



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

한라산 고산식물의 생육특성 및 증식 연구

Study on Growth Characteristics and Propagation  
of Alpine Plants in Mt. Halla

濟州大學校 大學院

農學科

宋 振 永

2014年 2月

# 한라산 고산식물의 생육특성 및 증식 연구

指導教授 宋 昌 吉

宋 振 永

이 論文을 農學 博士學位 論文으로 提出함

2013年 12月

宋振永의 農學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長

한 해 누



委 員

강 영 길



委 員

이 유 미



委 員

박 대 섭



委 員

고 창 기



濟州大學校 大學院

2013年 12月

# 목 차

List of tables .....	iii
List of figures .....	vii
ABSTRACT .....	xi
I. 서 언 .....	1
II. 연구 사 .....	3
III. 재료 및 방법 .....	8
1. 한라산 고산식물 선정 및 자생지 생육 특성 .....	8
1) 조사기간 .....	8
2) 종 동정 및 선정 .....	8
3) 자생지 기후인자 조사 .....	8
4) 자생지 토양 분석 .....	9
(1) 토양의 물리성 분석 .....	9
(2) 토양의 화학성 분석 .....	9
2. 한라산 고산식물 삼목 및 실생묘 번식 연구 .....	10
1) 연구재료 .....	10
2) 증식 육묘환경 조사 .....	10
3) 삼목 증식 연구 .....	10
(1) 2012년 눈향나무 등 4종의 삼목 실험 .....	10
(2) 2013년 구상나무 등 8종의 삼목 실험 .....	13
4) 실생묘 증식 실험 .....	15
(1) 한라부추의 실생묘 증식실험 .....	15
(2) 줄민들레의 실생묘 증식실험 .....	16
(3) 통계 처리 .....	17
3. 한라산 고산식물 육묘환경 개선 연구 .....	18
1) 질소비료 종류에 따른 고산식물의 증식 .....	18

2) 질소비료 시비량에 따른 고산식물의 생육 .....	20
3) 질소시비에 따른 고산식물의 질소 및 엽록소함량 .....	20
IV. 결과 및 고찰 .....	22
1. 한라산 고산식물 선정 및 자생지 생육 특성 .....	22
1) 한라산 고산식물 선정 .....	22
2) 자생지 기후인자 조사 .....	27
3) 자생지 토양 분석 .....	28
(1) 물리적 분석 .....	28
(2) 화학적 분석 .....	28
2. 한라산 고산식물 삼목 및 실생묘 번식 연구 .....	31
1) 증식 육묘환경 조사 .....	31
(1) 증식시설내의 광량 변화 .....	31
(2) 증식시설내의 온·습도의 변화 .....	33
2) 삼목 증식 실험 .....	40
(1) 2012년 눈향나무 등 4종의 삼목 실험 .....	40
(2) 2013년 구상나무 등 8종의 삼목 실험 .....	61
3) 실생묘 증식 실험 .....	85
(1) 한라부추의 실생묘 증식실험 .....	85
(2) 좁민들레의 실생묘 증식실험 .....	88
3. 한라산 고산식물 육묘환경 개선 연구 .....	93
1) 질소비료 종류에 따른 고산식물의 증식 .....	93
2) 질소비료 시비량에 따른 고산식물의 생육 .....	111
3) 질소시비에 따른 고산식물의 질소 및 엽록소함량 .....	117
V. 종합고찰 .....	124
VI. 적요 .....	138
참고문헌 .....	142
감사의 글 .....	147

# List of Tables

Table 1. Experimental treatments for cutting propagation in 2012 .....	12
Table 2. Experimental treatments for cutting propagation in 2013 .....	14
Table 3. Test plants for cutting propagation in 2012.....	14
Table 4. Test plants for cutting propagation in 2013.....	15
Table 5. Experimental treatments for seed germination in 2012 .....	16
Table 6. Experimental treatments for cutting propagation in 2013 .....	18
Table 7. List of plant varieties tested for environmental improvement of growing seedling.....	19
Table 8. Treatment contents for environmental improvement of growing seedling.....	19
Table 9. Equations used in the calculation of chlorophyll a, chlorophyll b, and total carotene levels.....	21
Table 10. List of all test plant varieties.....	24
Table 11. Distribution of each test plant and coordinates of research locations.....	26
Table 12. Average temperature(°C) and humidity(%) of five research locations during 2012.....	27
Table 13. Physical characteristics of soil in four research locations .....	30
Table 14. Chemical characteristics of soil in four research locations .....	30
Table 15. Monthly average temperature(°C) for two rooting frames .....	34

Table 16. Monthly average humidity(%) for two rooting frames .....	34
Table 17. Average and daily range of temperature(℃) and humidity(%) for two rooting frames in 2013.....	37
Table 18. Rooting characteristics of <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> in vinyl-moist chamber.....	42
Table 19. Rooting characteristics of <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> in greenhouse.....	43
Table 20. Rooting characteristics of <i>Vaccinium uliginosum</i> in vinyl-moist chamber.....	47
Table 21. Rooting characteristics of <i>Vaccinium uliginosum</i> in greenhouse.....	48
Table 22. Rooting characteristics of <i>Thymus quinquecostatus</i> in vinyl-moist chamber.....	52
Table 23. Rooting characteristics of <i>Thymus quinquecostatus</i> in greenhouse.....	53
Table 24. Rooting characteristics of <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> in vinyl-moist chamber.....	57
Table 25. Rooting characteristics of <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> in greenhouse.....	58
Table 26. Rooting characteristics according to cutting on <i>Abies</i> <i>koreana</i> .....	62
Table 27. Rooting characteristics according to cutting on <i>Betula</i> <i>ermanii</i> .....	65
Table 28. Rooting characteristics according to cutting on <i>Schisandra</i> <i>repanda</i> .....	68
Table 29. Rooting characteristics according to cutting on <i>Empetrum</i> <i>nigrum</i> var. <i>japonicum</i> .....	71
Table 30. Rooting characteristics according to cutting on <i>Eleutherococcus</i> <i>divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> .....	74

Table 31. Rooting characteristics according to cutting on <i>Elsholtzia minima</i> .....	77
Table 32. Rooting characteristics according to cutting on <i>Anaphalis sinica</i> var. <i>morii</i> .....	80
Table 33. Rooting characteristics according to cutting on <i>Aster hayatae</i> .....	83
Table 34. Germination characteristics according to watering systems and plant growth regulators on <i>Allium taquetii</i> .....	86
Table 35. Germination characteristics of different temperature treatments and plant growth regulator treatments on <i>Allium taquetii</i> .....	87
Table 36. Seedling growth according to watering systems and plant growth regulators on <i>Allium taquetii</i> .....	87
Table 37. Germination characteristics of <i>Allium taquetii</i> (15℃).....	89
Table 38. Germination characteristics of <i>Allium taquetii</i> (20℃).....	90
Table 39. Germination characteristics of <i>Allium taquetii</i> (30℃).....	91
Table 40. Germination characteristics of <i>Allium taquetii</i> (40℃).....	92
Table 41. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> .....	101
Table 42. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on <i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> .....	102
Table 43. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on <i>Elsholtzia minima</i> .....	103
Table 44. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on <i>Aster hayatae</i> .....	104



Table 45. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on <i>Taraxacum hallaisanense</i> .....	105
Table 46. Chemical properties of culture soil.....	111
Table 47. Pigment content characteristics of <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> according to amount of applied fertilizer.....	119
Table 48. Pigment content characteristics of <i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> according to amount of applied fertilizer.....	120
Table 49. Pigment content characteristics of <i>Elsholtzia minima</i> according to amount of applied fertilizer.....	121
Table 50. Pigment content characteristics of <i>Aster hayatae</i> according to amount of applied fertilizer.....	122
Table 51. Pigment content characteristics of <i>Taraxacum hallaisanensis</i> according to amount of applied fertilizer.....	123

# List of Figures

Fig. 1. Photo of greenhouse and vinyl-moist chamber.....	12
Fig. 2. Distribution of each test plant and coordinates of research locations.....	25
Fig. 3. Average light level in greenhouse.....	32
Fig. 4. Hourly average temperature(℃) in two rooting frames during 2012.....	35
Fig. 5. Hourly average humidity(%) in two rooting frames during 2012.....	36
Fig. 6. Hourly average temperature(℃) in two rooting frames during 2013.....	38
Fig. 7. Hourly average humidity(%) in two rooting frames during 2013.....	39
Fig. 8. Rooting characteristics of <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> .....	41
Fig. 9. Rooting form of <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> after cutting according to each container and treatment in greenhouse.....	44
Fig. 10. Rooting form of <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.....	45
Fig. 11. Rooting characteristics of <i>Vaccinium uliginosum</i> .....	46
Fig. 12. Rooting form of <i>Vaccinium uliginosum</i> after cutting according to each container and treatment in greenhouse .....	49
Fig. 13. Rooting form of <i>Vaccinium uliginosum</i> after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.....	50

Fig. 14. Rooting characteristics of <i>Thymus quinquecostatus</i> .....	51
Fig. 15. Rooting form of <i>Thymus quinquecostatus</i> after cutting according to each container and treatment in greenhouse .....	54
Fig. 16. Rooting form of <i>Thymus quinquecostatus</i> after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.....	55
Fig. 17. Rooting characteristics of <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> .....	56
Fig. 18. Rooting form of <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> after cutting according to each container and treatment in greenhouse .....	59
Fig. 19. Rooting form of <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.....	60
Fig. 20. Rooting characteristics of <i>Abies koreana</i> .....	61
Fig. 21. Rooting form of <i>Abies koreana</i> after cutting according to each container and treatment.....	63
Fig. 22. Rooting characteristics of <i>Betulaer manii</i> .....	64
Fig. 23. Rooting form of <i>Betulaer manii</i> after cutting according to each container and treatment.....	65
Fig. 24. Rooting characteristics of <i>Schisandra repanda</i> .....	67
Fig. 25. Rooting form of <i>Schisan drarepanda</i> after cutting according to each container and treatment.....	69
Fig. 26. Rooting characteristics of <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> .....	70
Fig. 27. Rooting form of <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> after cutting according to each container and treatment.....	72
Fig. 28. Rooting characteristics of <i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> .....	73

Fig. 29. Rooting form of <i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> after cutting according to each container and treatment.....	75
Fig. 30. Rooting characteristics of <i>Elsholtzia minima</i> .....	76
Fig. 31. Rooting form of <i>Elsholtzia minima</i> after cutting according to each container and treatment.....	78
Fig. 32. Rooting characteristics of <i>Anaphalis sinica</i> var. <i>morii</i> .....	79
Fig. 33. Rooting form of <i>Anaphalis sinica</i> var. <i>morii</i> after cutting according to each container and treatment.....	81
Fig. 34. Rooting characteristics of <i>Aster hayatae</i> .....	82
Fig. 35. Rooting form of <i>Aster hayatae</i> after cutting according to each container and treatment.....	84
Fig. 36. Shoot length of test plants according to the urea and osmocote application.....	97
Fig. 37. Root length of test plants according to the urea and osmocote application.....	98
Fig. 38. Dry weight of test plants according to the urea and osmocote application.....	99
Fig. 39. Root number of test plants according to the urea and osmocote application.....	100
Fig. 40. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> .....	106
Fig. 41. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on <i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> .....	107
Fig. 42. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on <i>Elsholtzia minima</i> .....	108
Fig. 43. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on <i>Aster hayatae</i> .....	109

Fig. 44. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on <i>Taraxacum hallaisanensis</i> .....	110
Fig. 45. Shoot length of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer .....	113
Fig. 46. Root length of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer .....	114
Fig. 47. Dry weight of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer .....	115
Fig. 48. Root number of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer .....	116
Fig. 49. Amount of T-N of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer .....	118

## ABSTRACT

In order to understand the growth characteristics and proliferation methods of alpine flora in Mt. Halla, some alpine plants vulnerable to climate changes and urgent for preservation and industrialization in consideration of scarcity and traditional knowledge were selected 1) to investigate growth environments through a climate and soil analysis of their neighboring habitats, 2) to identify how to make cuttings of the alpine plants and how to multiply the plants raised from seeds, and 3) to compare and analyze the efficiency of fertilizer uses by measuring growth features depending on containers for industrialization and manuring levels, in the study that had been conducted from March 2012 to October 2013 and summarized with the following results.

### **1. Selection of specific alpine plants in Mt. Halla and their growth characteristics in habitats**

Alpine plants classified into 11 families, 14 species, 4 varieties, and 14 groups including *Abies koreana* which were naturally growing in Mt. Halla national park were selected, because they were considered scarce, unique and weak to climate changes but highly valuable as resource plants.

Between March and October 2012, the average levels of temperature at some places were 8.5 °C at the top of Mt. Halla (1950m), 12.3 °C at Yeongsil (1500m); and 13.8 °C at wetlands (1100m), while the average levels of humidity were 78.9%, 78.0% and 78.2 % respectively.

The soil analysis on the habitats of alpine plants was made to determine bulk density of 0.26~1.10g/cm<sup>3</sup>, particle density of 1.87~2.54g/cm<sup>3</sup> and porosity of 57~85% that showed differences in range depending on those investigated places. Besides, it also revealed soil pH of 4.7~5.3 and electrical

conductivity of 0.20~0.60dS/m, and the exchangeable content ranges of K, Ca, Mg and Na were 0.06~0.49  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  (K), 0.07~2.48 $\text{cmol}^+/\text{kg}$  (Ca), 0.04~1.54 $\text{cmol}^+/\text{kg}$  (Mg) and 0.14~0.24 $\text{cmol}^+/\text{kg}$  (Na), respectively, along with cationic substitution capacity of 15.94~39.82 $\text{cmol}^+/\text{kg}$ .

Therefore, the soils of habitats generally were determined to have the porosity smooth for water downward penetration and the pH and electrical conductivity invulnerable to salt. The cation exchangeable capacity of 19.7 $\text{cmol}^+/\text{kg}$  at the top of Mt. Halla and Seongpanak Trail region was found to be similar to that of the general forest soils in Jeju island, but the level of the cation exchangeable capacity at Yeongsil and Highland plots was more than twice higher.

## **2. Cuttings of Mt. Halla alpine plants and proliferation of the alpine plants raised from seeds**

In order to study proliferation of alpine plants, a growth environment with a shading level of 50~75% was created to investigate some changes in the amount of light inside proliferation facilities from July to September 2012.

Accordingly, the average changes were measured in the levels of temperature and humidity at the facilities, a greenhouse and closed boxes (vinyl-moist chamber), that is, 22°C and 76.57% in the greenhouse and 22.3°C and 93.33% in the closed boxes, respectively in 2012, while 23.35°C and 79.9% in the greenhouse and 23.9°C and 93.77% in the closed boxes, respectively in 2013. Since the relative humidity of cutting proliferation should be adjusted close to the saturated level, the closed boxes were evaluated favorable for the uniform control of temperature and humidity levels.

### **(1) Cutting experiments on 4 species of alpine plants including Sargent Juniper in 2012**

Four species of alpine plants including *Juniperus chinensis* were collected

and propagated by cuttings. Then, it was confirmed that initial uprooting was observed 60 days for *Juniperus chinensis*, 50 days for *Vaccinium uliginosum*, 15 days for *Thymus quinquecostatus* and 45 days for *Lonicera caerulea* var. *edulis*.

The uprooting rates were checked in the experiment. In case of *J. chinensis*, the high uprooting rates at the closed boxes were 90%, 100% with a cutting board-lime water-potassium permanganate treatment, 100% with a potassium permanganate treatment, 100% with a port-nitrate treatment, 100% at Rootone-control group and 100% with a tray-potassium permanganate treatment, respectively, while the uprooting rates of the plants in the greenhouse were generally high, averagely 100%, with port and Rootone-tray treatments. In case of *V. uliginosum*, the uprooting rates at the closed boxes were 96% at the cutting board, 55% at the port, 43% at the tray. The cutting board-Rootone treatments resulted in the uprooting rate of uprooting rate at all treated plots. Mean while, in the greenhouse, the uprooting rates were 56% at the cutting board, 55% at port and 45% at the tray showing no significant difference in treatments. On the other hand, the cutting board-untreated plot showed the highest uprooting rate of 100% with the potassium permanganate treatment, and the cutting board-Rootone treated plants showed high uprooting rates of 90% and 80% respectively with the lime water pre-treatment and with the potassium permanganate pre-treatments. In case of *T. quinquecostatus*, the uprooting rates in the closed boxes were 51% at the cutting board, 68% at the port and 68% at the tray, while those in the greenhouse were 83% at the cutting board, 68% at the port and 63% at the tray respectively. The uprooting rates of Thyme in the closed boxes were 100% both with the cutting board-untreated plot-silver nitrate treatment and with the cutting board-Rootone-lime water treatment, and 90% with the potassium permanganate. In the greenhouse, the uprooting rates were 100% with the cutting borad-untreated plot-silver nitrate



treatment and with the Rootone-untreated plot·lime water treatment.

In case of *L. caerulea*, the uprooting rates in the closed boxes were 64% at the cutting board, 61% at the port and 66% at the tray, while the uprooting rate at the experimented plot in the greenhouse showed averagely 37% of the total treated plot, that is, 1.7 times lower than in the closed boxes. Particularly, in considering the uprooting rates of *L. caerulea* in the closed boxes, the cutting board-Rootone-lime water treatment resulted in 100%, that is, the highest of all treatments.

## **(2) Cutting experiment on 8 species of alpine plants including *Abies koreana* in 2013**

Eight species of alpine plants including *Abies koreana* were collected and propagated by cuttings. Then, it was confirmed that initial uprooting was observed respectively, 65 days for *Abies koreana*, 65 days for *Schisandra repanda*., 25 days for *Empetrum nigrum* var. *japonicum*, 60 days for *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*, 10 days for *Elsholtzia minima* , 15 days for *Anaphalis sinica* var. *morii* and 15 days for *Aster hayatae*. However, the uprooting was not observed for *Betula ermanii*.

The uprooting rates were measured for all those plants. In case of *A. koreana*, most of treated plots failed to root out, but the uprooting rate of 7.5% was seen only at the closed box-Rootone treated plot. Roughly more than 50% of those plants succeeded in survival in all treated plots. The uprooting of *B. ermanii* also failed to observe. In case of *S. repanda*., most failed to root out, with 21.5 samples averagely surviving in the closed boxes and with the average survival rate of 29.5% only with lime water and potassium permanganate treatments. In case of greenwood cuttings of *E. nigrum* var. *japonicum*, the highest uprooting rate of 87.5% was seen with the closed box-silver nitrate treatment, and the uprooting rate of 75% were shown with the potassium permanganate treatment, that is, 6.5 times and 5.6

times higher than the uprooting rate of those treated plots in the greenhouse. In case of *E. divaricatus* var. *chiisanensis*, except the uprooting rate of 2.5% with the potassium permanganate treatment, all treated plots did not root out with most of them having fallen blossoms and failing to survive. In case of *E. minima*, the high uprooting rate of 95% was shown equally both in the greenhouse and in the closed boxes. Except the uprooting rate of 77.5% with the silver nitrate treatment, the uprooting rate of over 95% was shown in all treated plots of the closed boxes. In case of *A. sinica* var. *morii*, the different uprooting rates in the closed boxes were reported 68% in average, 90% with the potassium permanganate treatment and 20% with the silver nitrate treatment. In the height of the aerial parts, a difference of 1.8 times was seen, 49.1% in the closed boxes and 26.3% in the greenhouse, respectively. In case of *A. hayatae*, the uprooting rates were 52.5% in the greenhouse and 60% in the closed boxes, resulting in the highest uprooting rate of 80% at the closed box - Rootone treated plot.

### **(3) Proliferation experiment of the plants raised from seeds**

In considering germination features of Halla chives depending on changes in temperature and plant growth regulators, the average germination rate of 45% was reported the highest at the untreated plot, that is, at 20 °C. The germination rates of 66.7% and 73.3% were recorded respectively at the time of overhead irrigation and at the time of wick irrigation. However, with the BA and GA treatments, the germination rates got higher respectively, 91.7% at the overhead irrigation and 73.3% at the wick irrigation. In case of *T. hallaisanensis*, the highest germination rate of 90% was shown at the plot treated at 15°C with BA 10ppm. Besides, germination rates were also reported respectively, 73.3% at the plot treated at 20°C with GA 1ppm, 53.3% in the plot treated at 30°C with LPE, and 60% at the plot treated at 40°C with GA 10ppm. Moreover, the germination rates of *T. hallaisanensis* treated at the

lower levels of temperature were 46.7% at 15 °C, 70% at 20 °C, 36.7% at 30 °C and 60% at 40 °C, respectively.

### **3. Improvement of growth promoting environment of Mt. Halla alpine plants**

In order to study proliferation and growth properties of alpine plants through the improvement of a growth promoting environment, an analysis was made to identify factors which might affect the initial growth stage of proliferation by investigating growth differences depending on containers and manuring levels of fertilizers.

Treatments were made with different manuring levels of nitrogen to five species of alpine plants. In case of *T. hallaisanensis*, the length of the aerial parts increased proportionally along with the amount of fertilizer. On the contrary, in the cases of *E. nigrum var. japonicum*, *E. divaricatus var. chiisanensis*, *E. minima* and *A. hayatae*, the height of the aerial parts showed a tendency of decrease. In comparison with the control plot, except *T. hallaisanensis*, the growth of the aerial parts tended to decrease adversely as the manuring levels of nitrogen increased as much as 34% for *E. divaricatus var. chiisanensis*, 63% for *E. minima* and 56% for *A. hayatae*. In addition, except *T. hallaisanensis*, the length of the aerial parts showed a tendency to decrease reversely as the manuring levels were increased, 0.44~0.97 times lower than the control plot, and the dry matter and the number of roots also showed a tendency to decrease reversely as manuring levels were increased. Furthermore, when the manuring levels of nitrogen fertilizer were increased to 5~30 kg/10a to *E. nigrum var. japonicum*, *A. hayatae* H. , *T. hallaisanense*, the nitrogen content inside the plant body increased as much as 7.7~62.3%.

In consequence, according to the results of the treatments of alpine plants with the different types of nitrogen fertilizer, the reactions of those

plants were found different. The length of the aerial parts at the plots treated with nitrogen and Osmocote fertilizer was seen favorable in comparison with the control plot, while the root length, dry matter and the number of sprouted roots were seen more favorable at the plot treated with Osmocote. The plot treated with nitrogen showed no significance in comparison with the control plot. Particularly, growth of *E. divaricatus* var. *chiisanensis*, *A. hayatae*, *T. hallaisanense* was investigated more favorably depending on nitrogen manuring levels. In other words, in case of alpine plants having a low demand level of nitrogen fertilizer, slow-acting fertilizers are determined more favorable than quick-acting ones for the purpose of proliferation.

## I. 서 언

제주도는 한반도의 최남단에 위치하며 바다로 둘러싸여 있고, 아시아대륙은 물론 일본열도와도 격리되어 있는 화산섬으로, 한라산과 오름 등 특수한 산악 지형이 형성되어 있어 면적은 좁으나 다양한 기상현상과 기후특징을 보이는데, 독특한 식물상과 그 천이과정을 지니고 있다(제주지방기상청, 2010).

최근 급격한 기온상승 및 빈번한 이상기상 출현으로 제주지역 생태계에 영향을 미치고 있으며, 특히 고산식물은 분포 범위가 좁고 이동할 수 있는 범위가 제한되어 있어 지구 온난화 등의 급속한 환경 변화의 요인으로 멸종을 야기할 수도 있다고 한다(공, 1998).

식물 종수는 학자마다 보고가 다르지만 국내에 자생하는 식물은 170과 897속 2,898종 705아종 928변종 301품종 23잡종으로 총 4,158종이며, 제주의 자생식물은 1990분류군으로 약 50%에 해당한다(이, 2002; 김, 2006; 제주특별자치도, 2007). 흔히 고산식물은 아고산대 수목한계선 이상에 특징적으로 나타나는 자생식물을 말하지만, 이러한 수목한계선은 지형이나 지질에 따라 뚜렷하지 않고, 구분이 어려운 것으로 알려져 있다(Korner, 1995). 대개 고산식물의 단순한 절대고도나 기후대가 아닌 식생대 등 생태계의 구조와 특성을 고려한 구분이 필요하다는 견해를 보이고 있는데(공, 2002), 수직분포가 뚜렷이 나타나는 한라산은 한대성 또는 고산성의 식물이 많이 분포하고 있어 고립에 적응한 특산식물 또한 많이 분포하여(김, 2006) 생물종 다양성이 풍부하다. 한라산(국립공원)에 분포하는 관속식물은 144과 470속 895종 3아종 20변종 13 품종으로 총 931분류군으로 보고하고 있다(제주특별자치도 한라산연구소, 2007). 이 중 환경부지정 멸종위기 보호야생식물이 51종 보고되고, 36종의 한국고유식물과 식물구계학적 특정식물이 323분류군으로 보고 되었다(제주특별자치도, 2012).

한편, 우리나라는 지난 1992년에 가입하여 생물다양성협약(환경부, 2006) 생물유전자원의 승인과 이용으로부터 발생하는 이익을 공정하고 공평하게 공유하기 위한 협약에 참여하고 있는데, 2010년 나고야의정서에 따라 특정 국가의 유전자원에 대해 사전승인 또는 이용으로부터 얻어진 이익을 공유하도록 규정을 채

택해 2011년 2월 2일 발효됨으로써, 지역 고유의 생물유전자원의 보전과 증식에 대한 책임과 관심이 높아지고 있다(환경부, 2006; 환경부, 2011).

또한, 한라산 고산식물의 유전자원 보전과 자생지 복원, 자원화를 위한 고산식물의 분포 및 생태생리학적 특성 등 환경적응성에 대한 연구에 대해 고(2000)와 공(2002) 등의 연구 결과가 보고되고 있으며, 삼목 및 실생묘 증식에 관한 연구는 일부 종에 대해 이뤄지고 있으나, 한라산이 문화재 지역으로 채집허가 및 반출 등 시료확보에 어려움이 있어 세밀한 연구가 힘들다. 그래서 한라산 고산식물의 생물자원으로서 지속가능한 이용 체계를 수립하고 이와 관련된 이익을 최대화 하기 위한 대책 마련이 절실하게 요구되고 있다.

본 연구는 이러한 문제해결의 기초자료로 사용하기 위하여 제1장은 한라산에 자생하는 고산식물 중 기후변화에 취약하거나, 희소성 및 전통지식에 부합하여 보전 및 산업화가 시급한 고산식물을 선정하였고, 선정된 고산식물의 자생지 인근의 기후, 토양 분석을 통한 고산식물의 생육환경을 조사하였다. 제2장에서는 선정된 고산식물의 삼목 및 실생묘 증식방법을 규명하기 위하여 밀폐 삼목상을 조성하여 성장 특성 조사 했으며, 제3장에서는 산업화를 위한 각 용기와 시비량에 따른 성장 특성, 상토·시비량에 따라 수확된 식물체의 NPK함량, 그리고 엽록소 및 카로티노이드 함량 측정으로 비료 흡수 및 사용 효율성을 제시하고 추후 고산식물의 보전과 산업화를 위한 육묘환경 개선 가능성을 탐색하였다.

따라서 본 조사는 한라산에 다양하게 분포하는 고산식물에 대한 생육환경을 조사하고 선정된 고산식물의 증식 연구를 통해 향후 해당식물의 증식과 복원, 산업화를 위한 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 연구를 수행하였다.

## II. 연 구 사

최근 급격한 인구증가와 경제발전, 그리고 기온상승 및 빈번한 이상기상 출현에 따른 생물자원의 고갈이 극심해지고 이러한 환경파괴로 지구 생태계의 생명부양 기능과 작용에 영향을 주어 식물들이 멸종위기에 처하고 있다. 멸종위기에 처하는 원인에는 여러 가지가 있는데 가장 큰 원인으로 지목되는 것이 생육지의 파괴가 가장 중요한 원인이며 식물종의 과도한 이용, 환경오염물질의 영향, 외래종의 무분별한 도입 등과 같은 인위적인 요인이 보다 심각한 멸종의 원인이 되고 있다. 인간간섭에 의한 멸종은 100년 안에 약 90종으로 자연적으로 멸종되는 종에 4만 배에 달한다고 하며(Schemske et al., 1994; Wolf, 1987; Raup, 1986), 우리나라의 경우, 생물다양성이 매년 500여종이, 매달 40여종, 매일 1.4종이 사라진다고 추정 하고 있다(한국환경정책평가연구원, 2001). 자연 상태에서는 고등식물의 경우 매년 평균 2종이 절멸하는 것으로 추정하고 있다(최와 신, 1994).

지구상에 존재하는 생물의 수를 500만~1,500만으로 추정하는데(Stork, 1993), 식물종은 약 150~170만종이 분포하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이 중 양치식물, 나자식물 그리고 피자식물로 약 25만종으로 알려져 있고(UNEP, 1999; Wilson, 1989). 이들 중 50~90%가 열대림에 생육하고 있으나(WRI et al., 1992), 1990과 2000년 사이에 매년 1,420만 ha의 열대림이 사라지고 있어(FAO, 2000) 생물종 감소가 심각한 문제임을 보여주고 사례이다.

급속한 인구증가와 경제발전에 따른 생물자원의 고갈은 환경파괴로 이어지고 지구 생태계의 생명부양 기능과 작용에 영향주고 있어 생물종의 멸종을 가속화 시키고 있어 세계 인류의 높은 관심사가 되고 있다. 이에 1972년 국제환경회의 이후 각종 생물의 멸종방지를 위한 노력들이 이어지고 있는데, 생물종 보호의 필요성을 인식하여 멸종위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약(CITES)과 생물다양성협약(CBD) 등 국제협약을 다각적으로 진행하고, 1992년 브라질 리오데 자네이로에 개최된 유엔환경개발회의에서 생물다양성 보전이 주요 의제가 되어 생물다양성협약이 채택되었다(IUCN, 2000). 그 후 182개국이 “생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)”에 가입하였으나, 지구상의 전

체 식물의 2/3가 21세기 동안 멸종위기에 처할 것이며, 30만 여종으로 추정되는 관속식물들이 유전적 다양성이 사라지고 있다고 보고되었다(BGCI, 2001). 그래서 국제식물위원회(International Botanical Congress)에서는 지구의 식물 보전을 생물다양성 보전의 최우선과제로 인정할 것을 요청하고, 유엔환경계획(UNEP)의 생물다양성협약 사무국에서도 국가수준에서 식물 보전을 위한 전략을 마련하여 추진토록 하고 있다(UNEP, 2002).

국내에서는 이(1959), 박(1975), 이, 1981), 이(1987) 등 학자중심으로 멸종위기나 보호식물에 대한 연구가 진해되었으나, 1994년 생물다양성 협약의 가입 후 국내에서도 IUCN의 분류기준을 통한 보존대상종의 기준선정 등에 대한 논의가 활발하게 진행되어 왔으며(이, 1996), 환경청(1989)에서 특정야생식물(59종류)이 지정고시(제89-5호)되면서 국가적인 차원에서의 논의가 시작되었다. 자연환경보전법을 1998년 이후 '특정야생동식물'체계에서 '멸종위기 및 보호야생동식물'체계로 전환하여 6종류의 멸종위기식물과 52종류의 보호야생식물 등 총 58종류가 지정하였고(자연환경보전법 제2조 제6호와 제7조), 2005년도 야생동식물보호법으로 개정되면서 멸종위기야생식물 I급 8종류, II급 56종류에 지정되었다(환경부, 2005).

기온상승은 전 세계적으로 생태계에 영향을 미치고 있으며, 인류 초대 관심사가 되었다. 최근 50년간의 기온상승(약 0.13°C/10년)은 지난 100년(1906~2005년)간의 기온상승 추세(약 0.07°C/10년)보다 약 2배 더 빠르다(IPCC, 2007).

유럽에서 Menzel and Fabian(1999)과 Menzel(2000)은 IPG의 식물계절 관측 자료를 분석하여 1959~1996년 동안 식물계절 변화를 파악한 결과 봄철 식물계절이 6.3일 앞당겨졌고, 가을철 식물계절은 4.5일 늦어졌음을 보고하였으며, 1989~1998년 동안 0.8°C의 기온상승으로 봄철 식물계절은 8일 앞당겨졌다고 하였다(Chmielewski and Rotzer, 2002). Sparks and Carey(1995)는 유럽에서 가장 오랜 된 식물계절 자료인 Marsham 가문의 식물계절 자료를 분석하여 3.5°C 상승할 경우 영국의 봄철 식물계절은 2~3주 더 앞당겨질 것으로 예측하였다. 이 자료는 Marsham 가문의 사유지에 약 27개의 봄철 식물에 대해 1736~1947년 동안 기록한 자료이다. 그리고 영국에서는 1980년 이후 385종의 식생의 첫 개화일을 분석한 결과 4.5일 앞당겨 졌다고 하였으며, 조사 종 중 16%는 15일 앞당겨졌다고



발표 하였다(Fitter and Fitter, 2002). 또한 에스토니아에서는 봄이 약 8일 앞당겨졌으며(Ahas 1999), 독일에서는 1951~1999년 동안 분석결과 낙엽수의 개엽과 같은 봄철 식물계절은  $-0.16 \sim 0.08$ 일/년 앞당겨지는 경향이 나타났다(Menzel et al., 2001). 중국은 1982~1993년 동안 봄철 식물계절은 7~17일 앞당겨지고 가을철 식물계절은 9~19일 늦어졌고(Chen et al., 2005), 일본은 1961~2000년 동안 발아시기는 앞당겨지고, 낙엽시기는 늦어지는 추세를 보고하였다(Matsumoto, 2010).

우리나라에서는 윤진일(2006)이 예측모형 IPCC SRES A2 시나리오에 근거해서 2011~2040년에는 벚꽃의 개화시기가 평균 9일, 2041~2070 기간에는 21일, 2071~2100년 기간에는 29일 앞당겨질 것으로 예상하였고, Ho et al., (2006)은 서울의 개나리, 진달래, 벚꽃, 복숭아, 아까시나무의 개화일 자료를 분석하여 1922~2004년 동안  $2^{\circ}\text{C}$  연평균기온 상승과 함께 서울의 개화시기는 약 1~2일 앞당겨 질것으로 추정하였다. 이들 변화에 대한 결과를 보면 최근의 기온상승이 식물의 계절 변화에 영향을 미치고 있음을 증명하고 있지만, 우리나라를 포함한 동아시아 지역의 식물계절 변화에 대한 연구가 미흡하여 우리나라의 식물계절의 반응을 파악하기 위한 연구가 필요하다.

한편, 제주도는 대륙과 해양을 연결하는 요충지로 한반도 남단부에서 남쪽으로 약 80km, 九州본토에서 서쪽으로 약250km의 동지나해 북부에 있고, 동서 73km, 남북 31km의 타원형을 한 섬으로 총 면적이  $1,847.1\text{km}^2$ 으로 전 국토의 1.8%이며, 위도는 동경126도 08분~126도 58분, 북위 33도 06분~34도 00분 사이에 위치하고, 쿠로시오 해류(Kuroshio current)의 지류인 쓰시마난류(Tsushimawarm current)의 영향을 받아 온난하다. 그리고 도내 저지의 년 평균 기온은  $15.0^{\circ}\text{C}$ 에서  $15.8^{\circ}\text{C}$ , 가장 추운 달인 1월의 평균기온은  $4.8^{\circ}\text{C}$ (성산)인데  $6.0^{\circ}\text{C}$ (서귀포)처럼 남쪽지역이 타 지역에 비해  $0.8 \sim 1.2^{\circ}\text{C}$  따뜻한 기후를 보이며, 전북식물구계(Haloartic floristic kingdom)의 동아시아식물구계구 (East asiatic floristic region)에 속하며(Yoshioka, 1973; Yamazaki, 1983), 저지대의 난대성 식물부터 고지대의 고산식물까지 식물의 분포한다(고, 2000). 기후는 쿠로시오 해류(Kuroshio current)의 지류인 쓰시마난류(Tsushima warm current)의 영향을 받아 온난하다.

최근 제주특별자치도, 2012년 기후변화 적응대책 세부시행계획에서는 30년 후 해발 600mm이상 산간지역 평균기온이 11.9°C로 1.1~4.8°C로 상승이 전망되어 한라산의 고산식물들이 기후변화에 취약한 것으로 예상되고 있어, 식물의 수직 분포가 뚜렷한 한라산의 경우 한대성 또는 고산성의 식물이 많이 분포하고 있어 나타났던 식물들의 고립과 적응의 결과인 제주 고유의 특산식물의 자생지 파괴 및 멸종이 예상되고 있다(Hong, Juet al., 1997; 2000; Cha, 1998; Ju et al., 1997; 김, 1993).

한편, 제주도에 자생하는 유관속식물은 Nakai(1914)가 1,317 분류군을 발표한 이래 이(1997)가 172과 655속 1,252종 214변종 6품종 총 1,472 분류군, 김(1985)이 158과 663속 1,453종 275변종 2아종 65품종 총 1,795 분류군으로 발표한 바 있으며 최근에는 귀화식물을 포함하여 1,990분류군으로 보고하고 있다(제주도, 2005).

이는 우리나라 총 식물 종 수 약 4천여 종의 약 50%에 해당하는 것이다. 이와 같은 분류군 수는 새롭게 밝혀지는 분류군들이 있을 뿐만 아니라 귀화식물들의 유입이 지속적으로 이루어지고 있으므로 더욱 늘어 날 것으로 예측되지만 새로운 분류학적 연구 결과에 따라 분류군들이 종에 통합되거나 근연종간 통합이 이루어지기도 하고 있으므로 자생식물의 급격한 증가는 없을 것으로 예측된다(김,1993; 김, 2001). 이와 같이 좁은 면적에 많은 종수가 분포하게 된 원인에 대해서는 많은 학자들의 논의의 대상이 되고 있으나(임, 1992; 김, 1993). 일반적으로 섬의 종수는 섬의 면적이 클수록 증가하고, 면적이 클수록 서식지가 많아지며, 서식지의 변화 또한 다양하니 희귀종의 수가 많다고 하였다. 또한 섬의 종수는 가장 가까운 육지 또는 종 공급원과의 거리가 가까울수록 많아지며, 연속적인 종의 이입과 소멸로 종의 개편이 되풀이된다. 그래서 섬의 생물의 종 구성은 항상 새롭게 변화하고 이미 정착한 것들과 경쟁하게 되는 것이다(Barrycox, C. and P. Moore, 1985). 제주도 역시 이와 같은 섬의 면적과 종수와의 관계, 섬이라는 격리의 효과, 종의 재편과정이 끊임없이 일어남으로서 생물의 다양성이 유지되고 있는 것이다(김, 2006). 현재 국내 자생 식물은 170과 897속 2,898종 705아종 928 변종 301품종 23잡종으로 총 4,158종류가 있는 것으로 알려져 있으며(이, 2002), 이 가운데 우리나라 특산식물은 407종류이고, 107종류가 북한에 한정되어 있다(이, 1990). 제주의 자생식물은 김(1985)이 158과 663속 1,453종 275변종 2아종 65

품종 총 1,795 분류군으로 발표한 바 있으며 최근에는 귀화식물을 포함하여 1,990분류군으로 보고하고 있는데(제주특별자치도, 2006), 한라산 국립공원내에 분포하는 관속식물은 144과 470속 895종 3아종 20변종 13 품종으로 총 931분류군이며(제주특별자치도 한라산연구소, 2012), 이중 고산식물의 종수는 박(1942)은 79종, 정(1989)은 81종, 이(2000)는 180종, 김(2005)은 123종으로 보고하는 등 학자마다 다른 견해를 보이고 있으나, 특산식물은 남한의 300종류 중에 약 50%를 차지하고 있어 생물종다양성이 매우 높은 것으로 사료된다.

고산식물의 번식은 크게 삽목 번식과 종자의 실생묘 번식으로 나누는데, 목본류의 경우 구상나무는 포지의 양묘 시 다량 고사되는 사례가 많으며 유묘시 생장이 매우 저조하여 효율적인 신품종 개량에 장애가 되고 있다고 하였으며(김, 1993; 김, 1994; 김 등, 1991; 1997), 김 등(1985)은 구상나무 종자발아특성에 대한 보고에서 구상나무 종자 파종 시 발아율이 39%로 나타났고, 종자를 저장할 때는 냉습적저장 방법으로 50일간 저장하는 것이 발아율을 높일 수 있다고 하였다.

그리고 구상나무의 무처리구에 있어서 4년생의 모수에서 채취한 삽수가 96.7%, 10년생 삽수가 23.0%, 20년생 삽수가 0%의 발근율을 나타냈다. 이는 일반적으로 삽목의 삽수나 묘목의 발근율은 수령이 높을수록 낮아짐을 보여주고 사례 인 것이다(이, 1986). 백리향은 영양체를 절취하여 삽목하면 5월 중순에 채집한 백리향이 95% 발근하였고(조 등, 2005), 섬쭉부쟁이는 NAA 1000 mg·L에서 85%로 발근율을 보고하였다.

또한 실생묘의 증식에서 종자의 발아에서 환경조건이 가장 적합한 시기에 맞추기 위한 생리적인 기구로서 휴면이 존재한다고 밝히고 있어(Yanes and Segovia, 1993), 척박한 한라산 고산식물들은 휴면이 존재 할 것으로 여겨진다. 그러나 대부분의 휴면에는 저온습적 처리가 발아력 향상에 매우 효과적임이 보고된 바 있어(상채규 등, 1996). 5℃의 저온처리에서 자생 민들레류의 휴면을 타파시킴으로써 발아율이 향상 되었다는 보고가 있고, 줄민들레는 저온처리 30일 처리는 10.2일, 60일은 6.4일로 평균발아기간이 조사되었다(안 등, 2000).

최근 김 등(2006)의 보고에서 1980년 관목림에 자라는 시로미, 제주달구지풀 등 여러 식물 군락이 제주조릿대의 확장 등 자생지의 감소와 경쟁에서 뒤쳐지고 피압되어 식생이 단순화가 가속되고 있다고 보고되었다.

### Ⅲ. 재료 및 방법

#### 1. 한라산 고산식물 선정 및 자생지 생육 특성

##### 1) 조사기간

고산식물 자생지 생육 특성 조사는 한라산 1500고지 이상 지역을 선정하여 2012년 3월부터 2012년 10월까지 조사하였다.

##### 2) 종 동정 및 선정

종 동정은 이(1980)를 따라 실시하였으며, 고산식물은 기존의 보고 박(1942), 정(1989), 공(1998), 고(1999) 및 일본의 고산식물(武田, 1976, 1978)과 비교·검토하였고, 특산식물은 이(1996)의 보고를, 희귀식물은 이(1985), 고(1999)의 보고와 한라산연구소 데이터북(제주특별자치도 한라산연구소, 2007)과 국립수목원 국가표준목록을 기초로 분석하였으며, 한라산에서 생육하는 특성을 파악한 후 결정하였다.

종 선정은 자연과 천연자원을 보전하고자 설립된 국제 기구인 국제 자연 보전 연맹(國際自然保全聯盟, IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)의 식물의 종 보전상태를 정리한 적색목록(Red list)을 기준하였고, 국내 자연환경보존법, 멸종위기야생식물 I, II급(환경부, 2005), 산림청 보호식물을 참고하여 실험 식물을 선정하였다.

##### 3) 자생지 기후인자 조사

기후 인자의 분석은 한라산연구소에서 설치한 정상 AWS데이터와 해발고도 별(100m)로 성판악 코스와 영실코스, 어리목코스에 설치된 HOBO데이터를 사용하였으며, 측정 항목은 대기 중 온도와 습도를 5분단위로 측정하였다. 데이터의 분석은 2012년 1월부터 10월까지의 데이터를 월별 온도와 습도를 평균값으로 산출하여 사용하였고, 한라산연구소 고랭지시험포(해발700m)에 설치된 AWS데이터를 추가하여 분석하였다.

#### 4) 자생지 토양 분석

##### (1) 토양의 물리성 분석

토양의 물리성을 분석하기 위해 실험실로 운반된 코어시료는 시간이 경과하면 수분의 증발이 일어나므로 우선적으로 실험이 이루어졌다. 용적밀도는 100 cm<sup>3</sup>의 core 내의 시료를 105℃로 건조시킨 후 값을 계산하였다. 입자밀도는 토양 시료를 100 ml 용량 플라스크에 넣어 증류수를 가하여 끓인 다음 토양 자체의 밀도를 계산하였다. 공극률은 용적밀도와 입자밀도를 이용하여 구하였다. 토양상분포는 Core의 총 용량인 100 cm<sup>3</sup>에서 공극률을 뺀 값을 토양의 고상으로 하여 기상과 고상의 비를 나타내었다. 투수계수는 투수계수장치(Daiki, Japan)를 사용하여 변수위법(falling head method)으로 측정하였다.

##### (2) 토양의 화학성 분석

토양의 이화학성은 농촌진흥청 분석법(농업기술연구소, 1988)에 준하여 분석하였다. 토양의 화학성을 측정하기 위한 분석시료는 풍건시킨 후 2 mm 체를 통과한 것을 사용하였다. 토양 pH는 토양 5 g을 삼각플라스크에 넣고 증류수 25 ml를 첨가한 다음 30분간 진탕시킨 후 pH meter(inoLab pH 730, Germany)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 EC Meter(CM-11P TOA Electronics Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. 유기물 함량은 Walkley and Black법을 이용하였다. 총 질소는 토양 0.5 g을 켈달플라스크에 넣고 황산으로 분해한 다음 분해된 시료용액을 자동질소분석장치(Kjeltec analyzer unit, Foss, USA)를 이용하여 분석하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성양이온은 토양 5 g에 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액 50 ml를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 원자흡광분광광도계(SpectraA 220 FS, Varian, Australia)를 이용하여 분석하였다. 양이온치환용량(cation exchangeable capacity)은 1 N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0)로 포화하고 80% ethyl alcohol로 세척한 후 토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 함량을 정량하여 산출하였다.

## 2. 한라산 고산식물 삽목 및 실생묘 번식 연구

### 1) 연구재료

고산식물의 삽목 및 실생묘 번식 연구를 위해 자생지 생육특성 조사를 통하여에서 선정된 14종 중 아래의 초본류 6종, 목본류 8종을 대상으로 삽목 및 실생묘 번식을 조사하였다(Table 7).

초본류 : 한라부추(*Allium taquetii*), 좁향유(*Elsholtzia minima*), 구름떡쭈(*Anaphalis sinica* var. *morii*) 눈개쭈부쟁이(*Aster hayatae*), 쯤민들레(*Taraxacum hallaisanense*)

목본류 : 구상나무(*Abies koreana*), 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii*), 쯤고채목(*Betula ermanii*), 흑오미자(*Schisandra repanda*), 시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum*), 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*), 들쭈나무(*Vaccinium uliginosum*), 백리향(*Thymus quinquecostatus*), 땡땡이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis*)

### 2) 쯤식 육묘환경 조사

삽목 및 실생묘 쯤식환경을 조사하기 위해 온실 및 밀폐상 내에 온습도계(EL-USB-2, Lascar)설치하여 2012년 4월에서 10월, 2013년 5월에서 10월까지 5분간격으로 온도와 습도를 쯤정하였고, 광량은 광량쯤정계(Testo 540, Testo)를 이용하여 2012년 7~9월까지 오전 10시, 오후 3시, 오후6시에 온실내외와 피음처리한 곳에서 태양과 수직 방향으로 10~20만쯤 쯤정하였다.

### 3) 삽목 쯤식 연구

#### (1) 2012년 눈향나무 등 4종의 삽목 실험

##### ① 삽수채취

고산식물의 삽수채취는 2012년 4월~5월 한라산에 자라고 있는 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii*), 들쭈나무(*Vaccinium uliginosum*), 백리향

(*Thymus quinquecostatus*), 땃땃이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis*)를 자생지에서 채취하였다(Table 3).

## ② 삽수제조 및 삽목실 환경

삽수는 채취 후 1~2일내에 5~10 cm정도 길이로 삽수를 제조하고 윗부분은 항상 1~2장 잎을 유지하였다. 삽수 기부와 마디 절단면은 가능한 45°이하가 되게 잘랐으며, 삽수의 잎은 증산량을 억제하기 위해 반만 남기고 잘라냈다. 삽목실은 물리적으로 관행 농가에서 주로 사용하는 비닐하우스(폭7m × 길이50m × 높이3m)와, 일정한 상대습도를 유지시키기 위하여 비닐로 삽상을 완전히 밀폐하여 밀폐삽목(密閉挿木)상을 제작하여 실험하였다(Fig.1). 삽목실내 과도한 온도 상승을 막기 위해 차광막(55%)으로 실내온도를 약 26~30°C로 유지하였다. 삽목은 상토(Peat moss:Perlite:Vermiculite = 1:1:1)를 담은 삽목관(Cultivation box: 0.2m<sup>2</sup>), 포트(90 mm pot: 0.0063 m<sup>2</sup>), 32공 트레이(32hole plug tray: 0.0025m<sup>2</sup>)에 삽수길이의 1/2정도 묻었다.

## ③ 전처리 및 옥신처리, 용기별 효과

제조된 삽수는 전처리제로 질산은(AgNO<sub>3</sub>, 500ppm), 석회수(Ca(OH)<sub>2</sub>, 1,000PPM), 과망간산칼륨(K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>, 1,000PPM), 증류수(H<sub>2</sub>O)에 24시간 침지후 물로 세척하여 사용하였고, 식물생장호르몬 처리는 일반농가에서 흔히 구할 수 있는 루톤(Rootone : 1-naphthylacetamide 0.4% powder) 및 무처리를 온실과 밀폐상으로 구분하여 용기별로 12처리로 하였으며, 각 처리별 3반복으로 하고 반복당 삽수는 20개씩 하였다. 발근율은 삽목 후 각 종별로 발근여부를 확인하여 약 20~60일 후 용기에서 꺼내 발근의 유무를 조사하여 계산했다.

## ④ 삽목에 따른 발근특성

발근된 삽수는 발근율(Rooting percentage, %), 뿌리수(Root number, ea), 뿌리길이(Root length, mm), 상부길이(shoot length, mm), 근원경(Root collar diameter, mm), 생체량(Fresh weight, mg)을 측정하였다.

통계분석은 SPSS프로그램 Package(SPSS In., Release 12.0, 2004)로 발근율

과 발근·생장특성에 대한 각 처리효과와 상호작용 효과의 유의성 검정을 위해 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

Table 1. Experimental treatments for cutting propagation in 2012

Contents	Unsexual · Cutting propagation
Physical factors	Greenhouse, Vinyl-Moist Chamber
Pretreatments	Ca(OH) <sub>2</sub> , AgNO <sub>3</sub> , KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O
Growth regulators	Control, Rootone
Culture medium composition	Peat Moss, Perlite, Vermiculite(1:1:1)
Culturing pot	Cultivation box, 90mm pot, 32 Hole plug tray
The number of experimental groups	3 repeat×4 Pretreatments × 2 Physical factors × 2 growth regulating × 3 Culturing pot= 144 Treatment
Treatment period	5 Month ~ 9 Month, 2012 Year



Fig. 1. Photo of greenhouse and vinyl-moist chamber.

A, B, C: vinyl-moist chamber D: Greenhouse



## (2) 2013년 구상나무 등 8종의 삼목 실험

### ① 삼수채취

고산식물의 삼수채취는 2013년 4월~8월 한라산에 자라고 있는 구상나무 (*Abies koreana*), 좁고채목(*Betula ermanii*), 흑오미자(*Schisandra repanda*), 시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum*), 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*), 좁향유(*Elsholtzia minima*), 구름떡쑥(*Anaphalis sinica* var. *morii*) 눈개쑥부쟁이(*Aster hayatae*)를 자생지에서 채취하였다(Table 4).

### ② 삼수제조 및 삼목실 환경

삼수는 채취 후 1~2일내에 5~10 cm정도 길이로 삼수를 제조하고 윗부분은 항상 1~2장 잎을 유지하였다. 삼수 기부와 마디 절단면은 가능한 45°이하가 되게 잘랐으며, 삼수의 잎은 증산량을 억제하기 위해 반만 남기고 잘라냈다. 삼목실은 물리적으로 관행 농가에서 주로 사용하는 비닐하우스(폭 m × 길이 25 m × 높이 m)와, 대기습도를 조절하기 위한 밀폐상을 제작하여 구분하여 실험하였다. 삼목실내 과도한 온도상승을 막기 위해 차광막(55%)으로 실내온도를 약 27~30°C로 유지하였다. 삼목은 상토(Peat moss : Perlite : Vermiculite = 1:1:1)를 담은 삼목관(Cultivation box: 0.2m<sup>2</sup>)에 삼수길이의 1/2정도 묻었다.

### ③ 전처리 및 옥신처리, 용기별 효과

제조된 삼수는 온실과 밀폐상의 각 대조구 및 전처리제로 질산은(AgNO<sub>3</sub>, 500ppm), 석회수(Ca(OH)<sub>2</sub>, 1,000ppm), 과망간산칼륨(K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>, 1,000ppm), 증류수(H<sub>2</sub>O)에 24시간 침지 후 물로 세척하여 사용하였고, 식물생장호르몬 처리는 일반 농가에서 흔히 구할 수 있는 루톤(Rootone : 1-naphthylacetamide 0.4% powder)으로 구분하여 7처리로 하였으며, 각 처리별 4반복으로 하고 반복 당 삼수는 40 개씩 하였다. 발근율은 삼목 후 각 종별로 발근여부를 확인하여 약 20~60일 후 용기에서 꺼내 발근의 유무를 조사하여 계산했다.

④ 삽목에 따른 발근특성

발근된 삽수는 생존수(Survival number, ea), 발근수(Rooting number, ea), 발근율(Rooting percentage, %), 뿌리수(Root number, ea), 뿌리길이(Root length, mm), 상부길이(shoot length, mm), 생체량(Fresh weight, mg)을 측정하였다.

⑤ 통계처리

통계분석은 SPSS프로그램 Package(SPSS In., Release 12.0, 2004)로 발근율과 발근·생장특성에 대한 각 처리효과와 상호작용 효과의 유의성 검정을 위해 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

Table 2. Experimental treatments for cutting propagation in 2013

Contents	Unsexual · Cutting propagation
Physical factors	greenhouse, Vinyl-Moist Chamber
Pretreatments	Ca(OH) <sub>2</sub> , AgNO <sub>3</sub> , KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O
Growth regulators	Control, Rootone
Culture medium composition	Peat Moss, perlite, vermiculite1:1:1
Culturing pot	Cultivation box
The number of experimental groups	4 repeat×7 Treatment×10 individual=280 individual
Treatment period	4 Month~10 Month, 2013year

Table 3. Test plants for cutting propagation in 2012

NO.	Family name	Scientific name	Sampling location
1	Cupressaceae	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> A.Henry	Yeongsil
2	Ericaceae	<i>Vaccinium uliginosum</i> L	Seongpanak
3	Labiatae	<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak	1100 Wetland
4	Caprifoliaceae	<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> Turcz. ex Herder	Seongpanak

Table 4. Test plants for cutting propagation in 2013

NO.	Family name	Scientific name	Sampling location
1	Pinaceae	<i>Abies koreana</i> E.H. Wilson	Northwest face
2	Betulaceae	<i>Betula ermanii</i> Cham	Northwest face
3	Schisandraceae	<i>Schisandra repanda</i> (Siebold & Zucc.) Radlk	Gwaneumsa
4	Empetraceae	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K.Koch	Yeongsil
5	Araliaceae	<i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> (Nakai) C.H.Kim & B.Y.Sun	Yeongsil
6	Labiatae	<i>Elsholtzia minima</i> Nakai	Yeongsil
7	Compositae	<i>Anaphalis sinica</i> var. <i>morii</i> (Nakai) Ohwi	Northwest face
8	Compositae	<i>Aster hayatae</i> H.Lev. & Vaniot	Yeongsil

#### 4) 실생묘 증식 실험

##### (1) 한라부추의 실생묘 증식실험

실험에 사용된 한라부추(*Allium taquetii*) 종자를 2011년 10월 자생지에서 채종한 종자를 한라산연구소에서 분양받아 4°C 냉장 보관하여 2012년 실생묘 증식 실험에 이용하였다. 종자 소독을 위해 채종된 종자를 NaOCl 용액으로 5분간 표면 소독 후 멸균된 증류수로 3~4회 세척한 다음 70% 에탄올로 5분간 소독하고, 다시 증류수로 3~4회 세척하였다.

안정적인 수분공급과 환경조성을 위해 Plant Culture Dish(100mm, YmsKoera)에 멸균된 상토(Peat moss : Perlite : Vermiculite = 1:1:1)를 1/2 채우고 한라부추의 종자를 30립씩 방사형으로 파종하여 3반복 실험하였다.

식물조절물질 처리는 BA, GA3 500 ppm 농도로 5분간 침지하고, 성장상(Growth Chamber)에서 온도구배 15, 20, 25, 30, 35°C를 두었다. 관수체계 실험은 두상관수와 심지관수로 구분을 달리하여 평균발아율(Percent Germination, PG), 평균발아소요일(Mean germination time, MGT), 발아지수(Gemination Index, GI)를 산출하였고(노와 길, 1986), 유식물의 성장특성을 파종 15일 후에

유식물이 성장되었을 때 이를 수확하여 지상부의길이(Shoot length ,mm), 지하부 길이(Root length ,mm), 뿌리수(Root number, ea), 근원경(Root collar diameter, mm), 생체량(Fresh weight, mg), 지하부와 지상부의 비율(Rate of length on shoot and root, %)을 측정하였다.

$$\begin{aligned} \text{발아율(PG)} &= \frac{N(\text{총발아수})}{S(\text{공시종자수})} \times 100 \\ \text{발아지수(GI)} &= \frac{\Sigma(\text{Ti치상 후 조사일수} \times \text{Ni조사당일 발아수})}{S(\text{공시종자수})} \\ \text{평균발아일수(MGT)} &= \frac{\Sigma(\text{치상후 조사일수} \times \text{조사당일 발아수})}{\text{총 발아수}} \end{aligned}$$

Table 5. Experimental treatments for seed germination in 2012

Contents	Sexual propagation	
	Seed germination	
Physical factors	temperature treatments 15, 20, 25, 30, 35°C	Irrigation system Overhead irrigation, Wick Culture System
Pretreatments	4°C Wet cold treatment	
Plant growth regulators	Control, GA3, BA	
Culture medium composition	Peat Moss, perlite, vermiculite1:1:1	
Culturing pot	Plant Culture Dish	Cultivation box
The number of experimental groups	3repeat×5temperature treatments×3growth regulating=54treatments	3repeat×2Irrigation×3growth regulating=18treatments

## (2) 쯔민들레의 실험묘 증식실험

쯔민들레(*Taraxacum hallaisanense*)의 발아와 유식물의 생육특성을 조사하기 위해 2013년 6월에 서북벽 등산로 일대에서 쯔민들레 종자를 채종하여 종자의 포영(glume)을 제거하고 4°C 냉장 보관하였다가 실험묘 증식실험에 이용하였다. 종자소독을 위해 채종된 종자를 NaOCl 용액으로 5분간 표면 소독 후 멸균된 증류수로 3~4회 세척한 다음 70%에탄올로 5분간 소독하고, 다시 증류수로 3~4

회세척하였다. 종자를 24일간 습윤상태로 보관하였다가 신품묘 증식실험에 사용하였다.

생장상에서 안정적인 수분공급과 환경조성을 위해 Plant Culture Dish(100mm, YmsKoera)에 121°C에 15분간 멸균된 상토(Peat moss : Perlite : Vermiculite = 1:1:1)를 1/2 채우고 줌민들레 종자를 30립씩 방사형으로 파종하여 3반복 실험하였다.

식물조절물질 처리는 BA는 0.1, 1, 10, 100 ppm, GA3는 0.1, 1, 10, 100 ppm를 5분가 침지하였고, 친환경자재인 LPE(Lyso-Phosphatidyl-Ethanolamine, 두산)를 500, 1000, 1500, 2000배 희석하여 비교하고, 생장상(Growth Chamber)은 15, 20, 25, 30°C로 온도구배를 두어 평균발아율(Percent Germination, PG), 평균발아소요일(Mean germination time, MGT), 발아지수(Gemination Index, GI)를 산출하였다(노와 길, 1986). 유식물의 성장특성은 파종 6일 후에 유식물이 성장되었을 때 이를 수확하여 지상부의길이(Shoot length, mm), 지하부길이(Root length, mm), 뿌리수(Root number, ea), 생체량(Fresh weight, mg)을 측정하였다.

$$\begin{aligned} \text{발아율(PG)} &= \frac{N(\text{총발아수})}{S(\text{공시종자수})} \times 100 \\ \text{발아지수(GI)} &= \frac{\sum(T_i \text{치상 후 조사일수} \times N_i \text{조사당일 발아수})}{S(\text{공시종자수})} \\ \text{평균발아일수(MGT)} &= \frac{\sum(\text{치상 후 조사일수} \times \text{조사당일 발아수})}{\text{총 발아수}} \end{aligned}$$

### (3) 통계처리

통계분석은 SPSS프로그램 Package(SPSS In., Release 12.0, 2004)로 발근율과 발근·성장특성에 대한 각 처리효과와 상호작용 효과의 유의성 검정을 위해 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

Table 6. Experimental treatments for cutting propagation in 2013

Contents	sexual propagation
	Seed germination
Physical factors	temperature treatments 15, 20, 25, 30°C (5°C)
Pretreatments	Control, 4°C Wet cold treatment (2 treatment)
Growth regulators	GA3 : 0.1, 1, 10, 100ppm BA: 0.1, 1, 10, 100ppm LPE: 500, 1000, 1500, 2000배
Culture medium composition	Peat Moss, perlite, vermiculite 1:1:1 (121°C autoclave)
Culturing pot	Plant culture dish
The number of experimental groups	3repeat × 4temperature treatments × 14Treatment × 10seed = 1680seed

### 3. 한라산 고산식물 육묘환경 개선 연구

#### 1) 질소비료 종류에 따른 고산식물의 증식

실험재료로는 삼목 및 실생묘 증식을 통해 생산된 시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum*), 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*), 좁향유(*Elsholtzia minima*), 눈개쭉부쟁이(*Aster hayatae*), 좁민들레(*Taraxacum hallaisanense*)를 이용하였다(Table 5).

배양상 차이에 따른 효율성을 판단하기 위해 각 식물의 묘를 상토(Peat moss : Perlite : Vermiculite = 1:1:1)로 채운 삼목판(Cultivation box: 0.2 m<sup>2</sup>), 포트(90mm pot: 0.0063m<sup>2</sup>), 32공 트레이(32hole plug tray: 0.0025 m<sup>2</sup>)를 각 식물에 따라 2013년 8월~9월에 정식하였고, 피음처리는 고산식물의 특성상 과도한 온도 상승을 막기 위하여 55%차광 처리로 실내 온도를 약 27~30°C로 유지하였다. 질소비료 종류에 따른 고산식물 증식을 비교하기 위하여 기비로서 인산은 용성인 비(0-17-0), 칼륨은 염화가리(0-0-60)를 시비하였으며, 시비량은 순성분으로 각각 5kg/10a 수준으로 3반복 처리하였다.

질소비료 종류에 따른 고산식물의 증식은 5개 고산식물에 무처리, 속효성 및 완효성 비료를 처리하여 각각 비교하였다. 속효성 비료는 질소(Urea, 46-0-0), 완효성비료는 자생식물 증식에 주로 이용되는 Osmocot(15-11-13)를 이용하였다. 질소비료 시비량은 질소 순성분으로 질소는 5 kg/10a, osmocot는 3.75 kg/ 10a 수준으로 처리 하였으며, 용기별로 동일하게 처리하였다. 고산식물의 증식 비교는 시료를 채취하여 시료를 채취하여 지상부 길이, 지하부 길이, 건물 중량, 뿌리 발근 수를 조사하여 각각 비교하였으며, 증식실험 후 토양의 화학성 중 pH, EC, 유기물함량, T-N, 유효인산, K, Ca, Mg를 농촌진흥청 분석법(1998)을 이용하여 분석하였다.

Table 7. List of plant varieties tested for environmental improvement of growing seedling

NO.	Family name	Scientific name	Treatment
1	Empetraceae	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K.Koch	Yeongsil
2	Araliaceae	<i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> (Nakai) C.H.Kim & B.Y.Sun	Yeongsil
3	Labiatae	<i>Elsholtzia minima</i> Nakai	Yeongsil
4	Compositae	<i>Aster hayatae</i> H.Lev. & Vaniot	Yeongsil
5	Compositae	<i>Taraxacum hallaisanense</i> Nakai	West face

Table 8. Treatment contents for environmental improvement of growing seedling

Contents	Treatment
Physical factors	shading55%
Treatment	Control, 1, 5, 10, 20, 30, 40kg/10a, Osmocote
fertilizer levels	N, P, K(kg/10a)
Culture medium composition	Peat Moss, perlite, vermiculite(1:1:1)
Culturing pot	Cultivation box, 90mm pot, 32 hole plug tray
Treatment period	8 Month~10 Month, 2013year

## 2) 질소비료 시비량에 따른 고산식물의 생육

고산식물의 질소비료 시비량에 따른 생육특성은 질소비료의 사용량을 달리 하여 질소비료 시비량에 따른 생육특성을 조사하였다. 고산식물 시료는 시로미 (*Empetrum nigrum* var. *japonicum*), 지리산오갈피 (*Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*), 좁향유 (*Elsholtzia minima*), 눈개쭉부쟁이 (*Aster hayatae*), 좁민들레 (*Taraxacum hallaisanense*)에 적용하였다. 질소비료량 조절은 질소비료를 이용하였으며, 시비량은 질소 순성분으로 0, 5, 10, 20 및 30kg/10a 수준으로 3반복 처리하였다. 질소비료 처리수준에 따른 고산식물의 생육특성은 지상부 길이, 뿌리길이, 건물 함량 및 뿌리 개수를 비교하였다.

## 3) 질소시비에 따른 고산식물의 질소 및 엽록소함량

질소시비에 따른 식물체의 질소함량 및 엽분석을 위한 시료는 엽을 채취하여 공시시료로 이용하였다. 공시시료는 삼목 및 실생묘 증식을 통해 생산된 전초를 채취하여 증류수로 세척 후 약 60°C 건조기에서 24시간 동안 건조하여 질소함량 분석에 이용하였으며, 생초는 엽록소 함량을 분석하는데 이용하였다.

질소함량 분석은 건조된 공시시료를 켈달플라스크에 0.1 ~ 0.5g을 채취 후 취하여 시료를 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>를 이용하여 습식분해 후 Kjeldahl 방법에 의해 총 질소 분석을 하였다(Bremner와 Mulvaney, 1982). 클로로필(Chlorophyll) 및 카로티노이드(Carotenoid) 함량 분석은 각각 다른 질소시비량으로 처리한 식물의 잎을 수확하여 1g의 시료에 99.5% Acetone 500ml을 혼합 후 24시간 동안 암실에서 균질화시킨 후 균질화 된 현탁액을 거름종이로 걸러 여과액을 취하였다. 여과액은 분광광도계(Cary 50 Conc UV-Visible Spectrophotometer, Varian)를 사용하여 470, 645, 662nm에서 흡광도를 측정하였다. 전체 클로로필 및 카로티노이드 함량은 Wellburn(1985, 1994)의 방법에 따라 측정하였으며(Table. 47, 48, 49, 50, 51), 색소함량 분석결과는 SPSS프로그램 Package(SPSS In., Release 12.0, 2004)로 생장특성과 토양 및 식물체 분석 값에 대한 각 처리효과와 상호작용 효과의 유의성 검정을 위해 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중검정을 실시하였다.



Table 9. Equations used in the calculation of chlorophyll a, chlorophyll b, and total carotene levels

	$C_a = 11.75 A_{662} - 2.350 A_{645}$
Acetone	$C_b = 18.61 A_{645} - 3.960 A_{662}$
	$C_{x+c} = 1000 A_{470} - 2.270 C_a - 81.4 C_b/227$
Ca = Chlorophyll a, Cb = Chlorophyll b, Cx+c = Total carotene	

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 한라산 고산식물 선정 및 자생지 생육 특성

#### 1) 한라산 고산식물 선정

고산식물(高山植物, alpine plants)은 엄밀하게 말하면 고산대에서 발생하고 진화하여 그곳을 근거지로 두고 있는 식물로 종자식물, 양치식물, 이끼식물 등을 포함하는데(豊國, 1988; 野坂, 1992) 지형, 지질 등의 구분으로도 위도 상 서로가 차이가 있고, 고산대나 산록대에 구분 없이 자생하기도 하여 한정된 정의로 말하기가 어렵다(이, 2000). 그래서 이(2000)의 경우 고산식물을 한라산 1500mm 이상 지역에 분포하는 식물종으로 제시하기도 하였다. 그러나 제시된 식물중에 저지대 식물인 산박하(*Isodon inflexus*), 쥐오줌풀(*Valeriana fauriei*) 등이 포함되기도 하여, 가장 최근 발표된 김(2005)의 한라산 고산식물 전체 123종 중 목본 18종, 초본 105종으로 구성되어 있으며 이 중 30종을 제외한 93종에 대한 식물표본 데이터를 제시 하였는데, 이 자료를 신뢰성이 높다고 판단하여 제시된 식물을 기준해서 고산식물을 선정하였으며, 제시한 수종을 중심으로 구상나무, 좀향유 등 11과 14속 14종 4변종을 선정하였고, 그 중 목본류는 구상나무 등 9과 9속 9종 8변종, 초본류는 3과 5속 5종 1변종을 대상으로 증식방법 연구 및 자생지 생육조사를 실시 하였는데, 선정 기준에는 고산식물의 희소성 및 우리나라의 고유종, 기후변화에 따른 취약종 중에 증식 연구에 사용가능하며 시료 수집이 원활한지를 판단하여 기준에 반영하였다.

그 결과 야생에서 절멸할 가능성이 높은 멸종위기(EN, Endangered)식물이 눈향나무(*Juniperus chinensis*), 흑오미자(*Schisandra repanda*), 구름떡쭈 (*Anaphalis sinica* var. *morii*), 좀민들레(*Taraxacum hallaisanense*)이며, 절멸에 처할 가능성이 높은 취약종(VU, Vulnerable)이 시로미(*Empetrum nigrum*), 들쭈 나무(*Vaccinium uliginosum*), 백리향(*Thymus quinquecostatus*), 땃땃이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis*)이고, 위협의 범주에는 도달하지 않았지만 관심이 필요한 종(LC, Least Concern)으로 구상나무(*Abies koreana*), 멸종 위협에 평가

할 수 있는 자료가 부족한 보존종(DD, Data Deficient) 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus*)로 조사되었고, 특산식물(E, Endemic Plant)로 눈향나무(*Juniperus chinensis*), 한라부추(*Allium taquetii*), 좁고채목(*Betula ermanii*), 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus*), 좁향유(*Elsholtzia minima*), 눈개쭉부쟁이(*Aster hayatae*), 쯤민들레(*Taraxacum hallaisanense*)로 조사되었다(Table 10).

선정된 고산식물은 아고산대에 분포하는데, 대부분 제주조릿대가 하층식생으로 우점하고 있었으며, 목본류를 제외한 초본류는 한라산 전역에서 간헐적인 분포를 보여 가장 개체수가 많고 접근하기이 용이한 곳에서 채취하였으며, 문화재청에서 허가를 받은 굴취량 및 채집 시기를 고려하였으며, 조사지역은 해발 836~1934m 지역으로 한라부추, 백리향은 백록담 내 고산지대에도 분포하나 1100습지 인근에 군락으로 분포하고 있어 접근이 용이한 곳에서 채집하였고, 흑오미자와 지리산오갈피는 기존 자생지에서 새롭게 분포지역을 추가 조사하였는데 1500m이하의 해발고도로 제일 낮게 분포하였다(Table 11; Fig. 2).

Table 10. List of all test plant varieties

NO.	구분	Family name	Korean name	Scientific name	Level*
1	Arbor	Pinaceae	구상나무	<i>Abies koreana</i> E.H.Wilson	LC/E
2	Arbor	Cupressaceae	눈향나무	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> A.Henry	EN
3	Arbor	Liliaceae	한라부추	<i>Allium taquetii</i> H.Lev. & Vaniot	E
4	Arbor	Betulaceae	좁고채목	<i>Betula ermanii</i> Cham	E
5	Arbor	Schisandraceae	흑오미자	<i>Schisandra repanda</i> (Siebold & Zucc.) Radlk	EN
6	Arbor	Empetraceae	시로미	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K.Koch <i>Eleutherococcus divaricatus</i>	VU
7	Arbor	Araliaceae	지리산오갈피	var. <i>chiisanensis</i> (Nakai) C.H.Kim & B.Y.Sun	DD/E
8	Arbor	Ericaceae	들쭉나무	<i>Vaccinium uliginosum</i> L	VU
9	Arbor	Labiatae	백리향	<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak	VU
10	Herb	Labiatae	좁향유	<i>Elsholtzia minima</i> Nakai	E
11	Arbor	Caprifoliaceae	댕댕이나무	<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> Turcz. ex Herder	VU
12	Herb	Compositae	구름떡쭉	<i>Anaphalis sinica</i> var. <i>morii</i> (Nakai) Ohwi	EN
13	Herb	Compositae	눈개쭉부쟁이	<i>Aster hayatae</i> H.Lev. & Vaniot	E
14	Herb	Compositae	좁민들레	<i>Taraxacum hallaisanense</i> Nakai	EN/E

EN : Endangered, VU : Vulnerable, LC : Least Concern, DD : Data Deficient ,  
E : Endemic Plant

\*Level of IUCN(International Union for Conservation of Nature : Red list)

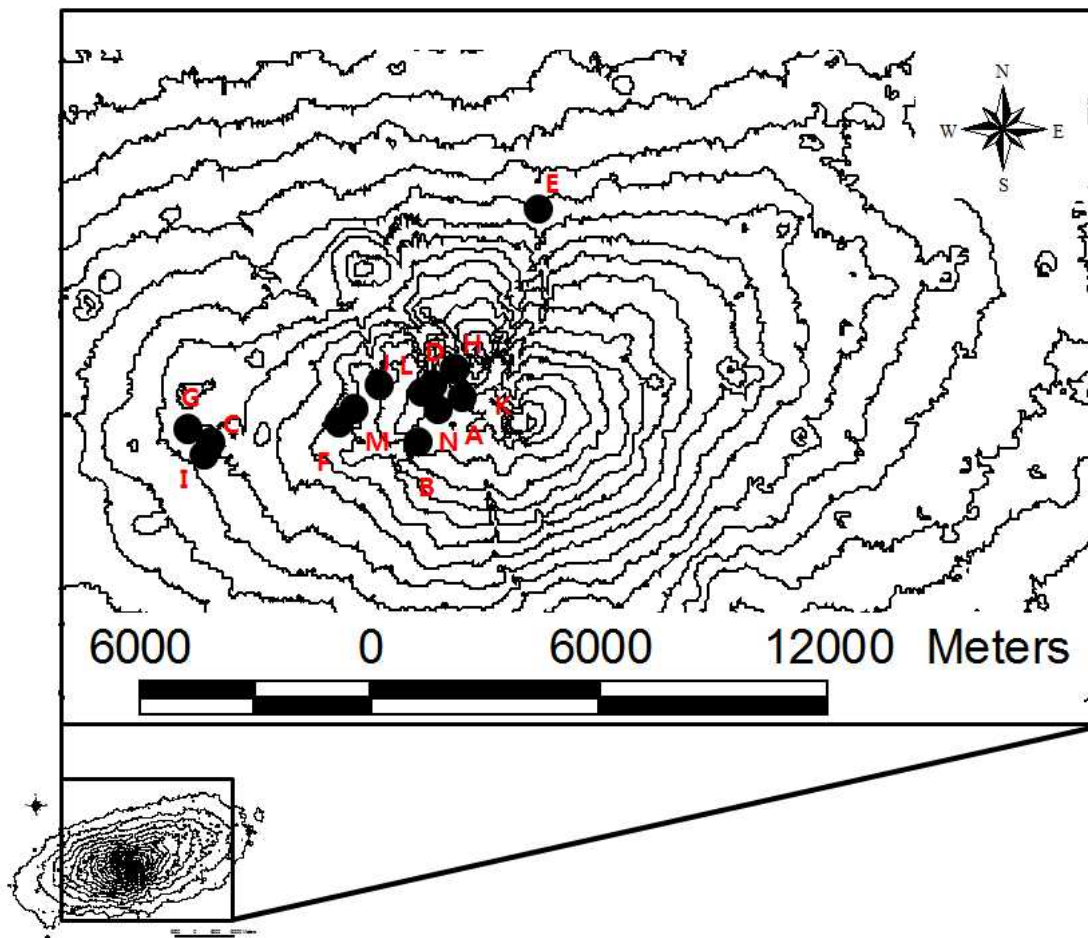


Fig. 2. Distribution of each test plant and coordinates of research locations.  
 A: *Abies koreana*, B: *Juniperus chinensis* var. *sargentii*, C: *Allium taquetii*, D: *Betula ermanii*, E: *Schisandra repanda*, F: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*, G: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*, H: *Vaccinium uliginosum*, I: *Thymus quinquecostatus*, J: *Elsholtzia minima*, K: *Lonicera caerulea* var. *edulis*, L: *Anaphalis sinica* var. *morii*, M: *Aster hayatae*, N: *Taraxacum hallaisanense*.

Table 11. Distribution of each test plant and coordinates of research locations

NO.	Family name	Scientific name	Collecting location	Altitude (m)	Coordinate
1	Pinaceae	<i>Abies koreana</i> E.H. Wilson	Northwest face	1,803	N33°21'51.25" E33°31'51.25"
2	Cupressaceae	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> A. Henry	Yeongsil	1,550	N 33°21'32.7" E 126°31'55.4"
3	Liliaceae	<i>Allium taquetii</i> H. Lev. & Vaniot	1100 Wetland	1,090	N 33°21'33.7" E 126°27'48.2"
4	Betulaceae	<i>Betula ermanii</i> Cham	Northwest face	1,800	N33°21'51.16" E 126°31'44.02"
5	Schisandraceae	<i>Schisandra repanda</i> (Siebold & Zucc.) Radlk	Gwaneumsa	836	N 33'24.12.22" E126'32.33.46"
6	Empetraceae	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K. Koch	Yeongsil	1,655	N33°21'34.36" E126°30'30.75"
7	Araliaceae	<i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> (Nakai) C.H.Kim & B.Y.Sun	Yeongsil	1,129	N33°21'27.62" E126°27'35.35"
8	Ericaceae	<i>Vaccinium uliginosum</i> L	Seongpanak	1,934	N 33°21'40.8" E 126°32'09.1"
9	Labiatae	<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak	1100 Wetland	1,090	N 33°21'34.6" E 126°27'47.5"
10	Labiatae	<i>Elsholtzia minima</i> Nakai	Yeongsil	1,525	N33°21'33.70" E126°29'58.71"
11	Caprifoliaceae	<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> Turcz. ex Herder	Seongpanak	1,805	N 33°21'43.3" E 126°32'24.6"
12	Compositae	<i>Anaphalis sinica</i> var. <i>morii</i> (Nakai) Ohwi	Northwest face	1,658	N33°21'33.53" E126°30'36.17"
13	Compositae	<i>Aster hayatae</i> H. Lev. & Vaniot	Yeongsil	1,715	N33°21'46.54" E126°31'24.58"
14	Compositae	<i>Taraxacum hallaisanense</i> Nakai	West face	1,701	N33°21'45.17" E126°31'18.92"

## 2) 자생지 기후 인자 조사

자생의 기후 인자 조사를 위하여 지역을 한라산 정상, 영실, 어리목, 1100습지 및 한라산연구소 고랭지 시험포로 구분하여 2012년 3월부터 10월까지 조사지의 온·습도의 평균을 월별로 비교하여 나타내었다.

그 결과 3~4월 어리목, 7~8월 고랭지 시험포의 장비의 이상으로 결측값이 많아 데이터를 제외하고 비교하였고, 3월에서 10월까지의 평균 기온은 한라산 정상(1910m)은 8.5℃, 영실(1500m)은 12.3℃ 및 1100습지(1100m)는 13.8℃로 해발고도가 낮아지면서 기온이 높아지는 일반적인 경향과 유사하였다. 한라산 정상은 7월과 8월에 기온이 각각 15.9℃, 15.8℃로 가장 높았으며, 영실 및 1100습지도 7월과 8월에 각각 19℃, 18.9℃, 21.7℃, 21.7℃를 보여 한라산 정상과 유사한 경향을 보였다. 2012년 3월에서 10월까지의 평균 습도는 한라산 정상은 78.9%, 영실은 78.0% 및 1100습지는 78.2%로 해발고도간에 차이가 없었다. 한라산 정상은 7월과 8월에 습도가 96.5로 가장 높았으며, 영실은 6월과 7월에 각각 98.8%, 94.6%, 1100습지는 8월과 7월에 93.8%, 91.2%로 높아 장마철에 습도가 높은 경향을 보였다(Table 12).

Table 12. Average temperature(℃) and humidity(%) of five research locations during 2012

Month	Mountaintop		Yeongsil		Eorimok		1100 wetland		Experimental field	
	Temp.	Humi.	Temp.	Humi.	Temp.	Humi.	Temp.	Humi.	Temp.	Humi.
March	-5.6	69.3	-1.0	66.7	ND	ND	2.0	70.7	1.7	69.1
April	2.3	61.3	6.2	61.3	ND	ND	8.4	62.2	7.3	76.5
May	8.4	59.5	12.5	72.6	12.9	73.7	13.2	64.9	13.6	58.6
June	13.1	87.0	16.0	98.8	16.6	89.1	18.1	89.4	16.7	62.0
July	15.9	96.5	19.0	94.6	19.5	96.8	21.7	91.2	ND	ND
August	15.8	96.5	18.9	93.3	15.7	96.1	21.7	93.8	ND	ND
September	12.2	83.0	16.3	76.4	9.7	87.5	16.7	83.3	16.0	82.4
October	5.9	78.1	10.6	60.5	7.9	75.4	8.8	70.2	10.3	77.9
Mean	8.50	78.90	12.31	78.03	13.72	86.43	13.82	78.21	10.93	71.08

<sup>1)</sup>ND: Not detected

### 3) 자생지 토양 분석

#### (1) 물리적 분석

자생지 토양의 물리적 분석은 대부분의 고산식물의 자생지가 영실 및 정상 등에 편중되어 있어 정상지역, 성관악, 지역 등 4개 지역으로 구분 하여 조사하였고, 화산회토의 대표적인 특성 중 하나는 용적밀도가 매우 낮은 것이다. Soil Taxonomy에서는 용적밀도가  $0.90 \text{ mg/m}^3$  보다 낮은 토양을 Andisol로 분류하고 있다.

그 결과 조사지의 용적밀도는  $0.26 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$  범위로 한라산 정상을 제외한 지역에서 매우 낮았으며 조사지점 간에 편차가 컸다. 입자밀도는 토양입자 자체의 무게를 나타낸 것으로 일반적인 토양의 입자밀도는  $2.65 \text{ g/cm}^3$ 이다. 입자밀도는  $1.87 \sim 2.54 \text{ g/cm}^3$  범위였으며 용적밀도와 마찬가지로 조사지점 간에 차이가 컸다. 정상지역에서  $254 \text{ g/cm}^3$ 로 높은 입자밀도를 보였는데 인위적 훼손에 의한 정상지역에서의 표토의 침식으로 인한 것으로 판단된다. 토양내의 공간을 의미하는 공극률은  $57 \sim 85\%$  범위였다. 공극률이 높다는 것은 토양내의 공간이 크다는 것을 의미하므로 정상지역을 제외하면 물의 하향 침투가 빠르게 일어날 수 있는 토양조건을 가지고 있다고 판단된다. 이는 토양삼상분포에서도 알 수 있듯이 정상지역을 제외하고는 액상율과 기상율이 높았다(Table 13).

#### (2) 화학적 분석

토양 pH는 토양의 중요한 화학적 성질의 하나로서 토양과 식물의 생육을 진단하는데 필요한 성분이며, 전기전도도(electrical conductivity)는 용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내며 이온의 종류에 따라 다르지만 대체적으로 염류농도에 비례한다. 따라서 전기전도도가 높으면 이온이 집적된 것을 의미하며 이는 염류 집적을 나타낸다.

그 결과 조사지의 토양 pH는  $4.7 \sim 5.3$  범위였으며 성관악지역과 고랭지 시험포 지역만이 pH 5.0 이상을 보였고, 전기전도도는  $0.20 \sim 0.60 \text{ dS/m}$  범위로 식물의 생육에 있어 염류에 대한 영향을 받지 않을 것이라 판단된다(Table 14).

제주도 토양은 화산폭발시 분출된 화산재와 동식물의 유체로부터 유래된 유기물이 결합하여 일반적으로 육지부 토양에 비하여 유기물함량(organic matter



content)이 높다. 조사지점은 제주도 연평균 강수량보다도 많고 기온도 낮아 유기물 분해가 잘 이루어지지 않고 집적될 수 있는 환경을 갖고 있다. 조사지의 유기물함량은 5.21~26.38 g/kg범위로 조사지점 간에 큰 차이를 보였다. 영실지역에서 유기물함량이 가장 높았으며 한라산 정상에서 가장 낮았다. 총 질소(total nitrogen) 함량은 0.26~1.50%의 범위로 유기물함량과 같이 조사지점 간에 차이가 컸다. 유효인산은 토양에 흡착된 인산을 약한 산으로 용출시킨 인산을 의미한다. 인산은 화산재가 함유된 화산회성 토양에서 강하게 흡착하여 고정시키는 능력이 매우 크다. 따라서 화산회토양은 유효인산함량이 매우 낮아 토양비옥도가 낮은 원인으로 알려져 있다. 조사지의 유효인산함량은 5.0~11.4 mg/kg 범위로 매우 낮았다. 따라서 조사지점은 식물에 필요한 유효인산은 매우 부족한 것으로 보인다.

조사지의 치환성 K, Ca, Mg 및 Na의 함량은 K 0.06~0.49  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ , Ca 0.07~2.48  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ , Mg 0.04~1.54  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  및 Na 0.14~0.24  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  범위였다. 대체적으로 고랭지시험포를 제외하고는 치환성양이온 함량이 매우 낮았다. 양이온치환용량(cation exchange capacity)은 일정 토양이 갖고 있는 치환성 양이온의 총량을 나타낸 것이다. 양이온치환용량은 토양비옥도를 나타내는 하나의 지표로서 토양의 전체적인 특징을 가장 잘 설명하는 인자이다. 양이온치환용량이 클수록 양분보유능력이 커지고 토양의 완충능력이 커지며 양분을 보관하여 식물이 필요시에 공급할 수 있는 능력이 더 커지는 특성을 갖고 있으므로 백록담 식생의 효율적 복원이나 유지를 위해 중요한 지표라 하겠다. 조사지의 양이온치환용량은 15.94~39.82  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  범위로 매우 높은 함량을 나타냈다. 이는 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양의 양이온치환용량 19.7  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  보다 한라산 정상과 성판악지역은 비슷하며, 영실과 고랭지시험포는 2배 이상 높았다(Table 14).

이와 같은 결과를 종합하면 다른 조사지점에 비해서 고랭지시험포의 화학적 성질이 다소 양호하였는데, 이는 토양생성 및 분포, 토양 안정화 등의 다양한 환경조건과 관계가 있는 것으로 생각된다. 또한 고산식물 증식을 위해서 그 주변의 토양환경을 알고 토양 모니터링 등의 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

Table 13. Physical characteristics of soil in four research locations

Sampling location	Three phases of soil			Bulk density	Particle density	Porosity
	Solid	Liquid	Gaseous			
	(%)			(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	
Mountaintop	43	27	30	1.10	2.54	57
Seongpanak	23	63	14	0.49	2.10	77
Yeongsil	15	76	10	0.26	1.79	85
Experimental field	25	44	31	0.47	1.87	75

Table 14. Chemical characteristics of soil in four research locations

Sampling location	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	T-N (%)	Av.P2O5 (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	Exch. cations (cmol <sup>+</sup> /kg)			
							K	Ca	Mg	Na
Mountaintop	4.7	0.20	5.21	0.26	11.4	15.94	0.06	0.07	0.04	0.14
Seongpanak	5.1	0.24	10.6	0.68	5.0	19.38	0.15	0.35	0.20	0.18
Yeongsil	4.4	0.43	26.38	1.24	9.5	39.82	0.20	0.79	0.21	0.18
Experimental field	5.3	0.60	21.46	1.50	8.9	27.19	0.49	2.48	1.54	0.24

## 2. 한라산 고산식물 삼목 및 실생묘 번식 연구

### 1) 증식 육묘환경 조사

#### (1) 증식시설내의 광량 변화

증식 시설 내 광량의 변화를 알아보기 위해 2012년 7~9월까지 측정한 결과 7월 전광상태에서는 시간대별 변화는 10시 약 38,000lux(오전), 15시 약 95,000lux(오후), 18시 약 20,000lux(저녁) 측정이 되었고 55% 피음 처리된 온실 내에서는 약 11,600ux(10시), 20,000lux(15시), 4,300ux(18시)이고 75% 피음 처리구에서는 약 1,400ux(10시), 3,400lux(15시), 1,000ux(18시)로 산출되었고, 8, 9월 시간별 광량의 변화는 전광 하에서 약 29,000~31,000lux(10시), 49,000~50,000lux(18시), 15,000~16,000lux(18시)로 7월보다 낮은 수치를 나타냈다(Fig. 3).

이는 흐린 날씨가 7월보다 많았기 때문이라고 생각되며, 차광율의 변화는 30% 피음 처리된 온실 내에서 약 75~80%, 75% 피음 처리구에서는 96~97%로 산출되어 피음 처리 보다 차광율이 높게 나온 이유는 광이 온실 내로 투광이 되면서 직광에서 산란광으로 변하기 때문에 더 높은 차광율을 보이는 것으로 판단된다.

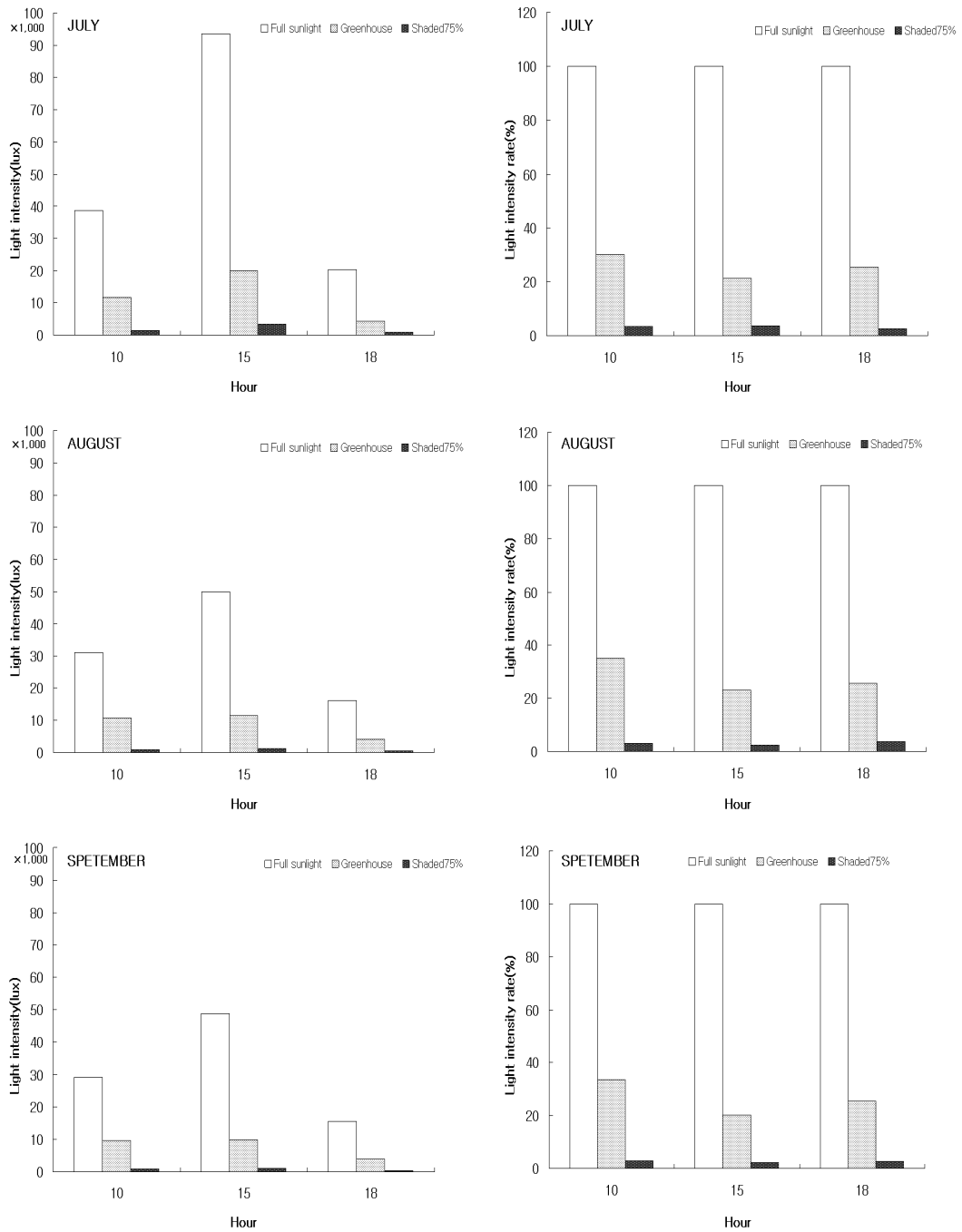


Fig. 3. Average light level in greenhouse.

## (2) 증식시설내의 온·습도의 변화

증식시설내의 온실(Greenhouse)과 밀폐상(Vinyl-moist chamber) 내의 온습도의 변화를 알아보기 위해 4월부터 10월까지 5분 간격으로 온습도계(EL-USB-2, Lascar)를 이용하여 5분 간격으로 온·습도를 측정하였다.

그 결과 월별 온실 내의 평균온도는 4월에 약 16℃로 가장 낮게 나타났고 7~8월이 약 27℃로 가장 높게 나타났으며 일교차는 10~18℃의 차이를 보이는데 10월에 18℃차이로 가장 높은 것으로 분석되었다. 밀폐상인 경우는 4~6월까지 측정하였는데 온실보다 약 3도 이상 높은 것으로 분석된 반면 일교차는 18~22℃로 3~8℃정도가 큰 것으로 분석되었다(Table 15).

시간대별 온도의 변화는 가장 낮은 온도를 보이는 시간은 4~6시 사이이고 가장 높은 시간은 12~15시 사이이며 월별로 약간의 시간 차이를 보였다(Fig. 4).

온실과 밀폐 상내의 습도의 변화는 온실인 경우 4~10월까지 평균이 77%로 분석되었고 4월인 경우 평균 64%로 가장 낮게 나타났으며 8월인 경우 88%로 가장 높게 나타났다. 일일 습도의 변화는 평균 34%의 차이를 보였고 10월이 최고 91%, 최저 42%로 52%로 최대 차이를 보였으며 8월인 경우 최대 97%, 최저 75%로 22%로 최소 차이를 보였다. 이는 8월인 경우 우기가 많아 대기 중 습도가 높고 변화의 폭이 적은 경우 10월인 경우 우기가 적어 변화의 폭이 크게 나타난 것으로 판단이 된다. 반면 밀폐상인 경우 4~6월까지 93%(4월), 93%(5월), 94%(6월)로 평균 93%로 산출이 되었고 온실보다 29%(4월), 25%(5월), 15%(6월)가 높은 것으로 나타났다(Table. 16, Fig. 5).

시간대별 온도와 습도의 상관을 보면 온실인 경우  $r = -0.978(p < 0.01)$ , 밀폐상인 경우  $r = -0.929(p < 0.01)$ 나와 온실인 경우가 온도에 많은 영향을 받는 것으로 산출되었다. 또한 일일 습도의 변화는 밀폐상인 경우 14~16%의 차이를 보이는 반면 온실인 경우 30~38% 차이를 보여 밀폐 상에서 삼목은 대기 중 습도의 변화가 적어 안정적인 생육이 가능할 것으로 판단이 된다.

Table 15. Monthly average temperature(°C) for two rooting frames

Factor	Rooting frame	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct
Aver (°C)	Greenhouse	16	20	22	27	27	22	20
	Vinyl-moist chamber	19	23	25	-	-	-	-
Max (°C)	Greenhouse	27	29	29	33	33	30	32
	Vinyl-moist chamber	30	36	36	-	-	-	-
Min (°C)	Greenhouse	9	15	18	22	23	18	14
	Vinyl-moist chamber	11	14	18	-	-	-	-
Daily Range (°C)	Greenhouse	17	14	11	11	10	12	18
	Vinyl-moist chamber	20	22	18	-	-	-	-

Table 16. Monthly average humidity(%) for two rooting frames

Factor	Rooting frame	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct
Aver (%)	Greenhouse	64	68	79	82	88	81	74
	Vinyl-moist chamber	93	93	94	-	-	-	-
Max (%)	Greenhouse	80	83	91	93	97	92	91
	Vinyl-moist chamber	98	98	99	-	-	-	-
Min (%)	Greenhouse	41	46	62	67	75	62	40
	Vinyl-moist chamber	84	82	85	-	-	-	-
Daily Range (%)	Greenhouse	38	37	30	27	22	30	52
	Vinyl-moist chamber	14	16	14	-	-	-	-

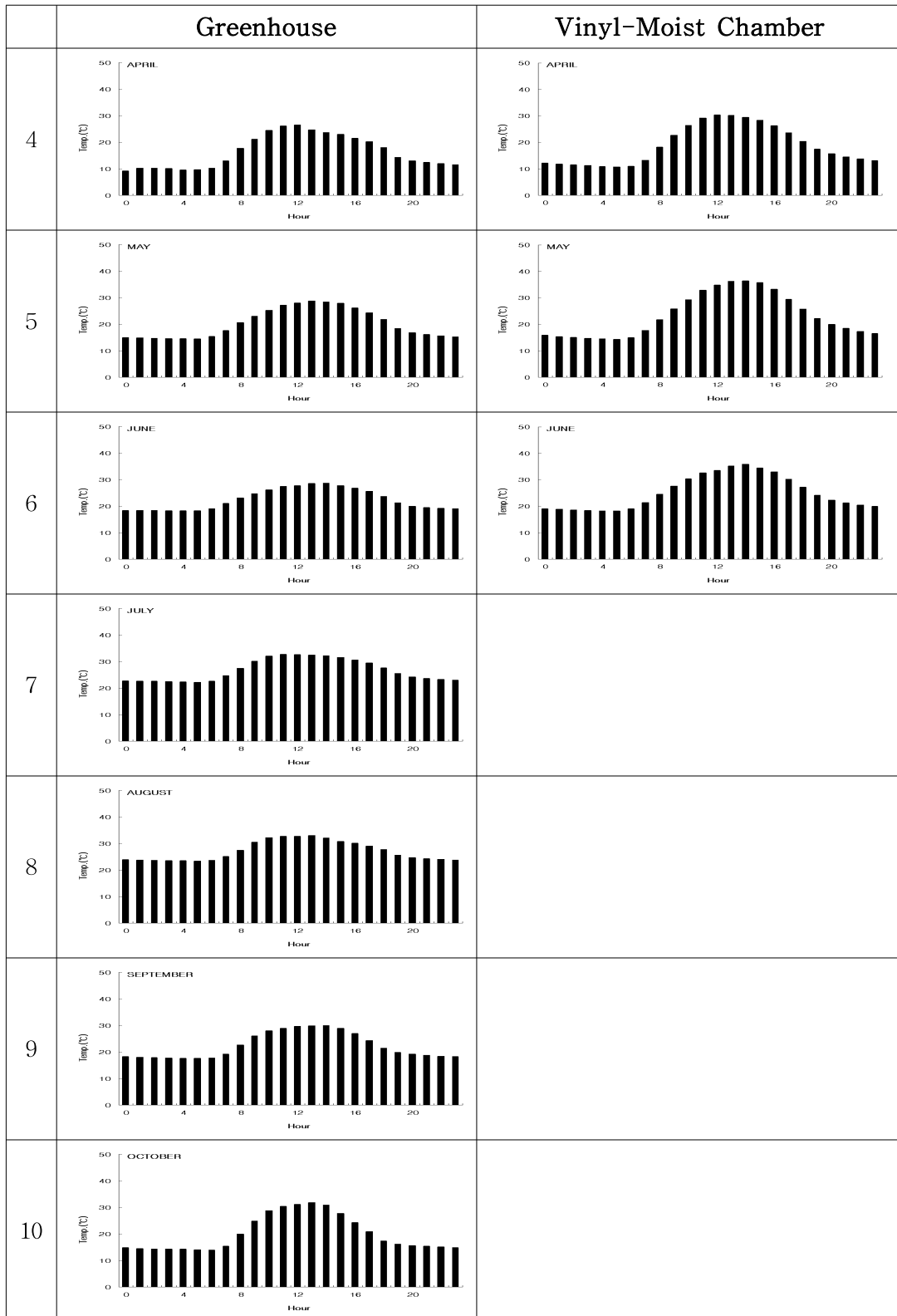


Fig. 4. Hourly average temperature(°C) in two rooting frames during 2012.

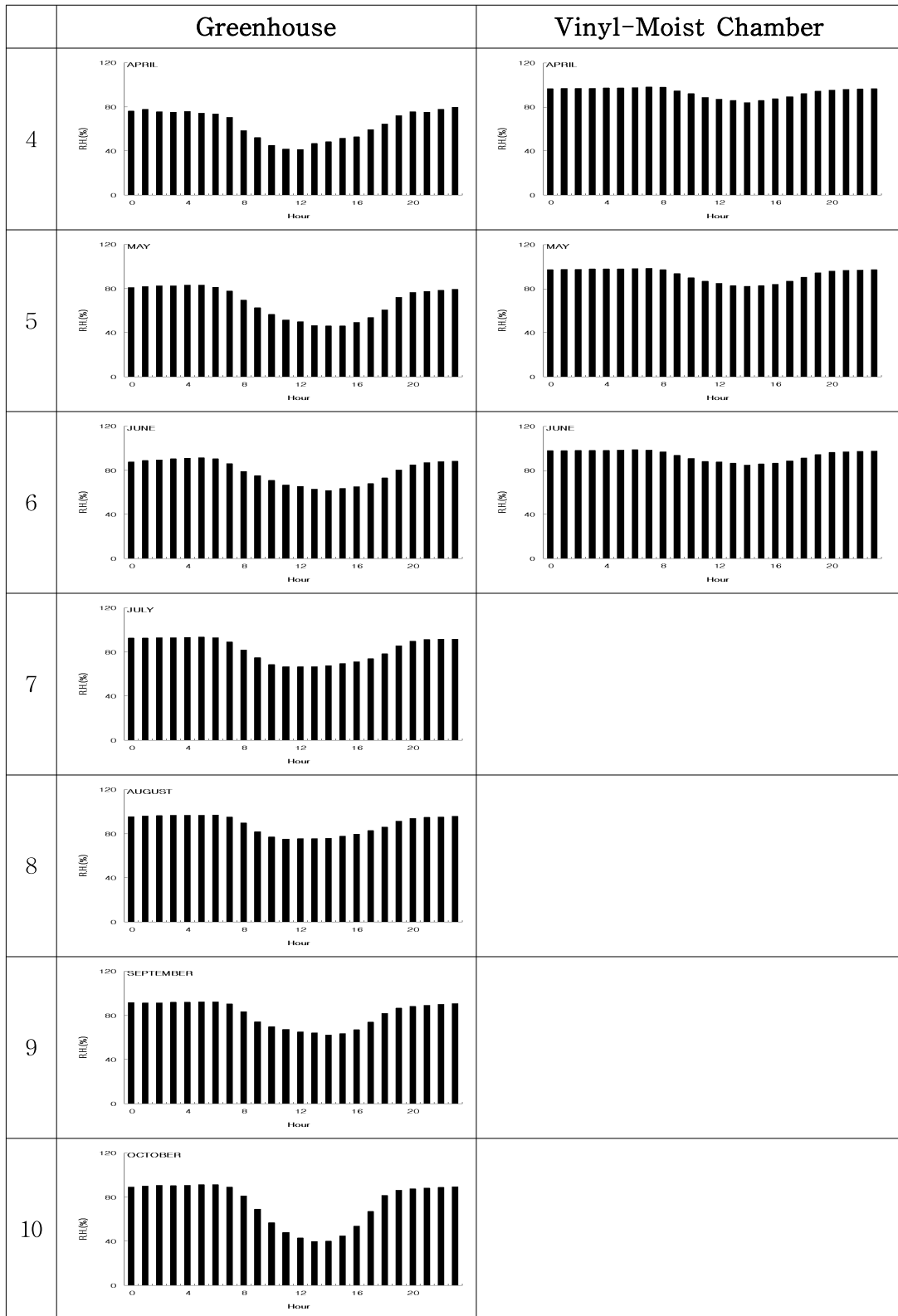


Fig. 5. Hourly average humidity(%) in two rooting frames during 2012.



온습도계(EL-USB-2, Lascar)를 이용하여 5분 간격으로 온·습도를 측정된 결과 월별 온실 내의 평균온도는 23.35℃, 밀폐상이 23.9℃로 큰 차이가 없었으며, 습도는 79.9%, 93.77%로 나타났는데(Table 17), 일반적인 삼목에서 포화습도에 가깝게 만들어 줘야 하기 때문에 밀폐상이 포화습도에 가깝게 나타났다(농촌진흥청, 1993). 그리고 시설 내 온도가 오르기 시작하는 6~8월부터 평균을 계산하면 온실의 습도가 82.5%, 밀폐상은 96.3%로 나타나 안정적인 습도 관리가 되는 것으로 판단된다. 농촌진흥청(1993, 1988)은 밀폐상의 온도가 20~27℃가 적당하다고 보고하였고, Van Elk(1973)는 고산식물인 서양 만병초 실험에서 18℃~20℃가 가장 적당한데, 삼목 초기 20℃이상 조성하면 캘러스(callus)를 형성하기 불리하다고 하여. 그 이유로 고온은 삼목상토의 증산을 촉진하고 삼목 상토를 건조시켜 삼수의 캘러스(유상조직)형성을 과다하게 한다고 하였다.

그러나, 밀폐삼목의 경우 고온에서도 삼목상토의 수분을 고정해 주었고, Van Elk(1973)는 서양 만병초 삼상에서 60~80%의 수분함량을 가진 곳에서 발근율이 좋았다고 하였는데, 이는 본 실험의 포화습도 기준과 차이가 있었다.

Table 17. Average and daily range of temperature(℃) and humidity(%) for two rooting frames in 2013

Rooting frame	Climatic condition	Factors	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Mean
Greenhouse	Temperature (℃)	Aver	20.7	22.6	27.1	26.8	22.4	20.5	23.35
		Range	11.0	8.9	10.3	10.2	10.8	17.5	11.45
	Humidity (%)	Aver	67.1	85.5	77.4	82.6	84.5	82.3	79.90
		Range	17.2	27.4	27.9	26.6	28.5	37.8	27.57
Vinyl-moist chamber	Temperature (℃)	Aver	21.3	22.7	27.4	27.6	22.8	21.6	23.90
		Range	11.0	10.1	10.3	11.5	11.0	18.9	12.13
	Humidity (%)	Aver	81.0	96.8	93.6	97.6	98.3	95.3	93.77
		Range	7.2	5.7	17.0	7.1	4.9	14.1	9.33

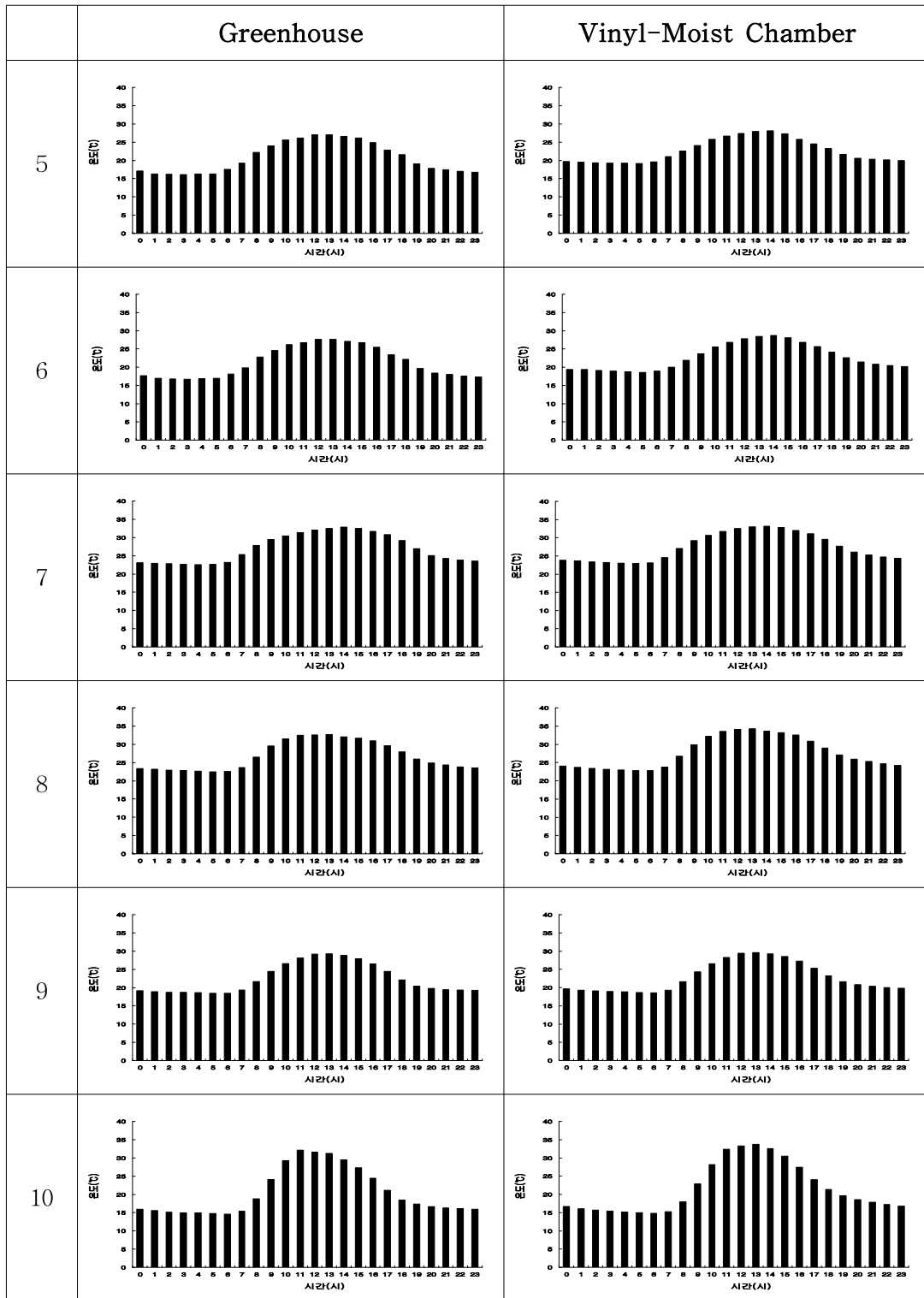


Fig. 6. Hourly average temperature(°C) in two rooting frames during 2013

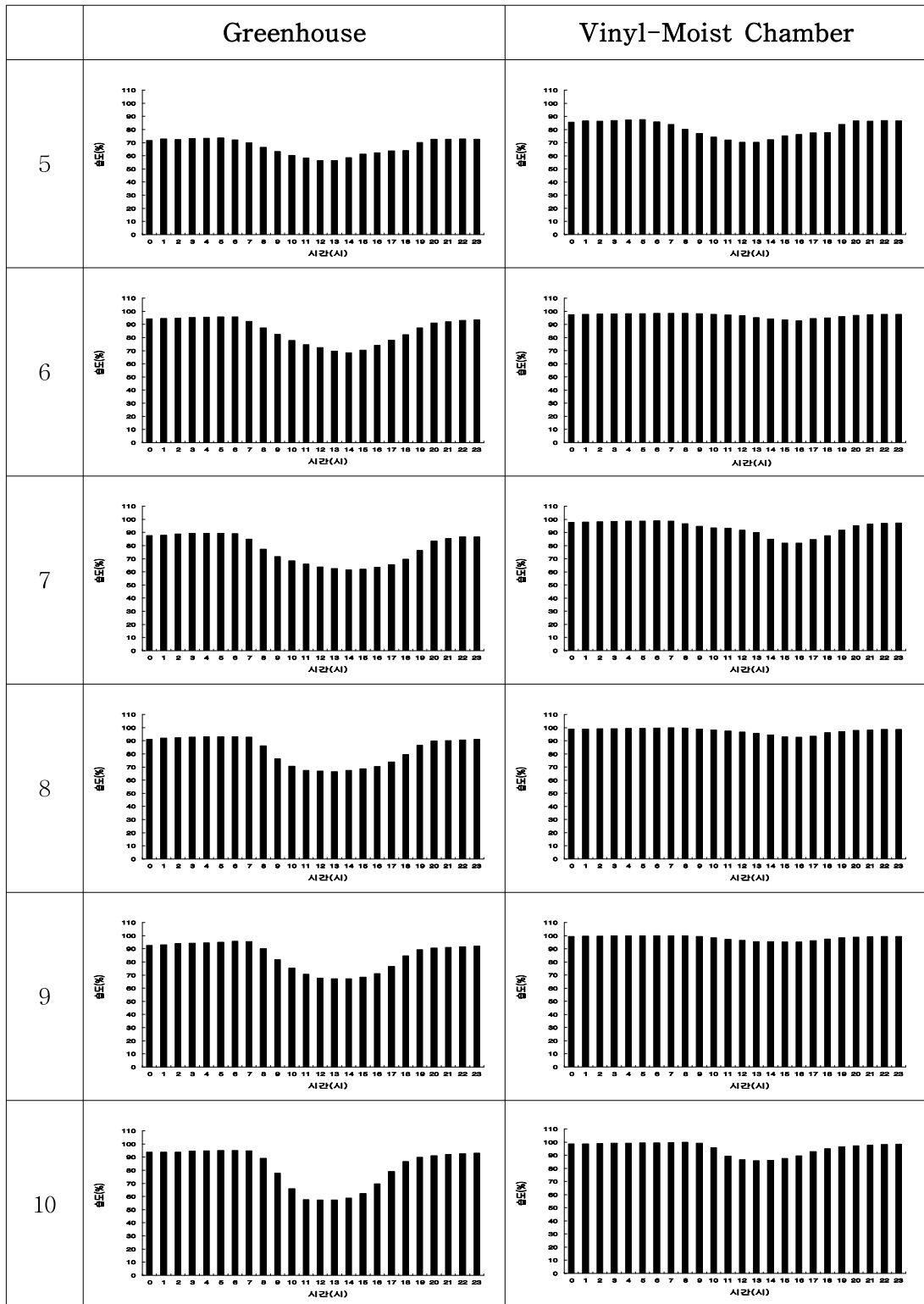


Fig. 7. Hourly average humidity(%) in two rooting frames during 2013

## 2) 삼목 증식 실험

### (1) 2012년 눈향나무 등 4종의 삼목 실험

2012년도 삼목 증식 실험은 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii*), 들쭉나무(*Vaccinium uliginosum*), 백리향(*Thymus quinquecostatus*), 땡땡이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis*) 4종을 한라산 영실, 서북벽, 1100습지에서 채집하여 습도체계, 삼목 전 처리제, 식물생장조절물질 처리, 배양상의 차이를 두어 실험을 진행하였다(Table 1).

눈향나무는 삼수의 상단부를 삼목하여 약 60일 후 발근을 확인하였다(Fig. 8), 밀폐상에서 용기 종류에 따라 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삼목시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 18과 Fig. 10에서 보는 바와 같다.

용기별 발근율을 조사는 삼목관에서 50~100%의 범위에 있었으며, 처리간 유의하게 나타났고, 삼목관에서는 석회수와 과망간산칼륨이 같은 경향으로 각각 90, 100%로 가장 높게 나타났다. 그리고, 포트의 경우 질산은이 100%, 대조구에서 100%로 발근율을 보였고, 트레이의 경우 과망간산칼륨에서 100%의 발근율을 나타내었다. 삼목관 무처리 뿌리의 길이는 석회수가  $113\pm 8\text{mm}$ 로 가장 길게 확인되었으며, 포트의 루톤 대조구가  $98\pm 10\text{mm}$ , 포트 무처리 질산은이  $84\pm 7\text{mm}$ , 트레이 루톤처리 과망간산칼륨이  $74\pm 9\text{mm}$  순으로 조사되었다(Table 18).

각 용기별 처리에서 삼목관을 이용한 전처리를 통했을 때 높은 발근율을 나타냈으며, 삼목관과 트레이는 루톤처리에서 무처리에 비해 나은 발근을 보였으나, 유의하지는 않았다.

온실에서는 용기 종류에 따라 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삼목시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 19과 Fig. 9에서 보는 바와 같다.

각 용기별 실험시 발근율은 삼목관에서 50~100%의 범위였고, 실험구 전체 평균이 90%로 전체적으로 높은 발근율을 보였으나, 처리간 큰 차이가 없었다. 그러나 뿌리 길이의 경우 삼목관이 122mm로 포트99mm와 트레이 86mm에 비해 길이가 가장 길었다. 특히, 삼목관에서 루톤 처리구에서는 모든 처리구에서 100% 발근율을 나타내어 식물생장조절물질에 영향을 받는 것으로 판단되며, 포트는 전처리구의 평균이 100%, 트레이는 루톤처리구 전체에서 100%로 같은 경향을 나타냈다. 삼목관의 루톤처리구에서 석회수 137mm와 과망간산칼륨 138mm, 뿌리

수는 각각 4.1과 3.4로 나타났다(Table 19). 전체적으로 눈향나무 삽목 실험에서 대기습도가 높은 것보다 관행 온실에서 삽목시 발근율이 평균 90%로 높았는데, 이는 Song et al.(2010)과 Kim & Kho(2006)의 발근율 30~60% 보고와는 차이가 있게 나타나, 채집 시기나 삽수의 부위 등의 차이로 다른 결과를 나타낸 것으로 판단된다.



Fig. 8. Rooting characteristics of *Juniperus chinensis* var. *sargentii*.  
A; Cutting slips, B; 60date, C; 85date

Table 18. Rooting characteristics of *Juniperus chinensis* var. *sargentii* in vinyl-moist chamber

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percentage(%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)	
Box	Control	70 <sup>cd3)</sup>	1.3±0.2 <sup>4)</sup>	72±19	68.9 <sup>ab</sup>	1.75 <sup>a</sup>	610 <sup>ab</sup>	
	C <sup>2)</sup>	AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>ef</sup>	2.4±0.7	82±19	65.1 <sup>abcd</sup>	1.48 <sup>abcd</sup>	590 <sup>abc</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	1.5±0.2	113±8	62.8 <sup>abcde</sup>	1.64 <sup>abc</sup>	650 <sup>a</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	90 <sup>ab</sup>	2.0±0.4	65±10	55.3 <sup>de</sup>	1.67 <sup>abc</sup>	500 <sup>abc</sup>
		Control	80 <sup>bc</sup>	2.6±0.6	76±8	59.3 <sup>abcde</sup>	1.15 <sup>de</sup>	480 <sup>abcd</sup>
	R	AgNO <sub>3</sub>	60 <sup>de</sup>	2.5±0.5	48±11	55.9 <sup>cde</sup>	1.69 <sup>abc</sup>	490 <sup>abcd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	60 <sup>de</sup>	2.5±0.6	95±12	58.6 <sup>abcde</sup>	1.33 <sup>bcde</sup>	550 <sup>abc</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	60 <sup>de</sup>	2.2±0.4	94±9	61.4 <sup>abcde</sup>	1.46 <sup>abcd</sup>	540 <sup>abc</sup>
Mean		71	2.1	81	60.9	1.52	551	
Pot	Control	60 <sup>de</sup>	2.2±0.5	58±20	55.7 <sup>cde</sup>	1.31 <sup>cde</sup>	600 <sup>ab</sup>	
	C	AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	1.8±0.2	84±7	67.7 <sup>abc</sup>	1.68 <sup>abc</sup>	600 <sup>ab</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	50 <sup>ef</sup>	1.8±0.8	102±26	59.7 <sup>abcde</sup>	1.47 <sup>abcd</sup>	500 <sup>abc</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	70 <sup>cd</sup>	2.9±0.7	81±21	51.3 <sup>e</sup>	1.31 <sup>cde</sup>	490 <sup>abc</sup>
		Control	100 <sup>a</sup>	3.0±0.5	98±10	55.0 <sup>de</sup>	1.31 <sup>cde</sup>	550 <sup>abc</sup>
	R	AgNO <sub>3</sub>	80 <sup>bc</sup>	2.5±0.4	62±10	63.5 <sup>abcd</sup>	1.62 <sup>abc</sup>	590 <sup>abc</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>bc</sup>	2.5±0.3	75±13	64.1 <sup>abcd</sup>	1.56 <sup>abc</sup>	590 <sup>abc</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	60 <sup>de</sup>	2.5±0.4	70±7	57.6 <sup>bcde</sup>	1.40 <sup>abcd</sup>	420 <sup>cd</sup>
Mean		75	2.4	79	59.3	1.46	543	
Tray	Control	20 <sup>hi</sup>	1.5±0.5	29±1	61.8 <sup>abcde</sup>	1.73 <sup>ab</sup>	560 <sup>abc</sup>	
	C	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>j</sup>	ND <sup>5)</sup>	ND	69.7 <sup>a</sup>	1.55 <sup>abcd</sup>	470 <sup>bcd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	10 <sup>ij</sup>	1.0±0.0	34±0	62.6 <sup>abcde</sup>	1.34 <sup>abcde</sup>	550 <sup>abc</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40 <sup>fg</sup>	1.3±0.3	28±7	54.8 <sup>de</sup>	1.35 <sup>abcde</sup>	460 <sup>bcd</sup>
		Control	10 <sup>ij</sup>	1.0±0.0	18±0	50.8 <sup>e</sup>	1.00 <sup>e</sup>	333 <sup>d</sup>
	R	AgNO <sub>3</sub>	30 <sup>gh</sup>	1.7±0.7	13±6	65.0 <sup>abcd</sup>	1.64 <sup>abc</sup>	550 <sup>abc</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	20 <sup>hi</sup>	1.0±0.0	11±3	57.6 <sup>bcde</sup>	1.32 <sup>bcde</sup>	420 <sup>cd</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	2.2±0.3	74±9	58.0 <sup>abcde</sup>	1.60 <sup>abc</sup>	600 <sup>ab</sup>
Mean		29	1.4	30	60.0	1.44	493	

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error). Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>5)</sup>ND: Not detected

Table 19. Rooting characteristics of *Juniperus chinensis* var. *sargentii* in greenhouse

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percent age(%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)	
Box	C <sup>2)</sup>	Control	100 <sup>a3)</sup>	2.2 <sup>abc</sup>	153 <sup>a</sup>	60.7 <sup>abcd</sup>	1.69 <sup>d</sup>	550 <sup>bcde</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>d</sup>	1.2 <sup>c</sup>	134 <sup>abc</sup>	59.7 <sup>abcd</sup>	1.94 <sup>d</sup>	540 <sup>bcde</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	119 <sup>abcde</sup>	49.0 <sup>def</sup>	1.99 <sup>d</sup>	690 <sup>abc</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	70 <sup>bc</sup>	2.0 <sup>abc</sup>	75 <sup>fgh</sup>	51.3 <sup>bcdef</sup>	1.89 <sup>d</sup>	440 <sup>e</sup>
	R	Control	100 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	121 <sup>abcde</sup>	59.5 <sup>abcd</sup>	2.05 <sup>cd</sup>	600 <sup>abcde</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	100 <sup>bcdefg</sup>	51.2 <sup>bcdef</sup>	2.07 <sup>cd</sup>	550 <sup>bcde</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	137 <sup>ab</sup>	57.6 <sup>abcde</sup>	2.11 <sup>cd</sup>	700 <sup>ab</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	138 <sup>ab</sup>	60.7 <sup>abcd</sup>	2.12 <sup>cd</sup>	640 <sup>abcd</sup>
Mean	90	3.0	122	56.2	1.98	589		
Pot	C	Control	100 <sup>a</sup>	1.8 <sup>bc</sup>	121 <sup>abcde</sup>	68.2 <sup>a</sup>	2.25 <sup>bcd</sup>	770 <sup>a</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	60 <sup>cd</sup>	2.3 <sup>abc</sup>	105 <sup>bcdef</sup>	58.3 <sup>abcde</sup>	1.73 <sup>d</sup>	600 <sup>abcde</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	92 <sup>cdefg</sup>	48.6 <sup>def</sup>	1.75 <sup>d</sup>	500 <sup>cde</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	2.7 <sup>abc</sup>	115 <sup>abcdef</sup>	50.1 <sup>cdef</sup>	1.74 <sup>d</sup>	530 <sup>bcde</sup>
	R	Control	70 <sup>bc</sup>	2.0 <sup>abc</sup>	92 <sup>cdefg</sup>	59.9 <sup>abcd</sup>	1.80 <sup>d</sup>	470 <sup>de</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	78 <sup>efgh</sup>	50.2 <sup>cdef</sup>	1.90 <sup>d</sup>	520 <sup>bcde</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	97 <sup>bcdefg</sup>	50.5 <sup>cdef</sup>	2.19 <sup>bcd</sup>	550 <sup>bcde</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	2.7 <sup>abc</sup>	93 <sup>cdefg</sup>	55.0 <sup>bcde</sup>	1.89 <sup>d</sup>	450 <sup>de</sup>
Mean	91	2.9	99	55.1	1.91	549		
Tray	C	Control	100 <sup>a</sup>	1.8 <sup>bc</sup>	126 <sup>abcd</sup>	62.1 <sup>abc</sup>	2.07 <sup>cd</sup>	610 <sup>abcde</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	70 <sup>bc</sup>	1.9 <sup>bc</sup>	83 <sup>defgh</sup>	60.2 <sup>abcd</sup>	3.54 <sup>a</sup>	540 <sup>bcde</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>b</sup>	2.1 <sup>abc</sup>	101 <sup>bcdef</sup>	61.5 <sup>abc</sup>	2.20 <sup>bcd</sup>	570 <sup>bcde</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	70 <sup>bc</sup>	2.9 <sup>abc</sup>	46 <sup>h</sup>	54.8 <sup>bcde</sup>	2.26 <sup>bcd</sup>	490 <sup>de</sup>
	R	Control	100 <sup>a</sup>	3.2 <sup>abc</sup>	97 <sup>bcdefg</sup>	62.0 <sup>abc</sup>	2.57 <sup>bc</sup>	580 <sup>bcde</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	58 <sup>gh</sup>	42.3 <sup>f</sup>	2.70 <sup>b</sup>	490 <sup>de</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	72 <sup>fgh</sup>	47.0 <sup>ef</sup>	1.96 <sup>d</sup>	540 <sup>bcde</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	2.7 <sup>abc</sup>	101 <sup>bcdef</sup>	63.0 <sup>ab</sup>	2.68 <sup>b</sup>	610 <sup>abcde</sup>
Mean	90	2.7	86	56.6	2.50	554		

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

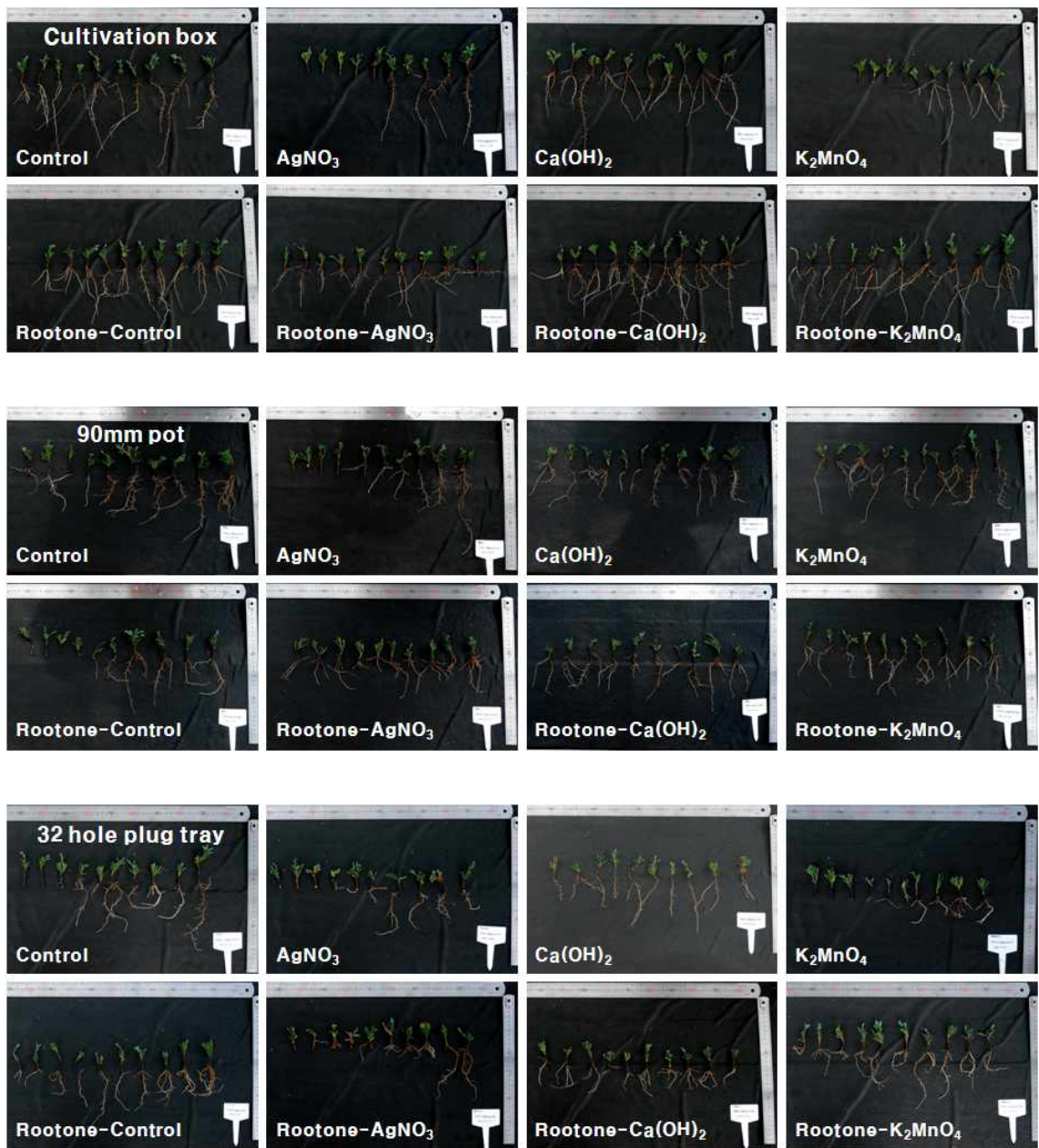


Fig. 9. Rooting form of *Juniperus chinensis* var. *sargentii* after cutting according to each container and treatment in greenhouse.





Fig. 10. Rooting form of *Juniperus chinensis* var. *sargentii* after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.

들쭉나무는 삽수의 상단부를 삽목하여 약 50일 후 발근을 확인하였다(Fig. 11), 밀폐상에서 용기 종류에 따라 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 20과 Fig. 13에서 보는 바와 같으며, 용기별 발근율 조사에서 삽목관은 10~100%의 범위 나타났고 처리간 유의하게 나타났다. 삽목관은 96%, 포트는 55%, 트레이는 43%로 삽목관이 다른 용기에 비해 약 40% 높게 발근되었고, 삽목관에 루톤 처리시 모든 처리구에서 100% 발근율을 보였다. 그리고, 과망간산칼륨이  $71.3 \pm 8.0 \text{mm}$ 로 뿌리 길이가 가장 높게 나타났으며, 무게도  $480 \text{mg}$ 으로 나타났다. 온실에서 용기 종류에 따라 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 21과 Fig. 12에서 보는 바와 같으며, 용기별은 삽목관 56%, 포트 55%, 트레이 45%로 발근율 차이가 없었으나, 삽목관의 무처리구에서 과망간산칼륨이 100%에 뿌리 길이가  $63.5 \pm 4.4 \text{mm}$  가장 길게 나타났으며, 삽목관의 루톤 처리구에서 석회수 90%, 과망간산칼륨이 80%로 삽목전 전처리에서 발근 효과가 나타났다.



Fig. 11. Rooting characteristics of *Vaccinium uliginosum*.

A; Cutting slips, B; 50date, C; 90date

Table 20. Rooting characteristics of *Vaccinium uliginosum* in vinyl-moist chamber

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percentage(%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)		
Box	C <sup>2)</sup>	Control	90 <sup>ab3)</sup>	4.2±0.6 <sup>4)</sup>	39.4±5.9	30.5 <sup>bcdef</sup>	1.43 <sup>abc</sup>	240 <sup>bcde</sup>	
		AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	3.9±0.3	50.7±6.1	30.4 <sup>bcdef</sup>	1.34 <sup>abc</sup>	270 <sup>bcd</sup>	
		Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>bc</sup>	4.1±0.4	42.9±4.2	19.1 <sup>f</sup>	1.17 <sup>bc</sup>	178 <sup>cde</sup>	
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	5.2±0.7	65.9±7.1	35.4 <sup>abc</sup>	1.26 <sup>abc</sup>	360 <sup>ab</sup>	
	R	Control	100 <sup>a</sup>	4.6±0.6	44.0±4.3	28.3 <sup>bcdef</sup>	1.27 <sup>abc</sup>	240 <sup>bcde</sup>	
		AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	5.1±0.5	32.4±5.9	32.2 <sup>bcde</sup>	1.35 <sup>abc</sup>	290 <sup>bcd</sup>	
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	3.6±0.6	39.7±9.7	35.2 <sup>abc</sup>	1.58 <sup>abc</sup>	350 <sup>ab</sup>	
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	5.4±0.4	71.3±8.0	34.7 <sup>abcd</sup>	1.34 <sup>abc</sup>	480 <sup>a</sup>	
	Mean		96	4.5	48.3	30.7	1.34	301	
	Pot	C	Control	20 <sup>g</sup>	2.0±1.0	7.0±3.0	34.5 <sup>abcd</sup>	1.17 <sup>bc</sup>	100 <sup>e</sup>
			AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>ef</sup>	2.6±0.6	24.8±12	36.1 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>abc</sup>	178 <sup>cd</sup>
			Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>cd</sup>	2.7±0.6	23.6±9.0	36.8 <sup>ab</sup>	1.72 <sup>a</sup>	220 <sup>bcde</sup>
K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>			70 <sup>cd</sup>	2.8±0.4	15.6±2.1	31.4 <sup>bcde</sup>	1.55 <sup>abc</sup>	175 <sup>cde</sup>	
R		Control	10 <sup>g</sup>	2.0±0.0	6.0±0.0	36.2 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>abc</sup>	108 <sup>de</sup>	
		AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>ef</sup>	1.4±0.2	20.8±5.8	34.0 <sup>abcde</sup>	1.17 <sup>bc</sup>	110 <sup>de</sup>	
		Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>cd</sup>	3.2±0.7	16.4±3.3	37.8 <sup>ab</sup>	1.41 <sup>abc</sup>	144 <sup>cde</sup>	
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	3.9±0.4	25.7±5.6	35.1 <sup>abc</sup>	1.27 <sup>abc</sup>	200 <sup>bcde</sup>	
Mean		55	2.5	17.5	35.2	1.37	154		
Tray		C	Control	50 <sup>ef</sup>	2.8±0.5	19.2±3.6	39.0 <sup>ab</sup>	1.41 <sup>abc</sup>	210 <sup>bcde</sup>
			AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	3.0±0.4	21.2±3.7	33.0 <sup>bcde</sup>	1.68 <sup>ab</sup>	260 <sup>bcde</sup>
			Ca(OH) <sub>2</sub>	20 <sup>g</sup>	1.5±0.5	12.0±5.0	35.8 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>abc</sup>	167 <sup>cde</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>		10 <sup>g</sup>	2.0±0.0	12.0±0.0	22.5 <sup>def</sup>	1.70 <sup>a</sup>	100 <sup>e</sup>	
	R	Control	60 <sup>de</sup>	2.8±0.5	13.0±3.1	29.0 <sup>bcdef</sup>	1.38 <sup>abc</sup>	200 <sup>bcde</sup>	
		AgNO <sub>3</sub>	40 <sup>f</sup>	2.0±0.4	13.5±5.0	23.0 <sup>cdef</sup>	1.16 <sup>c</sup>	140 <sup>cde</sup>	
		Ca(OH) <sub>2</sub>	10 <sup>g</sup>	1.0±0.0	2.0±0.0	45.7 <sup>a</sup>	1.30 <sup>abc</sup>	233 <sup>bcde</sup>	
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	50 <sup>ef</sup>	2.8±0.4	19.0±4.3	22.0 <sup>ef</sup>	1.16 <sup>c</sup>	143 <sup>cde</sup>	
	Mean		43	2.2	14.0	31.3	1.41	182	

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

Table 21. Rooting characteristics of *Vaccinium uliginosum* in greenhouse

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percent age(%)	Root number(rea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)	
Box	C <sup>2)</sup>	Control	30 <sup>gh3)</sup>	3.0±0.0	30.3±3.4 <sup>4)</sup>	38.0 <sup>abc</sup>	1.24 <sup>ab</sup>	128 <sup>bcd</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	10 <sup>ij</sup>	4.0±0.0	18.0±0.0	27.5 <sup>bc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	100 <sup>cd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>cd</sup>	4.4±0.7	69.0±12	31.2 <sup>bc</sup>	1.39 <sup>ab</sup>	190 <sup>abcd</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	3.9±0.2	63.5±4.4	37.5 <sup>abc</sup>	1.32 <sup>ab</sup>	280 <sup>a</sup>
	R	Control	30 <sup>gh</sup>	2.0±1.0	33.3±12	34.4 <sup>bc</sup>	1.14 <sup>ab</sup>	86 <sup>d</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	40 <sup>fg</sup>	3.7±1.1	23.3±6.1	40.4 <sup>ab</sup>	1.39 <sup>ab</sup>	143 <sup>bcd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	90 <sup>ab</sup>	3.1±0.6	22.4±4.9	33.8 <sup>bc</sup>	1.52 <sup>ab</sup>	161 <sup>abcd</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	80 <sup>bc</sup>	4.2±1.0	48.6±12	37.3 <sup>abc</sup>	1.52 <sup>ab</sup>	240 <sup>ab</sup>
	Mean	56	3.5	38.6	35.0	1.32	166	
Pot	C	Control	50 <sup>ef</sup>	2.8±0.5	37.2±13	28.2 <sup>bc</sup>	1.33 <sup>ab</sup>	158 <sup>abcd</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	20 <sup>hi</sup>	2.0±1.0	24.5±24	35.0 <sup>abc</sup>	1.33 <sup>ab</sup>	133 <sup>bcd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	40 <sup>fg</sup>	1.7±0.4	30.5±9.9	36.8 <sup>abc</sup>	1.73 <sup>a</sup>	200 <sup>abcd</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	3.2±0.5	39.4±1.9	25.1 <sup>bc</sup>	1.77 <sup>a</sup>	204 <sup>abcd</sup>
	R	Control	20 <sup>hi</sup>	3.5±1.5	8.0±0.0	26.0 <sup>bc</sup>	1.70 <sup>a</sup>	100 <sup>cd</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	30 <sup>gh</sup>	1.6±0.3	10.0±2.5	27.0 <sup>bc</sup>	0.97 <sup>b</sup>	100 <sup>cd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	3.1±0.5	30.1±6.4	32.3 <sup>bc</sup>	1.80 <sup>a</sup>	280 <sup>a</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	80 <sup>bc</sup>	2.2±0.4	12.8±3.2	23.0 <sup>c</sup>	1.18 <sup>ab</sup>	122 <sup>bcd</sup>
	Mean	55	2.5	24.1	29.2	1.48	162	
Tray	C	Control	20 <sup>hi</sup>	3.5±0.5	40.0±7.0	35.8 <sup>abc</sup>	1.52 <sup>ab</sup>	88 <sup>d</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	40 <sup>fg</sup>	2.5±0.6	20.8±5.1	22.4 <sup>c</sup>	1.40 <sup>ab</sup>	116 <sup>bcd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>cd</sup>	4.1±0.5	25.0±3.3	26.1 <sup>bc</sup>	1.48 <sup>ab</sup>	230 <sup>abc</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	60 <sup>de</sup>	2.1±0.4	28.7±7.1	23.1 <sup>c</sup>	1.29 <sup>ab</sup>	104 <sup>cd</sup>
	R	Control	50 <sup>ef</sup>	3.6±0.5	20.8±3.2	25.2 <sup>bc</sup>	1.52 <sup>ab</sup>	155 <sup>abcd</sup>
		AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>j</sup>	ND <sup>5)</sup>	ND	51.0 <sup>a</sup>	1.15 <sup>ab</sup>	100 <sup>cd</sup>
		Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>cd</sup>	2.7±0.5	11.3±2.4	27.8 <sup>bc</sup>	1.48 <sup>ab</sup>	160 <sup>abcd</sup>
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	50 <sup>ef</sup>	3.0±0.8	18.6±9.0	27.5 <sup>bc</sup>	1.40 <sup>ab</sup>	163 <sup>abcd</sup>
	Mean	45	3.1	23.6	29.9	1.41	140	

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>5)</sup>ND: Not detected



Fig. 12. Rooting form of *Vaccinium uliginosum* after cutting according to each container and treatment in greenhouse.



Fig. 13. Rooting form of *Vaccinium uliginosum* after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.

백리향의 전초를 절취하여 삽수를 제조하고, 삽목하여 약 15일 후 발근을 확인하였다(Fig. 14). 밀폐상에서 용기 종류에 따라 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 22와 Fig. 16에서 보는 바와 같으며, 용기별 발근율 조사에서 삽목판은 51%, 포트는 68%, 트레이는 68%로 포트와 트레이의 발근율이 높게 나타났으며, 삽목판은 0~100%의 범위 나타나 삽목판 무처리구 질산은이 100% 발근하고, 루톤 처리구의 석회수 100%, 과망간산칼륨이 90%로 나타났으며, 포트에서는 무처리구의 과망간산칼륨이 90%로 높게 발근했다. 그리고 트레이에서는 루톤 처리구에서 석회수와 과망간산칼륨이 모두 100%로 높게 나타났다. 트레이 루톤 처리구의 석회수에서 뿌리 길이가  $27.9\pm 6.3\text{mm}$ , 지상부 길이가  $59.5\pm 10\text{mm}$ 로 처리구에서 가장 길게 나타내었다. 온실에서는 삽목판이 83%로 포트 68%, 트레이 63%에 비해 높게 나타났고, 삽목판 무처리구 과망간산칼륨, 삽목판 루톤처리구의 대조구, 포트의 무처리구에서 과망간산칼륨과 루톤 처리구의 대조구, 트레이의 무처리구 과망간산칼륨과 루톤 대조구에서 각각 100%의 발근율을 보였다. 그리고 트레이 무처리구의 과망간산칼륨에서 뿌리 길이가  $71.6\pm 12\text{mm}$ 로 가장 길게 조사되어 밀폐상과 온실 전체 처리구에서 가장 길게 나타났고, 대부분 전처리에 삽목 효과가 나타났다.



Fig. 14. Rooting characteristics of *Thymus quinquecostatus*.

A; Cutting slips, B; 15date, C; 40date

Table 22. Rooting characteristics of *Thymus quinquecostatus* in vinyl-moist chamber

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percent age(%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)
C <sup>2)</sup>	Control	0 <sup>g3)</sup>	ND <sup>5)</sup>	ND	ND	ND	ND
	AgNO <sub>3</sub>	100 <sup>a</sup>	3.4±0.5 <sup>4)</sup>	17.7±2.3	26.5±2.9	0.59±0.05	110±10
	Ca(OH) <sub>2</sub>	20 <sup>ef</sup>	1.0±0.0	9.5±3.5	12.0±0.0	0.55±0.05	100±00
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
	Mean	51	3.5	18.2	22.0	0.61	95
Box	Control	70 <sup>c</sup>	4.3±0.9	20.9±4.7	27.0±5.6	0.66±0.12	91±9
	AgNO <sub>3</sub>	30 <sup>e</sup>	2.0±0.6	21.7±3.2	11.4±3.3	0.66±0.11	66±14
	Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	5.3±0.6	23.2±6.0	33.4±9.4	0.54±0.08	94±3
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	90 <sup>ab</sup>	4.9±0.5	16.4±2.4	21.8±5.2	0.64±0.04	111±11
	Mean	51	3.5	18.2	22.0	0.61	95
Pot	Control	70 <sup>c</sup>	2.0±0.4	23.6±7.0	72.4±10	0.61±0.05	129±18
	AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>d</sup>	3.8±1.2	14.4±3.7	20.2±2.5	0.52±0.07	100±00
	Ca(OH) <sub>2</sub>	30 <sup>e</sup>	5.3±1.5	35.3±10	17.3±4.5	0.67±0.06	117±17
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	3.2±0.6	26.9±7.0	26.8±3.1	0.46±0.03	104±12
	Mean	68	4.3	28.6	32.1	0.60	109
Tray	Control	50 <sup>d</sup>	2.0±0.6	28.8±7.4	41.8±17	0.86±0.07	148±46
	AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>d</sup>	3.6±0.9	18.2±6.5	18.2±3.0	0.64±0.09	78±14
	Ca(OH) <sub>2</sub>	50 <sup>d</sup>	3.4±0.8	10.0±1.8	18.8±5.7	0.74±0.09	62±16
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	90 <sup>ab</sup>	3.7±0.7	17.1±3.7	29.4±9.0	0.93±0.15	116±17
	Mean	68	3.7	21.2	30.4	0.73	104
Tray	Control	90 <sup>ab</sup>	4.9±1.2	27.1±4.9	32.9±9.7	0.61±0.04	111±11
	AgNO <sub>3</sub>	10 <sup>fg</sup>	2.0±0.0	13.0±0.0	5.0±0.0	0.60±0.00	30±00
	Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	4.4±0.7	27.9±6.3	59.5±10	0.73±0.04	127±34
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	5.6±0.9	27.7±5.1	37.9±9.2	0.71±0.08	160±27
	Mean	68	3.7	21.2	30.4	0.73	104

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>5)</sup>ND: Not detected



Table 23. Rooting characteristics of *Thymus quinquecostatus* in greenhouse

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percent age (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)	
Box	C <sup>2)</sup>	Control	90 <sup>ab3)</sup>	1.3±0.2 <sup>4)</sup>	14.9±3.2	44.0±4.3	0.72±0.06	120±13
		AgNO <sub>3</sub>	50 <sup>ef</sup>	2.4±0.4	28.4±3.3	14.9±2.5	0.67±0.04	115±15
		Ca(OH) <sub>2</sub>	90 <sup>ab</sup>	2.0±0.6	47.1±11	43.3±9.8	0.63±0.07	211±39
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	1.7±0.3	32.8±2.8	43.4±7.4	0.69±0.05	160±22
	R	Control	100 <sup>a</sup>	1.5±0.2	49.5±5.8	47.0±5.9	0.88±0.02	230±15
		AgNO <sub>3</sub>	40 <sup>fg</sup>	1.3±0.3	27.0±7.4	23.8±13	0.90±0.14	125±25
		Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	2.2±0.4	59.1±8.2	34.9±7.1	0.92±0.06	280±29
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	90 <sup>ab</sup>	1.7±0.3	29.3±4.9	29.0±4.1	0.70±0.05	94±6
Mean		83	1.8	36.0	35.0	0.76	167	
Pot	C	Control	70 <sup>cd</sup>	1.4±0.3	43.4±13	47.3±7.4	0.87±0.05	190±41
		AgNO <sub>3</sub>	80 <sup>bc</sup>	1.9±0.4	69.9±19	38.7±5.6	0.82±0.03	180±29
		Ca(OH) <sub>2</sub>	10 <sup>h</sup>	1.0±0.0	65.0±0.0	20.4±6.2	0.86±0.02	120±20
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	2.1±0.2	66.9±18	67.2±6.5	0.86±0.05	180±25
	R	Control	100 <sup>a</sup>	1.4±0.2	40.5±7.5	35.5±6.4	0.70±0.06	200±39
		AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>h</sup>	ND <sup>5)</sup>	ND	ND	ND	ND
		Ca(OH) <sub>2</sub>	90 <sup>ab</sup>	1.4±0.3	64.3±11	36.4±7.6	0.76±0.05	167±29
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	90 <sup>ab</sup>	2.6±0.5	35.8±12	29.3±6.3	0.66±0.05	190±35
Mean		68	1.7	55.1	39.3	0.79	175	
Tray	C	Control	100 <sup>a</sup>	1.8±0.2	68.3±13	59.4±3.6	0.87±0.06	250±54
		AgNO <sub>3</sub>	30 <sup>g</sup>	1.0±0.0	44.7±33	21.6±1.8	0.76±0.09	70±12
		Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>bc</sup>	2.0±0.3	72.1±20	39.7±8.4	0.69±0.06	140±26
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	100 <sup>a</sup>	2.3±0.3	71.6±12	69.0±7.0	0.79±0.07	220±49
	R	Control	100 <sup>a</sup>	1.4±0.2	20.8±2.8	47.6±6.0	0.86±0.04	104±12
		AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>h</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
		Ca(OH) <sub>2</sub>	60 <sup>de</sup>	2.5±0.7	44.0±11	39.0±6.8	0.80±0.04	133±27
		K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	30 <sup>g</sup>	1.7±0.3	18.0±2.3	31.8±12	0.70±0.10	74±35
Mean		63	1.8	48.5	44.0	0.78	142	

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>5)</sup>ND: Not detected

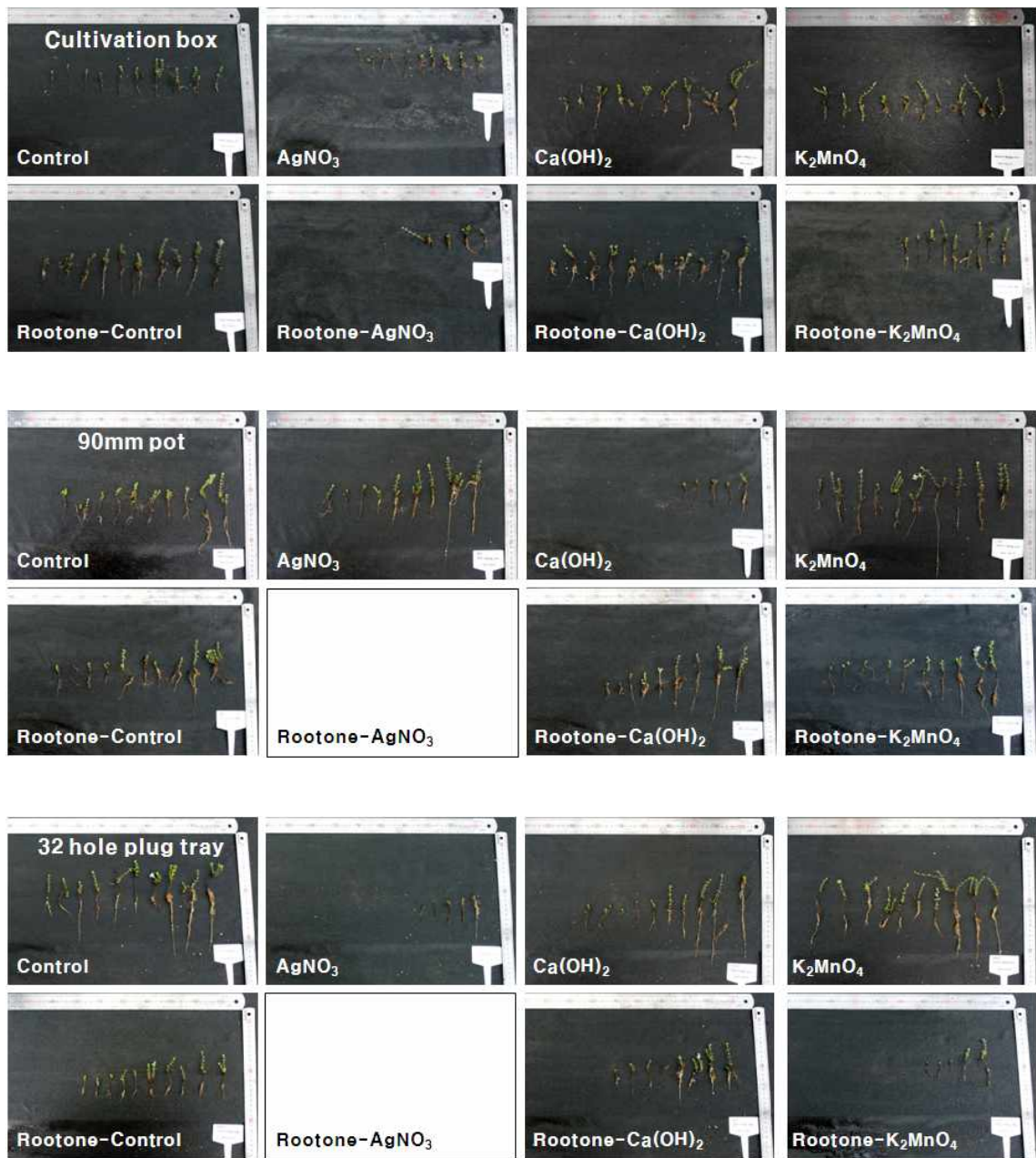


Fig. 15. Rooting form of *Thymus quinquecostatus* after cutting according to each container and treatment in greenhouse.

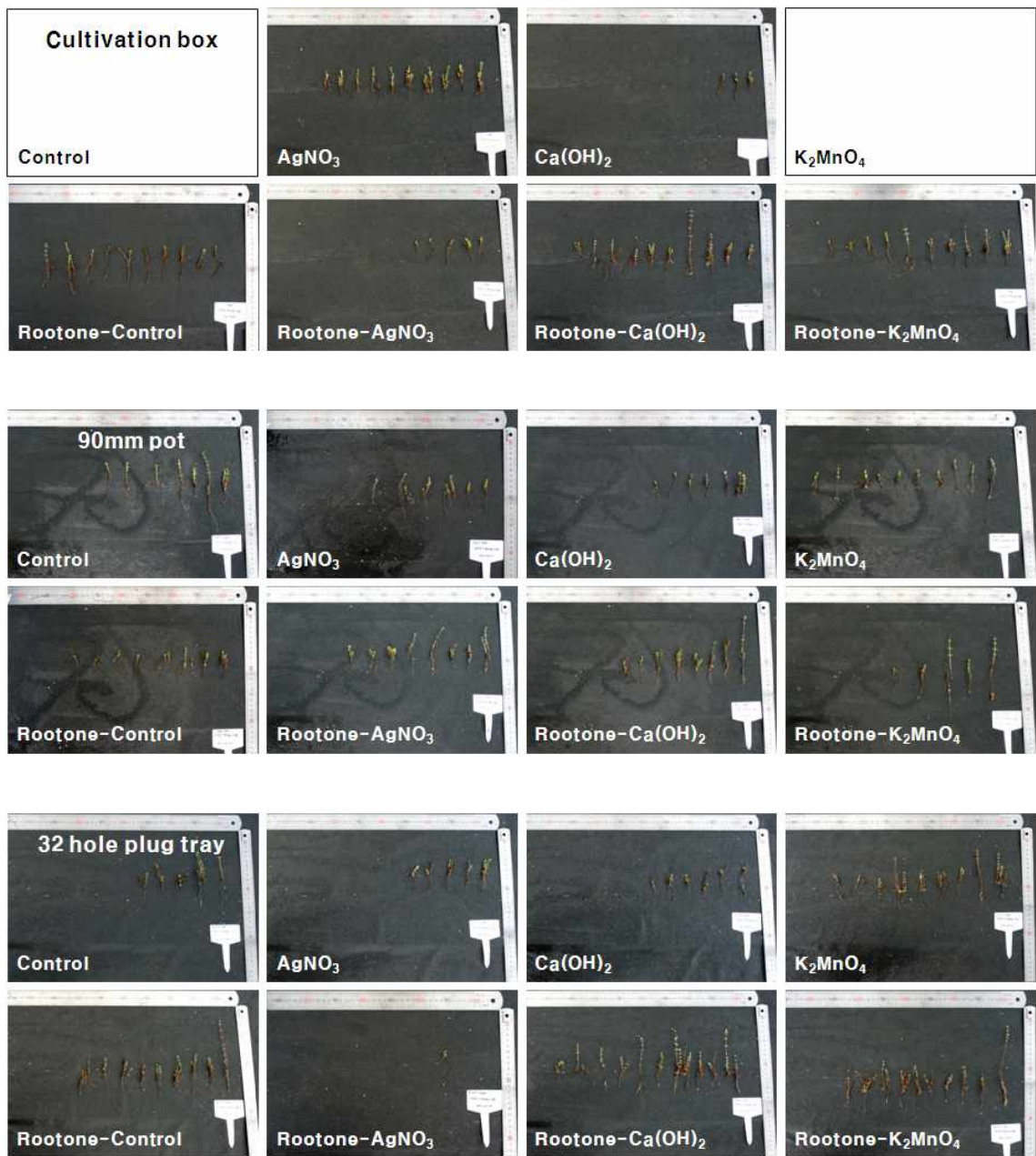


Fig. 16. Rooting form of *Thymus quinquecostatus* after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.

땃땃이나무는 상단부를 절취하여 삽수 제조하고, 삽목 후 약 45일이 지나 발근을 확인되었다(Fig. 17), 밀폐상에서 용기 종류에 따라 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 24과 Fig. 19에서 보는 바와 같으며, 용기별 발근율 조사에서 삽목판은 64%, 포트는 61%, 트레이 66%으로 발근율이 나타났으며, 뿌리의 길이는 트레이가 96mm로 용기 중에 적게 자라 포트와는 1.5배 차이가 났다. 밀폐상에서 용기별 발근율은 평균 64%이었으나, 온실 실험구에서는 평균 37%로 1.7배 차이가 나타났다. 밀폐상과 온실에서 모두 루톤 처리구가 평균 무처리구에 비해 높은 발근율을 나타내었는데, 이 결과는 고(2009)의 삽목 실험에서 6월 채집한 땃땃이나무가 지속적인 수분공급과 동시에 IBA 100mg 처리에서 안정적인 발근율을 보인 결과와 일치하였다.

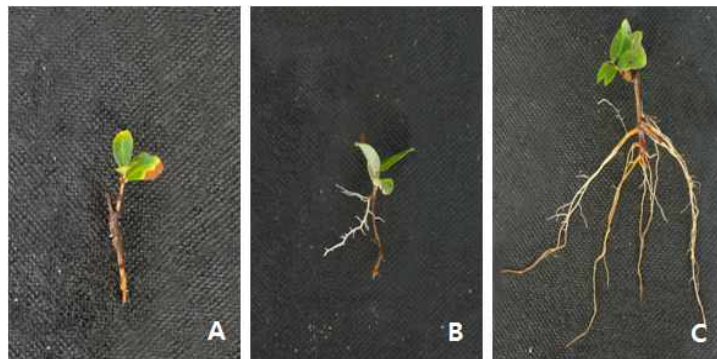


Fig. 17. Rooting characteristics of *Lonicera caerulea* var. *edulis*.  
A; Cutting slips, B; 45date, C; 90date

Table 24. Rooting characteristics of *Lonicera caerulea* var. *edulis* in vinyl-moist chamber

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percent age (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)
C <sup>2)</sup>	Control	60 <sup>cd3)</sup>	3.3±0.9 <sup>4)</sup>	76±11	42.5 <sup>abcde</sup>	1.75 <sup>abcd</sup>	350 <sup>bcdef</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>f</sup>	ND <sup>5)</sup>	ND	49.5 <sup>ab</sup>	1.20 <sup>cdef</sup>	163 <sup>efgh</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>b</sup>	3.9±0.8	85±16	48.1 <sup>ab</sup>	1.74 <sup>abcd</sup>	375 <sup>bcd</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	70 <sup>bc</sup>	4.4±0.4	98±14	46.7 <sup>abc</sup>	1.93 <sup>ab</sup>	429 <sup>bcd</sup>
Box	Control	80 <sup>b</sup>	5.3±0.6	88±10	37.9 <sup>bcde</sup>	1.64 <sup>abcde</sup>	425 <sup>bcd</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	60 <sup>cd</sup>	3.3±1.1	47±5	34.2 <sup>cde</sup>	1.43 <sup>abcdef</sup>	233 <sup>defgh</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	100 <sup>a</sup>	4.1±0.5	65±8	39.0 <sup>bcde</sup>	1.83 <sup>abc</sup>	340 <sup>bcdefg</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	60 <sup>cd</sup>	5.2±1.5	68±22	37.8 <sup>bcde</sup>	1.62 <sup>abcde</sup>	367 <sup>bcde</sup>
	Mean	64	4.2	75	42.0	1.64	335
C	Control	80 <sup>b</sup>	2.1±0.4	59±8	41.4 <sup>abcde</sup>	1.51 <sup>abcdef</sup>	250 <sup>cdefgh</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	70 <sup>bc</sup>	1.7±0.4	58±18	37.5 <sup>bcde</sup>	1.36 <sup>bcdef</sup>	275 <sup>cdefgh</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>bc</sup>	2.3±0.4	50±12	42.4 <sup>abcde</sup>	1.55 <sup>abcde</sup>	250 <sup>cdefgh</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	80 <sup>b</sup>	2.5±0.4	81±19	48.0 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>abcde</sup>	375 <sup>bcd</sup>
Pot	Control	50 <sup>de</sup>	5.2±1.2	116±19	37.5 <sup>bcde</sup>	1.50 <sup>abcdef</sup>	333 <sup>bcdefg</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	10 <sup>f</sup>	4.0±0.0	22±00	33.5 <sup>de</sup>	1.00 <sup>ef</sup>	125 <sup>h</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>b</sup>	4.6±0.7	61±15	37.4 <sup>bcde</sup>	1.69 <sup>abcd</sup>	313 <sup>cdefgh</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	50 <sup>de</sup>	2.8±0.9	61±14	34.4 <sup>cde</sup>	1.56 <sup>abcde</sup>	220 <sup>defgh</sup>
	Mean	61	3.2	64	39.0	1.47	268
C	Control	80 <sup>b</sup>	3.4±0.6	138±14	52.3 <sup>a</sup>	1.81 <sup>abc</sup>	538 <sup>ab</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	10 <sup>f</sup>	1.0±0.0	28±00	34.0 <sup>cde</sup>	1.15 <sup>def</sup>	150 <sup>fgh</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>b</sup>	2.4±0.7	116±13	40.5 <sup>abcde</sup>	1.89 <sup>ab</sup>	363 <sup>bcde</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	80 <sup>b</sup>	3.4±0.6	105±12	41.6 <sup>abcde</sup>	1.39 <sup>bcdef</sup>	450 <sup>bc</sup>
Tray	Control	80 <sup>b</sup>	4.6±0.8	138±8	46.3 <sup>abcd</sup>	2.06 <sup>a</sup>	650 <sup>a</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	40 <sup>e</sup>	1.8±0.5	44±6	31.2 <sup>e</sup>	0.90 <sup>f</sup>	140 <sup>gh</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>b</sup>	5.0±0.8	86±20	39.5 <sup>abcde</sup>	1.79 <sup>abcd</sup>	450 <sup>bc</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	80 <sup>b</sup>	4.8±0.7	115±16	42.9 <sup>abcde</sup>	1.79 <sup>abcd</sup>	538 <sup>ab</sup>
	Mean	66	3.3	96	41.0	1.60	410

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>5)</sup>ND: Not detected

Table 25. Rooting characteristics of *Lonicera caerulea* var. *edulis* in greenhouse

Container <sup>1)</sup>	Treatment	Rooting percent age (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root collar diameter (mm)	Fresh weight (mg)
C <sup>2)</sup>	Control	90 <sup>a3)</sup>	4.0±0.9 <sup>4)</sup>	115±12	48.6±3.5	1.54±0.16	256±50
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>g</sup>	ND <sup>5)</sup>	ND	ND	ND	ND
	Ca(OH) <sub>2</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
Box	Control	60 <sup>cd</sup>	5.2±0.9	183±20	43.8±3.0	1.65±0.11	367±49
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
	Ca(OH) <sub>2</sub>	80 <sup>ab</sup>	4.3±0.8	133±20	33.1±3.0	1.34±0.14	267±65
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	60 <sup>cd</sup>	9.2±1.0	162±18	51.1±5.1	1.79±0.18	586±91
	Mean	36	5.7	148	44.2	1.58	369
C	Control	40 <sup>ef</sup>	3.8±1.1	102±21	62.8±6.3	1.65±0.18	375±85
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	52.0±0.0	1.20±0.00	100±00
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40 <sup>ef</sup>	2.8±0.9	166±36	50.0±2.3	1.51±0.16	325±62
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	50 <sup>de</sup>	3.2±1.2	64±18	46.6±6.2	1.13±0.09	243±30
Pot	Control	90 <sup>a</sup>	7.7±1.8	131±15	38.2±3.5	1.58±0.21	544±82
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	67.0±0.0	1.80±0.00	300±00
	Ca(OH) <sub>2</sub>	70 <sup>bc</sup>	8.1±1.2	116±14	33.6±3.2	1.67±0.14	429±52
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40 <sup>ef</sup>	7.8±2.2	169±11	34.4±5.2	1.22±0.18	400±84
	Mean	41	5.6	125	48.1	1.47	340
C	Control	30 <sup>f</sup>	2.7±1.2	136±14	49.2±4.7	1.10±0.09	280±49
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
	Ca(OH) <sub>2</sub>	50 <sup>de</sup>	2.2±0.7	78±28	43.9±3.7	1.40±0.23	286±74
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	50 <sup>de</sup>	2.4±0.5	91±25	48.3±4.0	1.90±0.04	317±54
Tray	Control	10 <sup>g</sup>	6.0±0.0	100±00	37.0±0.0	0.80±0.00	400±00
	AgNO <sub>3</sub>	0 <sup>g</sup>	ND	ND	70.0±0.0	1.00±0.00	100±00
	Ca(OH) <sub>2</sub>	60 <sup>cd</sup>	5.0±0.8	108±23	38.6±6.4	1.33±0.15	271±61
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	80 <sup>ab</sup>	6.6±0.4	140±16	36.1±4.7	1.56±0.13	463±94
	Mean	35	4.2	109	46.2	1.30	302

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>C: Control, R: Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>4)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>5)</sup>ND: Not detected

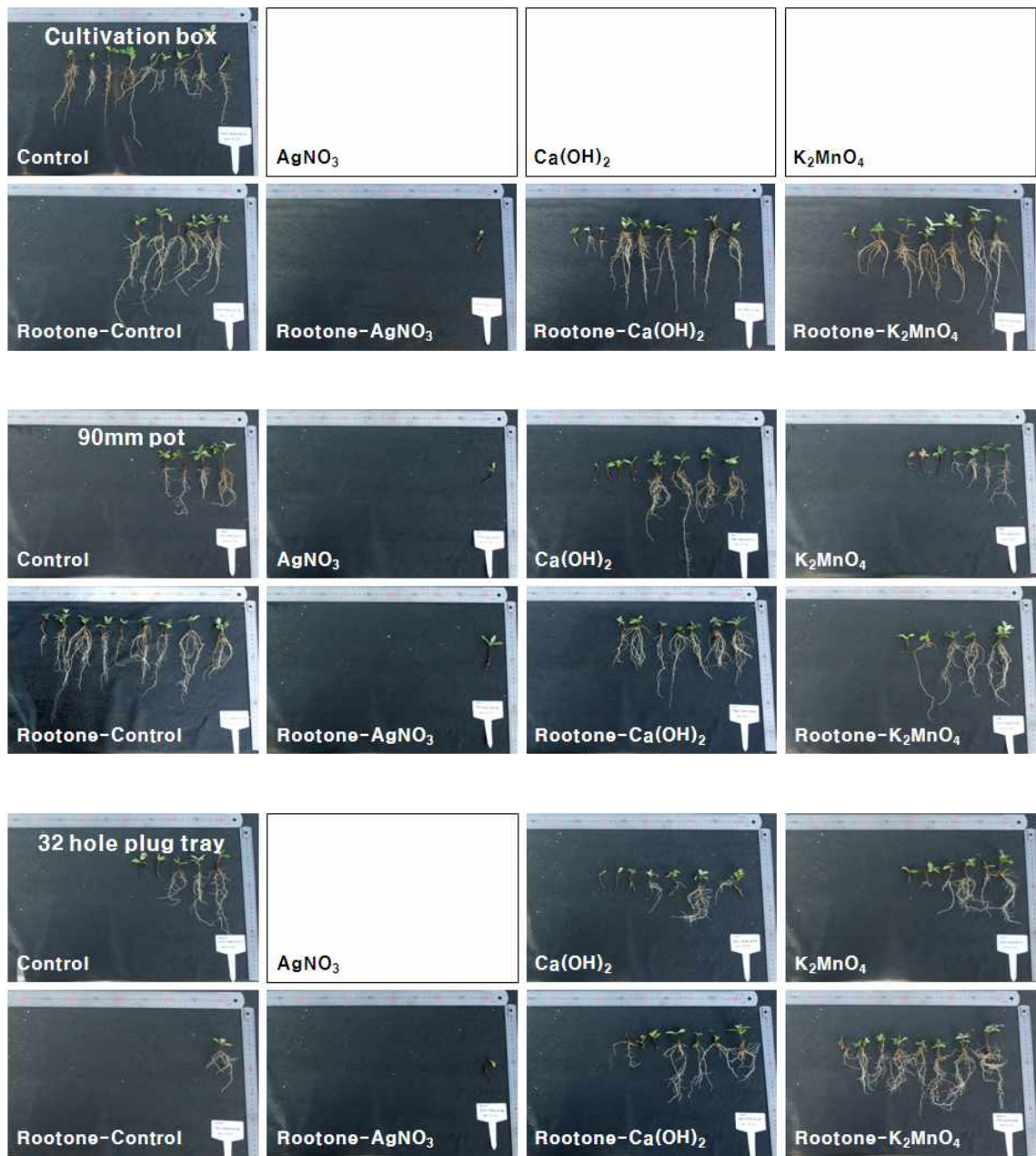


Fig. 18. Rooting form of *Lonicera caerulea* var. *edulis* after cutting according to each container and treatment in greenhouse.



Fig. 19. Rooting form of *Lonicera caerulea* var. *edulis* after cutting according to each container and treatment in vinyl-moist chamber.



## (2) 2013년 구상나무 등 8종의 삽목 실험

구상나무의 상단부를 절취하여 삽수 제조하고, 삽목 후 약 65일이 지나 발근을 확인되었다(Fig. 20). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 26과 Fig. 21에서 보는 바와 같으며, 대부분의 처리구에서 발근이 되지 않았고, 밀폐상의 루톤 처리구에서만 7.5% 발근되었다. 다만, 밀폐상의 모든 처리구에서 50% 이상 생존하고 있었다. 구상나무의 경우 온실과 밀폐 상 처리구 모두에서 잎이 떨어지며 고사되는 현상이 많았는데, 이는 김(1994)과 김(1991), 김(1997)의 결과 다른 수종에 비하여 고사하는 개체가 많다는 보고와 일치하며, 모든 처리구에서 발근율이 10% 이하로 낮게 나타났는데 이는 4년생의 모수에서 96.7%, 10년생 모수에서 23%, 20년생 모수에서 0%로 모수의 채취 수령을 나타낸 이(1986)의 결과와 유사하여 본 실험에 사용된 구상나무 삽수의 모수가 한라산 자생지라는 특성상 수령이 20~30년 이상 될 것으로 추정되어 이(1986) 결과와 유사하게 판단된다.



Fig. 20. Rooting characteristics of *Abies koreana*.

A; Cutting slips, B; 65date, C; 135date

Table 26. Rooting characteristics according to cutting on *Abies koreana*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)	New shoot number (ea)
General cutting	Control	40	1	0	0.0 <sup>b2)</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	13.0±0.0 <sup>1)</sup>	1100±00	1.00±0.00
	Control	40	17	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	11.5±0.5	1253±92	2.00±0.00
	Rootone <sup>3)</sup>	40	16	3	7.5 <sup>a</sup>	1.7±0.3	61.0±22.3	11.3±0.9	1025±67	1.30±0.15
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	14	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	15.0±1.6	936±104	1.00±0.00
	AgNO <sub>3</sub>	40	18	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	14.9±1.7	1022±80	1.00±0.00
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	10	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	11.7±1.9	950±134	1.00±0.00
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	15	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	11.6±1.5	927±93	1.00±0.00

<sup>1)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>4)</sup>ND: Not detected

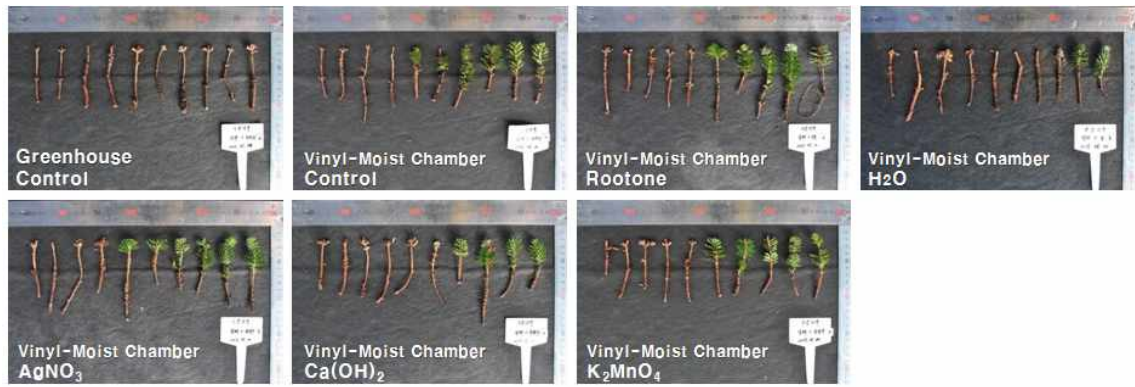


Fig. 21. Rooting form of *Abies koreana* after cutting according to each container and treatment.

사스래나무(좁고채목)는 자생지에서 삽수를 채집하여 삽목 하였으나, 실험에 사용한 삽수에서 발근이 확인되지 않았고, 다만 동아 발생은 확인되었다(Fig. 22). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 27과 Fig. 23에서 보는 바와 같은데, 모든 처리구에서 발근율을 0%로 생존만 하였다. 삽수의 생존 수 전체 평균은 8.7개이며, 삽목 전 전처리방법에 따른 평균은 9.5개로 밀폐상과 전처리 방법이 대조구나 루톤에 비해 나은 생존율을 보였다. 생존율은 질산은 처리가 15%로 가장 많이 나타났다. 온실 대조구 4개에 비해 2.3배 높게 나타나 추후 발근을 위해서는 밀폐 상 조건에서 실험이 필요할 것으로 판단된다. 또한 고(2000)의 좁고채목의 삽목 결과 전혀 발근이 이루어지지 않는 종으로 보고하는 등 삽목증식이 어려워 종 보전 대책이 수립되어야 할 것으로 보인다.



Fig. 22. Rooting characteristics of *Betulaer manii*.

A; Cutting slips, B; 110date(Winter buds occurrence)

Table 27. Rooting characteristics according to cutting on *Betula ermanii*.

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)	New shoot number (ea)
General cutting	Control	40	4	0	0.0	ND <sup>3)</sup>	ND	80.3 <sup>a1)</sup>	325 <sup>a</sup>	1.00 <sup>c</sup>
	Control	40	10	0	0.0	ND	ND	63.3 <sup>b</sup>	310 <sup>a</sup>	3.38 <sup>ab</sup>
	Rootone <sup>2)</sup>	40	4	0	0.0	ND	ND	76.5 <sup>a</sup>	425 <sup>a</sup>	2.00 <sup>bc</sup>
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	9	0	0.0	ND	ND	77.0 <sup>a</sup>	344 <sup>a</sup>	1.40 <sup>c</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	40	15	0	0.0	ND	ND	71.8 <sup>ab</sup>	460 <sup>a</sup>	3.91 <sup>a</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	9	0	0.0	ND	ND	79.7 <sup>a</sup>	444 <sup>a</sup>	1.43 <sup>c</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	5	0	0.0	ND	ND	70.2 <sup>ab</sup>	480 <sup>a</sup>	1.75 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>2)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>3)</sup>ND: Not detected



Fig. 23. Rooting form of *Betulaer manii* after cutting according to each container and treatment.

흑오미자는 자생지에서 삽수를 채집하여 삽목 후 65일만에 발근이 확인되었다(Fig. 24). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 28과 Fig. 25에서 보는 바와 같은데, 루톤이 27.5%로 다른 처리구와 비교하여 가장 높은 발근율을 나타냈다. 대부분 발근 되지 않았으나, 밀폐상의 경우 평균 21.5개가 생존하였고, 석회수와 과망간산칼륨에서 평균 29.5개로 높은 생존율을 보였다. 김(2007)의 결과를 보면 흑오미자의 삽목 발근 효과를 보기 위해 IBA를 농도별로 처리하였는데, IBA 500mg/l 80%의 발근율을 나타내어 본 연구의 루톤 처리구에서 발근율이 가장 좋았던 것과 유사하였으며, 대부분의 삽수에서 발근이 안되거나 늦어지는 이유로 삽수의 모수령이 증가함에 따라 삽목 발근율이 감소하는 경향을 발표한 김 등(2007)의 결과와 비슷한 경향을 보였으나, 반면 김 등(2007)은 흑오미자의 경우 15년생의 경우에 63%로 발근되어 비교적 유사성이 높은 수준으로 모수령이 큰 상관이 없다고 판단하기도 하였다.

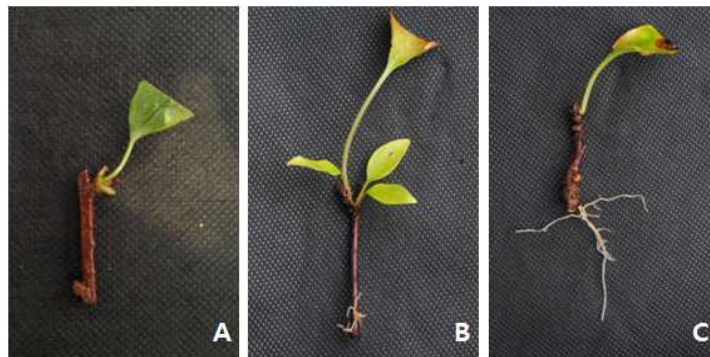


Fig. 24. Rooting characteristics of *Schisandra repanda*.

A; Cutting slips, B; 65date, C; 90date

Table 28. Rooting characteristics according to cutting on *Schisandra repanda*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)	New shoot number (ea)
General cutting	Control	40	1	0	0.0 <sup>b2)</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	500±00 <sup>1)</sup>	1.00±0.00
	Control	40	21	1	2.5 <sup>b</sup>	1.0±0.0	5.0±0.0	81.4±1.8	629±39	1.80±0.33
	Rootone <sup>3)</sup>	40	24	11	27.5 <sup>a</sup>	2.4±0.3	22.2±5.3	67.9±4.2	717±46	2.00±1.00
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	18	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	73.2±2.6	707±61	1.88±0.35
	AgNO <sub>3</sub>	40	7	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	81.8±2.3	614±99	1.33±0.33
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	36	1	2.5 <sup>b</sup>	1.0±0.0	15.0±0.0	75.9±2.2	719±45	1.73±0.30
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	23	0	0.0 <sup>b</sup>	ND	ND	70.4±1.7	517±30	1.00±0.00

<sup>1)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>4)</sup>ND: Not detected





Fig. 25. Rooting form of *Schisan drarepanda* after cutting according to each container and treatment.

시로미는 삽수를 채집하여 삽목 후 25일만에 발근이 확인되었다(Fig. 26). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 29과 Fig. 27에서 보는 바와 같다.

시로미는 0~87.5%까지 범위에서 질산은이 87.5% 가장 높은 발근율을 보였으며, 질산은의 삽수 생존의 수는 온실 대조구에 비해 6.5배 높게 나타났다. 그리고 과망간산칼륨 또한 75%로 온실 대조구에 비해 5.6배 높게 나타나, 시로미의 경우 밀폐 상 조건에 질산은과 과망간산칼륨 처리로 기존 온실에서의 삽목보다 발근율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

시로미의 경우 고(2000)는 식물생장조절물질의 차이에 따라 16~75%로 차이를 보였으며, 4월초 채취한 삽수를 이용하여 0.5mg/L NAA에서 56.3%로 발근한 것이 최적의 조건으로 보고하였는데, 본 실험의 87.5%이 31.5% 높은 발근율을 나타내어 새로운 최적 조건을 제시한 것으로 판단되며, 7~8월 채집하여 나타낸 결과로 보아 채집시기에 따른 발근율의 차이 보다 삽목환경과 시로미의 묘수령의 차이 그리고 녹지삽이 발근율에 영향을 주는 것으로 판단되어 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

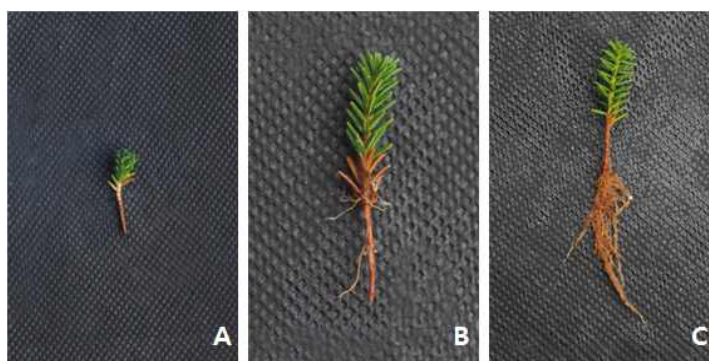


Fig. 26. Rooting characteristics of *Empetrum nigrum* var. *japonicum*.  
A; Cutting slips, B; 25date, C; 80date

Table 29. Rooting characteristics according to cutting on *Empetrum nigrum* var *japonicum*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
General cutting	Control	40	6	0	0.0 <sup>c2)</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	30.2 <sup>a</sup>	68.3 <sup>c</sup>
	Control	40	26	15	37.5 <sup>b</sup>	1.93±0.18 <sup>1)</sup>	27.1±3.7	26.7 <sup>ab</sup>	130.4 <sup>b</sup>
	Rootone <sup>3)</sup>	40	21	0	0.0 <sup>c</sup>	ND	ND	27.3 <sup>ab</sup>	57.6 <sup>c</sup>
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	33	20	50.0 <sup>b</sup>	2.65±0.27	44.6±4.3	28.0 <sup>ab</sup>	178.5 <sup>a</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	40	39	35	87.5 <sup>a</sup>	2.63±0.18	50.3±2.8	21.4 <sup>c</sup>	212.6 <sup>a</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	26	5	12.5 <sup>c</sup>	1.80±0.37	27.2±7.6	29.4 <sup>a</sup>	81.5 <sup>c</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	34	30	75.0 <sup>a</sup>	2.77±0.17	41.2±3.0	23.9 <sup>bc</sup>	195.6 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>4)</sup>ND: Not detected



Fig. 27. Rooting form of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* after cutting according to each container and treatment.

지리산오갈피는 삽수를 채집하여 삽목 후 60일만에 발근이 확인되었다(Fig. 28). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 30과 Fig. 29에서 보는 바와 같다.

그 결과 지리산오갈피는 과망간산칼륨 2.5%를 제외하고 모든 처리구에서 발아하지 못하였으며, 대부분 낙화되어 생존하지 못하였다. 온실과 밀폐상간의 유의성도 없었다. 김 등(2007)은 삽수에 잎이 2장 부착되고, Rootone을 분제 처리하는 경우 가장 높았다고 하였으나 본 실험에서는 모두 고사되어 죽어 버림에 따라, 처리 간 차이에 대한 유의성이 인정되지 않았다.



Fig. 28. Rooting characteristics of *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*.  
A; Cutting slips, B; 60date, C; 90date

Table 30. Rooting characteristics according to cutting on *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
General cutting	Control	40	3	3	7.5 <sup>a2)</sup>	3.3±0.9 <sup>1)</sup>	58.0±5.9	80.3±4.9	1000±153
	Control	40	0	0	0.0 <sup>a</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND
	Rootone <sup>3)</sup>	40	1	0	0.0 <sup>a</sup>	ND	ND	67.0±0.0	800±000
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	2	0	0.0 <sup>a</sup>	ND	ND	23.5±4.5	550±250
	AgNO <sub>3</sub>	40	0	0	0.0 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	0	0	0.0 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	1	1	2.5 <sup>a</sup>	11.0±2.0	44.0±0.0	39.0±0.0	1200±000

<sup>1)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

<sup>4)</sup>ND: Not detected



Fig. 29. Rooting form of *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis* after cutting according to each container and treatment.

쫄항유는 전초를 채집하여 3~5cm 절취 후 삼목하여 10일만에 발근이 확인되었다(Fig. 30). 온실과 밭페 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삼목시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 31과 Fig. 31에서 보는 바와 같다.

그 결과 온실 95%, 밭페 상 95%로 비슷한 경향을 보였으며, 밭페 상에서는 질산은 77.5%을 제외하고 95%이상 발근율을 나타내었다. 밭페상의 대조구의 경우 지상부의 길이가 40.8mm로 가장 길었고, 생체량의 경우 밭페 상의 과망간산칼륨 72.3mg으로 밭페 상 평균 70.5보다 높았다. 그리고 물 처리 87.5%로 가장 높게 나타났으며, 처리가 유의하였다. Song 등(1996)의 플러그 육묘 방법에서 쫄항유는 분지력이 좋아 삼목에 유리하다고 하였는데, 쫄항유의 경우도 모든 처리구에서 분지 개수가 평균 2.3개로 처리 간 유의하진 않지만 분지 형식으로 번식하는 결과를 보여 쫄항유의 삼목번식 결과와 일치하였다.

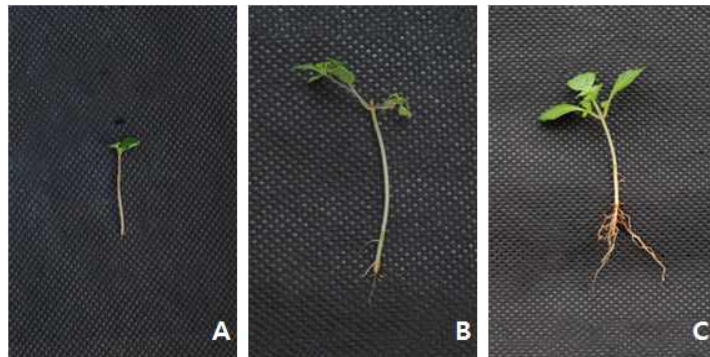


Fig. 30. Rooting characteristics of *Elsholtzia minima*.

A; Cutting slips, B; 10date, C; 55date



Table 31. Rooting characteristics according to cutting on *Elsholtzia minima*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)	Branch number (ea)
General cutting	Control	40	39	38	95.0 <sup>a1)</sup>	26.2 <sup>a</sup>	37.8 <sup>b</sup>	44.6 <sup>b</sup>	2.04 <sup>a</sup>
	Control	40	40	40	100.0 <sup>a</sup>	25.7 <sup>a</sup>	40.8 <sup>a</sup>	60.5 <sup>ab</sup>	2.29 <sup>a</sup>
	Rootone <sup>2)</sup>	40	40	40	100.0 <sup>a</sup>	18.2 <sup>b</sup>	35.0 <sup>b</sup>	80.0 <sup>a</sup>	2.09 <sup>a</sup>
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	40	40	100.0 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	39.9 <sup>a</sup>	87.5 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	40	40	31	77.5 <sup>b</sup>	17.2 <sup>b</sup>	38.2 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	2.31 <sup>a</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	40	40	100.0 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	36.4 <sup>b</sup>	61.0 <sup>ab</sup>	2.12 <sup>a</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	39	38	95.0 <sup>a</sup>	22.6 <sup>a</sup>	35.7 <sup>b</sup>	72.3 <sup>ab</sup>	2.21 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>2)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)



Fig. 31. Rooting form of *Elsholtzia minima* after cutting according to each container and treatment.

구름떡쑥은 전초를 채집하여 상단부를 절취 후 삽목하여 15일만에 발근이 확인되었다(Fig. 32). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 32과 Fig. 33에서 보는 바와 같다.

그 결과 밀폐 상 평균 68%의 발근율을 보였으며, 온실은 90%의 발근율이 나타났다. 밀폐 상에서는 과망간산칼륨이 90%, 밀폐 상 대조구가 온실과 비슷한 경향을 보였고, 밀폐 상 질산은의 경우 20%로 가장 낮은 발근율을 보여 약해 등 피해가 의심되었다. 그러나 지상부의 길이는 온실이 26.3%였으나, 밀폐 상은 평균 49.1%로 1.8배로 처리 간 차이가 유의하였다. 지상부의 길이가 긴 것은 초본인 구름떡쑥이 대기습도가 높고 차광율이 높은 밀폐 상안에서 도장(徒長)되어 온실보다 큰 것으로 추정된다.

육묘환경 개선 연구를 위한 정식한 구름떡쑥은 10~30일 사이에 꽃이 핀 후 고사되는 현상이 나타났다.

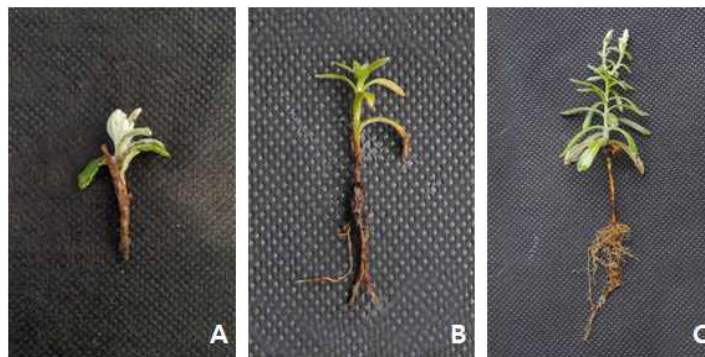


Fig. 32. Rooting characteristics of *Anaphalis sinica* var. *morii*.

A; Cutting slips, B; 15date, C; 55date

Table 32. Rooting characteristics according to cutting on *Anaphalis sinica* var. *morii*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
General cutting	Control	40	39	36	90.0 <sup>a1)</sup>	17.4 <sup>a</sup>	26.2 <sup>c</sup>	208 <sup>c</sup>
	Control	40	39	32	80.0 <sup>ab</sup>	17.7 <sup>a</sup>	46.3 <sup>b</sup>	241 <sup>abc</sup>
	Rootone <sup>2)</sup>	40	38	30	75.0 <sup>ab</sup>	13.2 <sup>b</sup>	47.9 <sup>b</sup>	271 <sup>a</sup>
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	39	27	67.5 <sup>b</sup>	15.1 <sup>ab</sup>	46.0 <sup>b</sup>	233 <sup>abc</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	40	34	8	20.0 <sup>c</sup>	14.8 <sup>ab</sup>	42.2 <sup>b</sup>	206 <sup>c</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	37	30	75.0 <sup>ab</sup>	17.7 <sup>a</sup>	63.9 <sup>a</sup>	260 <sup>ab</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	39	36	90.0 <sup>a</sup>	18.1 <sup>a</sup>	48.3 <sup>b</sup>	223 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>2)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)

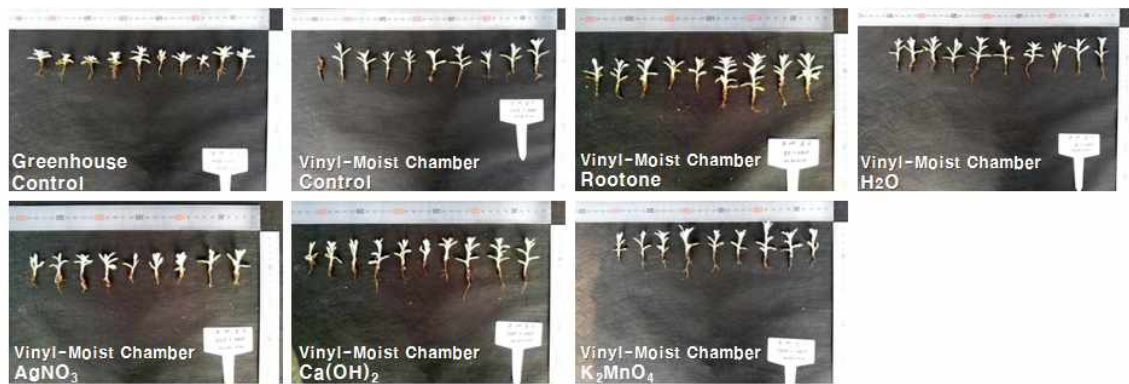


Fig. 33. Rooting form of *Anaphalis sinica* var. *morii* after cutting according to each container and treatment.

눈개쭉부쟁이는 전초를 채집하여 삽목 후 15일 만에 발근이 확인되었다(Fig. 34). 온실과 밀폐 상에서 식물조절물질 처리 비교와 전처리제가 삽목 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 33과 Fig. 35에서 보는 바와 같다.

그 결과 온실의 발근율은 52.5%, 밀폐상은 60%로 나타났고, 밀폐 상에서 루톤 처리구가 80%로 가장 높은 발근율을 나타냈다. 뿌리 길이는 온실이 37.9mm, 밀폐 상이 30.7mm로 조사되고, 지상부의 길이는 온실이 49.9mm, 밀폐상이 54.1mm로 나타났는데, 이는 밀폐 상에 질산은 처리가 30%의 발근율로 낮게 나타났기 때문인 것으로 판단되며, 지상부의 성장에는 밀폐상이 길게 나타나고 지하부의 경우 온실이 길게 조사되었다. 그러나 온실과 밀폐상의 삽수의 생존 수는 평균 39개로 대부분 생존하였다. 송(2001)은 눈개쭉부쟁이의 경우 꽃을 제거해 주면 속근성으로 자라게 되는데, 근경으로부터 나오는 어린 묘를 채취하여 발근 시키면 삽목 시 발근이 된다고 하였다.



Fig. 34. Rooting characteristics of *Aster hayatae*.  
A; Cutting slips, B; 15date, C; 35date

Table 33. Rooting characteristics according to cutting on *Aster hayatae*

	Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
General cutting	Control	40	40	21	52.5 <sup>b1)</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	37.9 <sup>a</sup>	49.9 <sup>bc</sup>	95.0 <sup>cd</sup>
	Control	40	38	29	72.5 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	29.8 <sup>ab</sup>	48.4 <sup>bc</sup>	115.3 <sup>bc</sup>
	Rootone <sup>2)</sup>	40	39	32	80.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	33.2 <sup>ab</sup>	52.4 <sup>b</sup>	148.5 <sup>a</sup>
Cutting in vinyl-moist chamber	H <sub>2</sub> O	40	40	21	52.5 <sup>b</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	25.4 <sup>b</sup>	58.7 <sup>a</sup>	123.0 <sup>b</sup>
	AgNO <sub>3</sub>	40	39	12	30.0 <sup>c</sup>	2.2 <sup>c</sup>	31.9 <sup>ab</sup>	45.1 <sup>c</sup>	90.3 <sup>d</sup>
	Ca(OH) <sub>2</sub>	40	40	26	65.0 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>bc</sup>	31.2 <sup>ab</sup>	58.9 <sup>a</sup>	118.5 <sup>bc</sup>
	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	40	39	26	65.0 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>bc</sup>	32.9 <sup>ab</sup>	61.1 <sup>a</sup>	106.2 <sup>bcd</sup>

<sup>1)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>2)</sup>Rootone(1-naphthylacetamide 0.4% powder)



Fig. 35. Rooting form of *Aster hayatae* after cutting according to each container and treatment.



### 3) 실생묘 증식 실험

#### (1) 한라부추의 실생묘 증식실험

한라부추의 실생묘 증식 실험을 위해 두상관수와 심지관수 차이를 두고 식물조절물질 처리 비교로 종자발아 시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 34과 Table 35, Table 36에서 보는 바와 같다.

한라부추는 상토에 피복하여 암발아 상태에서 발아 하였는데 Krug 등(1976)은 산부추의 경우 장일처리에 의해 휴면을 지연시킬 수 있다고 하였다. 한라부추의 온도별·식물생장조절물질 발아특성을 보면 무처리구인 20℃에서 평균발아율은 45%로 가장 높은 것으로 분석되었으며 BA와 GA처리구에서는 30℃에서 평균발아율이 18%, 23%로 낮아지는 것으로 나왔는데(Table 35), 박(1991)은 한라부추의 발아적온을 20~25℃이며, 30℃에서는 발아에 극히 억제가 된다는 결과와 유사하였다.

온도에 따른 발아율의 상관분석을 한 결과 음의상관( $r = -0.413$ ,  $p < 0.01$ )으로 온도가 높아짐에 따라 발아율이 낮아지는 것으로 분석되었다. 또한 식물호르몬처리에 따른 임의 가중치를 두어 상관분석 한 결과 음의상관( $r = -0.379$ ,  $p < 0.05$ )으로 무처리, BA, GA 순으로 갈수록 평균 발아율이 낮은 것으로 분석되었다. 평균발아일수(MGT)일 경우는 GA처리시 35℃처리구에서 2.7일로 산출되었는데 이는 평균 발아율이 1.7%로 매우 낮기 때문이다. 모든 처리구에서의 평균발아일수 평균을 산출한 결과 14.2일로 분석되어 한라부추 파종 시 약 14일 후에 발아가 시작될 것으로 판단이 된다(Table 35).

실생묘 증식 위한 한라부추의 발아특성은 두상관수시 66.7%의 발아율을 보이는 반면 심지관수시 73.3% 두상관수보다 7%가 높게 나타났다. 그러나 BA, GA 처리시에는 두상관수가 각각 91.7%, 73.3%로 심지관수보다 높게 나왔다

두상관수시에는 식물생장조절물질에 따른 발아율은 BA처리시 91.7%로 가장 높게 나왔으며 대조구에 비해 25%가 높았다. 심지관수시에도 81.7%로 대조구에 비해 8%정도 높은 것으로 분석 되었는데, 이는 박(1991)의 BA10ml/l에서 발아촉진 효과가 있고 NAA에서는 발아를 억제하였다고 한 결과와 일치하였다. 평균발아일수인 경우 두상관수와 심지관수가 미비한 차이를 보이고 약 14.4일이 소요되는 것으로 나왔다. 발아지수의 증가는 발아기간이 늘어났음을 의미하는데 두상관수인

경우는 대조구에 비해 발아기간이 늘어난 것으로 분석되고, 심지관수인 경우 처리 기간 유의성이 인정되지 않았다(Table 34).

관수체계에 따른 한라부추의 유식물 생장을 보면 두상관수시 지상부와 지하부의 길이는 BA처리시 120.4mm, 86.5mm로 가장 큰 것으로 조사되었다. 심지관수시는 대조구가 124.5mm, 85.6mm로 조사되었다. 관수체계에 따른 지상·지하부의 길이를 비교하면 대조구에서는 심지관수가 높게 나왔으며 BA처리시에는 두상관수가 높은 것으로 나왔다. 뿌리수인 경우도 처리구에 따라 BA인 경우는 두상관수가 높게 나타난 반면 대조구와 GA처리구에서 8.3개, 9.1개로 심지관수가 높은 것으로 나타났다. 엽수나 생체량, 근원경, 지상부와 지하부의 비율인 경우는 처리구에 따라 차이를 보이지 않았으며 평균 각각 약 2.5개, 0.3g, 1.4mm, 139%로 분석되었다(Table 36).

따라서 한라부추 실생묘를 증식함에 있어 저온처리 또는 BA처리나 GA처리가 발아나 유식물 생장에 유효 할 것으로 판단이 된다.

Table 34. Germination characteristics according to watering systems and plant growth regulators on *Allium taquetii*

Growth regulators	PG <sup>1)</sup>		MGT <sup>2)</sup>		GI <sup>3)</sup>	
	Overhead system	Wick system	Overhead system	Wick system	Overhead system	Wick system
Control	66.7 <sup>b</sup>	73.3 <sup>a</sup>	13.6 <sup>b</sup>	14.9 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>
BA	91.7 <sup>a</sup>	81.7 <sup>a</sup>	14.0 <sup>ab</sup>	14.4 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>
GA	73.3 <sup>ab</sup>	70.0 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>PG: Percent germination(%)

<sup>2)</sup>MGT: Mean germination time(day)

<sup>3)</sup>GI: Germination index

Table 35. Germination characteristics of different temperature treatments and plant growth regulator treatments on *Allium taquetii*

Temperature	Control			BA			GA		
	PG <sup>1)</sup>	MGT <sup>2)</sup>	GI <sup>3)</sup>	PG	MGT	GI	PG	MGT	GI
15	35.0 <sup>a</sup>	15.4 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	15.0 <sup>ab</sup>	14.5 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	21.7 <sup>ab</sup>	11.3 <sup>bc</sup>	2.6 <sup>ab</sup>
20	45.0 <sup>a</sup>	10.8 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	10.0 <sup>ab</sup>	18.2 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>c</sup>	24.7 <sup>a</sup>	1.2 <sup>ab</sup>
25	33.3 <sup>a</sup>	20.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	16.7 <sup>ab</sup>	9.1 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	6.7 <sup>bc</sup>	26.2 <sup>a</sup>	1.6 <sup>ab</sup>
30	16.7 <sup>ab</sup>	9.4 <sup>bc</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	18.3 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	23.3 <sup>a</sup>	13.3 <sup>b</sup>	3.2 <sup>a</sup>
35	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	8.7 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	1.7 <sup>c</sup>	2.7 <sup>c</sup>	0.1 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>PG: Percent germination(%)

<sup>2)</sup>MGT: Mean germination time(day)

<sup>3)</sup>GI: Germination index

Table 36. Seedling growth according to watering systems and plant growth regulators on *Allium taquetii*

		Shoot length (mm)	Root length (mm)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Fresh weight (mg)	S/R
Control	Overhead system	115.8 <sup>ab</sup>	82.1 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	148.6 <sup>a</sup>
	Wick system	124.5 <sup>a</sup>	85.6 <sup>a</sup>	8.3 <sup>ab</sup>	1.5 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	155.2 <sup>a</sup>
BA	Overhead system	120.4 <sup>a</sup>	86.5 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	148.7 <sup>a</sup>
	Wick system	111.9 <sup>a</sup>	80.7 <sup>a</sup>	7.6 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>	150.8 <sup>a</sup>
GA	Overhead system	105.9 <sup>b</sup>	82.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>	74.2 <sup>a</sup>
	Wick system	116.7 <sup>a</sup>	77.8 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	157.4 <sup>a</sup>

\* S/R: Rate of length on shoot and root(%).

## (2) 줌민들레의 실생묘 증식실험

줌민들레의 실생묘 증식 실험을 위해 온도별 차이와 식물조절물질 처리 비교로 종자발아시 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 37과 Table 38, Table 39, Table 40에서 보는 바와 같다.

줌민들레의 15℃ 처리구에서 BA10ppm이 90%로 가장 높은 발아율을 보였고, 20℃ 처리구에서는 GA1ppm에서 73.3%, 30℃ 처리구에서는 LPE가 53.3%, 40℃ 처리구에서는 GA 10ppm이 60%로 나타났다. GA의 경우 15℃ 0.1, 1, 10ppm에서 63.3%였고, 20℃는 1ppm 73.3%, 30℃는 10ppm이 50%, 40℃는 10ppm 60%로 나타났고, BA의 경우 15℃ 10ppm에서 90%였고, 20℃는 10ppm 66.7%, 30℃는 10ppm이 46%, 40℃는 1ppm 50%였다. 그리고 친환경농자재로 등록된 LPE의 경우 15℃ 500배에서 63.3%였고, 20℃는 2000배가 70%, 30℃는 1500배가 50%, 40℃는 1500배가 63.3%로 나타나 처리 간 평균에서 온도가 높아질수록 BA에 비해 높은 발아율을 보여 추후 친환경농산물의 종자 발아 시 BA 등의 대체제로 사용이 기대된다. 또한 저온처리한 줌민들레의 발아 결과는 15℃에서 46.7%, 20℃에서 70%, 30℃에서 36.7%, 40℃ 60%로 온도 차이별로 유의하지는 않았지만, 식물조절물질 처리와 유사한 발아율을 나타내었다. Washitani와 Masuda(1990)는 온난대성 초본식물을 대상으로 휴면특성을 5가지 부류로 구분하였는데, 서양민들레는 전혀 휴면하지 않거나 거의 없는 타입이고, 자생 민들레류는 초기에 일부 발아하고, 저온처리에 의해 발아성적이 월등히 향상된다고 하였는데, 본 연구 결과에서 저온처리구의 결과는 BA와 GA 처리없이 동일하게 균일한 발아율을 보인 것과 일치하였다.

Table 37. Germination characteristics of *Allium taquetii*(15°C)

Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)	
Control	30	11	11	36.7 <sup>b</sup>	1.09 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	16.1 <sup>b</sup>	15.3 <sup>abcd</sup>	
cold treatment	30	14	14	46.7 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	24.1 <sup>a</sup>	18.9 <sup>ab</sup>	
GA	0.1ppm	30	19	19	63.3 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	18.6 <sup>ab</sup>	22.5 <sup>a</sup>
	1ppm	30	19	19	63.3 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	19.0 <sup>ab</sup>	21.7 <sup>a</sup>
	10ppm	30	20	19	63.3 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	16.6 <sup>ab</sup>	16.4 <sup>b</sup>	15.1 <sup>abcd</sup>
	100ppm	30	0	0	0.0 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>e</sup>
	Mean		14.50	14.25	47.48	0.75	12.43	13.50	14.82
BA	0.1ppm	30	17	17	56.7 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	15.3 <sup>ab</sup>	19.1 <sup>ab</sup>	16.5 <sup>abc</sup>
	1ppm	30	14	14	46.7 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	9.8 <sup>ab</sup>	14.9 <sup>b</sup>	11.9 <sup>bcd</sup>
	10ppm	30	27	27	90.0 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	18.6 <sup>ab</sup>	12.1 <sup>bcd</sup>
	100ppm	30	18	14	46.7 <sup>b</sup>	1.14 <sup>a</sup>	6.3 <sup>ab</sup>	16.0 <sup>b</sup>	7.9 <sup>d</sup>
Mean		19.00	18.00	60.02	1.04	9.32	17.15	12.10	
LPE	500배	30	19	19	63.3 <sup>ab</sup>	1.11 <sup>a</sup>	16.1 <sup>bc</sup>	21.2 <sup>ab</sup>	18.4 <sup>abc</sup>
	1000배	30	15	15	50.0 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	13.9 <sup>c</sup>	19.9 <sup>ab</sup>	17.3 <sup>abc</sup>
	1500배	30	18	16	53.3 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	15.2 <sup>c</sup>	15.2 <sup>b</sup>	10.8 <sup>cd</sup>
	2000배	30	19	19	63.3 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	12.6 <sup>d</sup>	20.3 <sup>ab</sup>	20.1 <sup>a</sup>
Mean		17.75	17.25	57.48	1.03	14.45	19.15	16.65	

Table 38. Germination characteristics of *Allium taquetii*(20°C)

Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
Control	30	13	13	43.3 <sup>c</sup>	1.00 <sup>b</sup>	14.2 <sup>ab</sup>	18.9 <sup>cd</sup>	15.5 <sup>cd</sup>
cold treatment	30	21	21	70.0 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>b</sup>	18.1 <sup>a</sup>	17.8 <sup>cd</sup>	19.58 <sup>abc</sup>
GA	0.1ppm	30	19	63.3 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	19.1 <sup>a</sup>	20.7 <sup>abc</sup>	27.8 <sup>a</sup>
	1ppm	30	22	73.3 <sup>a</sup>	1.05 <sup>b</sup>	17.5 <sup>a</sup>	19.6 <sup>bcd</sup>	22.8 <sup>abc</sup>
	10ppm	30	18	60.0 <sup>abc</sup>	1.06 <sup>b</sup>	18.7 <sup>a</sup>	21.7 <sup>abc</sup>	20.7 <sup>abc</sup>
	100ppm	30	0	0.0 <sup>d</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.0 <sup>d</sup>	0.0 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	Mean		14.75	14.75	49.15	0.78	13.82	15.50
BA	0.1ppm	30	18	60.0 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	18.5 <sup>a</sup>	23.3 <sup>abc</sup>	22.0 <sup>abc</sup>
	1ppm	30	13	43.3 <sup>c</sup>	1.00 <sup>b</sup>	15.1 <sup>ab</sup>	22.3 <sup>abc</sup>	18.0 <sup>bc</sup>
	10ppm	30	21	66.7 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	9.3 <sup>bc</sup>	22.0 <sup>abc</sup>	17.1 <sup>cd</sup>
	100ppm	30	20	56.7 <sup>abc</sup>	1.59 <sup>a</sup>	6.5 <sup>c</sup>	14.6 <sup>d</sup>	8.76 <sup>d</sup>
	Mean		18.00	17.00	56.67	1.15	12.35	20.55
LPE	500배	30	19	63.3 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	13.5 <sup>ab</sup>	25.8 <sup>ab</sup>	17.1 <sup>cd</sup>
	1000배	30	15	50.0 <sup>abc</sup>	1.13 <sup>b</sup>	17.3 <sup>a</sup>	26.2 <sup>a</sup>	26.3 <sup>ab</sup>
	1500배	30	14	46.7 <sup>bc</sup>	1.14 <sup>b</sup>	15.9 <sup>ab</sup>	21.0 <sup>abc</sup>	20.1 <sup>abc</sup>
	2000배	30	21	70.0 <sup>ab</sup>	1.05 <sup>b</sup>	14.9 <sup>ab</sup>	19.1 <sup>cd</sup>	18.6 <sup>bc</sup>
	Mean		17.25	17.25	57.50	1.08	15.40	23.02

Table 39. Germination characteristics of *Allium taquetii*(30°C)

Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
Control	30	7	7	23.3 <sup>c</sup>	1.14 <sup>b</sup>	15.4 <sup>ab</sup>	17.1 <sup>bcd</sup>	18.0 <sup>ab</sup>
cold treatment	30	11	11	36.7 <sup>abc</sup>	1.09 <sup>b</sup>	20.4 <sup>a</sup>	19.8 <sup>b</sup>	20.8 <sup>a</sup>
GA	0.1ppm	30	9	30.0 <sup>bc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	14.4 <sup>ab</sup>	14.0 <sup>cde</sup>	12.6 <sup>ab</sup>
	1ppm	30	11	36.7 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	14.4 <sup>ab</sup>	17.8 <sup>bc</sup>	19.1 <sup>ab</sup>
	10ppm	30	15	50.0 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>b</sup>	19.5 <sup>a</sup>	13.9 <sup>cde</sup>	15.4 <sup>ab</sup>
	100ppm	30	0	0.0 <sup>d</sup>	0.00	0.0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>f</sup>	0.0 <sup>d</sup>
	Mean		8.75	8.75	29.18	0.75	12.07	11.43
BA	0.1ppm	30	13	43.3 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	14.6 <sup>ab</sup>	16.9 <sup>bcd</sup>	15.1 <sup>ab</sup>
	1ppm	30	11	36.7 <sup>abc</sup>	1.36 <sup>ab</sup>	14.7 <sup>ab</sup>	24.4 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>
	10ppm	30	16	46.7 <sup>ab</sup>	1.21 <sup>b</sup>	10.6 <sup>b</sup>	17.3 <sup>bcd</sup>	10.9 <sup>bc</sup>
	100ppm	30	15	30.0 <sup>bc</sup>	1.67 <sup>a</sup>	2.6 <sup>c</sup>	10.2 <sup>e</sup>	4.5 <sup>cd</sup>
	Mean		13.75	11.75	39.17	1.31	10.63	17.20
LPE	500㎍	30	11	36.7 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	14.8 <sup>ab</sup>	14.8 <sup>cd</sup>	18.6 <sup>ab</sup>
	1000㎍	30	13	43.3 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>b</sup>	13.7 <sup>ab</sup>	17.0 <sup>bcd</sup>	16.5 <sup>ab</sup>
	1500㎍	30	15	50.0 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>b</sup>	17.8 <sup>ab</sup>	19.5 <sup>b</sup>	19.9 <sup>a</sup>
	2000㎍	30	16	53.3 <sup>a</sup>	1.00 <sup>b</sup>	11.7 <sup>b</sup>	13.0 <sup>de</sup>	14.9 <sup>ab</sup>
	Mean		13.75	13.75	45.83	1.00	14.50	16.07

Table 40. Germination characteristics of *Allium taquetii*(40°C)

Treatment	N	Survival number (ea)	Rooting number (ea)	Rooting percentage (%)	Root number (ea)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Fresh weight (mg)
Control	30	2	2	6.7 <sup>de</sup>	1.00 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>	14.5 <sup>c</sup>
cold treatment	30	16	16	53.3 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	18.1 <sup>a</sup>	20.6 <sup>ab</sup>	25.6 <sup>bc</sup>
GA	0.1ppm	30	12	40.0 <sup>abc</sup>	1.08 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	20.1 <sup>ab</sup>	23.3 <sup>bc</sup>
	1ppm	30	3	10.0 <sup>cde</sup>	1.00 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a</sup>	19.7 <sup>ab</sup>	83.0 <sup>a</sup>
	10ppm	30	20	60.0 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	20.4 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	22.4 <sup>bc</sup>
	100ppm	30	0	0.0 <sup>e</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>
	Mean		8.75	8.25	27.50	0.77	11.38	15.85
BA	0.1ppm	30	11	33.3 <sup>abcd</sup>	1.00 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>	20.3 <sup>ab</sup>	18.1 <sup>bc</sup>
	1ppm	30	16	50.0 <sup>ab</sup>	1.07 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	21.3 <sup>a</sup>	21.1 <sup>bc</sup>
	10ppm	30	13	43.3 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	20.5 <sup>ab</sup>	19.7 <sup>bc</sup>
	100ppm	30	16	53.3 <sup>ab</sup>	1.38 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	13.1 <sup>c</sup>
	Mean		14.00	13.50	44.98	1.19	13.30	20.82
LPE	500배	30	15	50.0 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>	24.1 <sup>bc</sup>
	1000배	30	8	26.7 <sup>bcd</sup>	1.25 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	25.6 <sup>a</sup>	24.5 <sup>bc</sup>
	1500배	30	19	63.3 <sup>a</sup>	1.16 <sup>a</sup>	19.2 <sup>a</sup>	24.2 <sup>a</sup>	25.6 <sup>bc</sup>
	2000배	30	13	43.3 <sup>ab</sup>	1.08 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	20.0 <sup>ab</sup>	49.8 <sup>b</sup>
	Mean		13.75	13.75	45.83	1.12	19.32	23.38



### 3. 한라산 고산식물 육묘환경 개선 연구

한라산 고산식물은 해발 1,000m 이상의 산림지 자연식생 토양 및 암벽 등에서 자생하고 있어 일반 자생식물에 비해 척박한 토양 및 환경에서 적응하고 있다(공, 1998). 한라산 고산식물은 기후 온난화 등 환경변화로 자생 밀도가 점차적으로 감소되고 있어(한라산연구소, 2004) 육묘환경 개선을 통한 고산식물의 증식 및 생육특성 연구가 필요하다. 한라산 고산식물의 육묘환경 개선 연구는 용기별 생육 차이와 질소 비료의 공급이 증식 초기 생장에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 질소비료가 고산식물의 초기 증식 및 생육특성 연구는 고산식물인 시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum*), 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*), 좁향유(*Elsholtzia minima*), 눈개쭈부쟁이(*Aster hayatae*), 좁민들레(*Taraxacum hallaisanense*)에 대하여 조사하였다. 질소비료의 처리에 따른 증식 및 생육특성 조사는 질소비료 중 대표적인 속효성 비료와 완효성 비료의 종류에 따른 주요 생육 특성과 질소 시비량에 따른 생육 특성, 고산식물의 질소비료 흡수 및 질소비료 처리에 따른 엽록소 함량을 조사하였다.

#### 1) 질소비료 종류에 따른 고산식물의 증식

질소비료의 종류에 따른 고산식물의 증식 실험결과 지상부의 길이는 질소, 오스모코트 처리구 모두가 대조구에 비해 양호하였다. 뿌리길이, 건물중량 및 뿌리 발근 개수는 오스모코트 처리구가 가장 양호하였으며, 질소 처리구는 대조구와 차이가 없었다. 따라서 고산식물의 질소비료 종류별 처리결과 완효성 비료인 오스모코트가 속효성 비료인 질소에 비해 증식 효율이 대조구에 비해 양호한 것으로 판단되었다.

##### (1) 지상부 길이

질소비료 종류에 따른 고산식물의 지상부 길이 측정결과 지리산오갈피는 질소 5.0 kg/10a 처리구는 85.3 mm, 오스모코트 3.75 kg/10a 처리구는 78.3 mm로 대조구의 29.3 mm에 비해 2.7~2.9배 성장효과가 있었다. 좁향유의 대조구에 대한 지상부 길이는 54.0 mm였으며, 질소 처리구는 34.9 mm, 오스모코트 처리구는

67.1 mm로 오스모코트 처리구가 대조구에 비해 1.2배 높았으며, 눈개쭉부쟁이도 같은 경향을 나타내었다. 쯤민들레는 대조구와 시비 처리구가 같은 경향을 나타내었으며, 시로미는 시비 처리구가 대조구에 비해 지상부 길이가 0.7 ~ 0.9배 낮아 시비 처리에 대한 효과가 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 36).

한라산 고산식물에 대한 질소비료 처리에 따른 지상부 길이 비교결과 식물에 따라 다른 경향을 나타내었으며, 이러한 결과는 심 등(2012)이 질소처리에 따른 관음죽, 아이비 등 여러 관엽식물의 생육반응 결과와 같은 경향을 나타내었다. 따라서 질소비료 처리는 고산식물의 지상부 길이의 생육을 향상시키며, 속효성비료 보다는 완효성 비료가 보다 더 효과가 양호하였다. 하지만 식물의 종류에 따라 질소비료에 대한 반응이 달라지므로 고산식물 종류에 따라 질소시비에 대한 반응을 조사하여 증식 시키는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

## (2) 뿌리 길이

뿌리길이 또한 식물의 종류에 따라 질소비료에 대한 반응이 상이하게 나타나는 경향을 보였다. 지리산오갈피는 질소 처리구가 85.3 mm로 대조구인 68.7 mm에 비해 1.2배 뿌리길이가 길었으나 osmocot 처리구는 58.7 mm로 가장 짧았다(Fig. 37). 쯤향유는 osmocot 처리구는 106.0 cm로 대조구의 79.1 mm에 비해 1.3배 길었으나 질소 처리구는 49.2 mm로 가장 짧았다. 시로미와 쯤민들레는 대조구와 시비처리구간 뿌리길이 차이가 없었으며, 눈개쭉부쟁이는 대조구 45.5 mm, 질소 처리구 33.7 mm, osmocot 처리구 39.4 mm로 질소비료 처리구가 오히려 짧은 것으로 조사되었다. Anderson(1998)은 옥수수에 대한 질소비료 처리결과 질소시비가 표토층의 뿌리길이에 영향을 주었으나 전체 뿌리길이에 영향을 주지 않았다고 보고하였다. 따라서 고산식물의 질소비료 처리에 따른 뿌리길이는 식물 종류별 반응이 다르게 나타나므로 질소비료 처리에 따른 식물별 반응을 조사할 필요가 있는 것으로 생각되었다.

## (3) 건물 중량

질소비료 종류에 따른 고산식물의 건물 중량은 식물별 차이가 있었다(Fig. 38). 지리산오갈피는 대조구 135.0 mg, 질소 처리구 145.0 mg로 질소 처리가 건

물 중량을 높였으나 osmocot 처리구는 50.7 mg으로 오히려 건물 중량이 감소되었다. 쯤향유는 지산오갈피와 달리 osmocot 처리구가 60.1 mg으로 대조구의 50.9 mg에 비해 1.2배 높았으나 질소 처리구는 9.9 mg으로 대조구의 0.2배로 낮은 것으로 조사되었다. 쯤민들레는 대조구 4.2 mg, 질소 처리구 4.6 mg, osmocot 6.6 mg으로 질소비료 처리구가 대조구에 비해 1.1~1.6배 높았다. 시로미와 눈개쭉부쟁이는 질소비료 처리구와 대조구 간 차이가 없는 것으로 조사되어 고산식물의 종류별로 질소비료 반응이 현저히 다른 것으로 조사되었다. M. Boroujerdnia 등(2007)은 질소비료 처리에 따라 양상추의 건물 중량이 증가되었다고 보고하였으며, Fageria(2010)은 벼에 대한 질소비료 처리결과 건물 중량이 전체적으로 증가되었다고 보고하여 고산식물과는 차이를 보였다. 따라서 질소비료는 고산식물의 종류에 따라 반응이 달라지는 것으로 나타나 최적 증식을 위한 사전 조사가 필요한 것으로 판단되었다.

#### (4) 뿌리 개수

질소 시비에 다른 고산식물의 뿌리 개수는 질소 처리구가 대조구에 비해 적었으며, osmocot 처리구는 식물별로 다른 반응을 나타내었다(Fig. 39). 지리산오갈피와 쯤향유의 뿌리개수는 대조구가 각각 4.0 개, 4.4 개, 질소 처리구는 3.5 개, 3.4 개, osmocot 처리구는 4.2 개, 5.3 개로 osmocot 처리구는 대조구에 비해 5~20%가 많았으나 질소 처리구는 11~24%가 낮게 나타나 osmocot 처리구가 우수하였다. 반면, 시로미와 눈개쭉부쟁이는 대조구의 뿌리개수가 각각 3.7 개, 3.1 개로 가장 많고 질소 처리구는 3.1 개, 2.2 개, osmocot 처리구는 3.1 개, 2.4 개로 질소비료 처리구가 오히려 뿌리 개수가 낮았다. 쯤민들레는 비료처리와 대조구에 차이가 없었다. 이러한 결과는 앞서 실험한 뿌리길이와 같은 경향을 나타내고 있으며, 고산식물의 종류에 따라 질소비료에 대하여 각각 다른 반응을 보이기 때문에 증식 환경 연구에서 비료에 대한 고산식물의 반응을 시험 후 처리하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

#### (5) 질소비료 처리 후 토양 화학성

고산식물에 질소비료 처리 후 생육실험을 완료 한 후 토양 화학성을 분석한

결과는 Table 46과 와 같았다. 토양반응을 나타내는 pH는 4.3~4.8로 산성을 나타내었으며, 이는 피트모스에 의한 영향으로 판단되었다. 토양 내 질소함량은 질소비료 처리구와 osmocot 처리구가 대조구 토양의 질소함량인 0.2% 비해 1.5 v 2.0배 많은 것으로 조사되었다. 인산함량은 osmocot 내에 함유된 인산성분에 의해 무처리와 질소 처리구에 비해 osmocot 처리구가 247.0 ppm로 3.3 ~ 4배 높은 것으로 조사되었다.

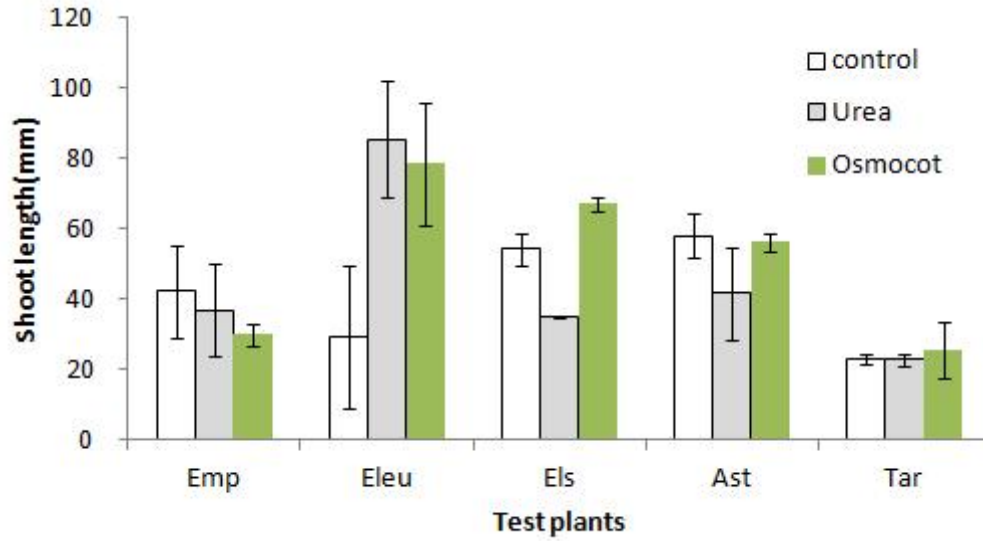


Fig. 36. Shoot length of test plants according to the urea and osmocote application.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

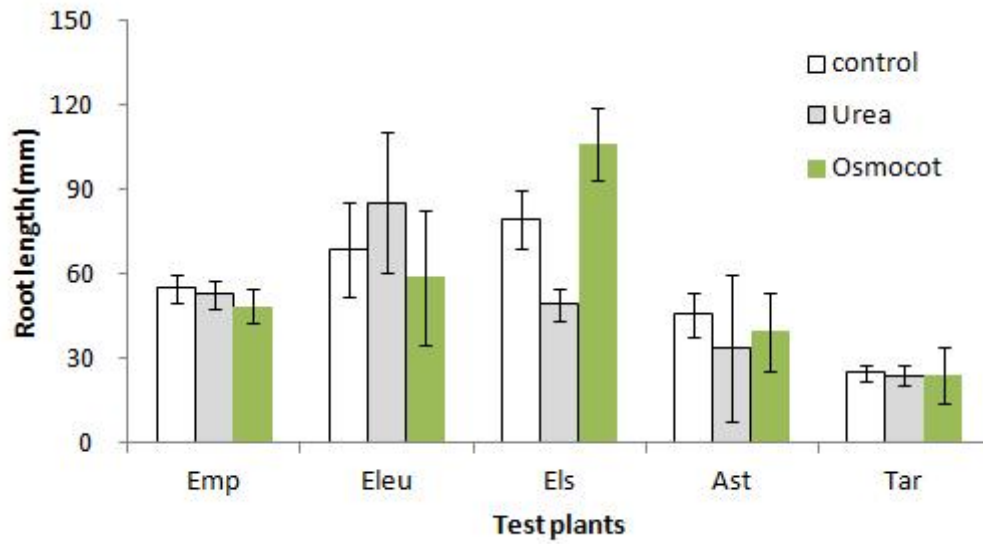


Fig. 37. Root length of test plants according to the urea and osmocote application.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

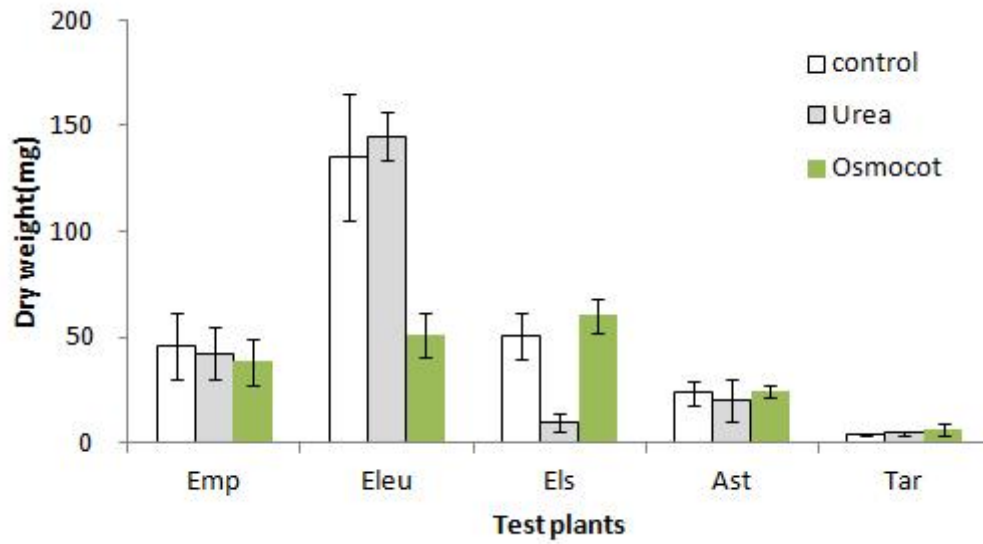


Fig. 38. Dry weight of test plants according to the urea and osmocote application.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

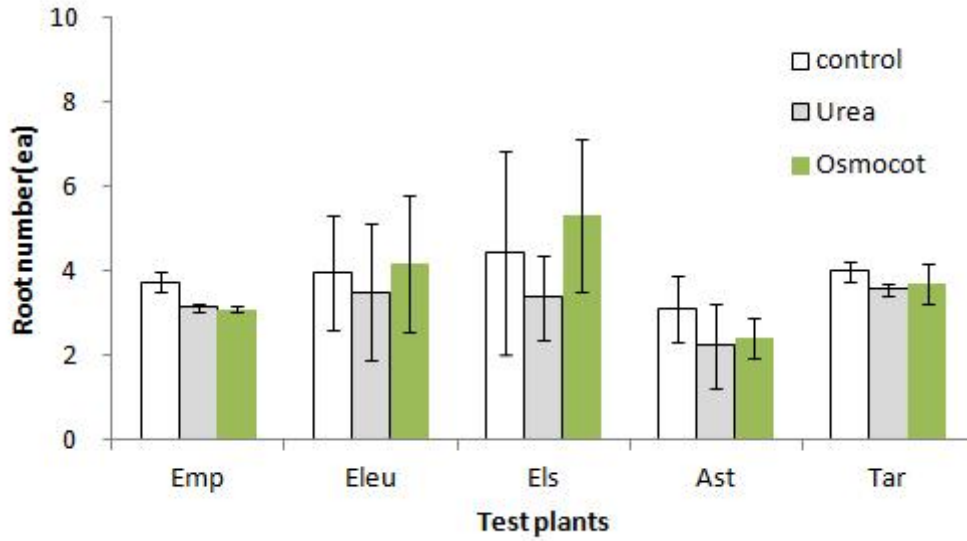


Fig. 39. Root number of test plants according to the urea and osmocote application.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*



Table 41. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on *Empetrum nigrum* var. *japonicum*

Container <sup>1)</sup>	Treatment group (kg/10a)	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Root number (ea)	Shoot fresh weight (mg)	Root Fresh weight (mg)	Fresh weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root dry weight (mg)	Dry weight (mg)
Box	Control	40.8 <sup>cd2)</sup>	61.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	140 <sup>bcd</sup>	150 <sup>abc</sup>	302 <sup>b</sup>	41.7 <sup>bc</sup>	8.7 <sup>a</sup>	50.4 <sup>bc</sup>
	5 <sup>3)</sup>	29.0 <sup>efg</sup>	58.6 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>bcde</sup>	113 <sup>def</sup>	160 <sup>ab</sup>	250 <sup>b</sup>	32.1 <sup>cd</sup>	7.3 <sup>abcd</sup>	39.4 <sup>cd</sup>
	10	29.9 <sup>efg</sup>	58.8 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>bcd</sup>	82 <sup>efg</sup>	133 <sup>abcde</sup>	226 <sup>b</sup>	23.9 <sup>d</sup>	5.8 <sup>bcde</sup>	29.7 <sup>d</sup>
	20	31.6 <sup>efg</sup>	52.9 <sup>abcde</sup>	3.4 <sup>bcdef</sup>	89 <sup>efg</sup>	107 <sup>bcdef</sup>	214 <sup>b</sup>	25.1 <sup>d</sup>	5.3 <sup>cde</sup>	30.4 <sup>d</sup>
	30	34.8 <sup>e</sup>	57.1 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>f</sup>	122 <sup>cde</sup>	126 <sup>abcdef</sup>	218 <sup>b</sup>	32.5 <sup>cd</sup>	5.3 <sup>cde</sup>	37.8 <sup>cd</sup>
	Osmocot	28.7 <sup>efg</sup>	56.2 <sup>abc</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	81 <sup>efg</sup>	118 <sup>abcdef</sup>	234 <sup>b</sup>	20.8 <sup>d</sup>	5.1 <sup>cde</sup>	25.9 <sup>d</sup>
	Mean	32.5	57.4	3.5	105	132	241	29.4	6.3	35.6
Pot	Control	28.1 <sup>efg</sup>	52.7 <sup>abcde</sup>	3.2 <sup>cdef</sup>	92 <sup>defg</sup>	109 <sup>bcdef</sup>	223 <sup>b</sup>	21.9 <sup>d</sup>	5.0 <sup>de</sup>	26.9 <sup>d</sup>
	5	27.5 <sup>fg</sup>	51.2 <sup>bcde</sup>	3.0 <sup>ef</sup>	80 <sup>efg</sup>	85 <sup>ef</sup>	189 <sup>b</sup>	20.8 <sup>d</sup>	4.7 <sup>de</sup>	25.5 <sup>d</sup>
	10	30.7 <sup>efg</sup>	51.1 <sup>bcde</sup>	3.4 <sup>bcdef</sup>	108 <sup>defg</sup>	96 <sup>cdef</sup>	200 <sup>b</sup>	27.0 <sup>cd</sup>	5.1 <sup>cde</sup>	32.1 <sup>d</sup>
	20	24.9 <sup>g</sup>	56.0 <sup>abcd</sup>	3.3 <sup>bcdef</sup>	60 <sup>g</sup>	73 <sup>f</sup>	173 <sup>b</sup>	18.6 <sup>d</sup>	4.1 <sup>e</sup>	22.7 <sup>d</sup>
	30	26.0 <sup>g</sup>	53.8 <sup>abcd</sup>	3.1 <sup>def</sup>	64 <sup>fg</sup>	89 <sup>def</sup>	200 <sup>b</sup>	19.3 <sup>d</sup>	4.8 <sup>de</sup>	24.1 <sup>d</sup>
	Osmocot	26.9 <sup>g</sup>	47.4 <sup>def</sup>	3.2 <sup>cdef</sup>	97 <sup>defg</sup>	118 <sup>abcdef</sup>	245 <sup>b</sup>	21.1 <sup>d</sup>	5.3 <sup>cde</sup>	26.4 <sup>d</sup>
	Mean	27.4	52.0	3.2	84	95	205	21.5	4.8	26.3
Tray	Control	57.5 <sup>a</sup>	50.9 <sup>bcde</sup>	3.0 <sup>ef</sup>	181 <sup>ab</sup>	144 <sup>abcd</sup>	346 <sup>b</sup>	53.3 <sup>ab</sup>	7.8 <sup>abc</sup>	61.1 <sup>ab</sup>
	5	53.6 <sup>ab</sup>	48.0 <sup>cdef</sup>	3.1 <sup>def</sup>	176 <sup>ab</sup>	159 <sup>ab</sup>	325 <sup>b</sup>	53.8 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>ab</sup>	62.1 <sup>ab</sup>
	10	48.1 <sup>bc</sup>	55.0 <sup>abcd</sup>	3.6 <sup>abc</sup>	169 <sup>abc</sup>	166 <sup>a</sup>	397 <sup>b</sup>	55.5 <sup>ab</sup>	8.6 <sup>a</sup>	64.1 <sup>ab</sup>
	20	54.2 <sup>a</sup>	48.4 <sup>cdef</sup>	3.2 <sup>cdef</sup>	205 <sup>a</sup>	99 <sup>cdef</sup>	314 <sup>b</sup>	63.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>bcde</sup>	69.3 <sup>a</sup>
	30	44.6 <sup>cd</sup>	44.7 <sup>ef</sup>	3.4 <sup>bcdef</sup>	165 <sup>abc</sup>	136 <sup>abcde</sup>	713 <sup>a</sup>	54.3 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>ab</sup>	62.6 <sup>ab</sup>
	Osmocot	33.9 <sup>ef</sup>	42.3 <sup>f</sup>	3.2 <sup>cdef</sup>	196 <sup>a</sup>	146 <sup>abc</sup>	298 <sup>b</sup>	55.0 <sup>ab</sup>	8.1 <sup>ab</sup>	63.1 <sup>ab</sup>
	Mean	48.7	48.2	3.3	182	142	399	55.9	7.8	63.7

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray <sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ) <sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

Table 42. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*

Container <sup>1)</sup>	Treatment group (kg/10a)	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Root number (ea)	Shoot fresh weight (mg)	Root Fresh weight (mg)	Fresh weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root dry weight (mg)	Dry weight (mg)
Box	Control	88±13 <sup>2)</sup>	49±7	5.3±2.2	830±00	70±00	640±152	282±00	6±00	291±00
	10 <sup>3)</sup>	65±13	112±21	4.3±0.7	1110±00	210±00	1533±374	353±00	3±00	356±00
	20	44±00	73±11	7.0±3.0	590±00	110±00	790±90	193±00	9±00	202±00
	30	58±00	98±00	8.0±0.0	630±00	270±00	900±00	164±00	30±00	46±00
	40	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	44±00	102±30	2.3±0.3	190±00	110±00	343±115	51±00	18±00	69±00
	Mean	60	87	5.4	670	154	841	209	13	193
Pot	Control	ND	71±65	1.5±0.5	150±00	240±00	340±50	52±00	33±00	85±00
	10	90±00	87±00	5.0±0.0	670±00	290±00	960±00	182±00	33±00	51±00
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	ND	44±00	4.0±0.0	130±00	100±00	230±00	43±00	15±00	58±00
	Mean	90	67	3.5	317	210	510	92	27	65
Tray	Control	ND	86±00	2.0±0.0	60±00	50±00	110±00	21±00	8±00	29±00
	10	101±00	57±23	7.5±5.5	70±00	40±00	445±335	22±00	6±00	28±00
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	ND	30±00	3.0±0.0	90±00	10±00	100±00	23±00	2±00	25±00
	Mean	101	58	4.2	73	33	218	22	5	27

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray <sup>2)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained. <sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount <sup>4)</sup>ND: Not detected

Table 43. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on *Elsholtzia minima*

Container <sup>1)</sup>	Treatment group (kg/10a)	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Branch number (ea)	Flower number (ea)	Shoot fresh weight (mg)	Root Fresh weight (mg)	Fresh weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root dry weight (mg)	Dry weight (mg)
Box	Control	50.2±2.2 <sup>2)</sup>	70.9±3.9	6.8±0.7	2.8±0.2	291±41	133±22	375±33	52.3±7.2	12.2±5.7	64.5±8.1
	1 <sup>3)</sup>	33.9±1.1	69.2±3.9	ND <sup>4)</sup>	ND	81±11	127±20	212±21	12.9±1.4	3.7±0.5	16.6±1.7
	5	35.1±0.9	56.7±2.7	ND	ND	44±9	55±10	152±15	12.4±1.5	2.0±0.3	14.4±1.7
	10	43.8±2.7	57.7±5.3	3.8±0.4	1.4±0.2	325±91	63±13	248±51	40.5±8.2	3.8±0.9	44.3±8.9
	20	42.7±2.3	52.0±11.5	4.7±1.8	1.3±0.3	120±00	40±00	147±19	20.0±0.0	5.0±0.0	25.0±0.0
	30	60.0±0.0	42.0±0.0	5.0±0.0	1.0±0.0	170±00	30±00	200±00	23.0±0.0	3.0±0.0	26.0±0.0
	40	40.3±7.5	57.7±8.8	6.3±1.9	3.0±1.2	160±00	10±00	253±88	27.0±0.0	2.0±0.0	29.0±0.0
	Osmocot	69.4±2.3	96.2±4.9	6.5±0.5	3.3±0.3	399±58	166±37	422±40	67.5±9.0	9.0±1.7	76.5±10.6
Mean	46.9	62.8	5.5	2.1	199	78	251	32.0	5.1	37.0	
Pot	Control	51.7±2.3	92.4±5.8	4.7±0.4	1.8±0.2	203±23	95±20	283±24	36.0±3.7	4.6±1.1	40.6±4.6
	1	35.1±0.9	59.3±2.6	ND	ND	48±8	94±18	132±12	13.3±1.2	2.8±0.5	16.1±1.4
	5	34.7±1.8	46.3±3.1	ND	ND	24±6	35±15	112±40	8.9±1.1	1.5±0.4	10.4±1.3
	10	57.0±6.6	87.0±9.9	4.6±0.4	2.2±0.5	240±15	67±9	246±40	42.3±3.2	2.7±0.7	45.0±3.5
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	67.0±2.0	87.0±5.7	5.4±0.4	3.3±0.2	259±28	52±8	345±22	45.2±4.8	9.9±6.2	55.1±8.3
Mean	49.1	74.4	4.9	2.4	155	69	224	29.1	4.3	33.4	
Tray	Control	60.2±2.0	73.9±3.4	4.9±0.3	2.2±0.2	218±34	78±15	240±21	42.9±6.5	4.8±1.0	47.7±7.3
	1	35.6±0.9	62.3±3.4	ND	ND	27±3	75±10	124±11	9.4±0.8	2.6±0.4	12.0±0.8
	5	34.9±1.2	44.5±2.8	ND	ND	17±4	20±4	63±7	3.8±1.5	1.0±0.0	4.8±1.5
	10	56.3±3.0	75.9±5.0	3.6±0.5	1.6±0.2	130±00	20±00	256±26	27.0±0.0	1.0±0.0	28.0±0.0
	20	60.1±4.8	58.1±7.0	3.2±0.7	2.1±0.5	120±00	20±00	242±48	22.0±0.0	1.0±0.0	23.0±0.0
	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	64.8±2.0	134.8±9.1	5.7±0.4	3.7±0.3	231±33	62±16	450±40	44.6±6.8	4.2±1.0	48.8±7.6
Mean	52.0	74.9	4.4	2.4	124	46	229	25.0	2.4	27.4	

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray <sup>2)</sup>Mean±SE(Standard error) <sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount <sup>4)</sup>ND: Not detected

Table 44. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on *Aster hayatae*

Container <sup>1)</sup>	Treatment group (kg/10a)	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Root number (ea)	Branch number (ea)	Flower number (ea)	Shoot fresh weight (mg)	Root Fresh weight (mg)	Fresh weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root dry weight (mg)	Dry weight (mg)
Box	Control	59.4 <sup>bcd2)</sup>	52.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	1.0±0.0 <sup>5)</sup>	1.1±0.1	145.5 <sup>b</sup>	26.0 <sup>a</sup>	184.9 <sup>ab</sup>	23.2 <sup>a</sup>	1.3 <sup>a</sup>	30.6 <sup>a</sup>
	10 <sup>3)</sup>	53.8 <sup>d</sup>	49.7 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>bc</sup>	1.0±0.0	1.1±0.1	234.4 <sup>a</sup>	19.5 <sup>a</sup>	204.7 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	1.3 <sup>a</sup>	31.3 <sup>a</sup>
	20	73.7 <sup>ab</sup>	26.8 <sup>bc</sup>	2.4 <sup>bc</sup>	ND	0.9±0.1	83.0 <sup>b</sup>	1.5 <sup>a</sup>	150.8 <sup>abcd</sup>	18.3 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>
	30	75.7 <sup>a</sup>	45.4 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>abc</sup>	ND	1.0±0.0	108.6 <sup>b</sup>	9.4 <sup>a</sup>	164.3 <sup>abc</sup>	22.0 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>
	40	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	58.8 <sup>bcd</sup>	50.6 <sup>a</sup>	2.8 <sup>abc</sup>	ND	1.0±0.0	143.5 <sup>b</sup>	27.5 <sup>a</sup>	151.1 <sup>abcd</sup>	25.9 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>
	Mean	64.3	44.9	2.9	1.0	1.0	143.0	16.8	171.2	23.9	1.4	26.5
Pot	Control	64.1 <sup>abcd</sup>	49.1 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>abc</sup>	ND	1.0±0.0	104.6 <sup>b</sup>	29.4 <sup>a</sup>	132.0 <sup>bcd</sup>	20.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	23.5 <sup>a</sup>
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	56.8 <sup>cd</sup>	45.6 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	2.0±0.4	1.0±0.0	124.4 <sup>b</sup>	17.2 <sup>a</sup>	144.3 <sup>abcd</sup>	23.6 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>
	Mean	60.5	47.4	3.3	2.0	1.0	114.5	23.3	138.2	22.2	2.0	24.2
Tray	Control	50.5 <sup>d</sup>	35.3 <sup>abc</sup>	2.0 <sup>c</sup>	ND	1.0±0.0	84.8 <sup>b</sup>	11.0 <sup>a</sup>	100.9 <sup>cd</sup>	16.2 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>
	10	70.8 <sup>abc</sup>	51.3 <sup>a</sup>	3.0 <sup>abc</sup>	1.0±0.0	1.3±0.3	138.8 <sup>b</sup>	23.8 <sup>a</sup>	162.5 <sup>abc</sup>	28.0 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	30.5 <sup>a</sup>
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Osmocot	53.2 <sup>d</sup>	22.0 <sup>c</sup>	2.2 <sup>bc</sup>	1.0±0.0	1.0±0.0	108.5 <sup>b</sup>	8.5 <sup>a</sup>	93.8 <sup>d</sup>	20.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>
	Mean	58.2	36.2	2.4	1.0	1.1	110.7	14.4	119.1	21.4	1.7	23.1

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, <sup>2)</sup>Tray: 32 hole plug tray <sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ) <sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount <sup>4)</sup>ND: Not detected <sup>5)</sup>Mean±SE(Standard error)

Table 45. Seedling growth characteristics according to different container and fertilization treatments on *Taraxacum hallaisanense*

Container <sup>1)</sup>	Treatment group (kg/10a)	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Root number (ea)	Shoot fresh weight (mg)	Root Fresh weight (mg)	Fresh weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root dry weight (mg)	Dry weight (mg)
Box	0	24.1 <sup>cd2)</sup>	21.3 <sup>h</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	24.4 <sup>d</sup>	10.1 <sup>e</sup>	52.5 <sup>c</sup>	2.5 <sup>c</sup>	1.4 <sup>abc</sup>	3.9 <sup>c</sup>
	1 <sup>3)</sup>	24.4 <sup>cd</sup>	28.4 <sup>cdefgh</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	24.6 <sup>d</sup>	11.0 <sup>e</sup>	66.3 <sup>c</sup>	4.1 <sup>bc</sup>	1.2 <sup>bc</sup>	5.3 <sup>bc</sup>
	5	31.3 <sup>b</sup>	32.5 <sup>bcde</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	102.0 <sup>ab</sup>	29.0 <sup>bcd</sup>	124.0 <sup>abc</sup>	5.8 <sup>aba</sup>	1.4 <sup>abc</sup>	7.2 <sup>abc</sup>
	10	32.4 <sup>ab</sup>	36.1 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	98.0 <sup>ab</sup>	34.4 <sup>b</sup>	135.8 <sup>abc</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	1.7 <sup>abc</sup>	7.6 <sup>ab</sup>
	20	30.2 <sup>b</sup>	34.1 <sup>bcd</sup>	4.8 <sup>a</sup>	97.3 <sup>ab</sup>	23.1 <sup>bcde</sup>	138.1 <sup>abc</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	1.6 <sup>abc</sup>	7.2 <sup>abc</sup>
	Osmocote	35.5 <sup>a</sup>	35.5 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	128.0 <sup>a</sup>	31.1 <sup>bc</sup>	188.7 <sup>ab</sup>	7.9 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>
	Mean	29.7	31.3	4.2	79.1	23.1	117.6	5.3	1.6	6.9
Pot	0	23.4 <sup>cd</sup>	27.4 <sup>defgh</sup>	3.6 <sup>b</sup>	50.0 <sup>cd</sup>	21.0 <sup>bcde</sup>	81.0 <sup>bc</sup>	3.0 <sup>bc</sup>	1.4 <sup>abc</sup>	4.4 <sup>bc</sup>
	1	20.7 <sup>de</sup>	21.4 <sup>h</sup>	3.4 <sup>b</sup>	24.7 <sup>d</sup>	12.6 <sup>de</sup>	57.8 <sup>c</sup>	2.4 <sup>c</sup>	1.4 <sup>abc</sup>	3.9 <sup>c</sup>
	5	25.2 <sup>cd</sup>	43.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	90.0 <sup>abc</sup>	50.0 <sup>a</sup>	120.7 <sup>abc</sup>	5.1 <sup>abc</sup>	1.9 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>abc</sup>
	10	26.2 <sup>c</sup>	28.9 <sup>cdefg</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	99.0 <sup>ab</sup>	29.1 <sup>bcd</sup>	97.5 <sup>abc</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	1.5 <sup>abc</sup>	7.2 <sup>abc</sup>
	20	23.6 <sup>cd</sup>	31.3 <sup>bcde</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	60.0 <sup>bcd</sup>	20.3 <sup>bcde</sup>	72.9 <sup>c</sup>	4.5 <sup>bc</sup>	1.6 <sup>abc</sup>	6.1 <sup>bc</sup>
	Osmocote	23.1 <sup>cd</sup>	22.6 <sup>fgh</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	63.0 <sup>bcd</sup>	13.0 <sup>de</sup>	201.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>bc</sup>	1.1 <sup>c</sup>	5.3 <sup>bc</sup>
	Mean	23.7	29.1	3.8	64.4	24.3	105.3	4.2	1.5	5.6
Tray	0	21.3 <sup>de</sup>	26.0 <sup>efgh</sup>	4.3 <sup>aba</sup>	23.7 <sup>d</sup>	14.3 <sup>cde</sup>	49.3 <sup>c</sup>	2.5 <sup>c</sup>	1.7 <sup>abc</sup>	4.2 <sup>bc</sup>
	1	23.2 <sup>cd</sup>	21.9 <sup>gh</sup>	3.5 <sup>b</sup>	37.1 <sup>d</sup>	16.5 <sup>cde</sup>	48.8 <sup>c</sup>	3.4 <sup>bc</sup>	1.3 <sup>bc</sup>	4.7 <sup>bc</sup>
	5	22.6 <sup>cd</sup>	23.6 <sup>fgh</sup>	3.4 <sup>b</sup>	47.1 <sup>cd</sup>	14.6 <sup>cde</sup>	47.7 <sup>c</sup>	3.8 <sup>bc</sup>	1.3 <sup>bc</sup>	5.1 <sup>bc</sup>
	10	24.5 <sup>cd</sup>	29.3 <sup>bcdef</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	30.8 <sup>d</sup>	8.4 <sup>e</sup>	56.5 <sup>c</sup>	3.3 <sup>bc</sup>	1.2 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>bc</sup>
	20	23.3 <sup>cd</sup>	31.9 <sup>bcde</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	56.0 <sup>bcd</sup>	17.4 <sup>cde</sup>	64.1 <sup>c</sup>	4.5 <sup>bc</sup>	1.4 <sup>abc</sup>	5.9 <sup>bc</sup>
	Osmocote	18.3 <sup>e</sup>	13.8 <sup>i</sup>	3.3 <sup>b</sup>	28.4 <sup>d</sup>	9.5 <sup>e</sup>	41.0 <sup>c</sup>	3.4 <sup>bc</sup>	1.1 <sup>c</sup>	4.5 <sup>bc</sup>
	Mean	22.2	24.4	3.7	37.2	13.5	51.3	3.5	1.3	4.8

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray <sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ) <sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

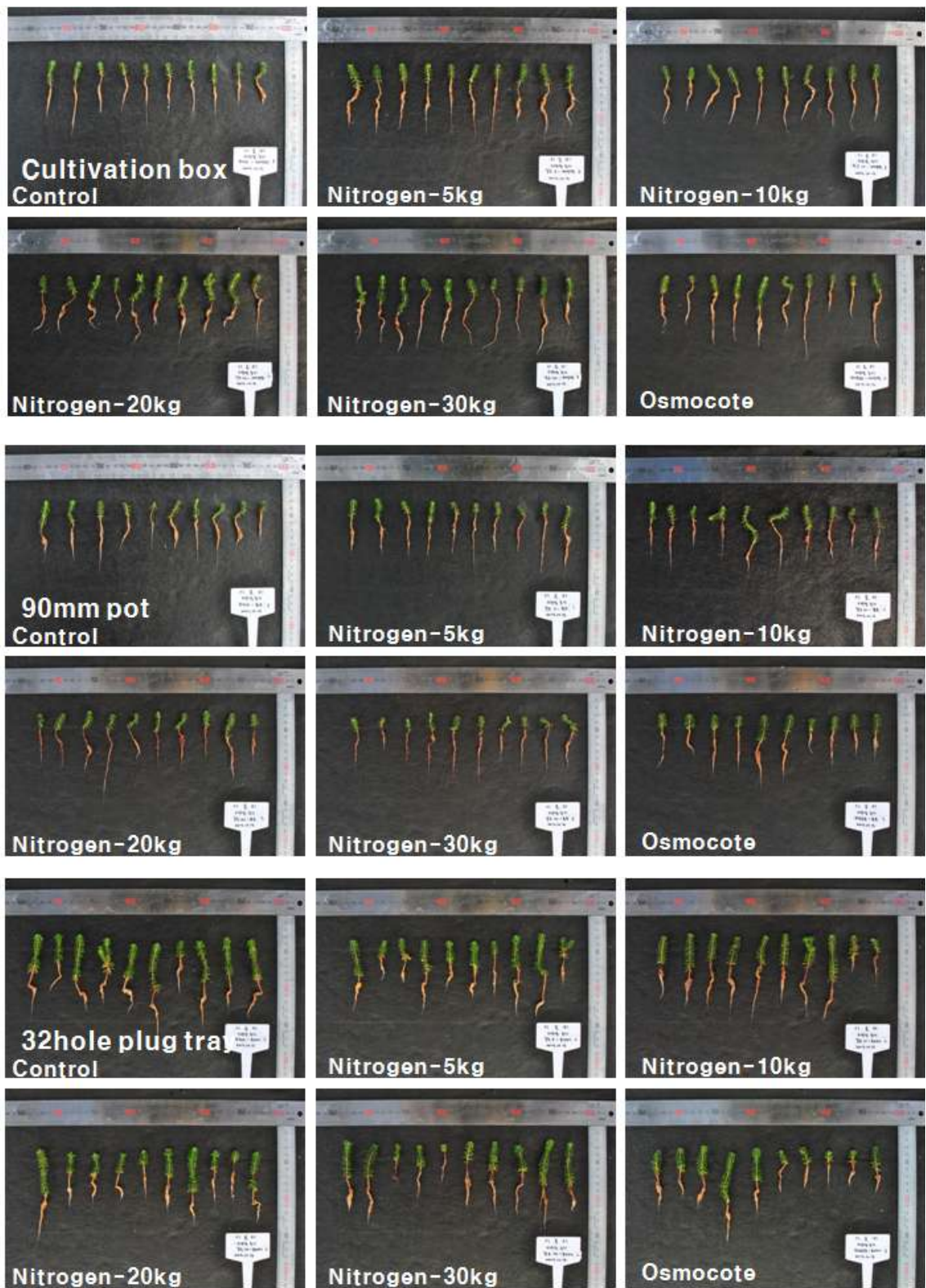


Fig. 40. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on *Empetrum nigrum* var. *japonicum*.



Fig. 41. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*.

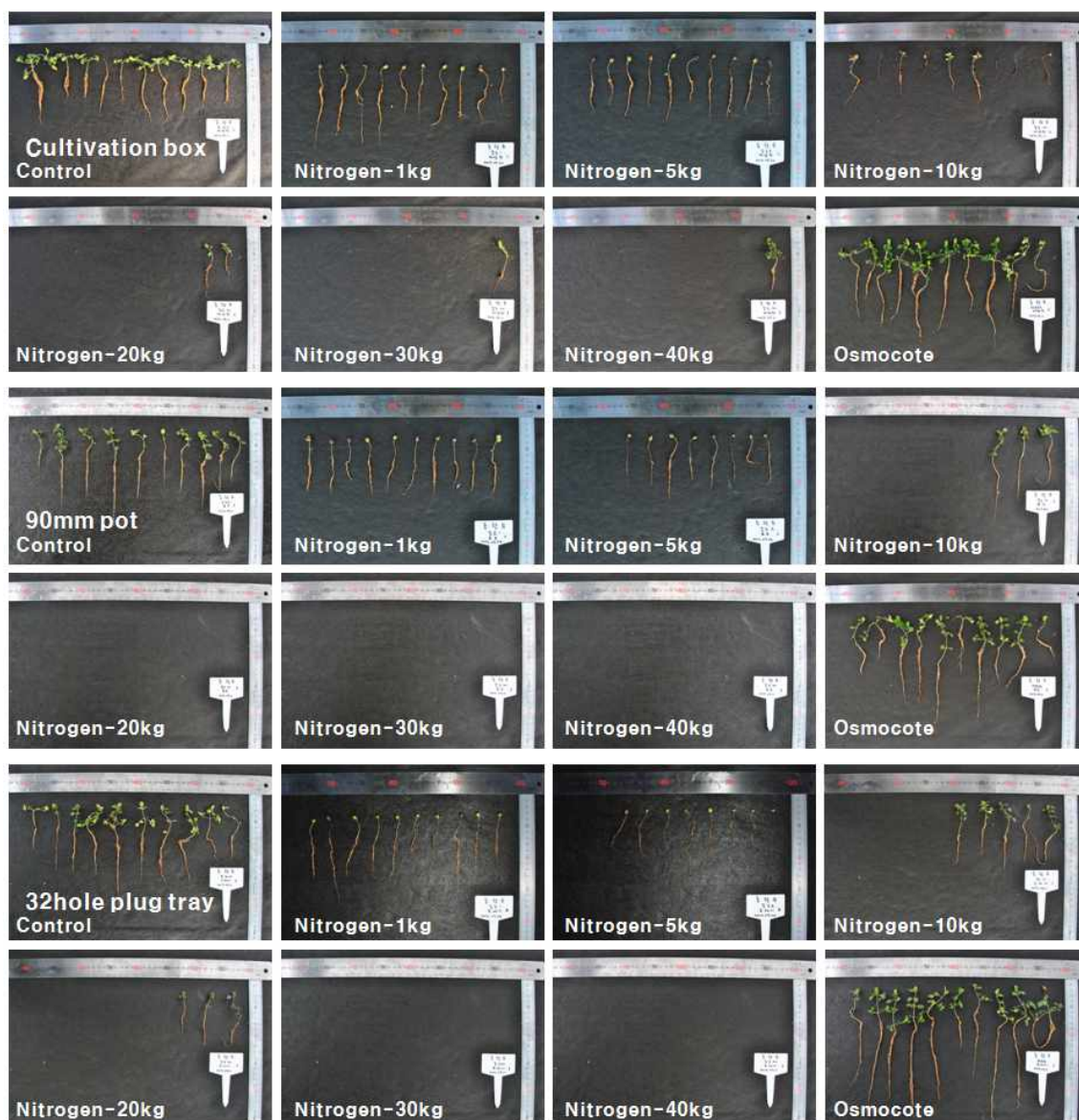


Fig. 42. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on *Elsholtzia minima*.





Fig. 43. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on *Aster hayatae*.

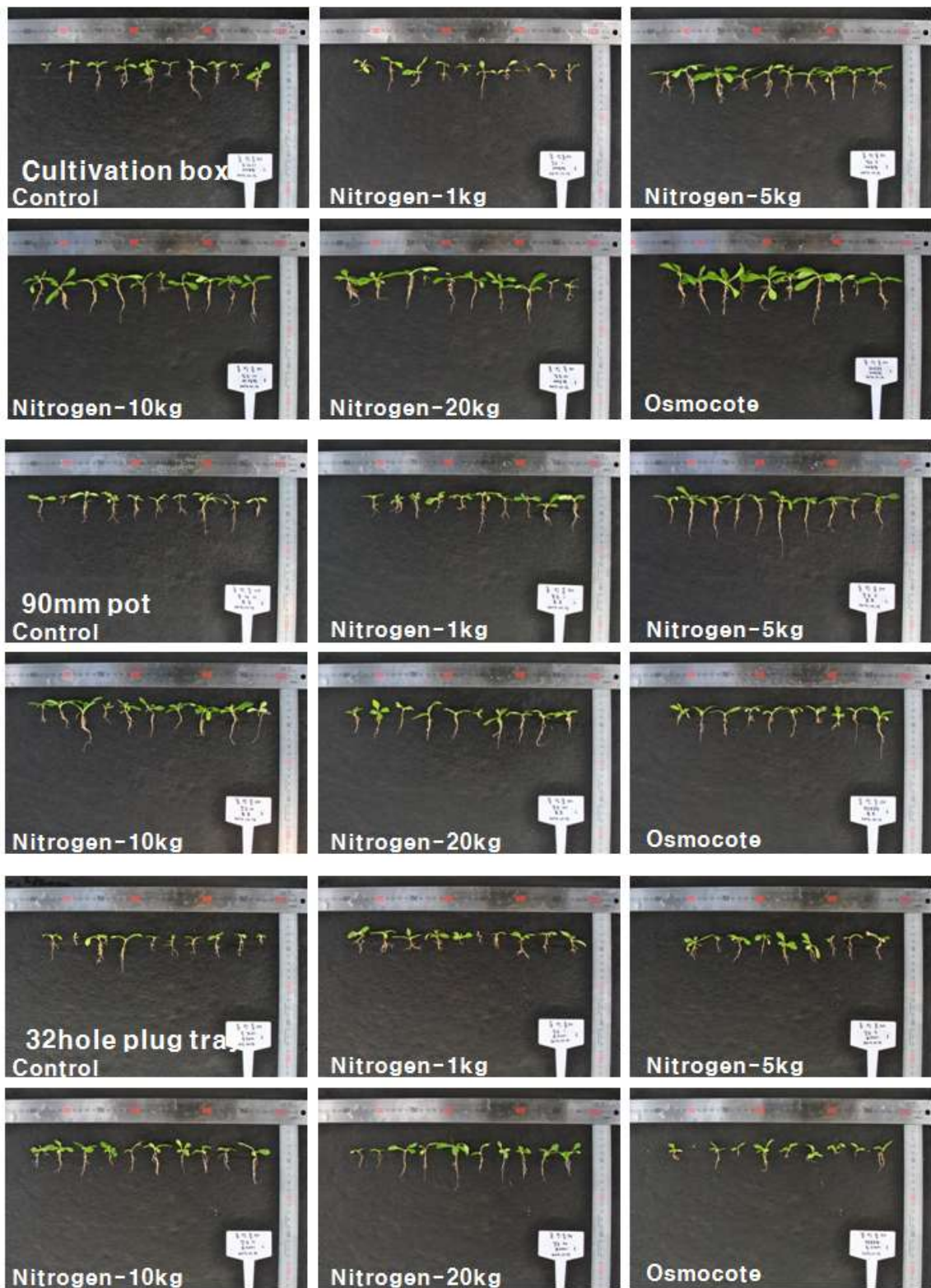


Fig. 44. Growth characteristics after growing seedling by different containers and fertilizations on *Taraxacum hallaisanensis*.

Table 46. Chemical properties of culture soil

Classification	pH	EC	OM	T-N	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg
	1:5	mS/cm	%		mg kg <sup>-1</sup>		cmol kg <sup>-1</sup>	
Control	4.3	0.7	41.8	0.2	74.0	1.3	6.6	26.9
Urea (5kg 10a <sup>-1</sup> )	4.8	0.7	45.3	0.4	62.5	0.9	4.6	18.1
Osmocot (3.5kg 10a <sup>-1</sup> )	4.3	0.8	53.5	0.3	247.1	1.2	7.2	33.2

## 2) 질소비료 시비량에 따른 고산식물의 생육

질소비료의 종류에 따른 고산식물의 처리결과 식물에 따라 질소비료의 반응이 다른 것으로 조사되었으며, 지리산오갈피, 눈개쭉부쟁이 및 쯤민들레는 질소 시비에 따른 증식효과가 있는 것으로 조사되었다. 질소비료는 식물의 지상부 생육 및 증식에 필요하지만 과잉으로 공급될 경우 오히려 피해 증상이 나타난다(현, 2004). 고산식물에 대한 질소비료를 이용한 질소 순성분의 수준별 처리결과 10 kg/10a 이상 처리구에서는 쯤민들레를 제외하여 비료에 의한 지상부 길이, 뿌리길이, 건물중량 및 뿌리 발근 개수 등에 대한 생육저해 현상이 발생되었다.

### (1) 지상부 길이

질소 비료량을 달리하여 5개 고산식물에 처리결과 쯤민들레는 시비량이 증가될수록 지상부 길이가 증가되었으나 시로미, 지리산오갈피, 쯤향유 및 눈개쭉부쟁이는 시비량이 증가될수록 지상부길이가 감소되는 경향을 나타내었다. 질소 시비량에 따른 고산식물의 지상부 생육특성은 쯤민들레는 30 kg/10a 질소 처리구의 지상부 길이는 25.7 mm, 대조구는 22.9 mm로 1.12배의 생육 효과가 있었다. 반면, 시로미는 대조구의 지상부 길이는 42.1 mm, 30 kg/10a 처리구는 35.1 mm로 17%가 감소되었다. 또한 대조구에 비해 감소된 고산식물은 지리산오갈피 34%, 쯤향유 63% 및 눈개쭉부쟁이 56%로 질소 시비량이 증가될수록 쯤민들레를 제외하여 지상부의 생육은 감소되는 경향을 보였다. 따라서 지상부 생육을 위한 질소비료의 시비량은 5~10 kg/10a 이하를 유지하는 것이 바람직한 것으로

판단되었다.

## (2) 뿌리 길이

질소 시비량에 따른 뿌리길이는 지상부 길이와 같은 경향을 나타내어 좁민 들레는 질소 시비량에 따라 대조구에 비해 뿌리길이가 증가되었으나 시로미, 지리산오갈피, 좁향유 및 눈개쭉부쟁이는 감소되었다. 질소 시비량에 따라 증가된 좁민들레는 5 kg/10a 처리구는 대조구와 같았으며, 20 kg/10a 처리구는 대조구의 1.2배로 뿌리길이가 증가되었다. 반면 좁민들레를 제외한 고산식물은 시비량이 증가될수록 뿌리길이가 감소되어 대조구의 0.44~0.97배로 시비량이 증가될수록 뿌리길이는 감소되는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 질소비료가 지상부 생육에 주로 작용하고 또한 식물에 따라 질소 성분에 대한 반응의 차이가 있다는 심등(2002)의 조사 결과와 같은 경향을 나타내었다. 따라서 고산식물의 증식을 위한 질소 시비는 질소 성분에 대한 반응성이 낮은 식물은 시비량을 5.0 kg/10a 이하로 공급하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다.

## (3) 건물 중량

건물 중량 또한 지상부 길이 및 뿌리길기와 같은 경향을 나타내어 좁민들레는 대조구에 비해 1.5~1.6배 높았다. 반면, 시로미, 지리산오갈피, 좁향유 및 눈개쭉부쟁이는 대조구에 비해 1/10~1배 수준으로 식물별로 차이가 있었으나 질소 시비량이 증가될수록 건물 중량이 감소되었다.

## (4) 뿌리 개수

질소비료 처리량에 따른 뿌리 개수는 좁민들레는 시비량이 증가될수록 뿌리 개수가 대조구와 같은 수준이었으나 시로미, 지리산오갈피는 대조구의 90% 수준으로 뿌리 개수가 낮았다. 좁향유와 눈개쭉부쟁이는 질소 시비가 증가될수록 뿌리 개수가 감소되어 대조구의 32~72%로 감소되어 고산식물의 종류에 따라 질소 시비 및 시비량 선정이 매우 중요한 것으로 판단되었다.

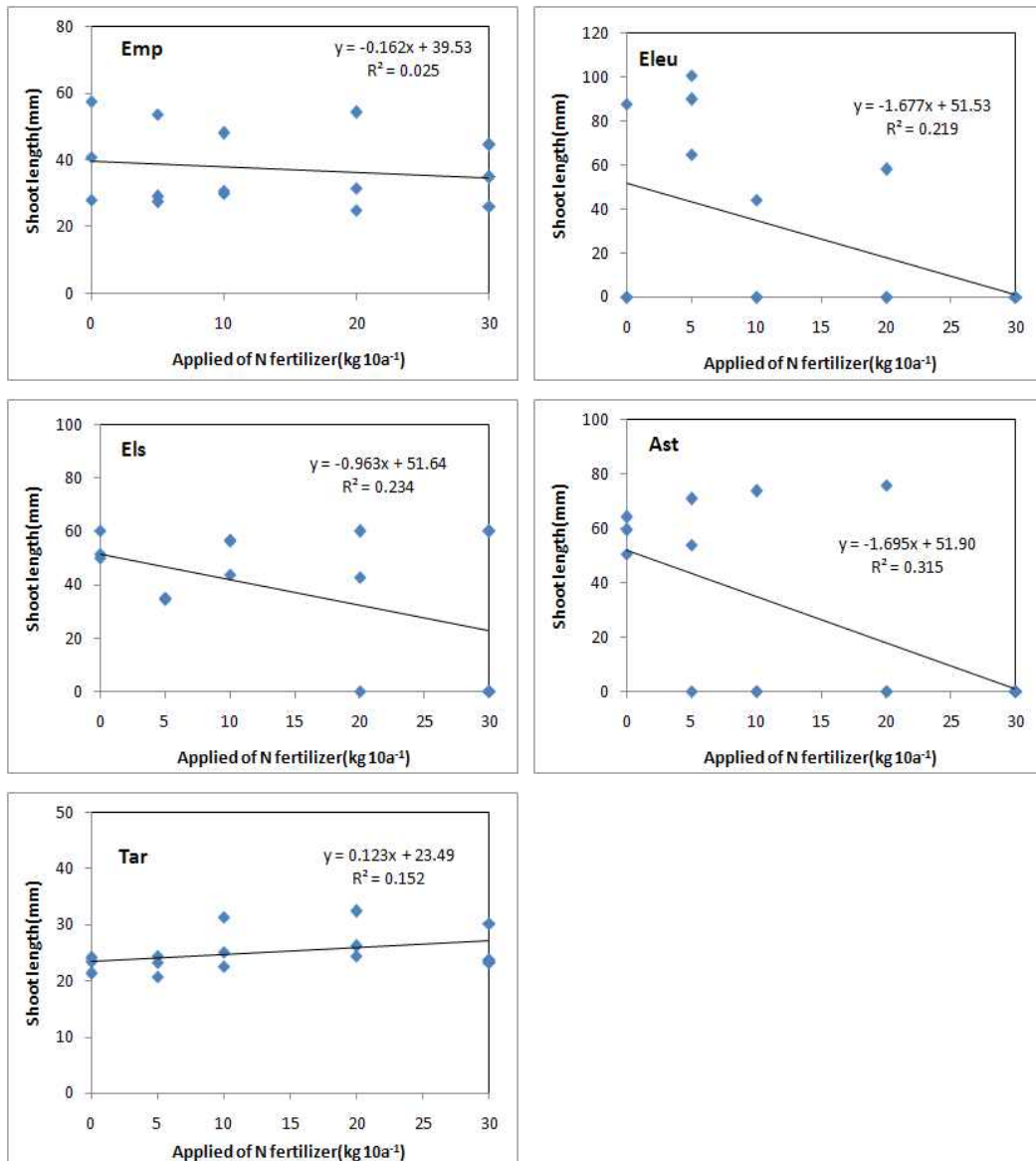


Fig. 45. Shoot length of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

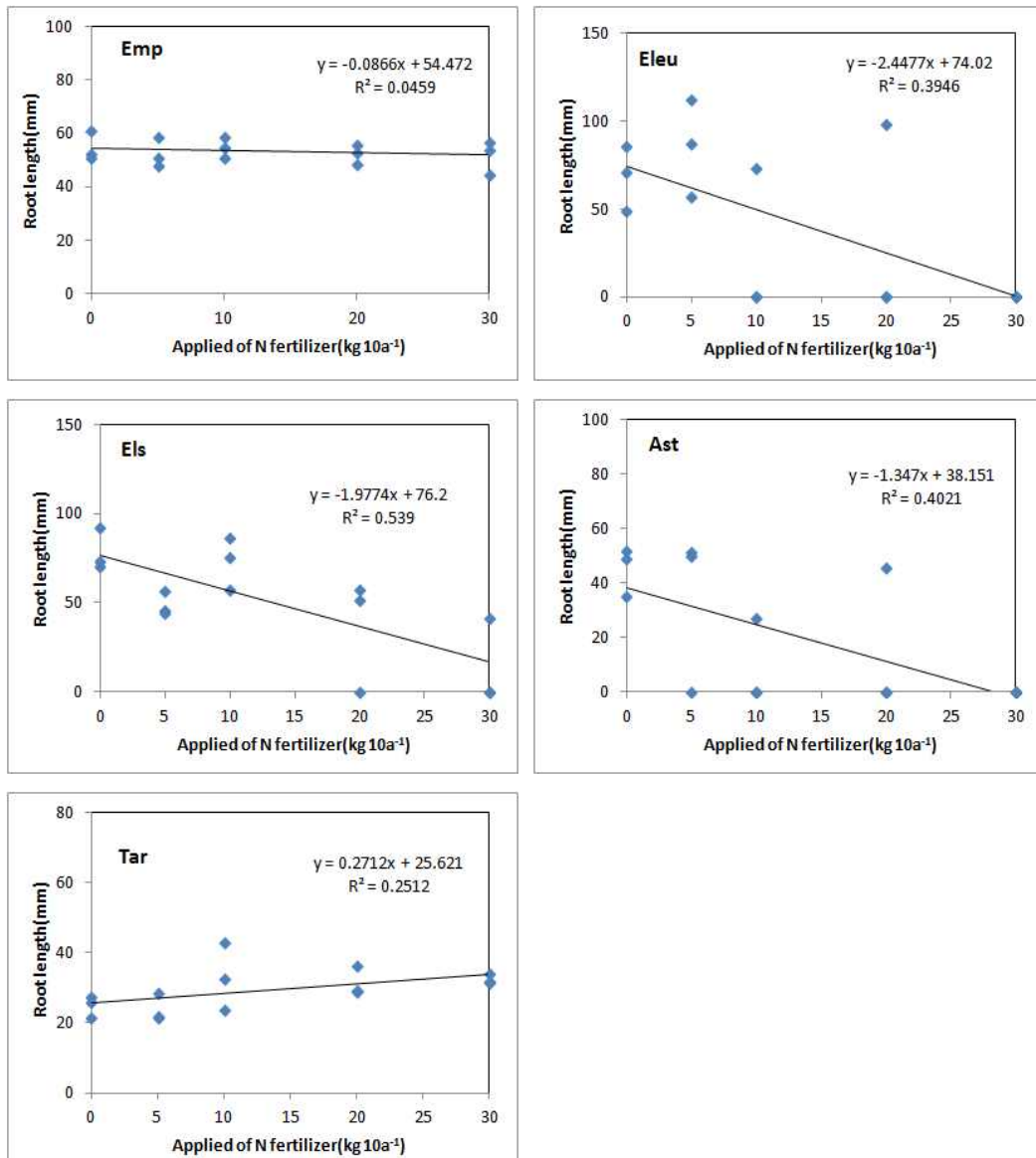


Fig. 46. Root length of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

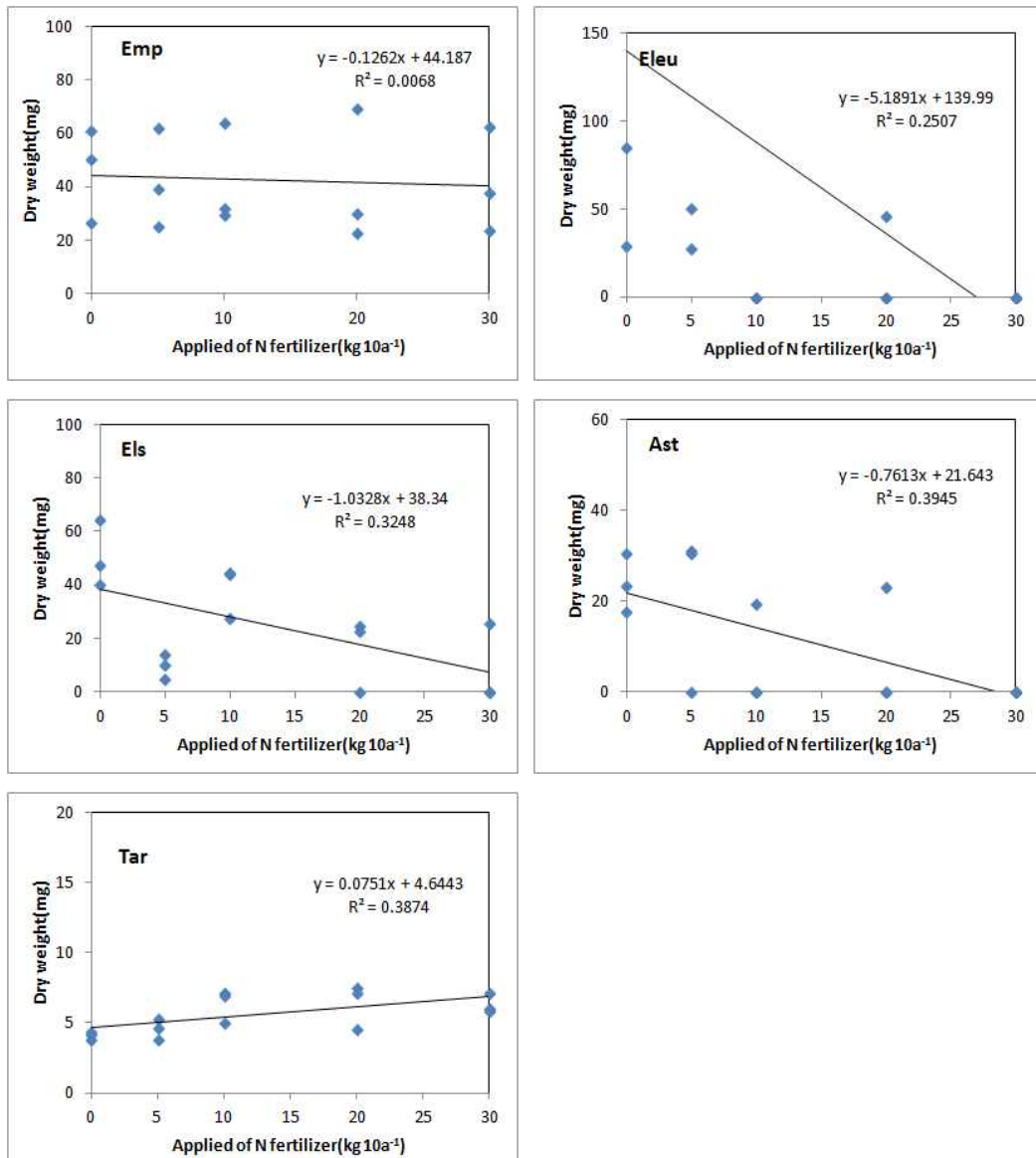


Fig. 47. Dry weight of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

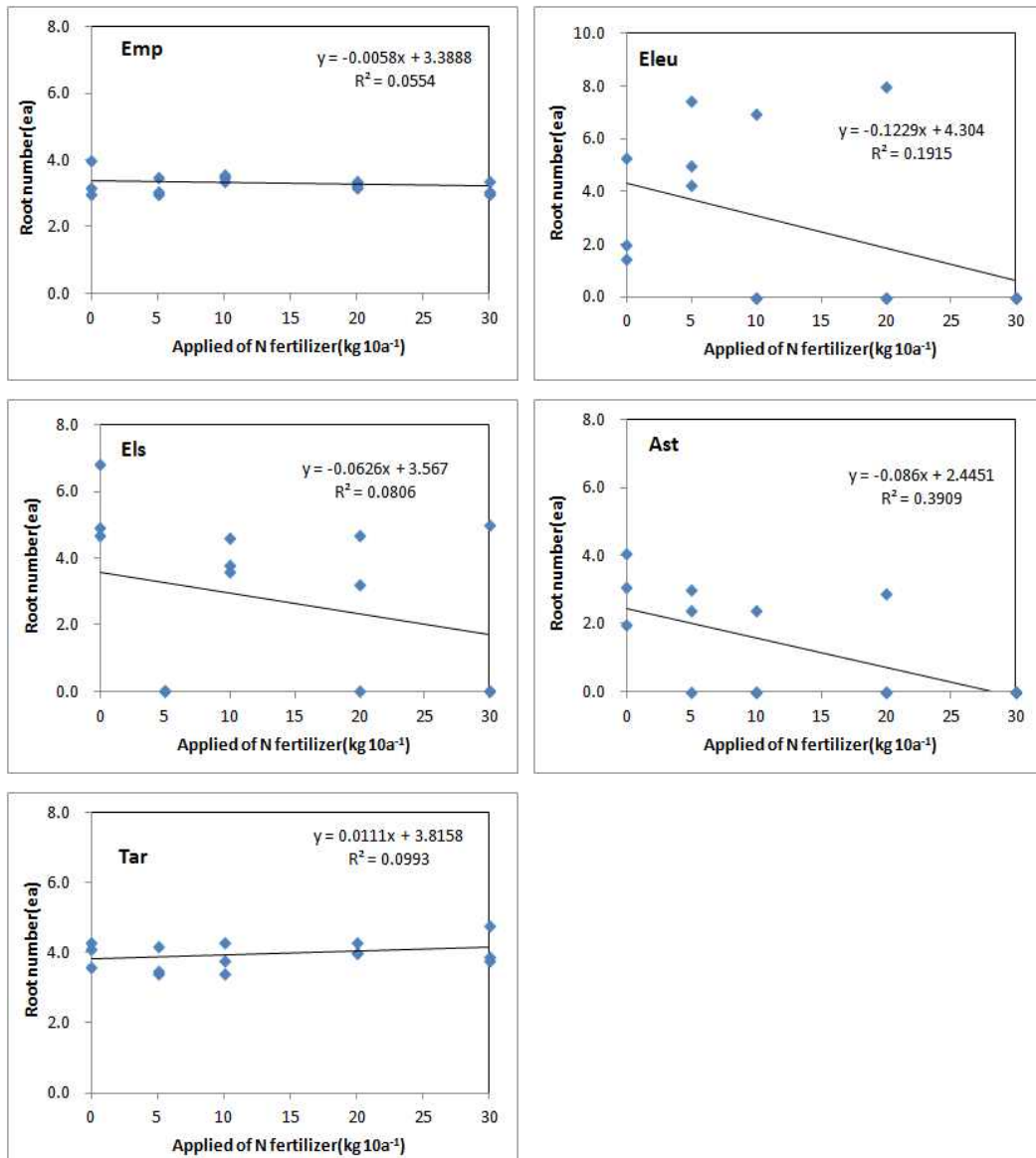


Fig. 48. Root number of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Eleu: *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis*,

Els: *Elsholtzia minima* Nakai,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*



### 3) 질소시비에 따른 고산식물의 질소 및 엽록소함량

고산식물 중 시로미, 눈개쭉부쟁이 및 좁민들레에 대한 질소비료 시비량 5~30 kg/10a로 증가시켰을 때 식물체 내 질소함량은 7.7~62.3%의 증가되었다(Fig. 49; Table 47~51). 이러한 결과는 질소비료의 시비량이 증가됨에 따라 지상부 및 지하부 길이, 건중량 및 뿌리 개수가 감소되는 것과 반대로 나타나 질소 성분의 식물체 흡수와 생육과는 차이가 있다는 것을 의미한다. 따라서 고산식물의 질소비료 적용 시험을 위해서는 질소의 흡수율과 생육과의 관계를 면밀히 분석할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

질소 시비량에 따른 고산식물의 색소함량과의 관계는 통계분석결과 유의성이 낮은 것으로 조사되었다. 따라서, 고산식물에 대한 질소비료 시비는 식물체 내 질소함량은 증가되지만 색소함량과는 연관성이 낮은 것으로 조사되었다.

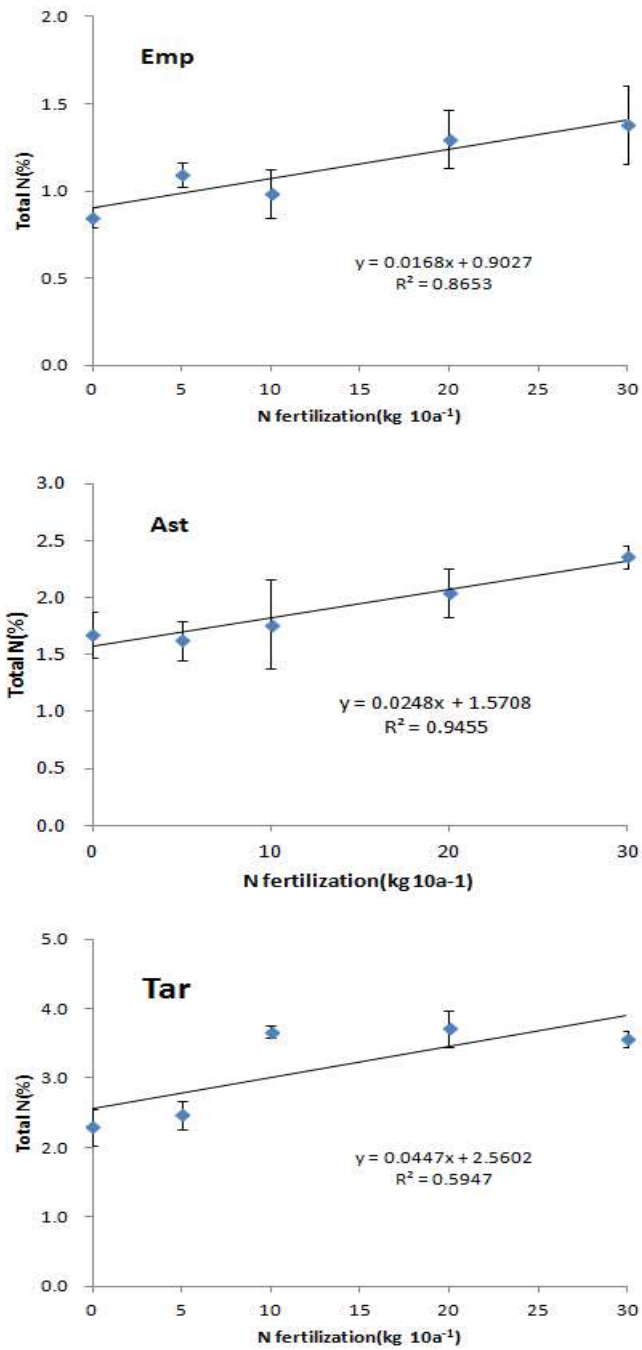


Fig. 49. Amount of T-N of test plants according to the applied of nitrogen fertilizer.

Emp: *Empetrum nigrum* var. *japonicum*,

Ast: *Aster hayatae*,

Tar: *Taraxacum hallaisanense*

Table 47. Pigment content characteristics of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* according to amount of applied fertilizer

Container <sup>1)</sup>	Box			Pot			Tray		
	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene
0	0.39 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>a2)</sup>	63.41 <sup>a</sup>	0.43 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>abc</sup>	83.13 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.31 <sup>b</sup>	91.95 <sup>a</sup>
5 <sup>3)</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	41.39 <sup>a</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>abc</sup>	87.44 <sup>bc</sup>	0.67 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>	94.62 <sup>a</sup>
10	0.19 <sup>b</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	174.60 <sup>a</sup>	0.26 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	66.90 <sup>c</sup>	0.15 <sup>c</sup>	0.09 <sup>c</sup>	53.23 <sup>b</sup>
20	0.37 <sup>b</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	73.07 <sup>a</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.09 <sup>c</sup>	38.94 <sup>d</sup>	0.67 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	113.05 <sup>a</sup>
30	0.33 <sup>b</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	208.04 <sup>a</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>ab</sup>	89.80 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.11 <sup>c</sup>	47.27 <sup>b</sup>
osmote	0.64 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	104.19 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	125.46 <sup>a</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.09 <sup>c</sup>	45.01 <sup>b</sup>
Average	0.35	0.13	110.79	0.35	0.22	81.94	0.41	0.27	74.19

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

Table 48. Pigment content characteristics of *Eleutherococcus divaricatus* var. *chiisanensis* according to amount of applied fertilizer

Container <sup>1)</sup>	Box			Pot			Tray		
	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene
0	2.17 <sup>b</sup>	2.13 <sup>b</sup> <sup>2)</sup>	224.63 <sup>b</sup>	1.83 ±0.03	1.70 ±0.05	189.9 ±4.1 <sup>5)</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	ND
5 <sup>3)</sup>	2.47 <sup>b</sup>	2.03 <sup>b</sup>	254.00 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	3.60 ±0.2	3.17 ±0.16	381.2 ±20.6
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
osmocote	3.47 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	341.30 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Average</b>	1.35	1.24	136.66	0.31	0.28	31.66	0.60	0.53	63.54

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

<sup>4)</sup>ND: Not detected

<sup>5)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

Table 49. Pigment content characteristics of *Elsholtzia minima* according to amount of applied fertilizer

Container <sup>1)</sup>	Box			Pot			Tray		
	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene
0	0.53 <sup>b</sup>	2.97 <sup>a</sup>	90.00 <sup>b</sup>	1.33 ±0.03	1.10 ±0.05	134.5 ±4.7 <sup>5)</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	155.93 <sup>b</sup>
5 <sup>3)</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	1.40 <sup>a</sup>	1.33 <sup>ab</sup>	146.83 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	1.67 <sup>a</sup>	1.37 <sup>b</sup>	160.57 <sup>ab</sup>
20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
osmotic	1.47 <sup>a</sup>	1.167 <sup>ab</sup>	154.90 <sup>a</sup>	1.73 ±0.08	1.43 ±0.08	175.6 ±7.98	1.17 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>	178.47 <sup>a</sup>
<b>Average</b>	0.43	0.68	48.97	0.38 ±0.14	0.32 ±0.11	38.76 ±14.1	0.54	0.58	61.87

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

<sup>4)</sup>ND: Not detected

<sup>5)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

Table 50. Pigment content characteristics of *Aster hayatae* according to amount of applied fertilizer

Container <sup>1)</sup>	Box			Pot			Tray		
	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene
0	0.67 <sup>ab</sup>	0.43 <sup>b2)</sup>	39.53 <sup>b</sup>	0.90 <sup>a</sup>	0.83 <sup>a</sup>	71.57 <sup>b</sup>	1.13 ±0.17 <sup>5)</sup>	1.07 ±0.14	92.83 ±13.66
5 <sup>3)</sup>	0.90 <sup>ab</sup>	0.80 <sup>ab</sup>	55.23 <sup>ab</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
10	1.37 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>	103.33 <sup>a</sup>	0.60 <sup>a</sup>	6.73 <sup>a</sup>	105.03 <sup>a</sup>	ND	ND	ND
20	1.00 <sup>ab</sup>	0.87 <sup>ab</sup>	67.83 <sup>ab</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
osmote	0.47 <sup>b</sup>	1.03 <sup>ab</sup>	61.83 <sup>ab</sup>	0.93 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	55.17 <sup>b</sup>	0.70 ±0.00	0.73 ±0.08	49.40 ±4.53
Average	0.73	0.72	54.63	0.41	1.42	38.63	0.31 ±0.11	0.30 ±0.1	23.71 ±8.91

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

<sup>4)</sup>ND: Not detected

<sup>5)</sup>Mean±SE(Standard error) Standard errors are presented since complete data sets were not obtained.

Table 51. Pigment content characteristics of *Taraxacum hallaisanensis* according to amount of applied fertilizer

Container <sup>1)</sup>	Box			Pot			Tray		
	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene	Ca	Cb	carotene
0	1.47 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	154.33 <sup>a</sup>	1.00 <sup>c</sup>	0.83 <sup>c</sup>	122.90 <sup>c</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.53 <sup>b</sup>	89.03 <sup>c</sup>
5 <sup>3)</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.10 <sup>a</sup>	149.00 <sup>a</sup>	1.30 <sup>b</sup>	1.10 <sup>b</sup>	147.60 <sup>b</sup>	0.67 <sup>b</sup>	0.60 <sup>b</sup>	114.40 <sup>b</sup>
10	1.93 <sup>a</sup>	1.57 <sup>a</sup>	213.40 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	190.5 <sup>a</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.50 <sup>b</sup>	89.43 <sup>c</sup>
20	1.80 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	179.93 <sup>a</sup>	1.23 <sup>bc</sup>	1.10 <sup>b</sup>	153.23 <sup>b</sup>	0.77 <sup>b</sup>	0.67 <sup>b</sup>	110.90 <sup>b</sup>
30	1.37 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	158.87 <sup>a</sup>	1.20 <sup>bc</sup>	1.03 <sup>bc</sup>	146.10 <sup>b</sup>	0.77 <sup>b</sup>	0.73 <sup>b</sup>	119.10 <sup>b</sup>
osmocote	1.67 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	163.90 <sup>a</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.27 <sup>ab</sup>	174.23 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	1.17 <sup>a</sup>	155.37 <sup>a</sup>
Average	1.60	1.32	169.91	1.31	1.12	155.77	0.76	0.70	113.04

<sup>1)</sup>Box: Cultivation box, Pot: 90mm pot, Tray: 32 hole plug tray

<sup>2)</sup>Mean separation within a column by Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ )

<sup>3)</sup>Nitrogen fertilization amount

## V. 종합고찰

### 1. 한라산 고산식물 선정 및 자생지 생육 특성

한라산 고산식물 자생지의 생육특성 및 증식 방법을 알아보기 위하여 Table 10과 같이 14종의 고산식물을 선정하였다.

지형, 지질, 위도 등에서 서로가 차이가 있고, 고산대나 산록대에 구분 없이 자생하기도 하여 한정된 정의로 말하기가 어려운 실정이다. 그래서 고산식물을 한라산 1500m이상 지역에 분포하는 식물 종으로 제시하기도 하였다(이, 2000). 가장 최근에 김(2005)은 한라산 고산식물 전체 123종 중 목본 18종, 초본 105종으로 발표하였고 이 중 30종을 제외한 93종에 대한 식물표본 데이터를 제시하여 신뢰성이 높다고 판단되며 제시된 식물을 기준으로 식물을 선정하였으며, 이 중 야생에서 절멸할 가능성이 높은 멸종위기(EN, Endangered)식물이 눈향나무(*Juniperus chinensis*), 흑오미자(*Schisandra repanda*), 구름떡쑥(*Anaphalis sinica* var. *morii*), 쯤민들레(*Taraxacum hallaisanense*)이며, 절멸에 처할 가능성이 높은 취약종(VU, Vulnerable)이 시로미(*Empetrum nigrum*), 들쭉나무(*Vaccinium uliginosum*), 백리향(*Thymus quinquecostatus*), 땃땃이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis*)이고, 위험의 범주에는 도달하지 않았지만 관심이 필요한 종(LC, Least Concern)으로 구상나무(*Abies koreana*), 멸종 위협에 평가할 수 있는 자료가 부족한 보존종(DD, Data Deficient) 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus*)와 특산식물(E, Endemic Plant)인 눈향나무(*Juniperus chinensis*), 한라부추(*Allium taquetii*), 쯤고채목(*Betula ermanii*), 지리산오갈피(*Eleutherococcus divaricatus*), 쯤향유(*Elsholtzia minima*), 눈개쑥부쟁이(*Aster hayatae*), 쯤민들레(*Taraxacum hallaisanense*)를 선정하였다.

자생지의 기후 인자 조사 결과 3월에서 10월까지의 평균 기온은 한라산 정상(1950m)은 8.5°C, 영실(1500m)은 12.3°C 및 1100습지(1100m)는 13.8°C로 해발고도가 낮아지면서 기온이 높아졌고, 2012년 3월에서 10월까지의 평균 습도는 한라산 정상은 78.9%, 영실은 78.0% 및 1100습지는 78.2%로 해발고도간에 차이는



없었다. 이러한 결과는 고(2000)의 3월에서 10월까지 평균 기온 중 한라산 정상 기온 7.9℃에 비해 0.6℃ 높았고, 평균 습도는 67.8%로 11.1% 높았다. 제주도 상세기후특성을 나타낸 보고서(기상청, 2010)를 보면 2003~2009년간 평균온도가 윗세오름이 6.4℃로 가장 낮고, 서귀포가 17.1℃로 가장 높게 나타났다. 그리고 해안지역은 16℃로 보고하였으며, 결과 값과 윗세오름은 2.1℃, 서귀포와는 8.6℃ 차이가 났으며, 정상기온의 경우 가을철 윗세오름 8.2℃와 비슷하였고, 겨울철 서귀포 기온 8.4℃와 유사하였다(Table 12).

자생지 토양의 물리적 분석은 용적밀도는 0.26~1.10 g/cm<sup>3</sup> 범위로 한라산 정상을 제외한 지역에서 매우 낮았으며 조사지점 간에 편차가 컸고, 입자밀도는 1.87~2.54 g/cm<sup>3</sup> 범위였으며 용적밀도와 마찬가지로 조사지점 간에 차이가 컸다. 정상지역에서 254 g/cm<sup>3</sup>로 높은 입자밀도를 보였는데 이는 인위적 훼손에 의한 정상지역에서의 표토의 침식으로 인한 것으로 판단된다(Table 13).

토양내의 공간을 의미하는 공극률은 57~85% 범위였다. 공극률이 높다는 것은 토양내의 공간이 크다는 것을 의미하므로 정상지역을 제외하면 물의 하향 침투가 빠르게 일어날 수 있는 토양조건을 가지고 있다고 판단된다(Table 13).

토양 pH는 토양의 중요한 화학적 성질의 하나로서 토양과 식물의 생육을 진단하는데 필요한 성분이며, 전기전도도(electrical conductivity)는 용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내며 이온의 종류에 따라 다르지만 대체적으로 염류농도에 비례한다. 따라서 전기전도도가 높으면 이온이 집적된 것을 의미하며 이는 염류 집적을 나타내는데, 조사지의 토양 pH는 4.7~5.3 범위였으며 성판악지역과 고랭지 시험포 지역만이 pH 5.0 이상을 보였고, 전기전도도는 0.20~0.60 dS/m 범위로 조사되었다. 고(2010)는 백록담의 화구호 퇴적층의 pH값은 4.9~5.6범위로 보고하여 제주의 대표적인 고산식물 자생지인 백록담의 조사와 유사하였고, 그 결과 한라산 고산식물들은 생육에 있어 염류에 대한 영향을 받지 않는 것으로 판단되며, 반대로 염류에 대한 면역은 약할 것으로 사료된다. 그리고 조사지의 치환성 K, Ca, Mg 및 Na의 함량은 K 0.06~0.49 cmol<sup>+</sup>/kg, Ca 0.07~2.48 cmol<sup>+</sup>/kg, Mg 0.04~1.54 cmol<sup>+</sup>/kg 및 Na 0.14~0.24 cmol<sup>+</sup>/kg 범위였다. 조사지의 양이온치환용량은 15.94~39.82 cmol<sup>+</sup>/kg 범위로 매우 높은 함량을 나타냈다. 이는 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양의 양이온치환용량 19.7 cmol<sup>+</sup>/kg 보다 한라산

정상과 성판악지역은 비슷하며, 영실과 고랭지시험포는 2배 이상 높았다(Table 14).

## 2. 한라산 고산식물 삼목 및 실생묘 번식 연구

증식 시설내 광량의 변화를 알아보기 위해 2012년 7~9월까지 측정한 결과는 7월 전광상태에서의 시간대별 변화는 10시 약 38,000lux(오전), 15시 약 95,000lux(오후), 18시 약 20,000lux(저녁) 측정이 되었고 55% 피음 처리된 온실 내에서는 약 11,600ux(10시), 20,000lux(15시), 4,300ux(18시)이고 75% 피음 처리구에서는 약 1,400ux(10시), 3,400lux(15시), 1,000ux(18시)로 산출되었는데, 왁스만(Waxman, 1965)에 의하면 대개 호광성 식물은 최고 2,000 foot candle에서 일반적으로 잘 자라고 호음성 식물은 500~200 foot candle에서 생육이 좋다고 하였다(Fig. 3).

온실(Greenhouse)과 밀폐 상(Vinyl-moist chamber) 내의 온·습도의 변화를 알아본 결과를 2012년도는 Table 15, 16 및 Fig. 4, 5와 2013년도는 Table 17과 Fig. 6, 7과 같이 조사되었다. 2012년도는 평균온도가 4월에 약 16°C로 가장 낮았으며, 7~8월이 약 27°C로 가장 높은 온도로 조사되었다. 일교차는 10~18°C의 차이를 보이며 10월에 18°C차이로 가장 높은 온도 차를 나타냈다. 밀폐상인 경우는 4~6월까지 측정하였는데 온실보다 약 3도 이상 높은 것으로 분석된 반면 일교차는 18~22°C로 3~8°C정도가 큰 것으로 분석되었다. 식물에게 민감하게 반응되는 Fig. 4, Fig. 5와 같이 최저 온도를 보이는 시간은 4~6시, 가장 높은 시간은 12~15시, 월별로 약간의 시간 차이를 보였다. 그리고 온실과 밀폐 상내의 습도의 변화는 Table 15와 같이 온실인 경우 4~10월까지 평균 77%로 분석되었고 4월인 경우 평균 64%로 가장 낮게 조사되었으며, 8월인 경우 88%로 가장 높게 조사되었다. 시간대별 온도와 습도의 상관성을 보면 온실인 경우  $r = -0.978(p < 0.01)$ , 밀폐상인 경우  $r = -0.929(p < 0.01)$ 로 온실이 밀폐상보다 온도에 많은 영향을 받는 것으로 분석되었다. 또한 일일 습도의 변화는 밀폐상인 경우 14~16%의 차이를 보이는 반면 온실인 경우 30~38% 차이를 보여 밀폐 상에서의 삼목은 대기 중 습도의 변화가 적어 안정적인 생육이 가능할 것으로 판단이 된다.

2013년도 온실 내 온·습도 변화는 월별 온실 내의 평균온도가 23.35°C, 밀폐

상이 23.9℃로 큰 차이가 없었으며, 습도는 79.9%, 93.77%로 조사되었다(Table 17). 일반적인 삼목에서 관계습도를 포화습도에 가깝게 만들어 줘야 하기 때문에 밀폐상이 포화습도에 가깝게 나타났으며(농촌진흥청, 1993), 시설 내 온도가 오르기 시작하는 6~8월 온실의 습도가 82.5%, 밀폐상은 96.3%로 나타나 밀폐상이 온실보다 안정적인 습도 관리가 되는 것으로 판단된다. Van Elk(1973)는 초기 온도 관리는 캘러스(callus) 형성에 관여하여 과다 발생으로 발근율을 좋지 않게 할 수 있으며, 삼상에서 60~80%의 수분함량을 가진 곳에서 발근율이 좋았다고 하였는데 대기 중 수분함량은 종마다 다르게 나타나는 것으로 판단하였다.

### 1) 2012년 눈향나무 등 4종의 삼목 실험

Table 3과 같이 눈향나무 등 4종을 채집하여 습도체계, 삼목 전 처리제, 식물생장조절물질 처리, 배양상의 차이를 두어 실험을 진행하였으며, 눈향나무는 60일, 들쭉나무는 50일, 백리향은 15일, 땡땡이나무는 45일 후에 최초 발근을 확인할 수 있었다(Fig. 8, 11, 14, 17).

눈향나무 삼목시 삼목판에서는 석회수와 과망간산칼륨이 같은 경향으로 각각 90, 100%로 가장 높게 조사되었으며, 포트의 경우 질산은이 100%, 대조구에서 100%의 발근율을 보였고, 트레이의 경우 과망간산칼륨에서 100%의 발근율을 나타냈다. 삼목판 무처리 뿌리의 길이는 석회수가 113±8 mm로 가장 길게 조사되었으며, 포트의 루톤 대조구가 98±10 mm, 포트 무처리 질산은이 84±7 mm, 트레이 루톤처리 과망간산칼륨이 74±9 mm 순으로 조사되었고,(Table 18) Song *et al.*(2010)과 Kim & Kho(2006)는 눈향나무의 발근율이 30~60% 전후로 다른 수종에 비해 낮다고 하였다. 그리고 안 등(2011)은 눈향나무의 숙지삼은 삼목시기에 따른 생존율 4월 69.8%, 발근율 4월 68.3%로 가장 높았으며, 5월에 비해 6월로 갈수록 외부의 온도상승과 더불어 삼상의 온도가 상승되어 발근에 있어 불리하게 작용한 것으로 보고하였고, Song *et al.*(2010)은 눈향나무를 5월 10일 삼목한 결과 발근율이 20.4%, 8월에 삼목했을 때는 단지 3개의 삼수에서 발근을 확인하였고, Kim & Koh (2006)는 4월 초순 삼목했을 때 발근율이 62.3%라고 하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 보고했다. 따라서 눈향나무 삼목시기와 온도가 관여하는 바가 큰 것으로 사료되며, 밀폐상 삼목시 차광망 등을 이용한 온도관리와

삼목시기를 4월 또는 가을철로 정하는 것이 높은 발근율을 보일 것으로 판단된다.

안 등(2011)은 혼합토의 무처리구에서 생존율이 75.2%였다고 하였고, Kim & Koh(2006)는 IBA 1,000 mg·L<sup>-1</sup>을 처리한 결과 혼합토에서는 발근율이 65.8%, NAA 1,000 mg·L<sup>-1</sup>처리 시 혼합토에서는 발근율이 60.5%로 발근촉진제에 대한 효과가 달랐다고 보고하였고, 고(2000)는 눈향나무 등은 1.0 mg/L IBA를 처리한 경우 70%로 가장 양호하게 발근하였다고 보고하였다.

들쭉나무는 Table 20과 Fig. 12과 같이 밀폐상에서 삼목판 96%, 포트 55%, 트레이 43%로 삼목판이 다른 용기에 비해 약 40% 높게 발근되었고, 삼목판에 루톤 처리시 모든 처리구에서 100% 발근율을 보였다. 그리고, 과망간산칼륨 71.3±8.0 mm로 뿌리 길이가 가장 높게 나타났으며, 무게도 480 mg으로 조사되었다. 온실에서는 Table 21과 Fig. 13과 같이, 삼목판 56%, 포트 55%, 트레이 45%로 발근율의 차이가 없었으며, 삼목판의 무처리구 과망간산칼륨에서 발근율이 100%, 뿌리 길이는 63.5±4.4 mm로 가장 길게 조사되었고, 삼목판의 루톤 처리구에서 석회수 발근율 90%, 과망간산칼륨 발근율 80%로 삼목 전처리에서 발근 효과가 높게 조사되었으나, 고(2000)는 들쭉나무의 삼목증식 결과 극히 낮은 발근율을 보이거나 발근이 전혀 이루어지지 않았다고 보고하였다.

백리향은 밀폐상 처리 결과 Table 22과 Fig. 15에서 보는 바와 같으며, 삼목판 51%, 포트 68%, 트레이 68%로 포트와 트레이의 발근율이 높게 나타났으며, 삼목판 무처리구에서 질산은 100% 발근하고, 루톤 처리구의 석회수 100%, 과망간산칼륨 90% 발근율을 나타냈으며, 포트에서는 무처리구 과망간산칼륨 90%로 가장 높은 발근율을 나타냈다. 트레이 루톤 처리구 석회수에서는 뿌리 길이 27.9±6.3 mm, 지상부 길이 59.5±10 mm로 처리구에서 가장 길게 조사되었다. 온실에서 처리결과는 Table 23과 Fig. 16에서 보는 바와 같으며, 삼목판이 83%로 포트 68%, 트레이 63%에 비해 높은 발근율을 나타냈고, 트레이 무처리구 과망간산칼륨에서 뿌리 길이 71.6±12 mm로 가장 길게 조사되었으며, 대부분 전처리구에서 높은 발근율을 나타냈다. 이는 혼합상토를 사용한 조(2005)의 5월 발근율이 93%, 펄라이트와 버미큘라이트 혼합상토 94%의 발근율 보고와 유사하다. 백리향의 경우 상토의 과습은 발근율을 저하시킨다고 보고하였다(임, 2010). 이는 백리

향이 한라산 정상 부근 건조한 초지에서 자생하며, 잎의 생장은 4월 중순부터 7월 초순까지이며, 5~6월 한 달간 주로 성장한다는 고(2000)의 결과를 보면 백리향은 건조한 환경조건이 생육에 적합한 것으로 판단된다.

댕댕이나무는 밀폐상에서 조사한 결과는 Table 24과 Fig. 18와 같이, 삽목판 64%, 포트 61%, 트레이 66%로 발근율이 조사되었고, 밀폐상 용기별 발근율은 평균 64%였으며, 온실 실험구의 조사 결과는 Table 25과 Fig. 19와 같으며, 평균 37%로 밀폐상과 1.7배 차이가 나타났다. 밀폐상과 온실에서 모두 루톤 처리구가 평균 무처리구에 비해 높은 발근율로 조사되었다. 이는 고(2010)의 삽목 실험에서 6월 채집한 댕댕이나무가 지속적인 수분공급과 동시에 식물생장조절물질인 IBA 100 mg 처리가 안정적인 발근율을 보인 결과와 유사하였다.

고(2000)는 댕댕이나무 등의 자생지의 상대습도와 기온의 상관관계 결과 자생지에서 비교적 높은 상대습도가 항상 유지되고 있어 온도 변화와 함께 생장에 중요한 환경요소로 작용한다고 하였다.

## 2) 2013년 구상나무 등 8종의 삽목 실험

Table 4과 같이 구상나무 등 8종을 채집하여 습도체계, 삽목 전 처리, 식물생장조절물질 처리, 배양상의 차이를 두어 실험을 진행하였다. 구상나무는 65일, 사스래나무(좁고채목)는 발근이 안되었고, 흑오미자는 65일, 시로미는 25일, 지리산오갈피는 60일, 좁향유는 10일, 구름떡쑥은 15일, 눈개쑥부쟁이는 15일 후에 Fig. 20, 24, 26, 28, 30, 32, 34에서 보는바와 같이 최초 발근을 확인할 수 있었다.

구상나무 조사 결과 Table 26과 Fig. 21와 같이 대부분의 처리구에서 발근이 되지 않았으며, 밀폐상의 루톤 처리구에서만 7.5% 발근되었다. 다만, 밀폐상의 모든 처리구에서는 50%이상 생존하였다. 김(1994)과 김(1991), 김(1997)은 구상나무가 다른 수종에 비하여 고사하는 개체가 많다고 하였으며, 본 실험결과 온실과 밀폐상 처리구 모두에서 잎이 떨어지며 고사되는 현상이 나타나 보고와 일치하였다. 이(1986)는 4년생의 모수에서 96.7%, 10년생 모수에서 23%, 20년생 모수에서 0%

로 모수의 채취 수령에 따라 발근율이 달라나타난다고 보고하였다. 모든 처리구에서 발근율이 10%이하로 낮게 나타난 결과, 실험에 사용된 구상나무 삽수의 모수가 한라산 자생지라는 특성상 수령이 20~30년 이상 될 것으로 추정되어 이(1986)의 결과와 유사하였다. 따라서 구상나무 삽목 시 채집수령 파악이 주요 할 것으로 판단된다.

사스래나무(좁고채목) 조사 결과 Table 27과 Fig. 23와 같이 삽수에서 발근이 확인되지 않았지만, 동아 발생은 확인되었고, 삽수의 전체 생존 수 평균은 8.7개이며, 삽목전 전처리방법에 따른 생존 수 평균은 9.5개로 밀폐상과 전처리 방법이 대조구나 루톤에 비해 높은 생존율을 보였다. 또한 온실 대조구 4개에 비해 밀폐상의 생존율이 2.3배 높게 나타나 추후 발근을 위해서는 밀폐상 조건에서 실험이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 결과 고(2000)의 좁고채목 삽목 실험 결과 전혀 발근이 이루어지지 않는다는 보고와 일치하였고, 이에 따라 사스래나무의 종 보전 대책 수립이 되어야 할 것으로 사료된다.

흑오미자 조사 결과 Table 28과 Fig. 25와 같이 발근율이 저조하였고, 밀폐상 평균 21.5개 생존, 석회수와 과망간산칼륨은 평균 29.5개 생존하였다. 김(2007)은 흑오미자 삽목 시 IBA 농도별 처리에서, IBA 500 mg/l 처리구가 80%의 높은 발근율을 나타낸다 하였고, 본 실험에서는 루톤처리구가 높은 발근율을 보였다. 자생지의 흑오미자는 평균 10년 이상의 모수령을 갖고 있는 것으로 추정되는데 본 실험이 흑오미자 삽수의 모수령이 증가함에 따라 발근율이 63~88% 감소한다는 김 등(2007)의 보고와 비슷한 경향을 보여, 자생지에서 모수령이 낮은 시료를 채집하는 것이 우선시 되어야 할 것으로 판단된다.

시로미 녹지삽 조사 결과 Table 29과 Fig. 27와 같이, 질산은이 87.5%로 가장 높은 발근율을 보였으며, 질산은의 삽수 생존 수는 온실 대조구에 비해 6.5배 높게 나타났다. 과망간산칼륨 발근율은 75%로 나타났으며, 삽목 전처리구에서 높은 발근율을 보였다. 고(2000)는 식물생장조절물질의 차이에 따라 시로미 발근율이 16~75% 차이를 보였으며, 4월초 채취한 삽수를 이용하여 0.5 mg/L NAA에서 56.3%로 발근한 것이 최적의 조건으로 보고하였고, 김(2006)은 시로미 숙지삽에 NAA 500 ppm 처리 시 75%로 발근하였다고 하였는데, 본 결과와는 각각 31.5%, 12.5%의 차이를 보여 새로운 발근 조건으로 제시하고자 한다. 또한 본 실험

험의 시료는 7~8월 채집하여 사용하였는데, 이는 발근에 채집의 시기보다 묘수령과 삼수가 녹지인지 숙지인지에 따라 발근에 영향을 크게 주는 것으로 판단되어진다.

지리산오갈피 조사 결과 Table 30과 Fig. 29와 같이, 과망간산칼륨 2.5%를 제외한 모든 처리구에서 발근하지 못하였으며, 대부분 낙화되어 생존하지 못하였다. 김 등(2007)은 삼수에 잎이 2장 부착되고, Rootone을 분체처리한 경우 가장 높은 발근율을 보였다고 하였으나 본 실험에서는 모두 고사되어 처리 간 유의성이 인정되지 않았다.

좁향유 조사 결과 Table 31과 Fig. 31와 같이, 온실 95%, 밀폐상 95%로 비슷한 경향을 보였으며, 밀폐상에서는 질산은 77.5%를 제외하고 95%이상 발근율을 나타내었다. 밀폐상의 대조구의 경우 지상부의 길이가 40.8 mm로 가장 길었고, 생체량의 경우 밀폐상의 과망간산칼륨 72.3 mg으로 밀폐상 평균 70.5 mg보다 높았다. 그리고 물 침지처리는 87.5mg로 가장 높게 나타나 유의하였다. 좁향유에 대한 연구결과가 미흡하여 같은 속의 꽃향유에 대한 결과를 보면, Song 등(1996)은 '자향'('Jahyang')의 플러그 육묘 방법(Song 등, 1997a,b)에 대한 연구가 있으며, 꽃향유의 차광정도에 따른 피복도 증가는 식재 3개월 후 무차광에서 17배로 가장 높았고, 생육도 무차광에서 좋았음을 보고하였다(노 등, 2004).

구름떡쭈 조사 결과 Table 32과 Fig. 33와 같이, 밀폐상에서 평균 68%의 발근율을 보였다. 밀폐상에서는 과망간산칼륨 90%, 질산은의 경우 20%로 상반된 결과를 나타냈고, 지상부의 길이는 밀폐상이 평균 49.1%로 온실 26.3%에 비해 1.8배 차이가 나타났다. 대한식물도감(2006)에서는 건조한 풀밭에 자라는 다년초로 표기 하였는데, 위 결과로 삼목에서는 밀폐를 통한 삼목 방법이 발근에 유리한 것으로 사료되며, 발근 후 건조한 온실에서 성장 시키는 것이 좋을 것으로 사료된다. 육묘환경 개선 연구를 위해 정식한 구름떡쭈은 10~30일사이에 꽃이 핀 후 고사되는 현상이 나타났는데, 이는 밀폐상에서 도장되어 자란 식물체가 환경조건이 다른 온실로 나오면서 고사된 것으로 추정되어 순화처리 후 정식하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

눈개쭈부쟁이 조사 결과 Table 33과 Fig. 35와 같이, 온실의 발근율은 평균 52.5%, 밀폐상은 평균 60%로 나타났고, 밀폐상에서는 루톤 처리구가 80%로 가장

높은 발근율을 나타냈다. 송(2001)은 눈개쭉부쟁이의 경우 꽃을 제거해 주면 속근성으로 자라게 되는데, 근경으로부터 나오는 어린 묘를 채취하여 삽목시 발근이 된다고 하였고, 장(2008)은 섬쭉부쟁이의 경우 피트모스를 포함한 상토에서는 발근이 극히 저조한 것으로 나타났으며, 버미큘라이트와 펠라이트 7:3 혼용, 펠라이트 단용, 원예상토와 모래 7:3 혼용, 원예상토 단용구에서 100%의 발근율을 보여 다양한 토양에서 발근이 되는 것으로 나타났으나, 발근상태, 근권형성, 발근묘의 생장 등은 원예상토 단용구에서 가장 좋게 나타났다고 보고하였고, 이(2000)는 섬쭉부쟁이 NAA 1000 mg·L<sup>-1</sup> 처리에서 85%의 발근율이 나타났고, 뿌리수와 길이도 증가되었다고 보고하였다.

### 3) 실생묘 증식 실험

한라부추의 실생묘 증식 실험을 위해 두상관수와 심지관수로 관수방법에 차이를 두고 식물조절물질 처리에 따른 종자발아에 미치는 영향을 조사한 결과, Table 34과 Table 35, Table 36와 같이, 한라부추의 온도별·식물생장조절물질 발아특성에서 20℃ 무처리구의 평균발아율이 45%로 가장 높은 것으로 조사되었으며 30℃ BA와 GA처리구에서 평균 발아율이 18%, 23%로 낮아지는 것으로 조사되었는데, 이는 박(1991)의 발아적온은 20~25℃로 30℃로 높아질수록 발아가 억제 된다고 한 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 Krug 등(1976)은 산부추의 경우 장일처리에 의해 휴면을 지연시킬 수 있으며, 고(2000)는 한라부추의 경우 고산지대에서 개화주기 및 생장단계의 차이를 보이고 있으나, 저지대 환경에서도 비교적 적응이 잘되는 것으로 판단하였고, 서(2007)는 두메부추의 경우 20℃, 25℃의 처리구에서 발아율 및 발아일수, 발아계수가 향상된 결과를 나타낸 보고와 유사하다고 하였다. 온도에 따른 발아율의 상관분석을 한 결과 음의상관( $r = -0.413$ ,  $p < 0.01$ )으로 온도가 높아짐에 따라 발아율이 낮아지는 것으로 분석되었다. 모든 처리구에서 평균발아일수 평균을 산출한 결과 14.2일로 분석되어 한라부추 파종 시 약 14일 후에 발아가 시작될 것으로 판단이 된다.

두상관수 시 66.7%의 발아율을 보이는 반면 심지관수 시 73.3%로 두상관수보다 7% 높게 나타났으나 유의하지는 않았다. 그러나 BA, GA 처리 시에는 두상관수가 각각 91.7%, 73.3%로 심지관수보다 높게 나왔다.



두상관수 시 식물생장조절물질에 따른 발아율은 BA처리가 91.7%로 가장 높게 나왔으며 대조구에 비해 25% 높았다. 심지관수 시에도 81.7%로 대조구에 비해 8%정도 높은 것으로 분석 되었는데, 이는 김(1991)의 BA10ml/l에서 한라부추의 발아촉진 효과가 있다는 결과와 일치한다.

따라서 한라부추의 실생묘 증식에 있어 BA 또는 GA처리가 발아나 유식물 생장에 유효 할 것으로 판단이 된다.

좁민들레는 온도별 차이와 식물조절물질 처리 비교를 조사한 결과 Table 37 ~40과 같으며, 15°C BA10 ppm 처리구가 90%로 가장 높은 발아율을 보였고, 20°C GA1 ppm 처리구에서는 73.3%, 30°C LPE 처리구에서 53.3%, 40°C GA 10 ppm 처리구는 60%의 발아율을 나타냈다. 또한 저온처리한 좁민들레의 발아 결과는 15°C에서 46.7%, 20°C에서 70%, 30°C에서 36.7%, 40°C 60%로 온도 차이별로 유의하지는 않았지만, 식물조절물질 처리와 유사한 발아율을 나타내었다. Washitani와 Masuda(1990)의 결과를 보면 자생 민들레류는 초기에 일부 발아하고, 저온처리에 의해 발아성적이 월등히 향상된다고 하였는데, 저온처리만으로 BA, GA와 비슷한 경향의 발아율을 보인 것과 일치한다. 그리고 전 등(2010)은 민들레류를 6주간 저온처리 후 파종한 결과 GA<sub>3</sub>>저온처리 후 건조>KNO<sub>3</sub> 처리 순으로 발아율이 높아, 20°C의 GA<sub>3</sub> 0.1 mM용액에 2시간 침지처리 후 35°C의 암 상태에서 건조시키면 발아율을 향상 시킬 수 있다고 보고하였다.

### 3. 한라산 고산식물 육묘환경 개선 연구

육묘환경 개선을 통한 고산식물의 증식 및 생육특성 연구가 필요하여 한라산 고산식물을 Table 8과 같이 시로미 등 5종에 대한 용기별 생육 차이와 질소 비료의 공급이 증식 초기 생장에 미치는 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 질소비료의 처리에 따른 증식 및 생육특성 조사는 질소비료 중 대표적인 속효성 비료와 완효성 비료의 종류에 따른 주요 생육 특성과 질소 시비량에 따른 생육 특성, 고산식물의 질소비료 흡수량과 질소비료 처리에 따른 엽록소 함량을 조사하였다.

### 1) 질소비료 종류에 따른 고산식물의 증식

질소비료 종류에 따른 고산식물의 지상부 길이 측정결과 Fig. 36과 같이, 지리산오갈피 질소 5.0 kg/10a 처리구에서 85.3 mm, 오스모코트 3.75 kg/10a 처리구에서 78.3 mm로 대조구의 29.3 mm에 비해 2.7~2.9배 성장효과가 있었고, 좁향유의 대조구에 대한 지상부 길이는 54.0 mm였으며, 질소 처리구는 34.9 mm, 오스모코트 처리구는 67.1 mm로 오스모코트 처리구가 대조구에 비해 1.2배 높았으며, 눈개쭉부쟁이도 같은 경향을 나타내었다. 좁민들레는 대조구와 시비 처리구가 같은 경향을 나타내었으며, 시로미는 시비 처리구가 대조구에 비해 지상부 길이가 0.7~0.9배 낮아 시비 처리에 대한 효과가 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 심 등(2012)이 질소처리에 따른 관음죽, 아이비 등의 여러 관엽식물에 대한 생육반응 결과와 같은 경향이며, 김(2010)은 질소 시비량에 따른 자생식물 천문동의 입모율은 무 질소구에서 92.7%, 3 kg/10a에서 98.8%, 6 kg/10a에서 96.5%, 9 kg/10a에서 89.5%로 시비량이 증가 할수록 입모율이 낮아지는 경향과 초장 또한 9 kg/10a부터는 줄기나 굵기가 감소하는 경향을 보여 천문동이 질소 비료에 대한 요구량이 낮은 것으로 보고하였다.

본 실험 결과 질소비료 처리는 고산식물의 지상부 길이 생장을 향상시키며, 속효성비료 보다는 완효성 비료가 보다 효과적이었다.

뿌리길이는 Fig. 37과 같은데, 식물의 종류에 따라 질소비료에 대한 반응이 상이하게 나타나는 경향을 보였다. 지리산오갈피는 질소 처리구가 85.3 mm로 대조구인 68.7 mm에 비해 1.2배 뿌리길이가 길었으나 osmocot 처리구는 58.7 mm로 가장 짧았고, 이는 한라산의 지리산오갈피 군락에서는 pH 5.76, 전기전도도 0.28mmho/cm, 총 질소 9.30 mg/g, 총 인 0.126 mg/g으로 높게 나타나(임 등, 1999), 질소시비에 따른 비효는 나타나지 않는 것으로 판단된다.

좁향유 osmocot 처리구는 106.0 mm로 대조구의 79.1 mm에 비해 1.3배 성장하였고, 질소 처리구는 49.2 mm로 가장 짧았다. 눈개쭉부쟁이는 대조구 45.5 mm, 질소 처리구 33.7 mm, osmocot 처리구 39.4 mm로 질소비료 처리구가 오히려 짧은 것으로 조사되었다. Anderson(1998)은 옥수수에 대한 질소비료 처리결과 질소시비가 표토층의 뿌리길이에 영향을 주었으나 전체 뿌리길이에 영향을 주지 않았다고 보고하였고, 스파티릴럼은 열대 관엽식물 중에 가장 인기 있는 종류

인테 (stamps and Evans, 1999)는 다비성 식물이나 용해성 염분에 민감하여 고농도의 비료는 피하는 것이 좋다고 권고하고 있으며(RDA, 2007), 이들 식물은 일반적으로 생장이 느리기 때문에 비료 요구도가 낮은 것으로 보고되고 있다(RDA, 2007).

질소비료 종류에 따른 고산식물의 건물 중량은 식물별 차이가 나타났는데(Fig. 38). 지리산오갈피는 대조구 135.0 mg, 질소 처리구 145.0 mg로 질소 처리가 건물 중량을 높였으나 osmocot 처리구는 50.7 mg으로 오히려 건물 중량이 감소 되었고, 좀향유는 지산오갈피와 달리 osmocot 처리구가 60.1 mg으로 대조구의 50.9 mg에 비해 1.2배 높았으나 질소 처리구는 9.9 mg으로 대조구의 0.2배로 나타났다. 그리고 좀민들레는 대조구 4.2 mg, 질소 처리구 4.6 mg, osmocot 6.6 mg으로, 시로미와 눈개쭉부쟁이에 대한 질소비료의 처리구와 대조구는 유의하지 않았으며, 이들 고산식물의 질소 시비별 반응이 현저히 다른 것으로 나타났다. 일반적으로 발작물인 양상추는 시비량에 따라 건물 중량이 증가하고, 벼 또한 증가하였다고 보고되었는데(M. Boroujerdnia, 등2007; Fageria, 2010), 재배 작물과 본 실험의 결과와 차이가 있었다.

질소 시비에 따른 고산식물의 뿌리 개수는 지리산오갈피와 좀향유의 뿌리 개수는 대조구가 각각 4.0개, 4.4개, 질소 처리구는 3.5개, 3.4개, osmocot 처리구는 4.2개, 5.3개로 osmocot 처리구가 대조구에 비해 5~20% 많았으나 질소 처리구는 11~24%가 낮게 나타나 osmocot 처리구가 우수하였다. 이는 발생된 뿌리의 수나 생장 등이 상토조건에 따라 달라진 결과(Lee et al., 2000)로 판단되며, 다년생 초본식물인 바위들꽃에 대한 질소 시비별 뿌리 생장량을 보면 48 kg/10a까지 증가하였으나(Lee et al., 2008), 천문동의 경우 6 kg/10a 이상에서는 피근 수량이 낮아지는 경향이 보고되었다(Fig. 39).

질소비료 처리 후 토양의 화학적 성질은 pH 4.3~4.8로 산성으로 나타내었으며 이는 피트모스가 혼합되어 높은 것으로 판단되는데, 자생 토양의 pH가 4.7~5.3범위였던 것을 감안하면 비슷한 조건을 나타냈다. 그리고 질소비료 처리 후 토양의 전기전도도는 0.2~0.6 dS/m이었고, 식물체의 전기전도도는 0.7~0.8 dS/m으로 이 같은 농도는 상토내 염류 영향이 없는 것으로 볼 수 있으나, 식물체의 전기전도도가 높아 체내의 질소가 과다 흡수되어 생장 특성에 영향을 준

것으로 판단된다. 그 결과 토양내 질소 잔류함량은 질소비료 처리구와 osmocot 처리구가 대조구 토양의 질소함량인 0.2% 비해 1.5~2.0배 많은 것으로 분석되었다.

인산함량은 osmocot 내에 함유된 인산성분에 의해 무처리와 질소 처리구에 비해 osmocot 처리구가 247.0 ppm로 3.3~4배 높은 것으로 분석되었는데, 이는 지효성 비료인 osmocot가 질소 등 비료의 과잉 공급을 방지하기 때문에 효율적인 흡수가 이루어지는 것으로 판단된다(Table 46).

## 2) 질소비료 시비량에 따른 고산식물의 생육

질소 시비량을 달리하여 5개 고산식물에 처리결과 쯤민들레는 시비량이 증가할수록 지상부 길이가 증가되었으나 시로미, 지리산오갈피, 쯤향유 및 눈개썩부쟁이는 시비량이 증가될수록 지상부길이가 감소되는 것으로 조사되었다. 현(2004)은 질소비료가 식물의 지상부 생육 및 증식에는 필요하지만 과잉 공급될 경우 오히려 피해 증상이 나타난다고 보고하였으며, 지리산오갈피 34%, 쯤향유 63% 및 눈개썩부쟁이 56%로 질소 시비량이 증가될수록 쯤민들레를 제외하여 지상부의 생육은 감소되는 경향을 나타내어 질소과다에 따른 비해로 생각되며, 지상부 생육을 위한 질소비료의 시비량은 5~10 kg/10a 이하를 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다(Fig. 45).

질소 시비량에 따른 뿌리길이는 지상부 길이와 같은 경향을 나타내었으나, 쯤민들레의 경우 질소 시비량에 따라 대조구에 비해 뿌리길이가 증가하였다. 반면 쯤민들레를 제외한 고산식물은 시비량이 증가될수록 뿌리길이가 감소되어 대조구의 0.44~0.97배로 시비량이 증가될수록 뿌리길이는 감소되는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 질소비료가 지상부 생육에 주로 작용하고 또한 식물에 따라 질소 성분에 대한 반응의 차이가 있다는 심 등(2002)의 보고와 같은 경향으로 판단된다(Fig. 46).

건물 중량 및 뿌리 개수도 시비량이 증가될수록 쯤민들레를 제외한 식물에서 감소하는 경향을 나타냈으며, 고산식물의 종류에 따른 질소 시비 및 시비량 선정이 매우 중요한 것으로 판단된다(Fig. 47).

### 3) 질소시비에 따른 고산식물의 질소함량과 엽록소함량

고산식물 중 시로미, 눈개쭉부쟁이, 줌민들레에 대한 질소비료 시비량 5~30 kg/10a로 증가 될수록 식물체내 질소함량은 7.7~62.3%로 증가되었다(Fig. 49; Table 47~51). 이러한 결과는 질소비료의 시비량이 증가됨에 따라 지상부 및 지하부 길이, 건물중량 및 뿌리 개수가 감소되는 것과는 반대로 나타났으며 질소 성분의 식물체 흡수와 생육간에 차이가 있다는 것을 의미한다.

질소 시비량에 따른 고산식물의 색소함량과의 관계는 통계분석결과 유의성이 낮은 것으로 조사되어 질소함량은 증가되지만 색소함량은 많아지지 않아 유의하지 않았다. 이러한 결과는 종에 따라 빛을 이용할 수 있는 잠재적 능력을 유전적으로 차이를 갖는 경우도 있지만(Ball et al., 1994), 기상 및 재배환경요인 등에 의해 광합성 능력에 주요한 변수로 작용하는 것으로 판단된다.

따라서, 질소비료의 종류에 따른 고산식물의 처리결과 식물에 따라 질소비료의 반응이 다른 것으로 조사되었으며, 지상부의 길이는 질소, 오스모코트 처리구 모두가 대조구에 비해 양호하였고, 뿌리길이, 건물중량 및 뿌리 발근 개수 또한 오스모코트 처리구가 양호한 결과를 나타냈다. 질소 처리구는 대조구와 유의하지 못하였다. 다만, 지리산오갈피, 눈개쭉부쟁이 줌민들레는 질소시비에 따른 증식효과가 있는 것으로 조사되어 고산식물 종류에 따른 질소시비량에 대한 반응을 조사하여 대량 증식방법에 적용 시키는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

## VI. 적 요

한라산 고산식물의 생육특성 및 증식 방법을 알아보기 위하여 1) 고산식물 중 기후변화에 취약하고, 희소성 및 전통지식에 부합하여 보전 및 산업화가 시급한 고산식물을 선정하여, 자생지 인근의 기후와 토양 분석을 통한 생육환경을 조사하였고, 2) 고산식물의 삽목 및 실생묘 증식방법을 규명하고, 3) 산업화를 위한 용기별과 시비량에 따른 생장 특성 및 상토·식물체의 NPK함량, 그리고 엽록소 함량 측정 등 비료 사용 효율성을 비교·분석하고자 2012년 3월부터 2013년 10월 까지 연구를 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

### 1. 한라산 고산식물 선정 및 자생지 생육 특성

한라산 국립공원에 자생하는 고산식물 구상나무(*Abies koreana* E.H. Wilson) 등 11과 14속 4변종 14분류군을 기후변화에 취약하고, 희소성과 고유성을 갖으며, 자원적 가치가 높은 식물 중에서 선정하였다.

2012년 3월~10월까지 평균 기온은 한라산 정상(1950m) 8.5℃, 영실(1500m) 12.3℃, 1100습지(1100m) 13.8℃이며, 평균 습도는 한라산 정상 78.9%, 영실 78.0% 및 1100습지 78.2%로 조사되었다.

자생지 토양 분석의 용적밀도는 0.26~1.10 g/cm<sup>3</sup>, 입자밀도는 1.87~2.54 g/cm<sup>3</sup>, 공극률은 57~85% 범위로 조사지점 간에 차이가 컸다. 그리고 조사지의 토양 pH는 4.7~5.3, 전기전도도는 0.20~0.60 dS/m 범위로 나타났다. 그리고 조사지의 치환성 K, Ca, Mg 및 Na의 함량은 K 0.06~0.49 cmol<sup>+</sup>/kg, Ca 0.07~2.48 cmol<sup>+</sup>/kg, Mg 0.04~1.54 cmol<sup>+</sup>/kg 및 Na 0.14~0.24 cmol<sup>+</sup>/kg 범위였고, 양이온치환용량은 15.94~39.82 cmol<sup>+</sup>/kg 함량으로 분석되었다.

따라서, 물의 하향 침투가 원활한 공극률을 보이고 염류에 대한 영향을 받지 않는 pH와 전기전도도를 나타냈으며, 제주도 산림토양의 양이온치환용량 19.7 cmol<sup>+</sup>/kg 보다 한라산 정상과 성판악지역은 비슷하며, 영실과 고령지시험포는 2배 이상 높게 나타났다.

## 2. 한라산 고산식물 삼목 및 실생묘 번식 연구

고산식물 증식 연구를 위해 50%~75% 피음에서 생육환경을 조성하고 2012년 7~9월까지 증식 시설내 광량의 변화를 조사하였다.

온실(Greenhouse)과 밀폐상(Vinyl-moist chamber)내의 온·습도의 변화를 알아본 결과 2012년도는 온실이 22℃, 76.57%와 밀폐상은 22.33℃, 93.33%로 나타났고, 2013년도의 평균 온·습도는 온실이 23.35℃, 79.9%와 밀폐상은 23.9℃, 93.77%로 조사되었다. 삼목 증식에 일반적으로 관계습도를 포화습도에 가깝게 만들어 줘야 하기 때문에 밀폐상이 균일한 온·습도 관리에 유리한 것으로 판단된다.

### (1) 2012년 눈향나무 등 4종의 삼목 실험

눈향나무 등 4종을 한라산에서 채집하여 삼목 후 눈향나무 60일, 들쭉나무 50일, 백리향 15일, 땃덩이나나무 45일에 최초 발근을 확인할 수 있었다.

각 검정식물별 발근율의 결과로 눈향나무는 밀폐상의 삼목판-석회수·과망간산칼륨 처리에서 각 90, 100%, 포트-질산은, 루톤-대조구 각 100%, 트레이-과망간산칼륨에서 100%로 처리별 가장 높은 발근율을 나타내었고, 온실에서 포트와 루톤-트레이 전체 평균이 각 100%로 높은 발근율을 나타내었다. 들쭉나무는 밀폐상의 삼목판 96%, 포트 55%, 트레이 43%로 나타났으며, 삼목판-루톤은 모두 처리구에서 100% 발근하였다. 온실에서는 삼목판 56%, 포트 55%, 트레이 45%로 처리간 큰 차이가 없었으나, 삼목판-무처리구에서 과망간산칼륨이 100%로 가장 높게 나타났고, 삼목판-루톤 처리구에서 석회수 90%, 과망간산칼륨 80%로 전처리에서 높게 나타났다. 백리향은 밀폐상에서 삼목판 51%, 포트 68%, 트레이 68%이며, 온실은 삼목판 83%, 포트 68%, 트레이 63%로 조사되었다. 밀폐상의 삼목판-무처리구-질산은이 100%, 삼목판-루톤-석회수 100% · 과망간산칼륨이 90%였다. 온실은 삼목판-무처리구-과망간산칼륨, 루톤-무처리구·석회수가 각 100%로 나타났다. 땃덩이나나무는 밀폐상에서 삼목판 64%, 포트 61%, 트레이 66%이며, 온실 실험구는 전체 처리구에서 평균 37%로 밀폐상에 비해 1.7배 차이 났으며, 밀폐상의 삼목판-루톤-석회수가 100%로 처리별 가장 높은 발근율을 나타냈다.

## (2) 2013년 구상나무 등 8종의 삼목 실험

구상나무 등 8종을 채집하여 삼목 결과 구상나무 65일, 흑오미자 65일, 시로미 25일, 지리산오갈피 60일, 좀향유 10일, 구름떡쭈 15일, 눈개쭈부쟁이 15일에서 발근을 최초로 확인 하였다. 그러나 사스래나무(좁고채목)는 발근을 확인할 수 없었다.

각 검정식물별 발근율의 결과로 구상나무는 대부분의 처리구에서 발근이 되지 않았고, 밀폐상-루톤 처리구만 7.5% 발근되었다. 다만, 모든 처리구에서 50% 이상 생존하였다. 사스래나무(좁고채목) 또한 발근이 확인되지 않았다. 흑오미자는 대부분 발근되지 않았으나, 밀폐상의 경우 평균 21.5개가 생존하였고, 석회수와 과망간산칼륨에서 평균 29.5%의 생존율을 보였다. 시로미는 녹지삽으로 밀폐상-질산은이 87.5% 가장 높은 발근율을 보였고, 과망간산칼륨 75%로 온실 처리구에 비해 각 6.5배, 5.6배 높게 나타났다. 지리산오갈피는 과망간산칼륨에서 2.5%을 발근율을 제외하고 모든 처리구에서 발근하지 못하였으며, 대부분 낙화되어 생존하지 못하였다. 좀향유는 온실 95%, 밀폐상 95%으로 비슷하게 높은 발근율을 보였으며, 밀폐상에서는 질산은 77.5%의 발근율을 제외하고 모든 처리구에서 95%이상 발근율을 나타내었다. 구름떡쭈는 밀폐상에서 평균 68%, 과망간산칼륨 90%, 질산은 20%의 발근율로 상반된 결과를 나타냈고, 지상부의 길이는 밀폐상은 49.1%로 온실의 26.3%에 1.8배로 처리간 차이가 나타났다. 눈개쭈부쟁이는 온실 52.5%, 밀폐상은 60%로 나타났고, 밀폐상-루톤 처리구가 80%로 가장 높은 발근율을 나타냈다.

## (3) 실생묘 증식 실험

한라부추는 온도별 및 식물생장조절물질 발아특성을 보면 무처리구인 20℃에서 평균발아율은 45%로 가장 높았으며, 두상관수시 66.7%, 심지관수시 73.3%로의 발아율이 나타났다. 그러나, BA, GA 처리시에는 두상관수가 각각 91.7%, 73.3%로 심지관수보다 높은 발아율을 나타냈다. 좀민들레는 15℃ 처리구에서 BA 10 ppm이 90%로 가장 높은 발아율을 보였고, 20℃ 처리구에서는 GA 1 ppm에서 73.3%, 30℃ 처리구에서는 LPE가 53.3%, 40℃ 처리구에서는 GA 10 ppm이 60%로 나타났다. 또한 저온처리한 좀민들레의 발아율은 15℃에서 46.7%, 20℃에



서 70%, 30℃에서 36.7%, 40℃에서 60%로 조사되었다.

### 3. 한라산 고산식물 육묘환경 개선 연구

육묘환경 개선을 통한 고산식물의 증식 및 생육특성 연구를 위해 용기별 생육 차이와 비료별 시비량이 증식 초기 생장에 미치는 요인을 분석하였다.

질소 시비량을 달리하여 5개 고산식물에 대한 처리결과 쯤민들레는 시비량이 증가될수록 지상부 길이가 증가되었으나 시로미, 지리산오갈피, 쯤향유 및 눈개쭉부쟁이는 시비량이 증가될수록 지상부길이가 감소되는 경향을 나타내었고, 대조구에 비해 지리산오갈피 34%, 쯤향유 63% 및 눈개쭉부쟁이 56%로 질소 시비량이 증가될수록 쯤민들레를 제외한 지상부의 생육은 감소되는 경향을 나타냈다. 또한 쯤민들레를 제외한 대조구의 0.44~0.97배로 시비량이 증가될수록 뿌리 길이는 감소되는 경향을 나타내고, 건물중 및 뿌리 개수도 시비량이 증가될수록 감소하는 경향을 보였다. 그리고 시로미, 눈개쭉부쟁이, 쯤민들레에 대한 질소비료 시비량 5~30 kg/10a로 증가 시켰을때 식물체내 질소함량은 7.7~62.3%의 증가되었다

따라서, 질소비료의 종류에 따른 고산식물의 처리결과 식물에 따라 질소비료에 대한 반응이 다른 것으로 조사되었으며, 지상부의 길이는 질소, 오스모코트 처리구 모두가 대조구에 비해 양호하였고, 뿌리길이, 건물중 및 뿌리 발근 개수는 오스모코트 처리구에서 양호한 결과를 나타냈다. 질소 처리구는 대조구와 비교해 유의하지 못하였다. 다만, 지리산오갈피, 눈개쭉부쟁이, 쯤민들레는 질소시비에 따라 생장이 양호하게 조사되었으며, 이는 질소비료에 대한 요구량이 낮은 고산식물의 경우 속효성비료 보다는 완효성 비료가 보다 더 증식에 유리한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, V. G., and Scheifiger, H. 2002. Changes in European spring phenology. *International Journal of Climatology*. 22(14) : 1727-1738.
- Ahas, R., and Aasa, A. 2006. The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations. *International Journal of Biometeorology*. 51(1) : 17-26.
- Barrycox, C. and P. Moore. 1985. *Biogeography - An Ecological and Evolutionary Approach*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- BGCI(Botanical Gardens Conservation Internation). 2001. The Gran Canaria Declaration. pp. 4.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. In "Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties (2nd ed.)" (ed. Page, A. L. et al.). Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA. pp. 595~624.
- Chen, Hu, B., and Yu, R. 2005. Spatial and temporal variation of phenological growing season and climate change impacts in temperate eastern China. *Global Change Biology*. 11(7) : 1118-1130.
- Crick, H. Q. P. and Sparks, T. H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature*. 399 : 423-424.
- Ho, C. H., Lee, E. J., Lee, I., and S. J. Jeong. 2006. Earlier spring in seoul, Korea. *International Journal of Climatology*. 26(14) : 2117-2127.
- IUCN. 2000. Guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasion. IUCN - The World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller. 2007. *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC)*. Cambridge University

- Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 996.
- Kim, H. L. and J. G. Koh. 2006. Effects of plant growth regulators and cutting conditions on rooting and early growth of hardwood cutting in *Juniperus chinensis* var. *sargentii* Henry. Research Report on Mt. Halla. 5 : 95-107.
- Korner, C. and 1995. Alpine plant diversity: A global survey and functional interpretations. *In: Arctic and alpine biodiversity: Patterns, causes and ecosystem consequences*(Eds. Chapin, F. S. and C. Korner), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. pp.45-62.
- Krug, H. and E. Folster. 1976. Influence of environment on growth and development of chives(*Allium schoenoprasum* L.). I. Induction of the rest period. *Sci. Hort.* 4 : 211-220.
- Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. 1985. Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. *Biol. Soc. Trans.* 11 : 591-592.
- Matsumoto, K. 2010. Causal factors for spatial variation in long-term phenological trends in *Ginkgo biloba* L. *International Journal of Climatolgy.* 30(9) : 1280-1288.
- Raup, D. M. 1986. Biological Extinction in Earth History. *Science.* 231 : 1528-1533.
- Schemske, D. W., B. C. Husband, M. H. Ruckelshaus, C. Goodwillie, I. M. Parker and J. G. Bishop. 1994. Evaluating approaches to conservation of rare and endangered plants. *Ecology.* 75(3) : 584-606.
- Song, J. H., K. H. Jang and S. D. Hur. 2010. Propagation of cutting method of a rare endemic *Juniperus chinensis* var. *sargentii* Henry in Korea. *Kor. J. Plant Res.* 23 : 368-373.
- Song, J. S., B. R. Ryu, C. S. Bang, K. Y. Huh, C. Y. Song and B. H. Kim. 1997a. Effects of growth regulators on the growth of plug seedling of *Cmpanula takesimana* and *Elsholtzia splendens* cv. Jahyang. RDA J.

- Hort. Sci. 39 : 95-100.
- Song, J. S., B. R. Ryu, K. Y. Huh, C. S. Bang and B. H. Kim. 1997b. Effects of irrigation methods on growth of plug seedling of *Elsholtzia splendens* 'Jahyang'. J. Kor. Soc. Hort. Sci. Abstr. 15 : 434-435.
- Song, J. S., K. Y. Huh, S. K. Chung, D. W. Lee and H. W. Kang. 1996. 'Jahyang', a cultivar selected from Korean native *Elsholtzia splendens* as bedding plant. RDA J. Agr. Sci. 38 : 562-565.
- UNEP. 1999. Global Environment Outlook. Geo-2000. UNEP.  
<http://www.grid.unep.ch/geo2000/english/0070.htm>.
- UNEP. 2002. Global strategy for plant conservation of the conservation on biological diversity, UNEP/CBD/COP/6/12/Add.4.
- UNEP. 2002, Review of existing nationally-based initiatives that can contribute to the implementation of a global strategy for plant conservation at national level, UNEP/CBD/GSPC/14.
- Washitani, I. and M. Masuda. 1990. A comparative study of the germination characteristics of seeds from a moist tall grassland community. Func. Ecol. 4 : 543-557.
- Wellburn, A. R. 1994. The Spectral Determination of Chlorophylls A and B, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. J. Plant Phys. 144(3) : 307.
- Wilson, E. O. 1989. Threats to Biodiversity. Scientific American. pp. 60-66.
- Wolf, S. C. 1987. On the Brink of Extinction: Conserving the Diversity of Life World Watch Paper. Washington, D. C. : Worldwatch Institute. pp. 78.
- Yamazaki, T. 1983. 現代生物學大系(高等植物A1). 中山書, 東京. pp. 79-96.
- Yoshioka, K. 1973. 植物地理學. 共立出版社. 東京.
- 고정균. 2000. 한라산 고산식물의 생태생리학적 연구. 제주대학교 박사학위논문.
- 공우석. 1998. 한라산 고산식물의 분포 특성. 대한지리학회지. 33(2) : 191-208.
- 공우석, 2002. 한반도 고산식물의 구성과 분포. 대한지리학회지. 37(4) : 357-370.
- 김갑태, 김준선, 추갑철. 1991. 반야봉 지역 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무

- 림-. 한국환경생태학회지. 5(1) : 25-31.
- 김갑태, 추갑철, 고정균. 2002. 한라산 구상나무림 복원을 위한 묘목식재시험. 한국환경생태학회지. 15(3) : 207-212.
- 김갑태, 추갑철, 엄태원. 1997. 지리산 천왕봉-덕평봉 지역의 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-. 한국임학회지. 86(2) : 146-157.
- 김기택. 1991. 한라부추의 생태적 특성에 관한 연구. 제주대학교 석사학위논문.
- 김대향, 박춘봉, 김종엽. 2010. 번식방법, 재식밀도, 질소시비량 및 재배년수가 천문동의 생육과 수량에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 18(2) : 93-97.
- 김세현, 이갑연, 한진규, 정현관. 2007. 밀원수종 흑오미자의 삼목증식 특성. 한국양봉학회지. 22(1) : 1-8.
- 김은식. 1994. 환경변화와 고산지대 수목생장 쇠퇴현상과의 상관성 해석. 한국과학재단 연구보고서. KOSEF 921-1500-018-2 p. 89.
- 김찬수. 2006. 한라산천연보호구역의 식물상. 한라산천연보호구역 학술조사보고서. 제주특별자치도 한라산연구소. pp. 365-396.
- 김찬수, 강영제, 문명옥, 송관필, 정세호, 오장근, 김완병. 2006. 한라산의 동·식물 목록. 한라산총서 X I. 제주도 한라산생태문화연구소. p. 351.
- 김찬수, 고정균, 송관필, 문명옥, 김지은, 이은주, 황석인, 정진현. 2006. 제주도의 귀화식물 분포특성. 한국자원식물학회지. 19(5) : 640-648.
- 김찬수. 1993. 비음 및 토양훈증제 처리가 구상나무의 성장특성에 미치는 영향. 임목육종연구소 연구보고서. 29 : 165-169.
- 김철수. 2006. 제주도내 멸종위기야생식물의 분포와 식생. 제주대학교 박사학위논문. p. 3.
- 김태수 등. 1985. Germination characteristics of *Abies koreana* Wilson. Research note No. 14. Inst. For. Gen. Suwon, Korea.
- 김홍림, 고정균, 김찬수, 고석찬. 2006. 시로미의 숙지삼목 증식 및 초기생장 특성. 한국자원식물학회지. 19(4) : 530-536.
- 武田, 久吉. 1978. 原色日本高山植物圖鑑. 保育社. pp. 1-170.
- 박만규. 1942. 조선 고산식물목록 조선박물학회지. 9(33) : 1-12.
- 상채규, 최병진, 고재철. 1996. 저장습도와 온도조건이 할미꽃 종자의 발아에 미

- 치는 영향. 한국원예학회지. 37(3) : 447-450.
- 서정근. 2007. 유용 자생화훼 식물의 수집 및 번식기술개발. 한국식물·인간·환경학회지 10(3) : 84-89.
- 송정섭. 2001. 지피용 자생화 눈개썩부쟁이 번식 및 재배특성. 조경수. 조경수협회. 61(3-4) : 36-39.
- 송정호, 장경환, 이재천. 2010. 한국산 구상나무 집단의 종자 및 발아특성. 한국임학회 정기 학술연구발표회. pp. 265-267.
- 안상열, 안병섭, 박수정, 김주현, 이상우. 2011. 삼목조건이 희귀수종 눈향나무의 발근과 초기생장에 미치는 영향. 농업생명과학연구. 45(4) : 73-80.
- 안영희, 최광율. 2000. 자생 민들레류와 서양민들레 종자의 발아특성 차이. 한국환경생태학회지. 14(3) : 199-204.
- 윤진일. 2006. 기후변화에 따른 벚꽃 개화일의 시공간 변이. 한국농림기상학회지. 8(2) : 68-76.
- 이덕수. 1986. 구상나무 삼수발근에 관한 연구. 건국대학교대학원 임학과 석사학위논문.
- 이영노 2002. 원색한국식물도감. 교학사.
- 이영노. 1990. 백두산의 꽃. 한길사.
- 이우철. 1996. 한국식물명고. 아카데미서적.
- 이유미, 이원렬. 1996. 희귀 및 멸종 위기 식물 도감. 산림청 임업연구원 중부임업시험장.
- 이정숙. 2000. 한국자생 변이종 섬썩부쟁이, 톱풀 및 미역취의 줄기 삼목시 발근에 미치는 NAA의 효과. 한국환경복원기술학회지. 3(3) : 8-11.
- 이창복. 1970. 구상나무와 새로 발견된 품종. 한국임학회지. 10(1) : 5-6.
- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사.
- 임민웅, 김준홍, 이상용, 조강희, 박권우. 2010. 백리향 삼수 발근에 미치는 품종과 상토 종류의 영향. 한국원예학회지. 28(2) : 78-78.
- 임형탁. 1992. 제주도 소산 식물에 관한 식물지리학적 연구. 한국식물분류학회지 22(3) : 219-234.
- 장영득, 정정학, 이철희. 2009. 섬썩부쟁이와 울릉국화의 삼목번식시 용토가 발근

- 및 묘소질에 미치는 영향. 한국자원식물학회 학술심포지엄. 2009(5) : 134-134.
- 장진성, 이홍수, 박태운, 김휘. 2005. IUCN 적색목록 기준에 의한 환경부 멸종위기 야생식물에 대한 평가. 한국생태학회지. 28(5) : 305-320.
- 전승호, 손다니엘, 류영섭, 김석현, 정종일, 김민철, 심상인. 2010. 민들레 종자의 파종전 처리가 발아율 및 입모율에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 18(1) : 9-14.
- 정영호. 1989. 우리나라 고산식물의 분포 특성. 자연보존 66:29-38.
- 제주지방기상청. 2010. 제주도 상세기후특성집. pp3
- 제주특별자치도 한라산연구소. 2007. 한라산 데이터 북. 제주도인쇄정보산업협동조합, 디자인열림, pp1~236.
- 제주특별자치도 한라산연구소. 2012. 한라산국립공원 자연자원조사. pp107-109.
- 조종현, 김치선, 안민실, 김갑철, 송영주. 2005. 백리향 삼목시기 및 삼목용토가 발근에 미치는 영향, 한국원예학회 정기학술대회. p. 61.
- 최홍근, 신현철. 1994. 생물과 환경, 그리고 생물다양성. 생태사회과학. 아주대학교 출판부. pp. 65-101.
- 한국환경정책평가연구원. 2001. 효과적인 야생동식물 보전·관리체계 및 제도연구. p. 338.
- 현영남. 2010. 중국 장백산의 진달래과 식물 분포와 생태적 특성에 관한 연구. 중앙대학교 대학원 박사학위논문. p. 6.
- 환경부. 2005. 야생동식물보호법. p. 284.
- 환경부. 2006. 생물다양성협약의 국가 대응체계 구축방안 연구. 한국환경정책 평가연구원. 환경부. pp1-250.
- 환경부. 2011. 나고야의정서 가이드북. pp1-99.

## 감사의 글

지난 몇 년간 한라산의 식물들과 함께 생활하면서 시작된 논문이 이제야 마무리가 지어지는 것 같습니다. ‘한번 지나간 시간은 다시 돌아오지 않는다’라는 말처럼 지난 시간들이 아쉬움과 부족함으로 많이 느껴집니다. 이제 또 다른 시작을 앞두고 있는 저에게 그 동안 많은 도움과 관심을 주셨던 분들에게 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 1997년도에 학부생으로 시작하여 석사, 박사까지 오랜 동안 항상 부족한 저를 격려해주시고 세심하게 지도해 주신 송창길 교수님께 진심으로 감사드리며, 앞으로 더욱 정진하는 모습을 보이겠다고 다짐해 봅니다. 그리고 부족한 논문을 완성도 있게 만들 수 있도록 심사와 수정을 도와주신 강영길 명예교수님과 심사위원장을 맡아 원활한 진행을 이끌어 주신 현해남 교수님에게 진심으로 감사드립니다. 바쁜 일정에도 참석하여 심사해 주신 국립수목원의 이유미 과장님과 다양한 조언과, 흔쾌히 심사위원으로 승락 해주신 삼성 에버랜드 식물환경연구소 박대섭 소장님에게 항상 감사의 마음을 전합니다.

또한, 많은 가르침으로 제 학문의 토대를 만들어주신 제주대학교 전용철, 김동순, 김주성 교수님에게 감사드립니다. 그리고 항상 사무실에 찾아와 과제 논의와 인생 상담까지 해주셨던 김찬우 박사님과 장용석 실장님, 고평열 박사님, 논문 쓴다고 바쁠 때 항상 학과업무를 도와줬던 김용근, 하영삼 선생에게 감사드립니다.

오늘의 제가 한라산 식물을 연구하고 논문까지 쓸 수 있도록 길잡이가 되주셨던 한라산연구소의 김현철 박사님, 새로운 직장생활에도 시간만 나면 찾아와 내게 힘을 줬던 에코랜드 강정환, 몇 년간 정상적으로 집에도 못 들어가도 항상 웃으며 연구를 도와 주었던 김태근, 처음하는 국책과제와 논문을 도운다며 새벽까지 귀가하지 못하면서도 언제나 웃으면서 같이 했던 자원식물학실험실의 현도경, 차진우, 이희선 연구원과 자주 참여하지는 못했지만 항상 마음을 나누어 주었던 생태문화체험골 강영식 원장님, 서귀포기술센터 정대천 과장님, 농업기술원 송상철 지도사님, 장원산업 우성배, 현명선 연구원, 양윤희 연구원, 강제운 연구



원, 동부기술센터 이춘보 계장님에게 여러분이 없었다면 지금의 성과를 이루지 못했을 거라는 말을 전하고 싶습니다.

아울러, 한라산의 식물을 처음 만나게 해주시고, 식물사랑의 가르침을 주신 한라산국립공원에 신용만선생님, 연구 수행에 도움을 주셨던 한라산연구소의 양영환 소장님, 오장근 박사님, 고정균 과장님, 고석형 박사님, 이영돈 연구원, 김정범 연구원에게 감사드리고, 항상 큰 버팀목으로 자리를 지켜주시는 국립수목원의 박수현 선생님, 정수영 연구원, 고산식물 과제를 수행하며 도움을 주신 구자정 연구사님, 이수광 박사님에게 고마운 마음을 전합니다.

그리고, 항상 든든하게 지켜봐주시는 KBS 이광우 부장님, 다함항공 김도마 대표님, 제주 KBS에 전부길, 오길홍 형들, 마지막까지 희망을 주셨던 삼성 에버랜드 식물환경연구소의 장공만 박사님에게 감사드립니다.

한편 생각해 보면, 그 동안 바쁘다는 핑계로 소홀했던 덕수리 초등학교 동창들과 맥택견 4기 동기들에게 미안한 마음과 힘내라는 경려가 정말 힘이 났다고, 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

항상 모자라고 걱정스러운 아들이지만 내색 한번 하지 않으시는 어머니, 말 씀은 안 하시지만 저를 믿고 기다려주시는 아버지, 언제나 잘하고 있다고 응원해 주시는 장인어른, 장모님에게 너무 죄송스럽고 앞으로 걱정 시켜드리지 않는 그런 아들이 되겠다고 맹세합니다.

그리고, 실험 한다고 매일 늦게 들어와서 얼굴도 못 볼 때가 많은데, ‘여보! 은지야 사랑해’라고 말하고 싶고, 그리고 ‘아빠 언제면 논문 다써?’라고 매일 제 눈치만 보던 우리 딸 송수현, 아빠랑 맘껏 놀고 싶다는 아들 송재권. ‘애들아 이젠 가고 싶다던 캠핑다니고, 아빠가 무지무지 사랑하는거 알지?’ 라고 미안한 마음과 사랑한다고 나의 감사한 마음을 전합니다.