_{1/2} = 4-6 hours in full sunlight**



Derris elliptica

rotenone

Neem (*Azadirachta indica*)



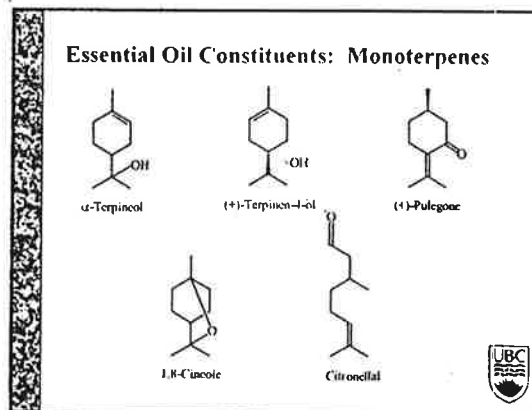
Neem

- **Source:** INDIA, Australia, Central America
- **Active ingredients:** limonoids (2 major ones), technical concentrates contain 10-25% 'azadirachtin'
- **Mode of action:** ecdysone antagonist
- **Pesticidal action:** insect growth regulator, antifeedant
- **Rat oral LD₅₀** > 5000 mg/kg
- **T_{1/2}** = 1-2 days in sunlight



Some Plant Essential Oils and Their Major Constituents

Name	Plant species	Major constituent(s)
anise	<i>Pimpinella anisum</i>	trans-anethole
cloves	<i>Eugenia caryophyllus</i>	eugenol
eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	1,8-cineole
lemon grass	<i>Cymbopogon nardus</i>	citronellal, citral
pennyroyal	<i>Mentha pulegium</i>	pulegone
thyme	<i>Thymus vulgaris</i>	thymol, carvacrol



Plant Essential Oils

- Source: worldwide (fragrance/flavoring industries)
- Active ingredients: monoterpenoids, concentrates contain 5-30% actives
- Mode of action: octopamine antagonists
- Pesticidal action: contact/knockdown
- Rat oral LD₅₀ = 800 – 3000 mg/kg (pure compounds)
- T_{1/2} = 1-2 days out of doors



EcoSMART
Technologies



Current costs: botanical active ingredients

<u>Insecticide (source)</u>	<u>% active ingredients</u>	<u>US\$ per kg</u>
Pyrethrum (Australia, Kenya)	20	45-60
Neem (India)	10	125-200
Essential oils (various)	90-98	10-25

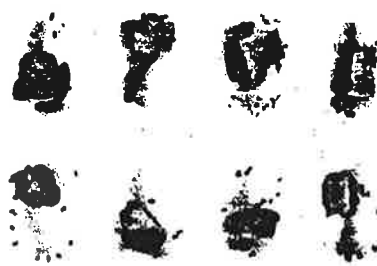


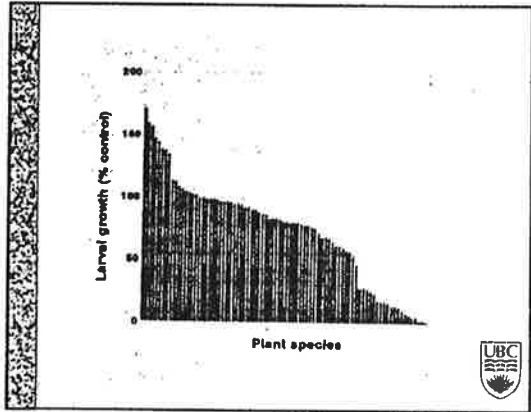

Sources for New Botanical Insecticides

- random screening of Meliaceae
- wood waste, bark from tropical timbers
- waste products (seeds) from edible fruit
- traditional plant preparations in local use

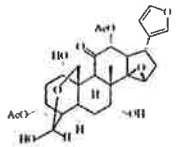


Asian armyworm, *Spodoptera litura* (Noctuidae)



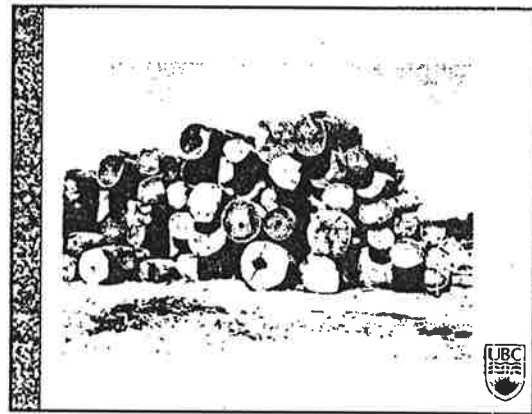



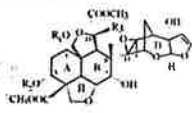
Toosendanin






Melia toosendan
(syn. *M. azedarach*)

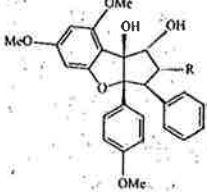
Sentang (*Azadirachta excelsa*)



R ₁	R ₂	R ₃		
1	OTip	OAc	OH	1-azadirachtin
2	OH	OTip	H	3-Triplicolazadirachtin (1, 3, 21)
3	OHaz	OAc	OH	1-Phecol-1'-isotriplicolazadirachtin (1, 2)
4	OH	Obenz	H	3-Triplicolazadirachtin (1, 2, 21)

Benzofurans from *Aglaia* spp.



R = CONHCH₃, Rocaglanide
 R = CONHCH₂, Desmethylocaglanide
 R = COOCH₃, Methylrocaglanide
 R = H, Rocaglol

Ishibashi et al., *Phytochemistry* 32: 307 (1993)

Annonaceous acetogenins

Custard apple, *Annona reticulata*
 Sweetsop, *A. squamosa*
 Soursoop, *A. muricata*
 Pawpaw, *Asimina triloba*

annonacin

asimicin

J. McLaughlin, Purdue Univ. (He et al. *Pestic. Sci.* 49: 372, 1997)

Geographic variation in potency of *Annona squamosa* seed extracts to *Spodoptera litura*

(Leatemia & Isman, *Phytoparasitica* 2004)

Location	Larval Growth (% of controls)
1 Negeri Lamin	55
2 Batugantung-a3 Semarang	45
3 Biora	40
4 Tantul	38
5 Batugantung-b	32
6 Biora	25
7 Latululul	22
8 Kidanlat	20
9 Kate-Kate	15
10 Namlea	5

1 Negeri Lamin
 2 Batugantung-a3 Semarang
 3 Biora
 4 Tantul
 5 Batugantung-b
 6 Biora
 7 Latululul
 8 Kidanlat
 9 Kate-Kate
 10 Namlea (all seeds collected 1996)

Annual variation in potency of *Annona squamosa* seed extracts to *Spodoptera litura*

(Leatemia & Isman, *Phytoparasitica* 2004)

Year/Location	Larval Growth (% of controls)
N-96	5
N-98	30
N-99	15
B-96	45
B-97	30
B-98	60
B-99	35

N = Namlea (1996-1999)
 B = Batugantung (1996-1999)

Isobutylamides from *Piper* spp.

Piper aduncum

pipericide

Piper nigrum

Yellow azalea *Rhododendron molle* contains grayanoid diterpenes

African marigold *Tagetes erecta* contains thiophenes

Crude Tall Oil

Depleted Tall Oil

Tall Oil Pitch

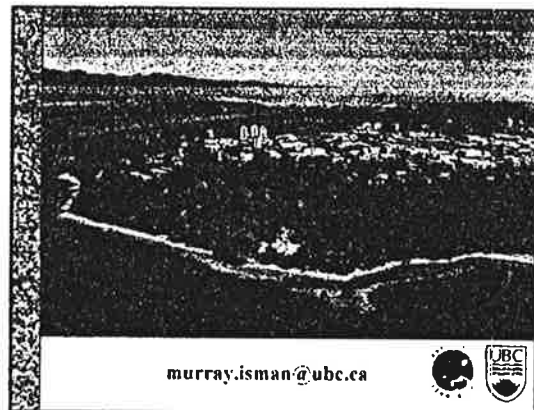
Barriers to the development of new botanical insecticides

- Resource availability/sustainability
- Stability, standardization and quality control
- Registration (toxicology)



Summary

- Most botanical insecticides have low mammalian toxicity, at least in the forms in which they are used. With few exceptions they are safe for the user and the consumer
- Botanical insecticides degrade rapidly in the environment
- BUT, owing to cost and efficacy considerations, botanicals are unlikely to displace synthetic insecticides except in applications where human and environmental safety are paramount



murray.isman@ubc.ca





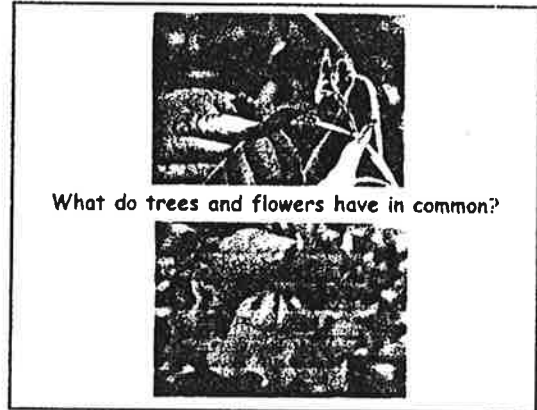
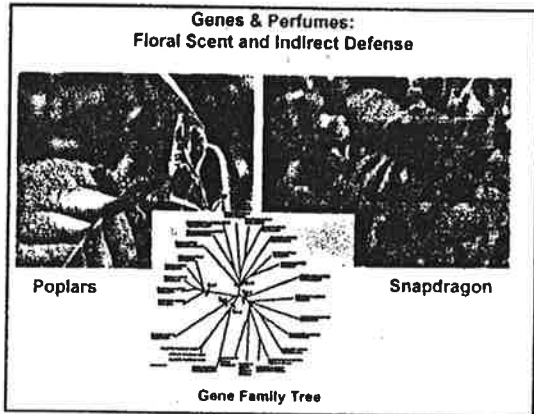
Dr. Jörg Bohlmann

Department of Botany, UBC

- Associate Professor (UBC Biotechnology Laboratory; Depts. of Botany and Forest Sciences; Associate of the Wine Research Centre), Ph.D., Technical University Braunschweig, Germany (1995); Postdoctoral Fellow (Alexander von Humboldt Fellow), Washington State University, Pullman, USA (1995-1998), Research Scientist, Max Planck Institute Jena, Germany (1998-2000), Peter Wall Institute Early Career Fellow (2001), HFSP Young Investigator Award (2001), Faculty of Science Achievement Award for Leadership (2002), Distinguished University Scholar (2003-2008) *e-mail:*

bohlman@interchange.ubc.ca

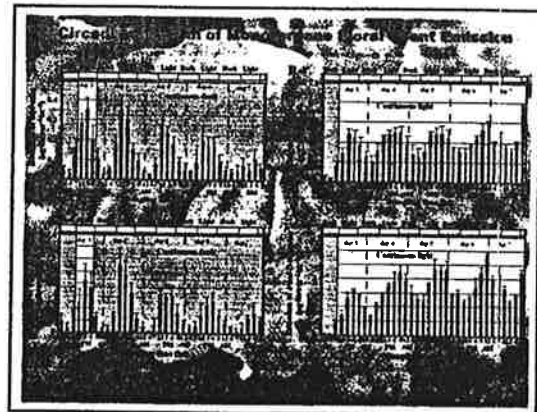
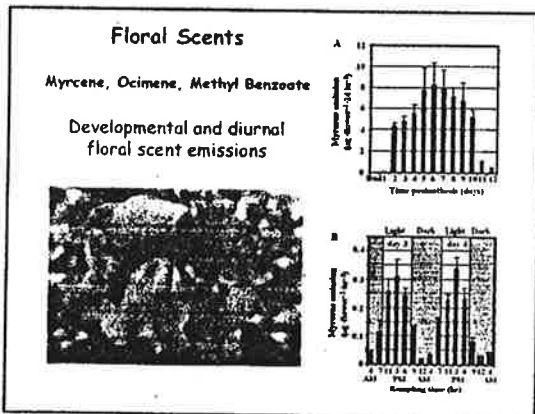
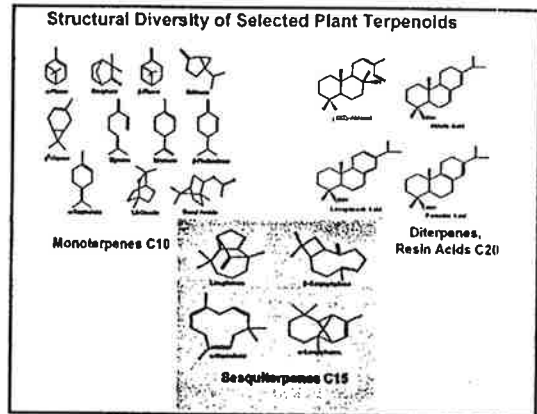
office phone: (604) 822-0282

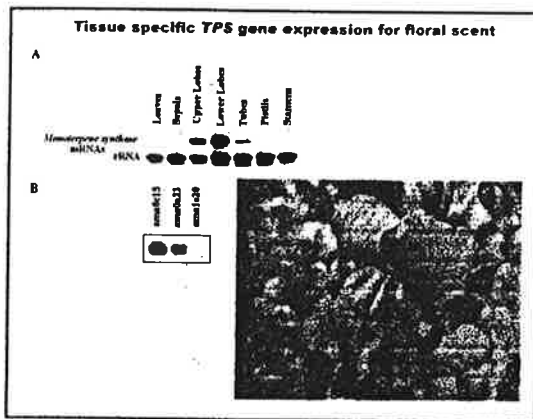
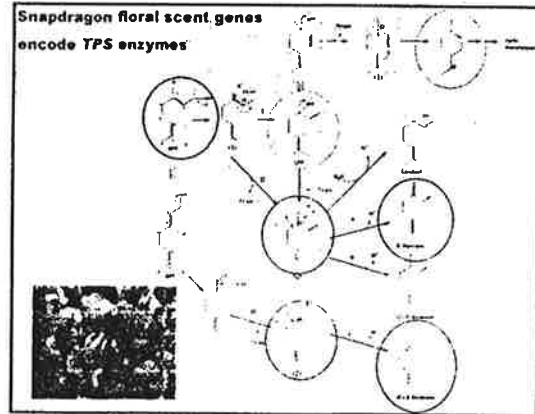
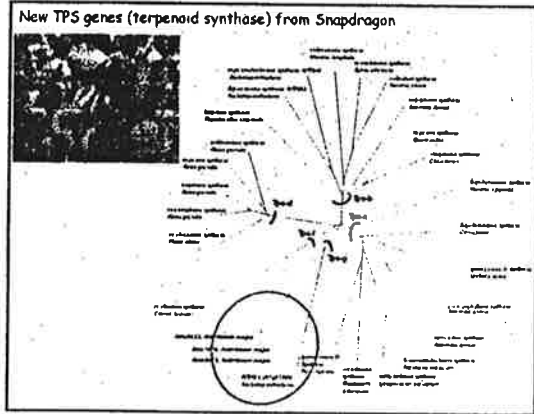


Plant Chemicals

Terpenoids = Terpenes = Isoprenoids

hemiterpenes	5 carbon	isoprene
monoterpenes	10	linalool, limonene, myrcene
sesquiterpenes	15	farosene, artemisinin
diterpenes	20	abietic acid, taxol, gibberellins
triterpenes	30	brassinosteroids
tetraterpenes	40	carotenoids
polyterpanos	n x 5	natural rubber



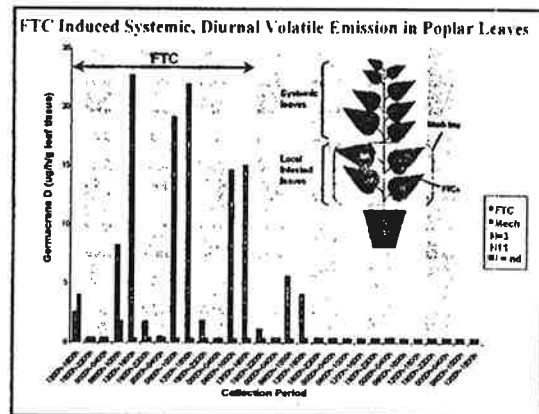
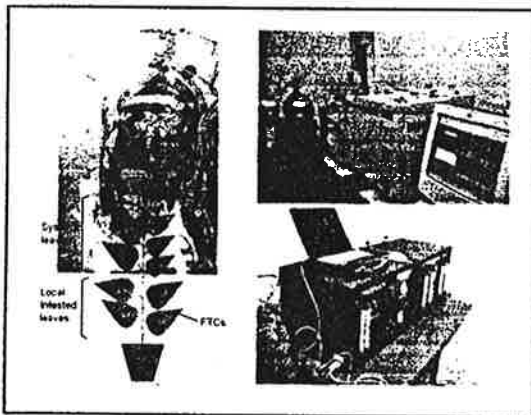
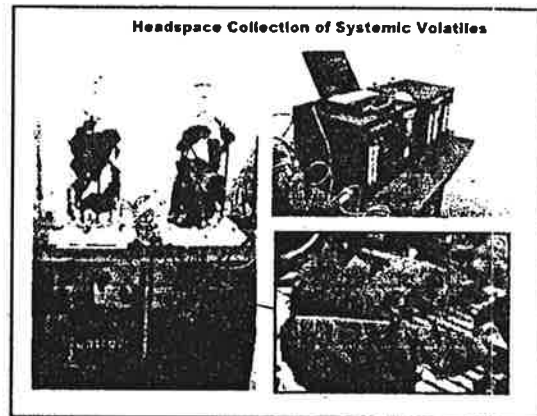
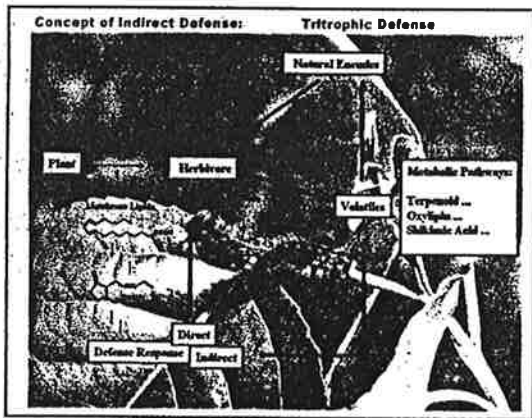
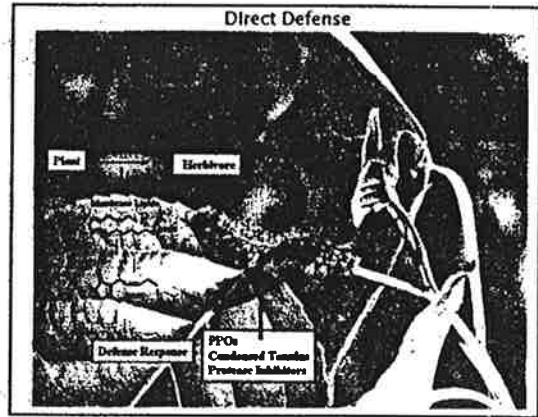
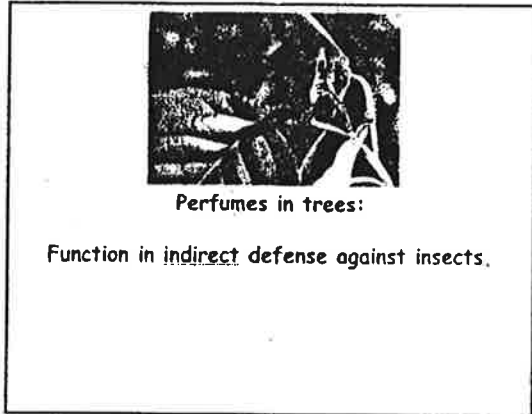


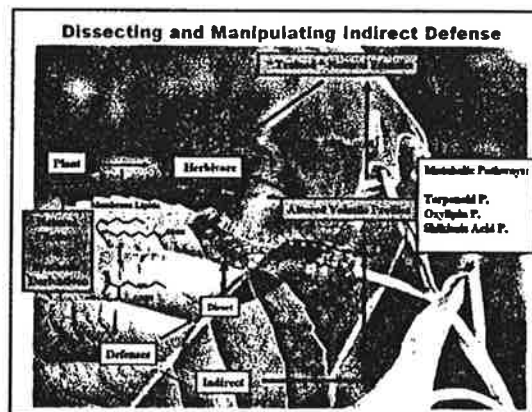
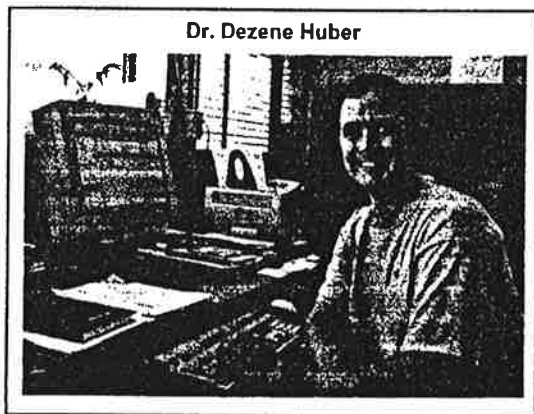
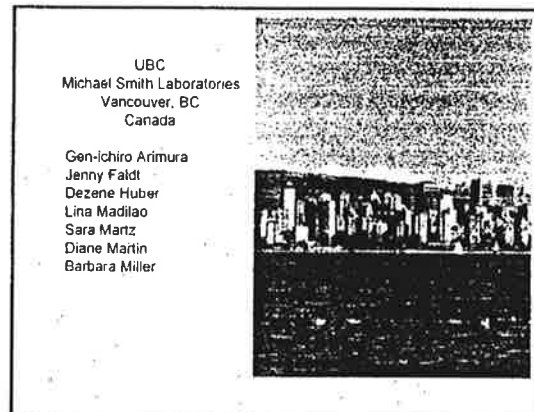
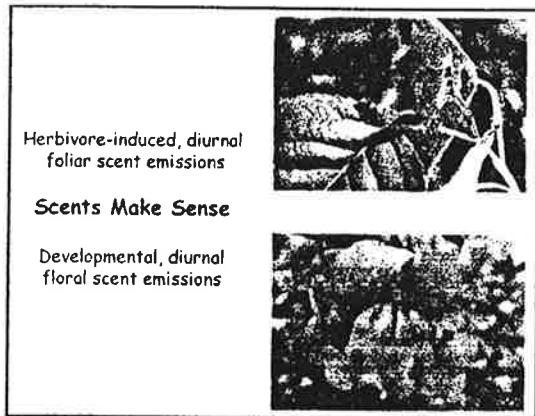
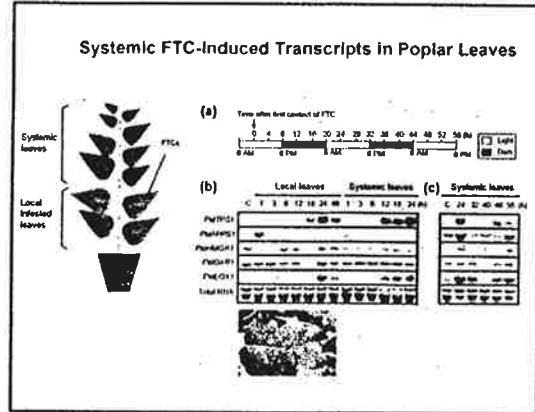
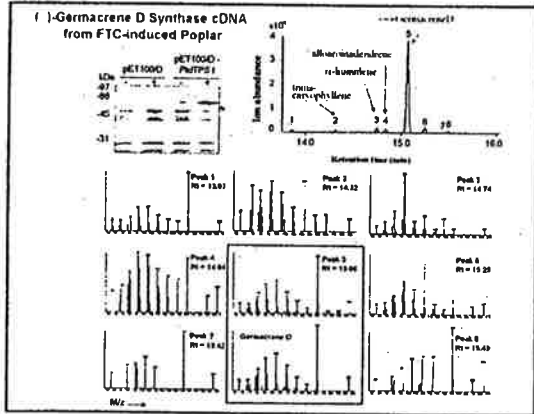
Flowers:

Floral scent genes (TPS) make perfumes for the attraction of insects.

TPS genes control chemistry, time, and place of rhythmic emission

Perfumes in trees?





주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.