

GOVP1200100830

633,8836817
L 293B

최 종
연구보고서

**비누수 광반사 차광판 해가림에서
인삼생육과 미기상 연구**

**Research on Ginseng Growth and Microclimate
Under the Rain-Cut, Light Reflective(RCLR)
Shade Roof**

연 구 기 관

영남대학교 자연자원대학

농 립 부

2000

가

: 1. 10

2. 1

2000. 12. 25.

:

: ()

: ()

“ 가 ” .

2000. 12. 25.

:
:
:
: , , ,
 , , ,
 ,
:
:
: ,

.

가

.

1.

가.

4

, ,

가

.

.

, ,

가 ()

.

.

가

.

가

2.

가. 가

.

.

가

4

(赤皮)
(年差)가

(根腐被害)

. 가

.

. 가 , 가
가
가 .

.

가. 가 ,

. 가
. 3, 4
. 가

. 가

. 가 , 가
.

. 가 (2, 3,
4, 5, 6).

. 가

. 가
.

. 가

. 가

, , , .

.

. 가 , , .

.

1.

가

가. 2, 3

,

()

7

(),

. 9

25-30

가

가 4

가

.

3

LAI

(1.6)

(1.5)

가

,

(1.1)

2 가 ,
(7.6g), (5.5g) (4.8g)

3 , ()
() 가
가 3
(1.35kg) 가 , (1.14kg), (0.94kg)
43%

2, 3
가
, 3 가 가 72(8×9)

가 3
LAI
5 (5 2)
28cm가 5 (5 18)
LAI 2.3 가 , 8

5 6 가 , 6
가
가
가
2 가
가

가 . 가 30
 , 가 .
 가. 가 ,
 3 140cm .
 , (8×9) (6×9)
 가 3
 . 3
 . 가
 3 가
 . 가 100cm² ,
 ,
 4 5 가
 . 140cm 170cm 3
 (經時的) , LAI 140cm 170cm
 . 8
 170cm . 5

6 가 , 6 가

.

가.

가

가

.

PAR

.

SPAD

SPAD

.

170cm

가

,

가

.

가

가.

가

9

.

가

,

,

,

가

.

.

가

,

가, (2 -3)
2 .

가
(; r=0.825, ; r=0.7936, ; r=0.7596).

2 .

Ta()=0.677 x () + 0.005525 x () + 0.00852() + 5.182 , R²
=0.975 .

가
가
가. 가
, 가 , ()
. 4 8 가 ,
6 4
, 10 가 . 4
5 가

· ginsenoside 5 8 10
가 5 7.6%, 4.9%
· PT/PD 0.96 5 가 .
· 4

2.

가.

4
(4
) , 4 6 가 6
() 가 .
· 가 140cm 3 가
4 가 .
· PAR
가 가 .
· 가
· 가
,

. 가 가
가 .

SUMMARY

. Title

Research on Ginseng Growth and Microclimate Under the Rain-Cut, Light Reflective(RCLR) Shade Roof

. Object and Importance

1. Object

- a. Assessment of practical use of rain-cut, light reflective plate as shade roof for ginseng plant according to growth, quality, photosynthesis and microclimate in comparison with 4 layer polyethylene net in use.
- b. Elucidation of optimum plant density and the shading structure(front pole height) according to growth, yield, quality and photosynthesis under the rain-cut, light reflective shade roof.
- c. Investigation of yield, quality and production cost of two shade materials in farmer's fields.
- d. Modeling study of the shading structure in relation to microclimate.

2. Importance

- a. Improvement of shade material greatly affect the production cost

through the plant growth and yield.

- b. Since high precipitation under officially recommended 4 layer polyethylene net is main factor of the root red skin, root rot and leaf blight and subsequent as annual yield variability development of rain-cut shade roof is essential.
- c. Clear answer is urgent for farmer's request about new shade material (RCLR plate) that is prevailing in the field.
- d. For development and selection of shade material and establishment of assessment method for optimum shade structure, simulation modeling study of the shade house in relation to microclimate and photosynthesis activity is needed .

. Content and range of research development

- a. Investigation of plant growth, yield and quality under different shading materials of shade plate, shade net and straw roof.
 - Effect of shade materials on yield
 - Seasonal growth and quality of 3 and 4 years old ginseng under RCLR shade plate.
 - Growth and yield with wide bed under RCLR shade plate.
 - Analysis of work efficiency material cost and labor cost with various shade materials.

- b. Investigation of growth status yield and quality in relation to front pole height and planting density under RCLR shade plate.
 - Planting density on growth status and yield under RCLR shade plate.
 - Relationship between yield and planting density in various shade materials.
 - Investigation of plant growth with various shade materials in farmer's field(2, 3, 4, 5, 6 years old).
- c. Microclimate, photosynthesis, growth and yield in relation to shade materials and shade structure.
 - Photosynthesis activity in relation to shade materials and structure.
 - Diurnal and seasonal change of photosynthesis.
- d. Microclimate and its simulation in relation to shade materials and structure change.
 - Diurnal change of photon flux, air temperature, humidity and wind in relation to shade material and structure.
 - Shade intensity analysis according sun orbit.
 - Simulation of air temperature, wind velocity, solar irradiation in relation to shade structure and topography.

. Research results and application

1. Results

Growth status and yield in relation to shade materials.

- a. Percent survival of aerial part in 2 and 3 years ginseng began to decrease in the early July. Percent was highest in RCLR shade plate followed by rice straw roof and 4 layer polyethylene net. Aerial part of stem and leaf die in the late September delayed by 20 to 30 days under RCLR shade plate than polyethylene net.

Leaf area index(LAI) of 3 years old field was little different in rice straw(1.6) and RCLR shade plate(1.5) but very low in polyethylene net(1.1) due to small leaf area per plant.

- b. Significant difference appeared percent survival and growth of aerial part(stem and leaf), and root weight and root diameter of 3 years old field in relation to shade materials being highest in RCLR shade plate.

Fresh root yield was highest in RCLR shade plate(1.3kg/3.3m²) followed by rice straw roof(1.14kg) and polyethylene net (0.94kg) being 43% yield increase in shade plate than shade polyethylene net.

- c. Survival rate and plant growth in 2, 3 years old was not different among planting density suggesting that there was no competition. At 3 years old the highest density plot(8×9) showed highest yield.

- d. Growth of stem length and LAI in 3 years old were greater in shade plate than shade net but their seasonal changes were similar. Stem length reached maximum(28cm) in the early May.

LAI reached maximum(2.3) in the middle of May and decreased from the middle of August by senescence.

Root weight increased rapidly from the middle of June and root weight was greater in shade plate than shade net.

- e. Seedling growth in RCLR shade plate appeared higher root weight and thickness than those of polyethylene net. Leaf senescence delayed in RCLR plate by 30 days.

Growth status and yield in relation to front pole height under RCLR shade plate.

- a. Front pole height showed no effect on aerial part growth and root growth indicating 140cm is good until 3 years old. Root weight significantly decreased in high planting density(8×9) than low(6×9) with no difference in yield. Specific leaf weight was lower in high planting density suggesting light competition among leaves during leaf spreading.
- b. Stem length and diameter were not affected by front pole height and planting density tested indicating no aerial part competition in 3 years old.
- c. Stem length and LAI were greater in 140cm pole height than 170cm LAI decrease from the middle of August was faster in 170cm pole height. Seasonal change of stem length and LAI was not affected by planting density.

Relationship between photosynthesis and microclimate in relation to shade material.

- a. Photosynthetic rate was a little lower in shade plate than shade net after noon but much higher before noon resulting in higher total photosynthesis in shade plate.

The increase of PAR afternoon will considerably increase yield in shade plate.

- b. SPAD was higher in shade plate than polyethylene net through all growth stages. It tended to decrease with growth progress.
- c. Photosynthetic rate was highest in 170cm front pole height especially before noon and in the middle growth stage, and decreased and little difference after noon and in the late stage of growth.

Change of microclimate in relation to shade material and front pole height.

- a. Investigation was carried out 9 times in the experimental field of younghan university and farmer's field. Photon flux was highest in shade net and followed by shade plate and rice straw. The higher the front pole the greater the photon flux.
- b. The air temperature was highest under shade polyethylene net

and followed by shade plate and rice straw only clear day in summer. The highest temperature in a day (2-3 P.M) in summer was lower about 2 °C under RCLR shade plate than shade net.

- c. There was significant linear correlation between air temperature and photon flux under shade (rice straw $r=0.825$, shade net $r=0.7936$, shade plate $r=0.7596$). In the regression equation the air temperature not affected by light was lower by 2 °C in shade plate than shade net.
- d. Air temperature at leaf canopy was affected by outside air temperature, solar radiation and photon flux and multiple regression coefficient was $R^2=0.975$. The most effective factor was $T_a(\text{temp. around leaf}) = 0.667 \times \text{Solar radiation} + 0.00852 \times \text{photon flux} + 5.182$.

Growth status, yield and cost analysis of shade plate in the farmer's field.

- a. Under the RCLR shade plate aerial part growth was higher and delayed leaf senescence resulting in higher root yield.
- b. In 4th year dry weight of aerial part increased until the middle of August and root weight of the middle of April recovered at the middle of June and increased until the middle of October. Free sugar content was highest in April and lowest

in May.

- c. Crude saponine content and total ginsenoside showed no difference from August to October, but these in May were most high compared to other harvesting time by 7.6% and 4.9% respectively . PT/PD ratio was lowest by 0.96 in May.
- d. Cost analysis showed that RCLR shade plate was more economical than others.

2. Application

- a. RCLR shade plate can be used for white ginseng field and appeared to be used for red ginseng fields after further research.
- b. For RCLR shade structure the front pole height of 140cm is good until 3rd years. But for 4th year and thereafter further research is needed.
- c. Since PAR under RCLR shade structure in the afternoon ginseng yield can be increased twice. Such research is urgently needed.
- d. Microclimate - photosynthetic activity relationship information

under shade can be used for the development of shade material as well as structure.

- e. Microclimate simulation can be used for the development of shade material and shade structure. It can be applicable to select proper place for fields.
- f. Wide bed cultivation for increasing planting area appeared to be possible under RCLR shade structure.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	26
Section 1. Object and range of research development	31
Chapter 2. Growth status and yield in relation to shade materials and planting density	33
Section 1. Introduction	33
Section 2. Materials and Methods	36
Section 3. Results and Discussion	38
1. Agronomic characteristics of ginseng under different shade materials	38
2. Agronomic characteristics of ginseng seedlings growth under different shade materials	46
Section 4. Summary	49
Chapter 3. Growth status and yield in relation to front pole height under RCLR shade plate	52
Section 1. Introduction	52
Section 2. Materials and Methods	54
Section 3. Results and Discussion	55
1. Agronomic characteristics of ginseng in relation to front pole height and planting density under RCLR shade plate .	55
2. Experiments of wide bed under RCLR shade Structure	62
Section 4. Summary	63

Chapter 4. Relationship between photosynthesis and microclimate of ginseng	66
Section 1. Introduction	66
Section 2. Materials and Methods	67
Section 3. Results and Discussion	68
1. Physiological reaction of ginseng in relation to shade materials	68
2. Physiological reaction of ginseng in relation to front pole height under shade plate	78
Section 4. Summary	81
 Chapter 5. Microclimate phenomena changes of shade equipment material and front pole height	84
Section 1. Introduction	84
Section 2. Materials and Methods	85
Section 3. Results and Discussion	87
1. Analysis of meteorological elements	88
2. Analysis of correlation	125
3. Relation equation of quantum and illuminance	133
4. Establishment of propriety environment index	134
Section 4. Summary	136
 Chapter 6. Test and theory analysis in light and heat energy	138
Section 1. Introduction	138

Section 2. Materials and Methods	138
Section 3. Results and Discussion	140
1. Reflexibility and transmitted light rate of each sample ...	140
2. Basic theory in connection with the sun energy	154
3. A location and shade of the sun	160
4. Shade analysis of the sun	167
5. Simulation of heat energy	169
Section 4. Summary	179
Chapter 7. Growth status, yield and cost examination of shade materials in the farmer's fields	180
Section 1. Introduction	180
Section 2. Selection of farmer's fields and experimental results ...	181
Section 3. Summary	203
Reference	204

1	.....	26
1	.....	31
2	가	
	.....	33
1	.....	33
2	.....	36
3	.....	38
1.	가	..... 38
2.	가	..... 46
4	.....	49
3	.....	52
1	.....	52
2	.....	54
3	.....	55
1.	.....	55
2.	.....	62
4	.....	53
4	.....	66
1	.....	66
2	.....	67

3	.....	68
1.	.....	68
2.	.....	78
4	.....	81
5	가	
	.....	84
1	.....	84
2	.....	85
3	.....	87
1.	.....	88
2.	.....	125
3.	(Quantum) (Lux)	133
4.	.....	134
4	.....	136
6	.....	138
1	.....	138
2	.....	138
3	.....	140
1.	.....	140
2.	.....	154
3.	.....	160
4.	.....	167
5.	.....	169

4	.....	179
7	가 가	
	.....	180
1	.....	180
2	가	..... 181
3	.....	203
	.....	204

가

1

(*Panax ginseng* C. A. Meyer) (Araliaceae) ,
(林間) ,

, 가 .
가 (補劑) .

()

(參製品) 가
가 .
가가

가

1 가 .
가 3 5

가

가 , 가

가

·
가

, 가

·
가

(作畦方向)

·
, 가

stress

· 가
, 가

가 가

가

가

,

· 가

가

·

,

가 ,

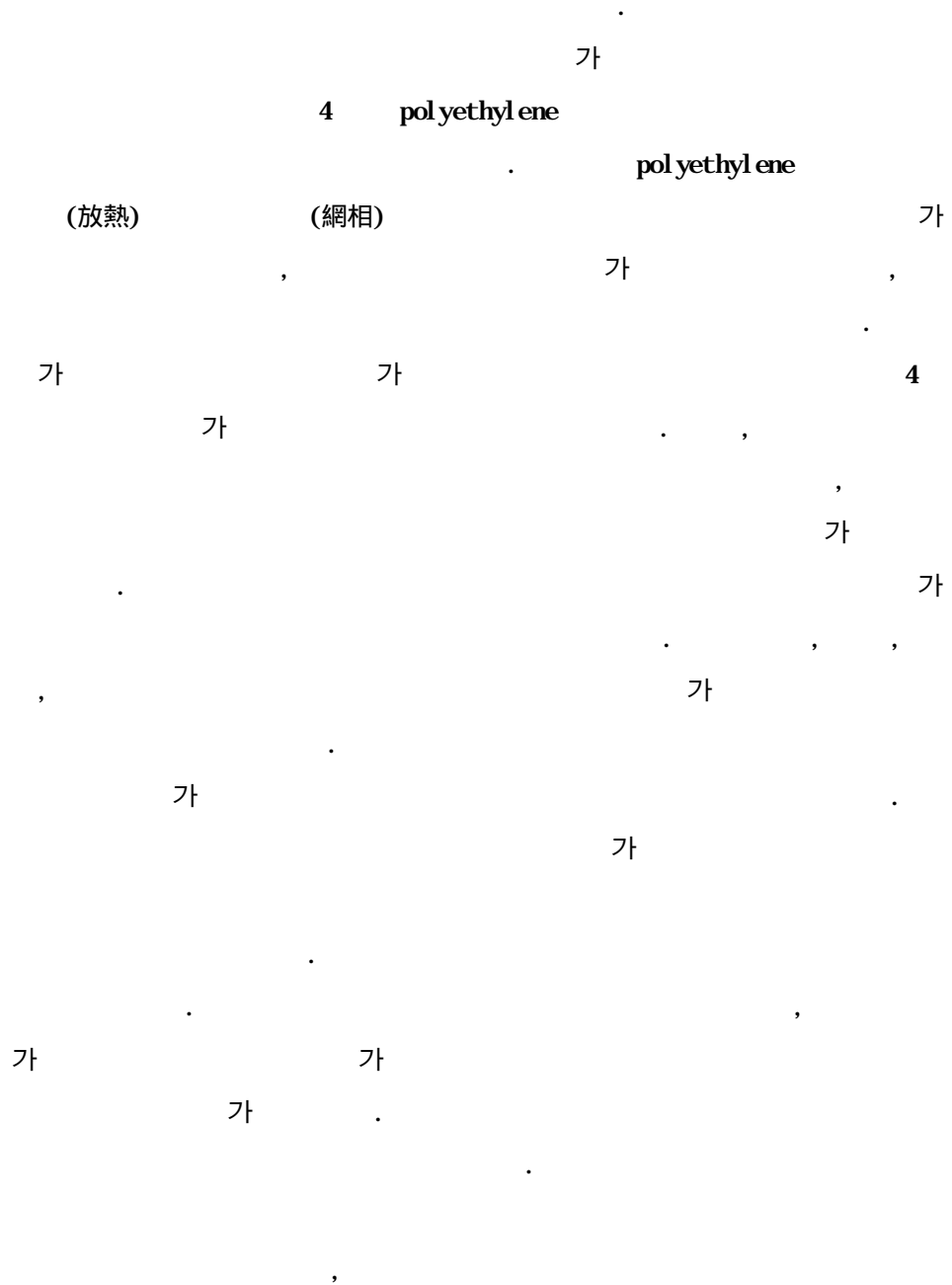
가 .

,

2

3%

10%



가
 . 가
 가 , 1998
 10a 가 ,
 4 4%
 가(高價) 가 (36%)
 5%(98,300 /10a) 가 . 가

가
 가 . 가
 4 가 ,
 가 .
 가
 가 .
 가 가
 . 가
 가 ,
 ,
 가
 가

.
 .
 가 ,
 ,
 가 . 1
 (life-cycle) 1 , 3 5
 2
 . 2 (2, 3) 3
 가 . ,
 가 4 4 10
 , .
 1
 .

1

1	▶ 가	· 가 · · · · 가 · 4 · · · 가

2	▶ ▶ 가 ▶	<ul style="list-style-type: none"> · 가 · 가 · · · · 가 (3, 4) · 4 · · · ·
---	-----------------------	---

2 가

1

가 . 가 .

가 .

가 가 가

가 4 6 1 .

가 가 .

가 가 .

가 ,

가 .

가 ,

가 2 3% 10%

가 , 가 .

가 .

가

4 polyethylene

polyethylene

가

4

(網相)

가

가

(赤變)

가

가

가

4

, 가

가

(30)

가

가

가

3

5

(2) 가
 2 (3 6) 가 3 5 가 ,
 가 3
 가 . 가 ,
 가 1
 가 . 4
 가 가 가
 가 (行: 90cm) 7
 9 (63 75)
 가 .
 가 ,
 가 가
 가 가
 , ,
 가 9 , 5, 6,
 7, 8 (45, 54, 63, 72)

2

(214)
 . 1998 , 1999 3 20
 () 3,000kg/10a
 . 90cm
 , 30cm . 20
 . 3 29-30

1)

(1) ;
 : (1
)
 4 :
 ();
 , 2 3

(2) 가 ;
 : ,
 : 150cm, : 100cm
 4 : ,
 : 180cm, : 100cm
 : , (),

: 126cm, : 72cm

(3) : 9 ,

: 5 , 6 , 7 , 8

(: 45 , 54 , 63 , 72)

(4) : 4

(5)

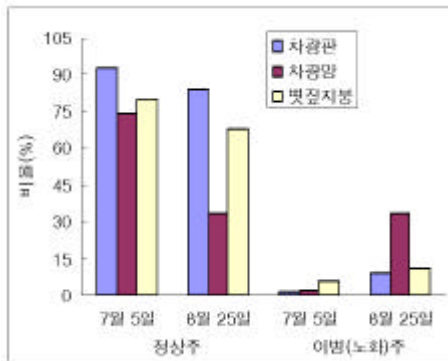
(6) : 3 .

: , , , , LAI

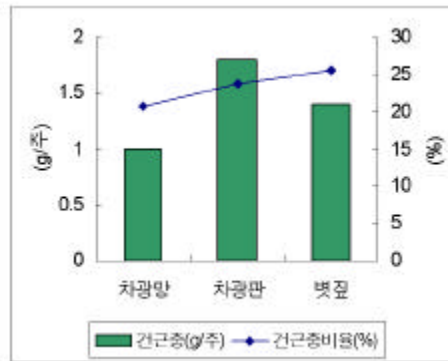
: , , ()

3

1. 가 ()
 1) 2 (1999)
 1999 (3) 7 5 8 25
 () (2-1),
 가 . 가
 , () 가 , 가 ,
 .



2-1. 2 (%: .)



2-2. 2 ,

가 (19.4cn)
 (7.6g/) 가
 가 (2-1).

가 ,
 1 .
 가 ,

2-1. 2 ()

	(cm)	(mm)	(cm)	(mm)	(g/)	(g/)	(%) ^{*1}	()
	9.6	1.2	19.4 a	11	7.6 a	1.8 a	23.7	5
	7.8	1.0	15.1 b	9	4.8 b	1.0 b	20.8	3
	11.6	1.4	15.7 b	9	5.5 b	1.4 a	25.5	3
	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns

*1 : / × 100

* : 5%

ns : 가

5%

122g

52g

70g

3

2-2.	2	()	()	()
	(%)1	(g/)	(g/)	(%)
	97 a	516 a	122 a	18.8
	76 b	250 b	52 c	17.7
	80 b	308 b	78 b	19.2
	*	**	**	ns

1) : (/) × 100 * : 5%
 ** : 1% ns : 가
 5%

2) 3 (2000)
 2000 10 20 3 (2) 2-3
 2-3, 2-4 . 10 20 90%
 (74%), (70%) .

LAI 1.6, 1.5 1.1
 가 (2-3). ,
 (8) 가 , 가
 . 가 ,
 . 가 ,
 가 (2-4).
 3 가
 , 3 9 , 5, 6, 7

8 (45 , 54 , 63 , 72)

3 (2-3, 2-4, 2-5),

가

가 (2-4).

가 , 1.35kg

가 , 1.14kg, 0.94kg .

가

가

.

가

,

가

가

3

2-3. 3

(: 2000/10/10)

	(%)	(g/dm ²)	LAI (m ² /m ²)	(cm)	(mm)	(g/)	(mm)	(kg/)
5 × 9	95	1.79	1.0	32.1	4.6	27.8	20.4	1.19
6 × 9	88	1.67	1.4	31.9	4.6	26.2	19.8	1.23
7 × 9	88	1.76	1.5	31.2	4.4	25.3	19.4	1.38
8 × 9	90	1.70	1.9	32.6	4.6	24.9	19.5	1.58
■ ■	90	1.7	1.5	32.0	4.6	26.1	19.8	1.35
5 × 9	58	1.69	0.8	26.4	4.0	22.4	18.2	0.57
6 × 9	69	1.77	1.0	27.6	4.2	25.5	19.1	0.94
7 × 9	86	1.70	1.3	29.4	4.2	22.6	18.4	1.18
8 × 9	67	1.62	1.4	27.9	4.1	21.9	18.1	1.07
■ ■	70	1.70	1.13	27.8	4.13	23.1	18.5	0.94
5 × 9	76	1.71	1.3	28.9	4.3	28.6	20.0	0.978
6 × 9	76	1.66	1.6	30.2	4.3	26.1	19.3	1.06
7 × 9	78	1.67	1.7	30.4	4.4	25.0	19.7	1.23
8 × 9	66	1.62	1.9	31.4	4.7	27.6	19.2	1.31
■ ■	74	1.67	1.63	30.23	4.4	26.8	19.6	1.14

2-4. 3

(: 2000/10/10)

	(%)	(g/dm ²)	LAI	(cm)	(mm)	(g/)	(mm)	(kg/)
	90a	1.70	1.5a	32.0a	4.6a	26.1a	19.8a	1.35a
	70b	1.70	1.1b	27.8c	4.1b	23.1b	18.5b	0.94c
	74b	1.67	1.6a	30.2b	4.4a	26.8a	19.6a	1.14b
	**	ns	**	**	**	**	**	**

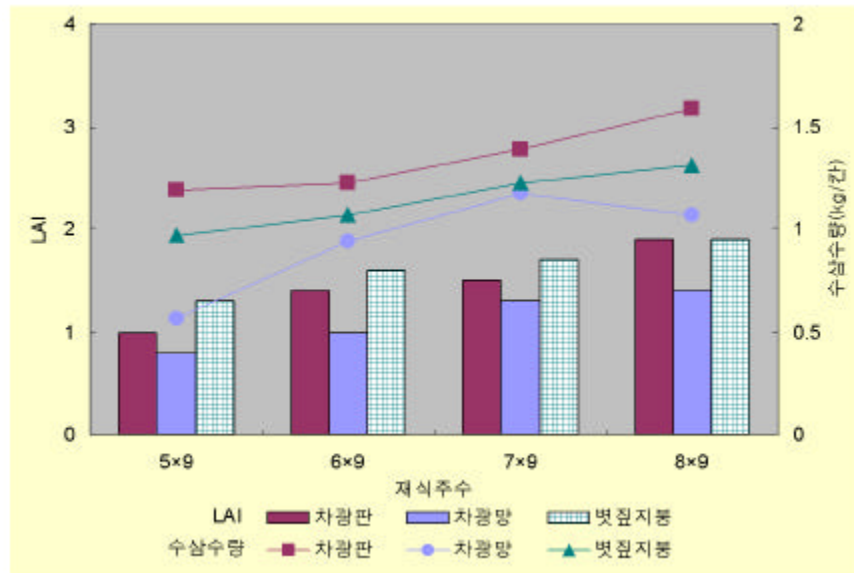
** : 1% ns : 가
5%

2-5. 3

(: 2000/10/10)

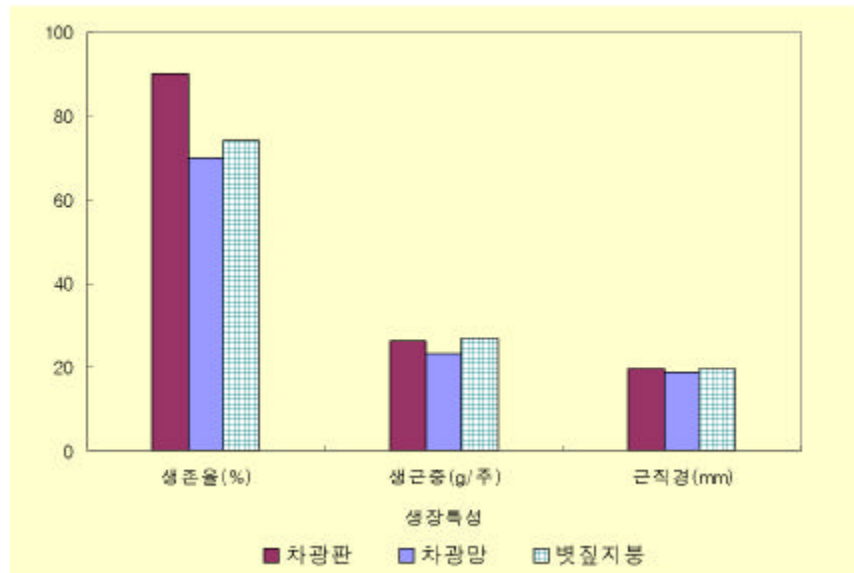
	(%)	(g/dm ²)	LAI	(cm)	(mm)	(g/)	(mm)	(kg/)
5 × 9	76	1.73	1.1d	29.1	4.3	26.3	19.5	0.91c
6 × 9	78	1.70	1.4c	29.9	4.4	25.9	19.4	1.08b
7 × 9	84	1.71	1.5b	30.3	4.3	24.3	19.1	1.26a
8 × 9	74	1.65	1.7a	30.6	4.5	24.8	18.9	1.32a
	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**

** : 1% ns : 가
5%

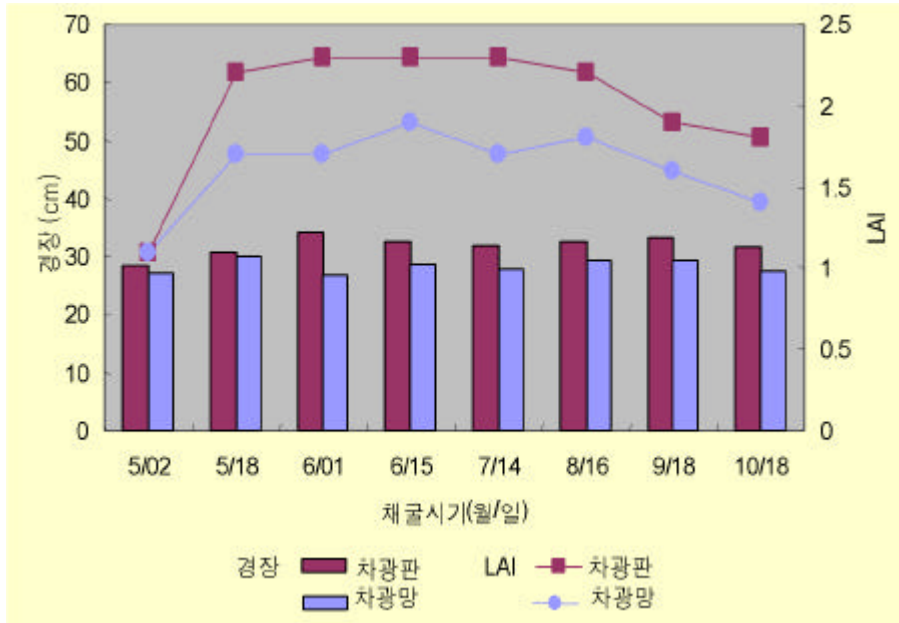


2-3. 3

LAI



2-4. 3



2-5. 3

LAI

3

LAI (2-5). 4

5 가

28cm가

5cm

5

LAI

2.3

가

, 8

3

(2-6), 5

6

가

, 6

가

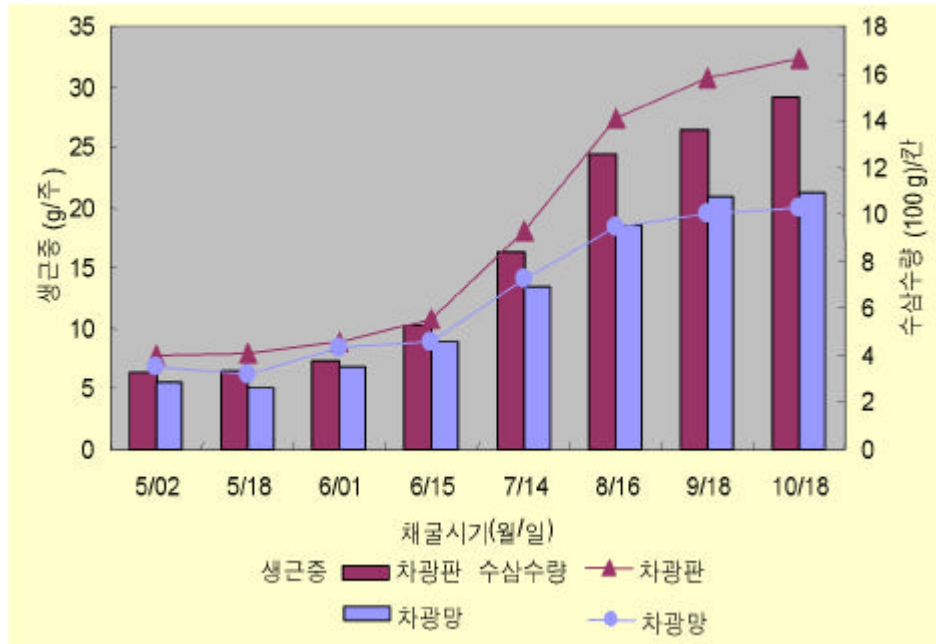
가

가

가

가

2



2-6. 3

2. 가

가

5 , 6 9

2-6, 2-7

. 6

2-6.

		(%)	1999. 5. 29.			1999. 6. 24.					
			(g)	(cn)	(g)	(g)	(cn)	(cn)	(cn)	(cn)	(g)
		88	0.15	5.0	0.09	0.2	8.5	1.3	11.7	3.8	0.4
		84	0.16	3.6	0.08	0.2	7.0	1.3	10.5	3.5	0.3
t		ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	*
		80	0.16	4.6	0.09	0.2	7.5	1.3	11.6	4.5	0.4
		77	0.21	4.7	0.09	0.2	6.8	1.2	10.4	3.8	0.3
t		ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	*

* : 5%

** : 1%

ns : 가

2-7.

			1999. 9. 8.						
			(cn)	(g)	(cn)	(g)	(cn)	(g)	(m)
			-	-	-	-	15.7	0.4	0.4
			-	-	-	-	14.8	0.5	0.4
	t			-	-	-	-	ns	ns	ns
			4.1	0.2	7.8	0.1	15.4	0.7	0.5
			4.4	0.2	7.5	0.1	16.7	0.9	0.5
	t			ns	ns	ns	ns	ns	*

- : 가

* : 5%

ns : 가

9 8 가 (15.4
 16.7cn) (14.8 15.7cn) 1cm 가 ,
 가

2-8. 가
 (; : 2000/08/10)

	(cn)	(cn)	(g/)	(cn)	(mm)	(g/)	(cn)	(mm)	(g/)
	4.3	2.0	0.2	7.1	1.2	0.1	11.3	5.1	0.6
90cm	4.4	2.3	0.2	7.4	1.3	0.1	10.6	5.6	0.6
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : 가

2-9. 가
(; : 2000/08/10)

	(cn)	(cn)	(g/)	(cn)	(mm)	(g/)	(cn)	(mm)	(g/)
	4.1	2.1	0.2	6.8	1.2	0.1	12.7	4.0	0.6
110cm	3.9	2.0	0.2	5.7	1.2	0.1	9.2	5.5	0.5
	ns	ns	ns	**	nss	ns	**	**	ns

** : 1%

ns : 가

가

. 1

가

4

가

가. 2 (/ × 100) 1 (7 5),
2 (8 25) . 8

가 , 9

가 25 30

가

7.6g

4.8g

, 가

(%) 가 .

. 3 , 가 가 , 10 20 90% (74%), (70%) . LAI 1.6, 1.5 1.1 가 (8) 가 , 가 가 .

가 , , 가 3 가 , 9 5, 6, 7 8 .

. 3 , 가 가 가 가 , 1.35kg/ 가 , 1.14kg/ , 0.94kg/ 가 가 가

, 가
 가
 . 3 .
 . 4 , 5 가
 가 LAI 2.3 8 .
 .
 . 3 () 5 6 가
 , 6 가
 가
 .
 . 가
 2 가
 가 . .
 .
 ,
 .

3

1

가 .

4

가

,

.

4

가

가

가 .

가

가 ,

.

()가

가

가 ,

.

가

.

가

가

가

가 .

가 3,000lux

가 ,

(光量)

,

가 . 가

1

10klux

4

4klux

.

가 , 가

가 ,

22,000lux

가 .

25

9,500lux가

, 21

12,000lux

.

6

,

20 25

가 , 가 가

가

가

, 가 가

..

가

,

2

(214) 2

2 ,

1)

(1) 가 ; .

;

(cm): 140, 150, 160, 170

(cm); 100cm .

(3) : 가 ()

; 9

; 6 , 8 (54 / , 72 /)

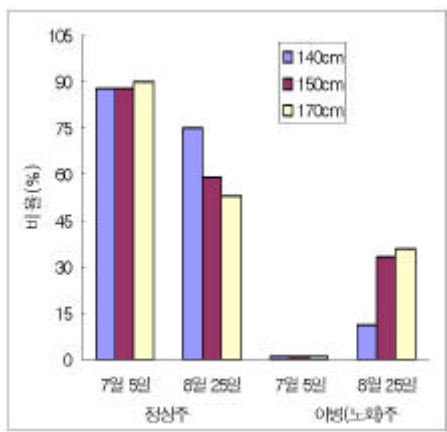
(4) (2000)

(5) : 3

(6) : 3 .
 : , , , , LAI
 : , , ()

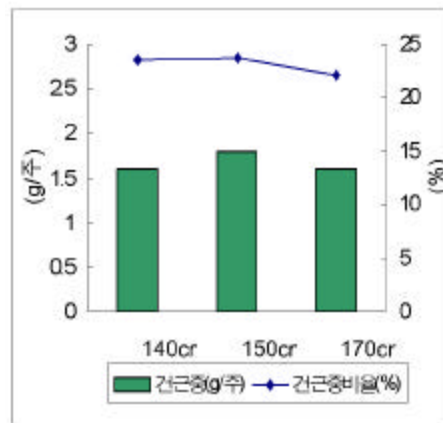
3

1. ()
)
 1) 2 (1999)
 1999 (3) 7 5 8 25
 () (3-1),
 7 5 . 8 25
 가 가 170cr 가
 , () 가 , 150cr .



3-1.

2



3-2.

2

(%: .)

3-1. 2 (7)

(cn)	(cn)	(mm)	(g/)	(g/)	(%) ^{*1}	()
140	16.3	10.7 b	6.8	1.6	23.5	4
150	19.4	11.4 ab	7.6	1.8	23.7	4
170	18.3	11.7 a	7.2	1.6	22.2	4
	ns	*	ns	ns	ns	ns

*1 : / × 100, 100cn .
 ns : 가
 * : 5%

2 3-1 .
 140cn , , , () .
 2 , ()) .

3-2. 2 (7)

(cn)	(%)	(g/)	(g/)	(%)
140	94 a	227 a	53 a	19.0
150	97 a	258 a	61 a	19.2
170	74 b	193 b	42 b	18.4
	*	*	*	ns

: (/) × 100
 ns : 가
 * : 5%

170cn

2) 3 (2000)
 2000 10 20 3 (2)
 3-3 3-3, 3-4 . 10 20
 140cm 70% 가 , 150cm 160cm 84%, 82% 가
 170cm 90% 가 170cm
 가

3-3. 3
 (: 2000/10/10)

		(%)	(g/dm ²)	LAI	(cm)	(mm)	(g/)	(mm)	(kg/)
140 cm	6 × 9	68	1.71	1.6	31.7	4.8	27.3	20.1	1.02
	8 × 9	71	1.72	2.0	33.1	4.8	27.2	21.9	1.37
	□ □	70	1.72	1.8	32.4	4.8	27.3	21.0	1.20
150 cm	6 × 9	83	1.87	1.7	33.7	4.7	28.8	20.3	1.29
	8 × 9	85	1.76	2.0	34.2	4.9	24.4	20.1	1.49
	□ □	84	1.8	1.9	34.0	4.8	26.6	20.2	1.39
160 cm	6 × 9	86	1.84	1.5	32.1	4.8	29.1	20.9	1.36
	8 × 9	78	1.95	1.9	31.7	4.5	25.3	19.7	1.43
	□ □	82	1.90	1.7	31.9	4.7	27.2	20.3	1.40
170 cm	6 × 9	93	2.00	1.2	32.9	4.6	28.1	20.0	1.41
	8 × 9	88	1.88	1.5	32.6	4.7	24.6	18.9	1.55
	□ □	91	1.9	1.4	32.8	4.7	26.4	19.5	1.48

3-4. 3

(: 2000/10/10)

	(%)	(g/dm ²)	LAI	(cm)	(mm)	(g/)	(mm)	(kg)/
140cm	70b	1.72	1.8a	32.4	4.8	27.3	21.0	1.19
150cm	84ab	1.80	1.9a	34.0	4.8	26.6	20.2	1.39
160cm	82ab	1.90	1.7a	31.9	4.7	27.2	20.3	1.39
170cm	91a	1.90	1.4b	32.8	4.7	26.4	19.5	1.48
	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

* : 5%

ns :

가

5%

LAI 140, 150, 160cm 1.7 1.9 가

, 170cm 1.4 가 (3-3).

가

가

가

3

, LAI 8 × 9 1.9 6 × 9

1.5

LAI가

(8 × 9) 25.4g

(6 × 9) 28.3g

2.9g

가

가

(3-4)

4 , 5

3-5. 3

(: 2000/10/10)

	(%)	(g/dm ²)	LAI	(cm)	(mm)	(g/)	(mm)	(kg)/
6 × 9	83	1.86	1.5b	32.9	4.7	28.3a	20.3	1.27
8 × 9	80	1.83	1.9a	32.9	4.7	25.4b	20.2	1.46
	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns

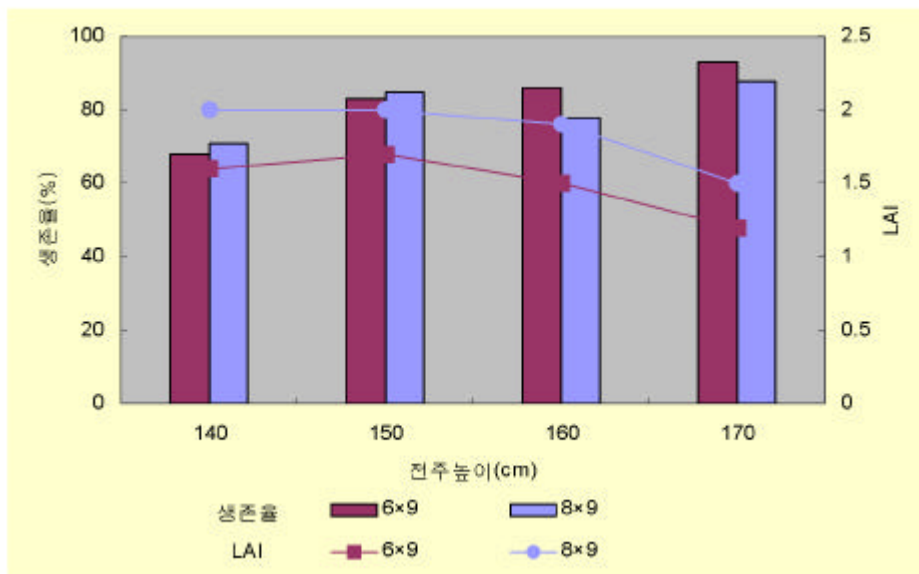
* : 5%

** : 1%

ns :

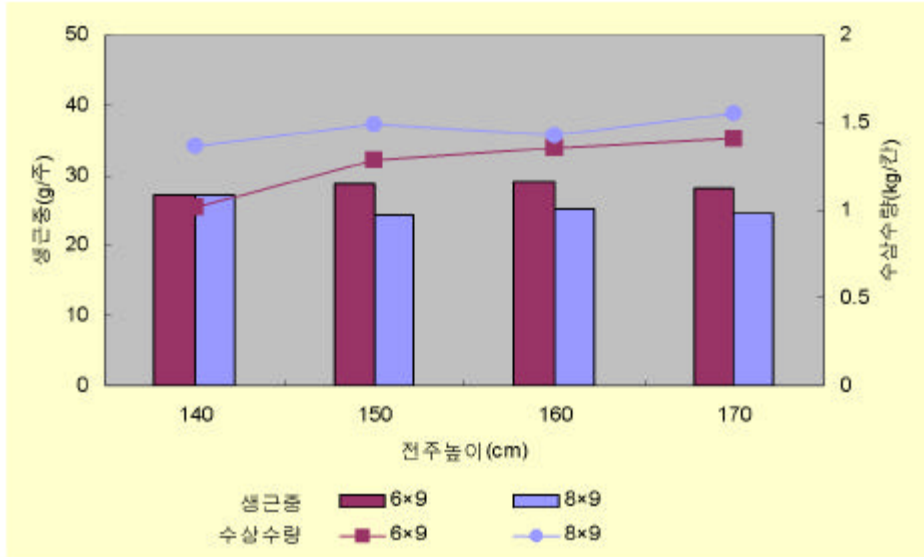
가

5%



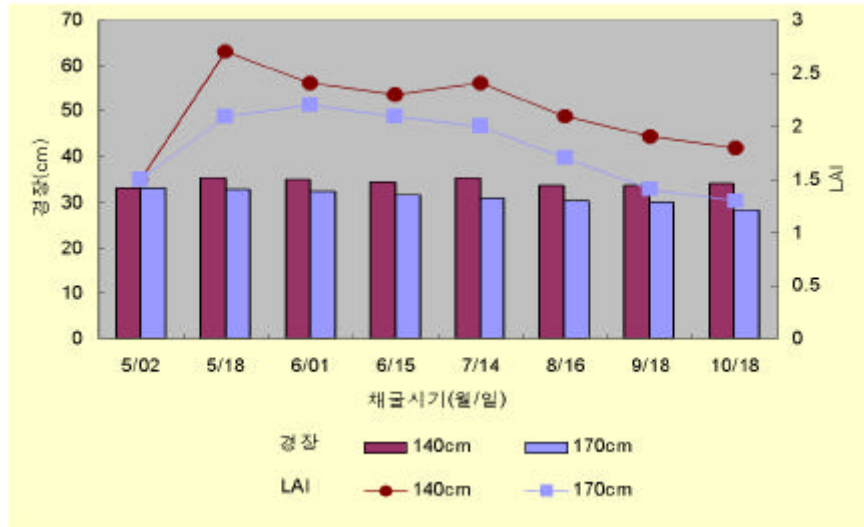
3-3. 3

LAI

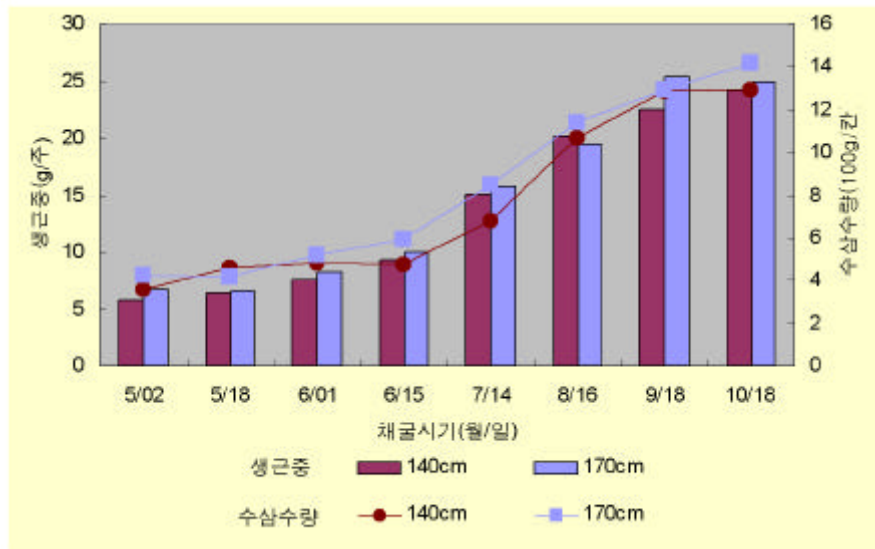


3-4. 3

140cm 170cm 3
 LAI (3-5). 4
 5 가
 5
 140cm 170cm
 8
 170cm
 3 140 170cm
 (3-6), 5 -6
 가 , 6 가
 170cm



3-5. 3
LAI



3-6. 3

2. (2000)

가

90(cm) : 90(cm)

110(cm) :

90(cm)

가

2000 4 23

2

3-6

(

150cm,

90cm),

(110cm)

160cm

가

3-6.

2

(

)

	(cm)	(mm)	(cm)	(mm)	(g/)	(g/)	(%) *1	()
: 90cm : 150cm	9.5	1.2	17.8	11.0	7.1	1.5	21.1	4
: 110cm : 159cm	9.8	1.2	17.5	11.0	7.3	1.6	21.9	4
: 110cm : 165cm	9.4	1.2	18.0	10.8	7.0	1.5	21.4	4
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*1 : / × 100

: 100cm

: 90cm

ns : 가

4

가. 2 (1999) 1 (7 5)
2 (8 25) 가
170cm
30% 가 .
10
25 140cm 150cm
94%, 97% 170cm 74% .
3 (2000) , 10 10
170cm 91% 가 ,
150cm, 160cm 84%, 82% 140cm 70% 가
가 2 3
LAI 170cm 1.4 가 , 140cm, 150cm,
160cm 가 LAI
160cm, 170cm
140cm, 150cm
140cm LAI가
가 .

가
3 가
.
. 3 ,
가 .
140cm 1. 20kg 150cm, 160cm
1. 39kg , 170cm 1. 47kg
72 54 가 ,
. 4 5
가
.
가 140cm 170cm 3
5 ,
LAI 140cm
170cm . 8
170cm
.
. 140cm 170cm 3
5 6
가 , 6 가

(3)

170cm

.

2

가

. 3, 4

가

4

1

Potential

Es- 1π- 2

2000 μ

가 3,000lux

가

가

5 10%

8%

3,000 4,000lux가

가

1

10,000lux

4

4,000lux

가

, 가

.

가

22,000lux

가

15

20

11,000lux

, 25C

9,500lux 가

6

,

20 30°

,

가

. 가

가

가

, aging

,

.

.

,

aging

PAR

PAR

2

2000

3

CO2

SPAD .

II-6400

1)

(1)

: 2

:

C02

: II-6400

(2)

: 3

100cm

(cm) : 140, 150, 160, 170.

:

C02

: II-6400

3

1.

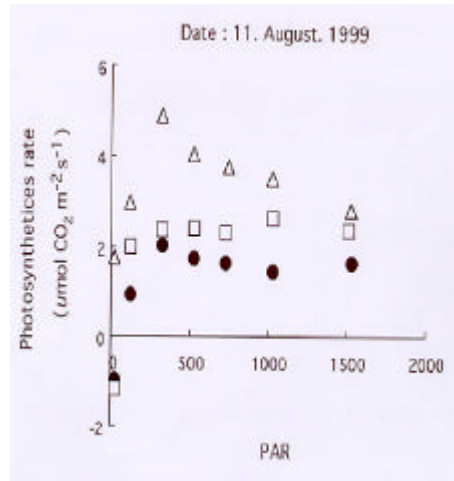
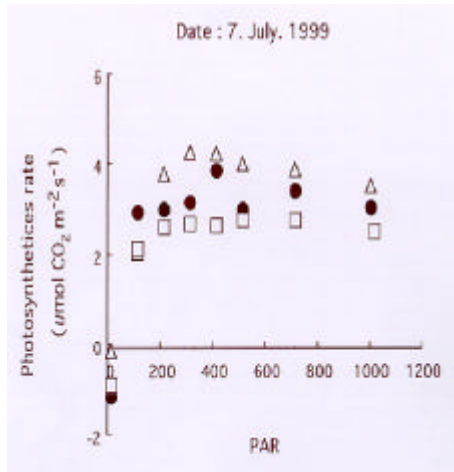
(1)

, , CO , SPAD
 , 4-1 4-1 . ,
 7 7 , 8 11
 가 .

4-1. , , CO2 ,
 (1999 , PAR ; 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ sec}$)

Treatment	Pn		Sc		Ci		Tr		SPAD	
	7. Jul	11. Aug	7. Jul	11. Aug	7. Jul	11. Aug	7. Jul	11. Aug	7. Jul	11. Aug
	3.04	3.81	0.029	0.046	174	213	0.82	1.56	34.9	29.4
	3.82	4.61	0.056	0.055	225	205	1.19	1.90	34.0	32.6
	2.66	4.12	0.020	0.150	158	173	0.53	1.43	30.9	27.5

Pn = Sc =
 Ci = CO2 Tr =



4-1.

,) : , : 3

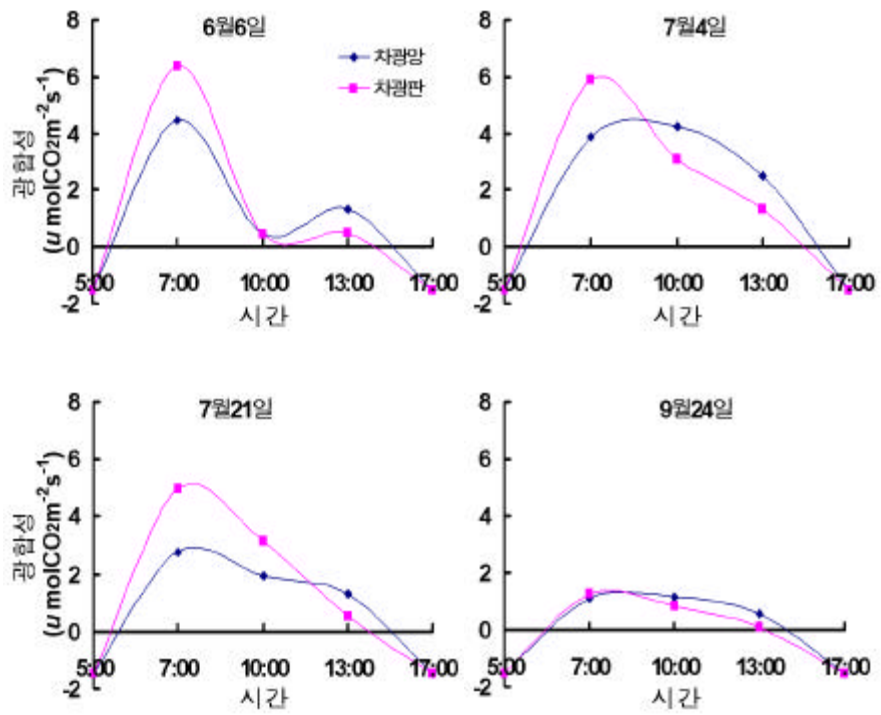
CO, SPAD

4-1

2000

4-2

가

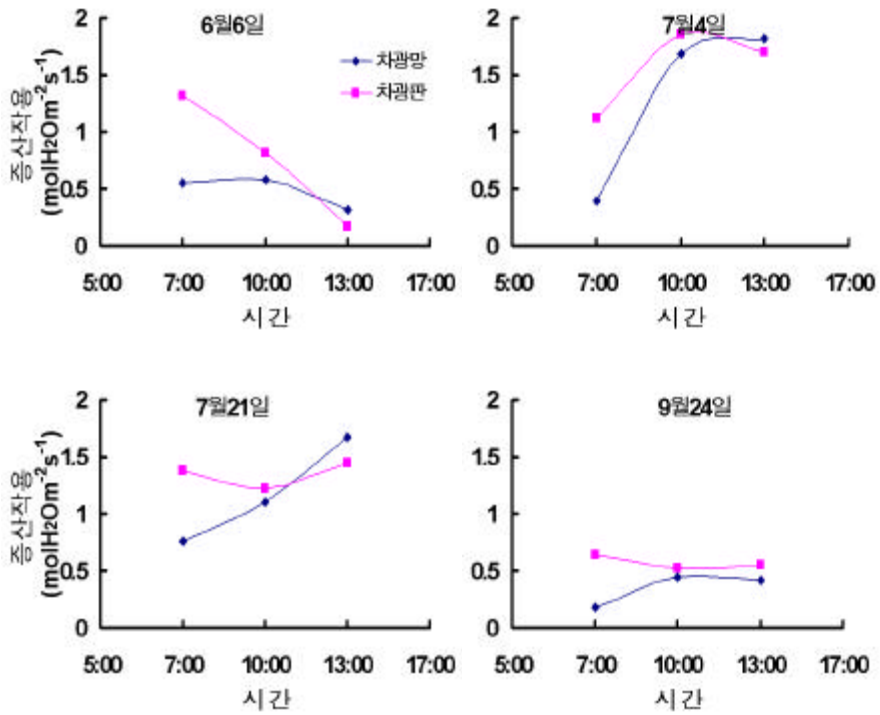


4-2.

(2000)

, 7 4 , 7 21

(2)



4-3.

(2000)

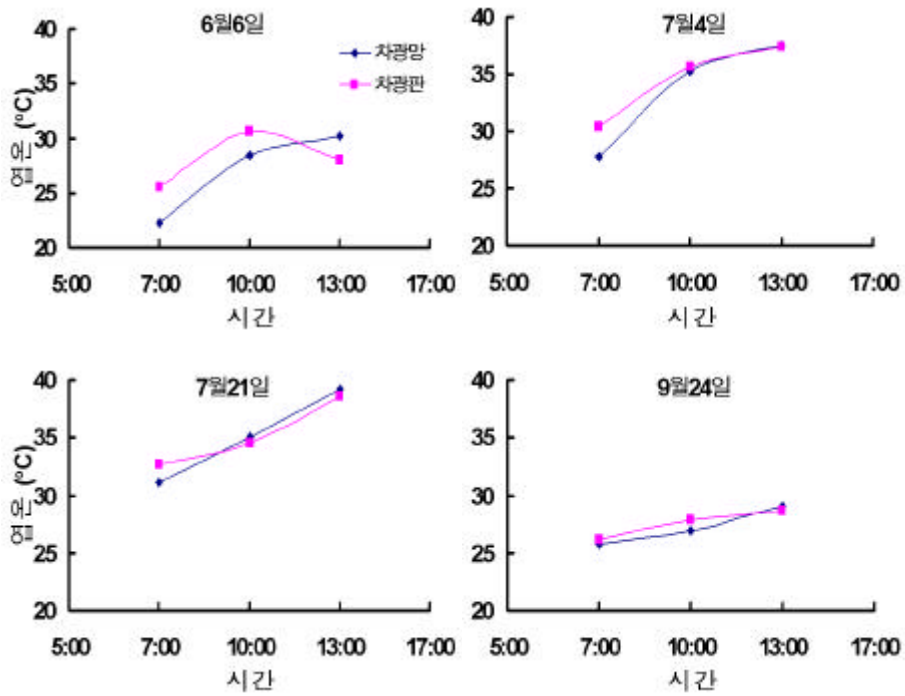
4-3

. 6 6

7 4 7 21 6 6
 , 7 4 가 . 9 24 7
 : 00
 가 .

4-4

, 6 6 7 4 ,
 7 24 가 , 9 24 .



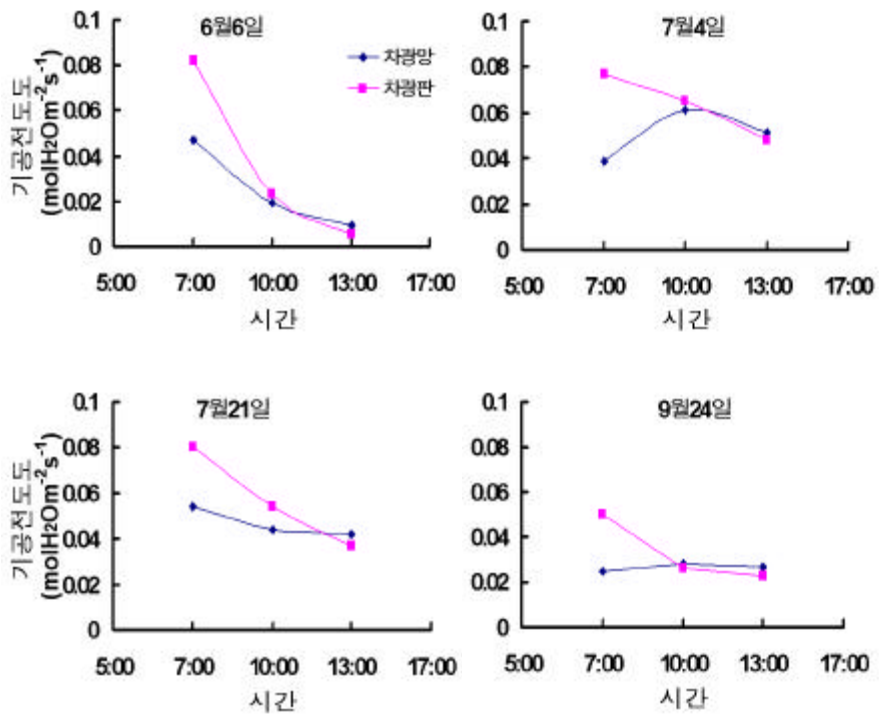
4-4.

(2000)

(3)

가

4-5



4-5.

(2000)

4-5

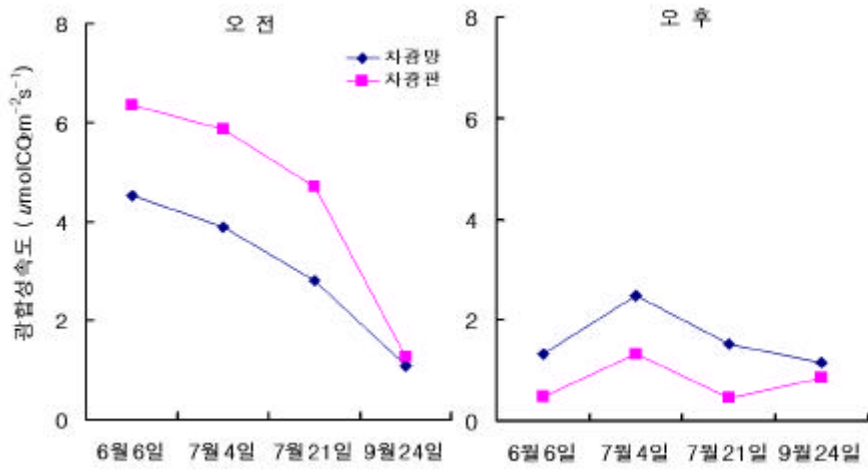
가

가

(4)

4-2

4-6



4-6.

(2000)

4-6

가

40%

6.2 μmolCO₂m⁻²s⁻¹

가

, 6 6

4.3 μmolCO₂m⁻²s⁻¹

가

(5) PAR

(

4-2)

PAR

4-7

4-7

PAR

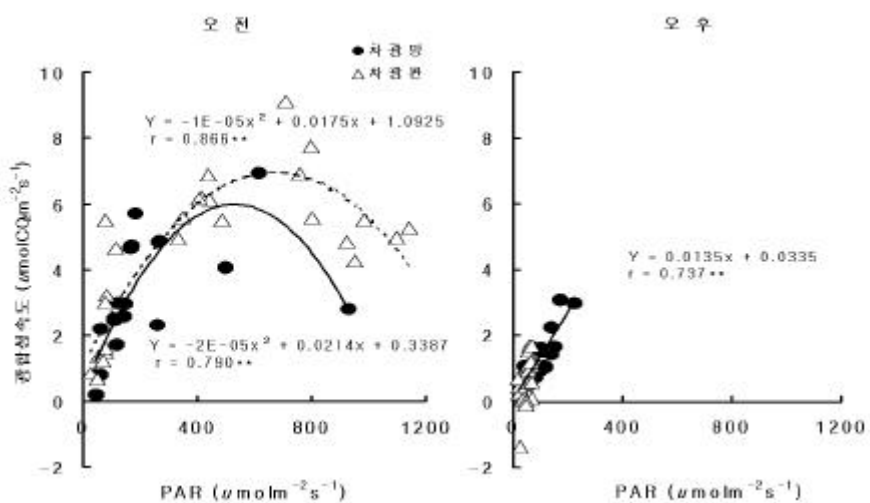
() 가

가 가 $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

PAR

PAR

2



4-7. PAR

(2000)

PAR

가

가

(6)

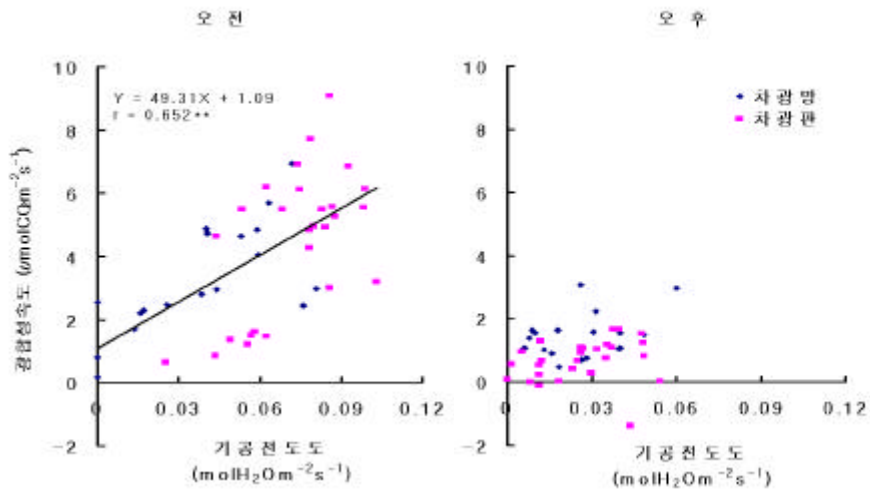
4-2

4-5

4-8

가 1

가



4-8.

(2000)

가 0.06

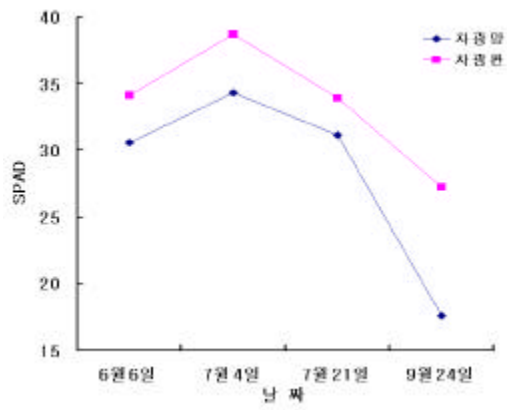
0.06

가

(7)

4-9

SPAD
SPAD
SPAD



4-9. SPAD (2000)

SPAD

가

SPAD 가

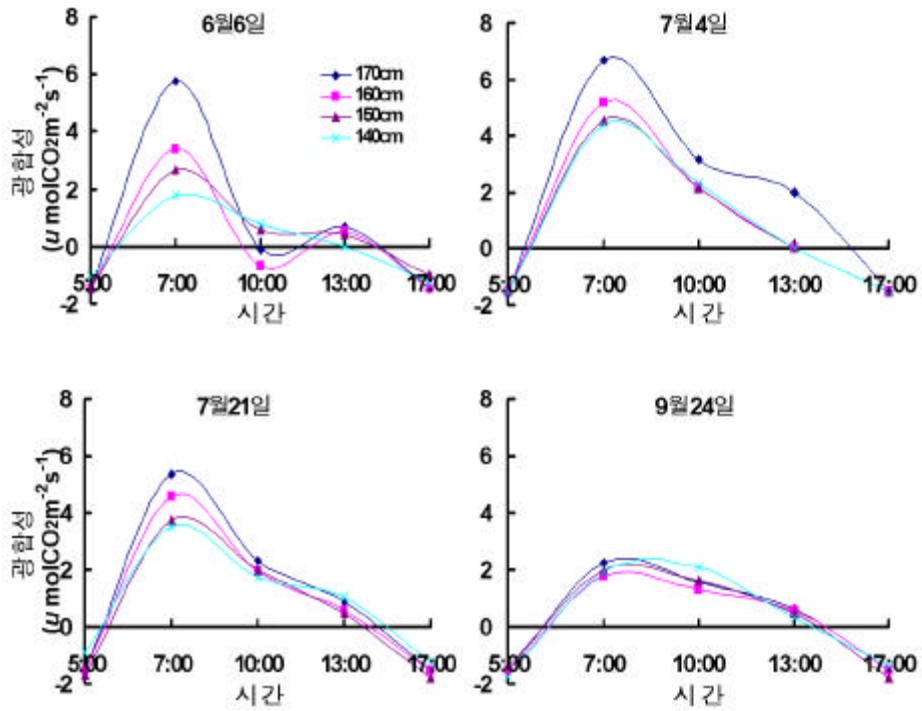
PAR가 SPAD

SPAD 가

2.

(1)

4-10



4-10.

(2000)

170cm

6 6 , 7 4 , 7 21

(2)

4-11

4-11

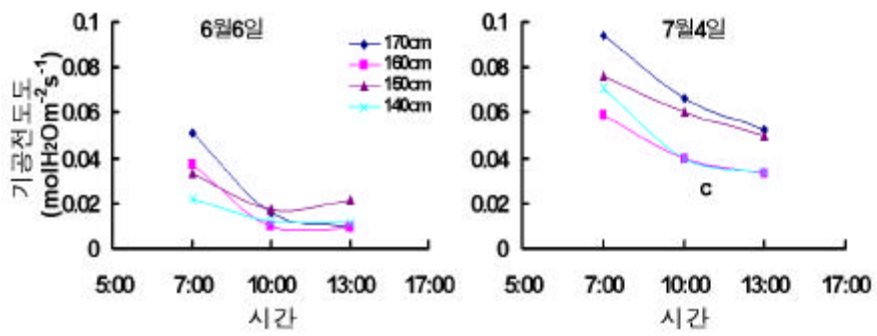
가

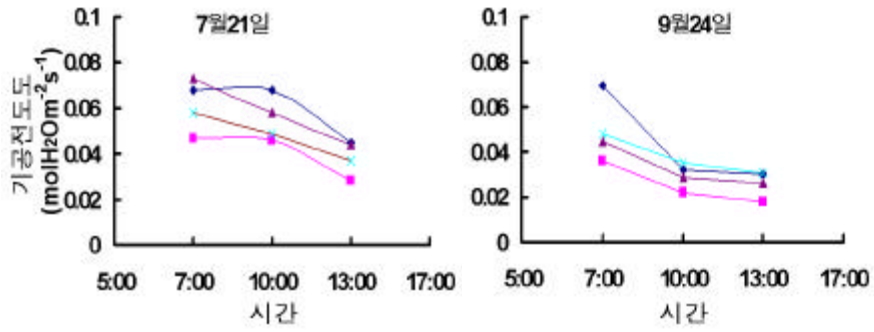
170cm가 가

(3)

4-12

170cm

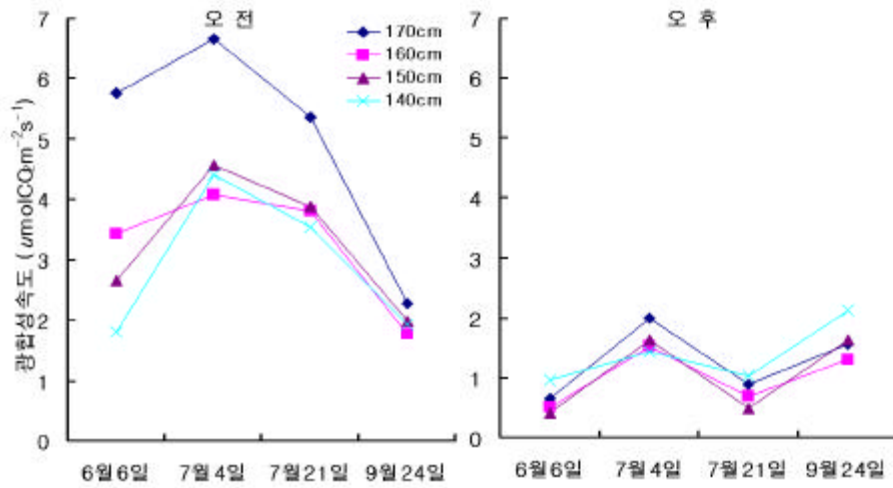




4-11.

(2000)

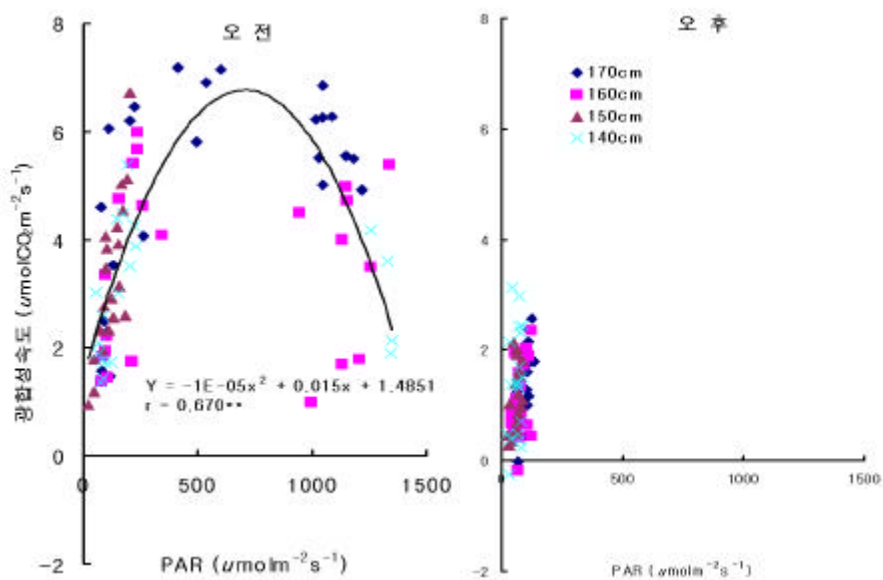
가 , 6 6 170cm 5.8
 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 가 , 160cm 3.4 , 150cm
 2.6, 140cm 1.8 가 . ,
 가 .



4-12.

(4) PAR

PAR 4-13, PAR가 가
 가 가, $800 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
 PAR .



4-13. PAR

4

가.

가 $800 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

가 가

가 가

가

1

가

가

SPAD

SPAD

170cm

가 ,
가 .

. 가
· ,
170cm가 가 .

5 가

1

가

4

가

가

가

가

4

2

(214) 2

2

가

1)

(1) ; , 4 , (2)

(2) 가 ;

(cn): 140, 150, 160, 170

100cn

2)

(1) : (Data Logger System)

; 10cn 1

가; -150, -170) 1

10cn, 40cn 1

3) :

(1) : (Data Logger System), 1

;

: , , (10cn), ,)

, : , , 40cn, 60cn, 80cn,

(10cn), ,

가; -150cn, -170cn)

, , (10, 40cn), ,)

(2) ()

99. 4. 30. (), 99. 5. 1. (), 99. 5. 2(), 99. 5. 3. () -

99. 6. 13. (), 99. 6. 14(), 99. 6. 15. (), 99. 6. 16. () -

99. 7. 5. (), 99. 7. 6. (), 99. 7. 7. () -

99. 7. 20. (), 99. 7. 21. (), 99. 7. 22. () -

99. 7. 25. (), 99. 7. 26. (), 99. 7. 27(), 99. 7. 28() -

99. 8. 19. (), 99. 8. 20(), 99. 8. 21. (), 99. 8. 22. () -

99. 9. 14. (), 99. 9. 15. (), 99. 9. 16(), 99. 9. 17(), 99. 9.

18(), 99. 9. 19(), 99. 9. 20(), 99. 9. 21(), 99. 9. 22(),

2000.5.25(), 2000.5.26(), 2000.5.27(), 2000.5.28(), 2000.5.29

() -

2000.8.5 (), 2000.8.6(), 2000.8.7(), 2000.8.8(), 2000.8.9(

)-

4)

- (1) ; (Soil moisture) 1
;
: , , (10cn), ,)
, · : , , 40cn, 60cn, 80cn,
(10cn), ,)
가; -150cn, -170cn)
, , (10, 40cn), ,)

5)

- (1) ; Autonet (, , , , ,)1
(2) ;
.

3

1. 기상요인 측정

1) 광자량

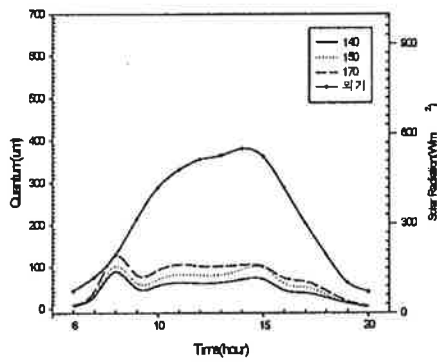


그림5-1. 전체 높이별 광자량
(Quantum of each Height)

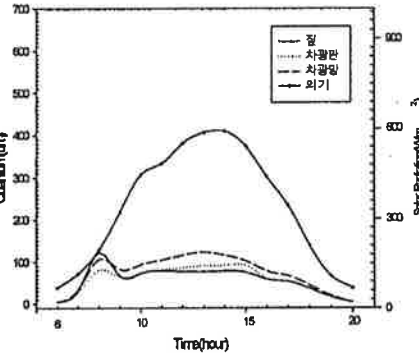


그림5-2. 전체 재료별 광자량
(Quantum of each Material)

전 실험기간 동안의 평균광자량으로 재료별로는 차광망>차광판>짚의 순으로 전주높이는 170>150>140의 순으로 나타났다.

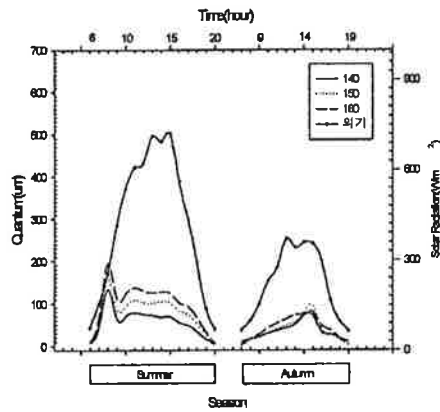


그림5-3. 높이에 따른 계절별 광자량
(Seasonal Quantum of each Height)

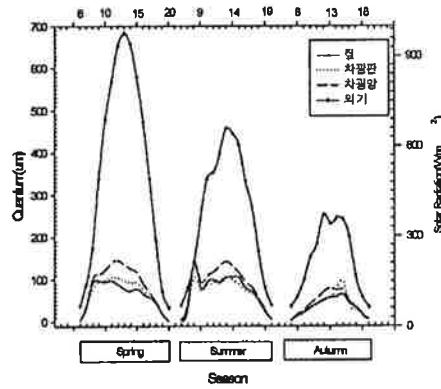


그림5-4. 재료에 따른 계절별 광자량
(Seasonal Quantum of each Material)

전 실험기간동안 계절에 따른 평균광자량으로 일반적으로 계절(봄, 여름, 가을)에 따라 재료별로는 차광망>차광판>짚의 순으로 전주높이는 170>150>140의 순으로 나타났다.

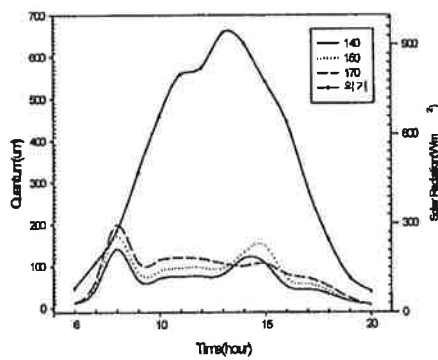


그림5-5. 맑은날 전주높이별 광자량
(Quantum of each front Pole Height
on Clear Day)

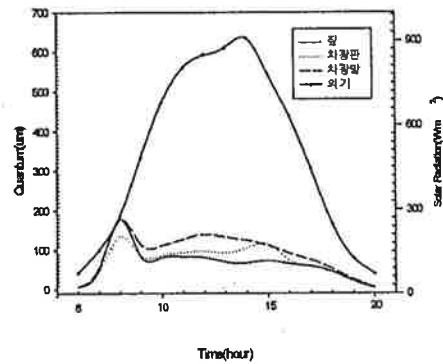


그림5-6. 맑은날 재료별 광자량
(Quantum of each material on Clear
Day)

전 실험기간 동안 날씨에 따른 평균광자량으로 맑은날은 차광망>차광판>짚, 170>150>140의 순으로 나타났다.

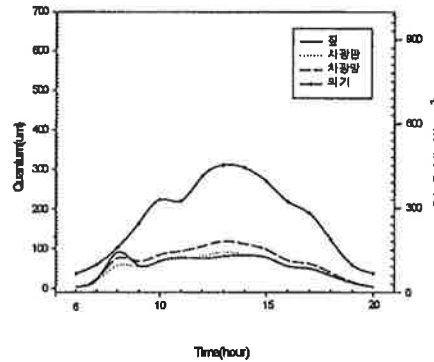
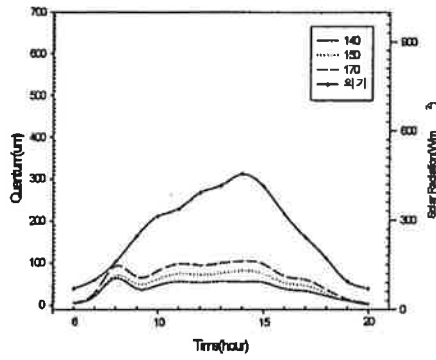


그림5-7. 흐린날 전주높이별 광자량 그림5-8. 흐린날 재료별 광자량
(Quantum of each front Pole Height (Quantum of each Material on Cloud
on Clear Day) Day)

전 실험기간 동안 날씨에 따른 평균광자량으로 흐린날은 차광막>차광판> 짙, 170>150>140의 순으로 나타났다.

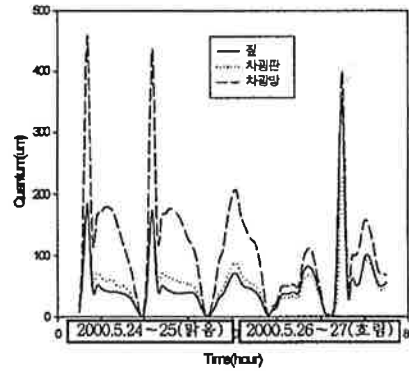
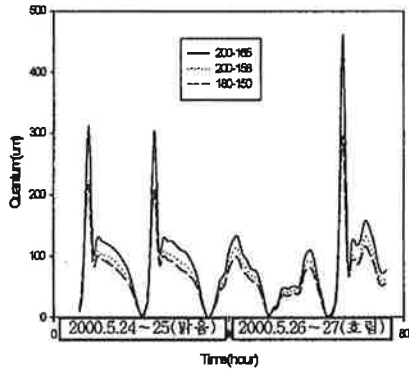


그림5-9. 봄철 전주높이별 맑은날과 흐린날 광자량 비교

(Relationships between The Quantum of each front Pole on spring)- Cloud, Clear Day

그림5-10. 봄철 재료별 맑은날과 흐린날 광자량 비교

(Relationships between The Quantum of each Material on spring)- Cloud, Clear Day

■ 맑은날의 재료별 조도분석 결과 7시~10시 사이가 가장 높게 나타났고 차광망>차광판>짚의 순으로 나타났는데 특히 차광망의 조도가 높은 것으로 나타났다.

■ 맑은날 전주높이별 조도분석 결과 7시~10시 사이가 역시 높게 나타났고 (200-165)>(200-158)>(180-150)의 순으로 나타났다.

■ 흐린날 재료별 조도분석 결과 차광망>차광판>짚의 순으로 미세하게 그 차이가 나타났다.

■ 흐린날 전주높이별 조도는 맑은날에 비해 큰 차이는 없으나, 미세하게 165>158>150의 순으로 나타났다. 뒷부분의 오전 7시경의 피크부분은 흐린중에서도 잠시 일사가 있었기 때문에 발생했다

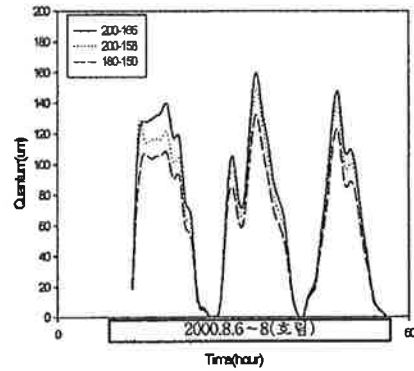
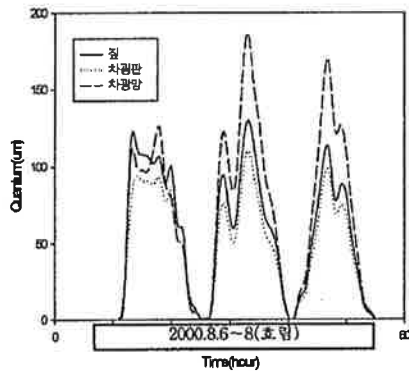


그림5-11. 여름철 흐린날 재료별 광 자량 분석
(Quantum analysis of each Material on Summer-Cloud)
그림5-12. 여름철 흐린날 전주높이별 광자량 분석
(Quantum analysis of each front Pole on Summer-Cloud)

■ 2차년도 실험으로써 여름철 흐린날 재료별 조도분석은 차광망>짚>차광판의 순으로 나타났고 전주높이별 조도분포는 200-165>200-158>180-150의 순으로 나타났다.

1-1. 광자량 세부분석

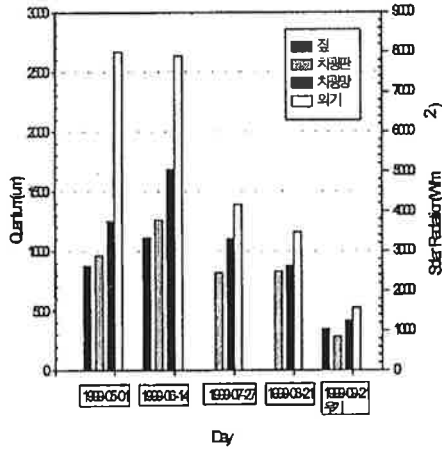


그림5-13. 재료별 적산 광자량 (Sum Quantum of each Material)

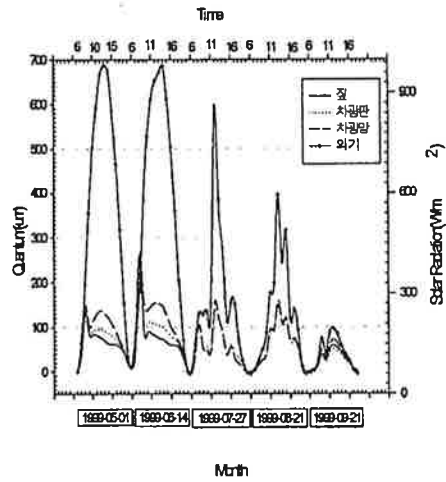


그림5-14. 재료별 일일 광자량 (Daily Quantum of each Material)

실험포장 및 현장포장에서 일일 중 재료별 광자량 적산과 분포는 차광막>차광판>짚의 순서로 나타났다.

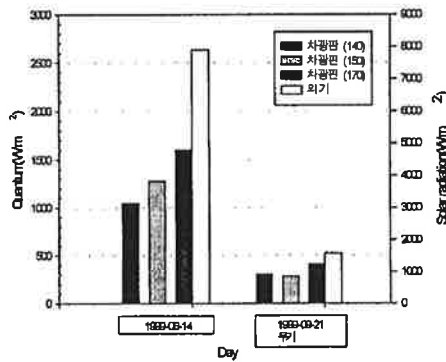


그림5-15. 전주높이별 적산 광자량 (Sum Quantum of each Front Pole Height)

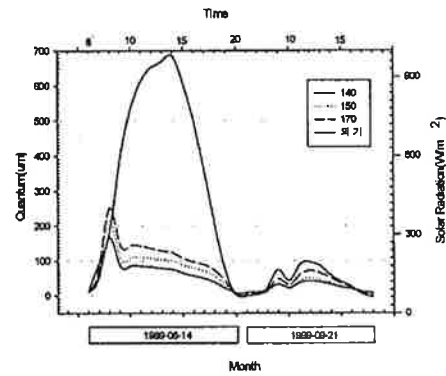


그림5-16. 전주높이별 일일 광자량 (Daily Quantum of each Front Pole Height)

실험포장에서 일일 중 전주높이별 광자량 적산과 분포는 170>150>140의 순으로 나타났다.

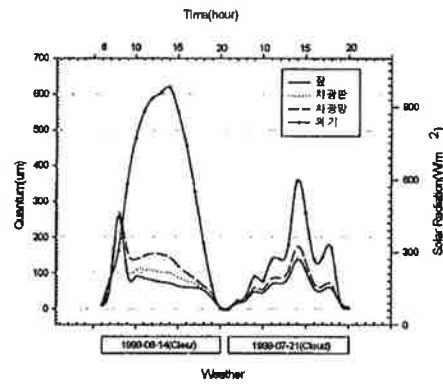
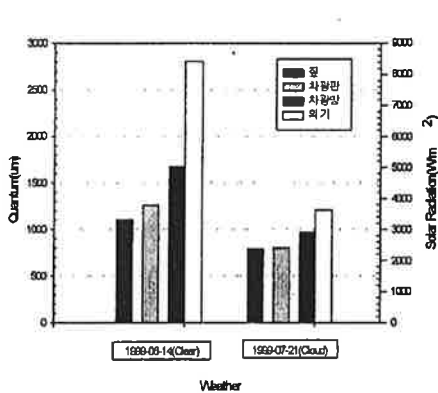


그림5-17. 날씨에 따른 재료의 적산 광자량(Sum Quantum of each Material on Weather Condition)

그림5-18. 날씨에 따른 재료의 일일 광자량(Daily Quantum of each Material on Weather Condition)

실험포장에서 재료별 날씨에 따른 일일별 적산과 분포를 살펴보면 맑은 날씨가 흐린 날씨보다 더욱 뚜렷한 구분이 나타났다.

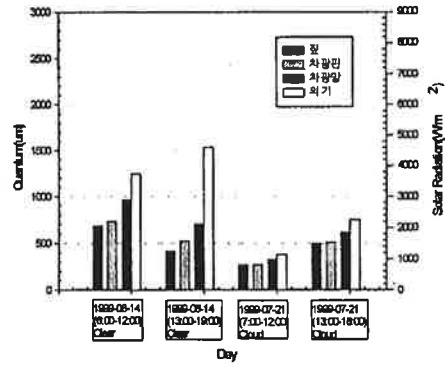
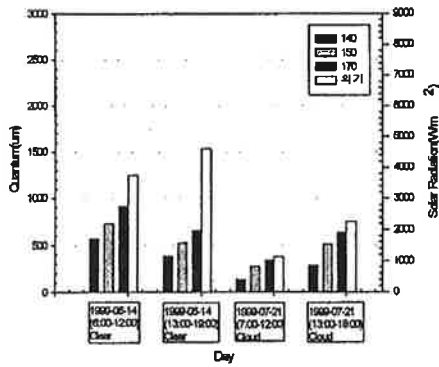


그림5-19. 오전·오후에 따른 전주높이별 적산광자량
 그림5-20. 오전·오후에 따른 재료별 적산 광자량
 (Sum Quantum of each Front Pole (Sum Quantum of each Material at Height at Morning and Afternoon) Morning and Afternoon)

날씨에 따른 재료별 적산 광자량은 차광막>차광판>짚, 전주높이는 170>150 >140의 순으로 나타났다.

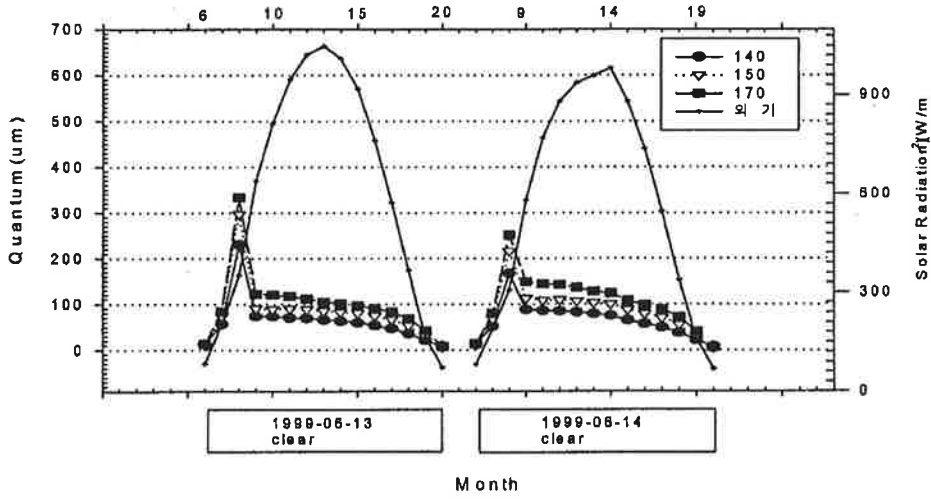


그림5-21. 전주높이별 일일 광자량(여름철 - 맑은날)
 (Daily Quantum of each Front Pole Height) Summer-Clear Day

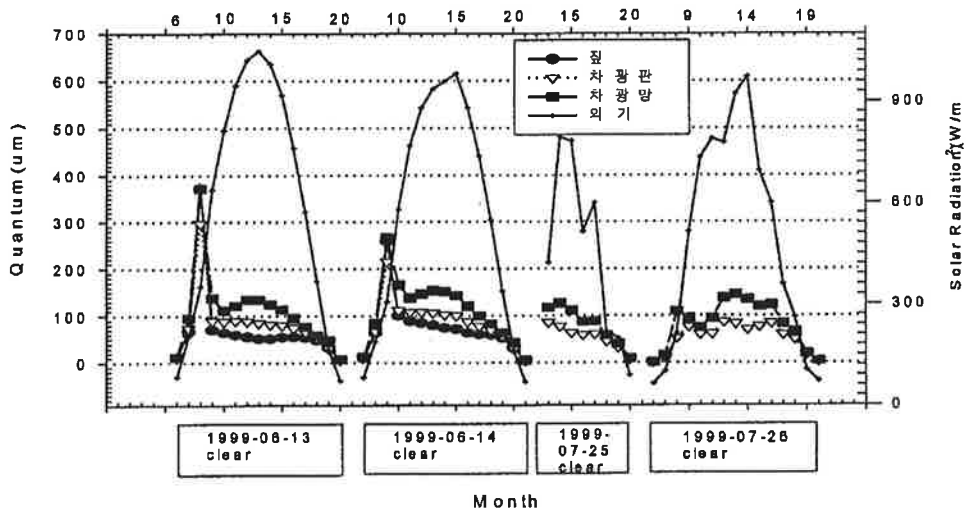


그림5-22. 재료별 일일 광자량(여름철-맑은날)
 (Daily Quantum of each Material) Summer-Clear Day

전주높이별 여름철 맑은날 광자량은 차광망>차광판>짚의 순으로 오전 9 - 10경의 최고점에서 약 40 ~ 50um정도의 차이를 나타내었다. 그리고 재료별로 살펴본 결과, 여름철 맑은날에서 광자량은 170>150>140의 순으로 약 30 ~ 40um정도의 차이를 보였다.

2) 온도

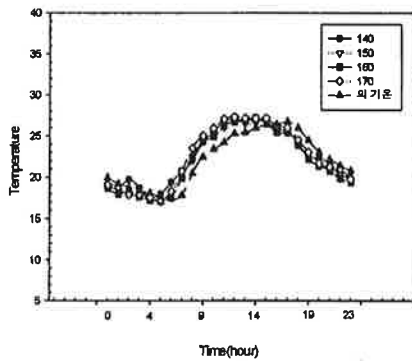


그림5-23. 전체 높이별 온도
(Temperature of each Height)

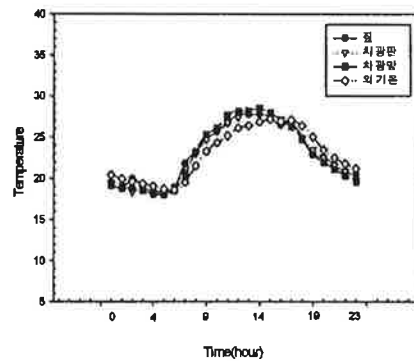


그림5-24. 전체 재료별 온도
(Temperature of each Material)

전 실험기간 동안의 평균 온도로 재료별로는 낮 시간에 차광망이 비누수 차광판보다 온도가 높고, 전주높이별로는 전체적으로 170이 가장 높게 나타났다.

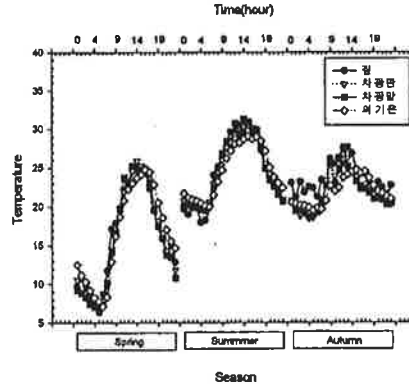
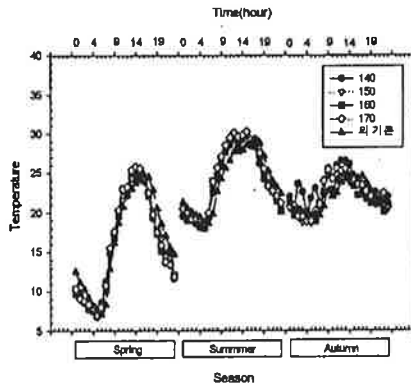


그림5-25. 높이에 따른 계절별 온도
(Seasonal Temperature of each Height)

그림5-26. 재료에 따른 계절별 온도
(Seasonal Temperature of each Material)

전 실험기간 동안의 계절별 평균온도로 재료별, 전주높이별로는 큰 차이가 나지 않았다.

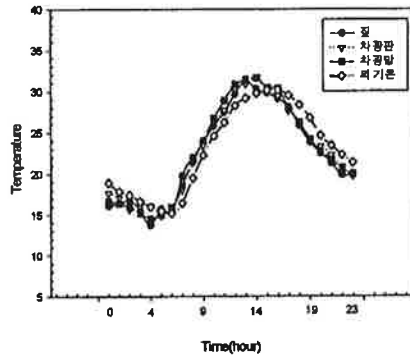
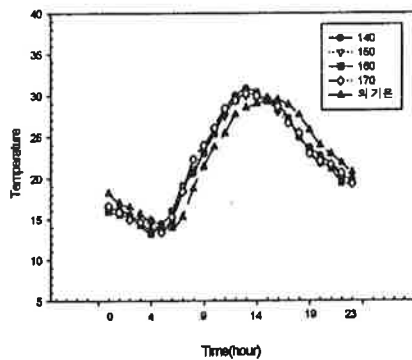


그림5-27. 맑은날 전주높이별 온도
(Temperature of each front Pole Height on Clear Day)

그림5-28. 맑은날 재료별 온도
(Temperature of each Material on Clear Day)

전 실험기간 동안의 맑은날 평균온도로 재료별로는 차광망이 약간 온도가 높게 나타났고 전주높이별로는 큰 차이가 보이지 않았다.

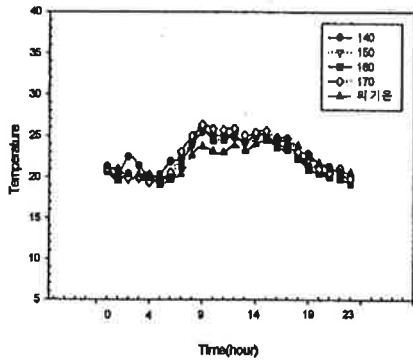


그림5-29. 흐린날 전주높이별 온도
(Temperature of each front Pole on Cloud Day)

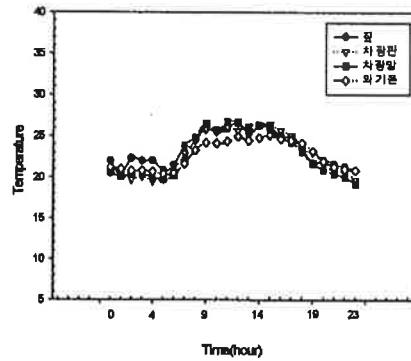


그림5-30. 흐린날 재료별 온도
(Temperature of each Material on Cloud Day)

전 실험기간 동안의 흐린날 평균온도로 재료별로는 차이가 없지만 전주높이별로는 170이 약간 온도가 높게 나타났다.

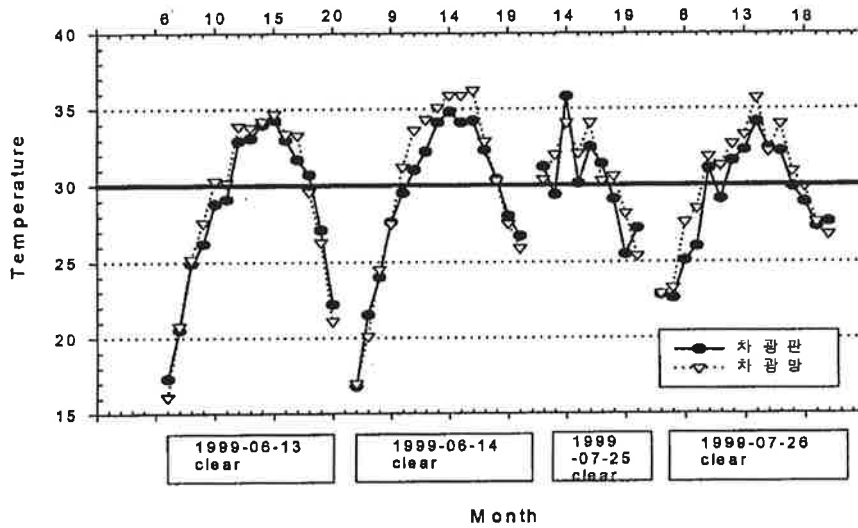


그림5-31. 여름철 맑은날 재료별 온도 분석(30℃를 기준으로)
(Temperature Analysis of each Material on Summer Clear Day)

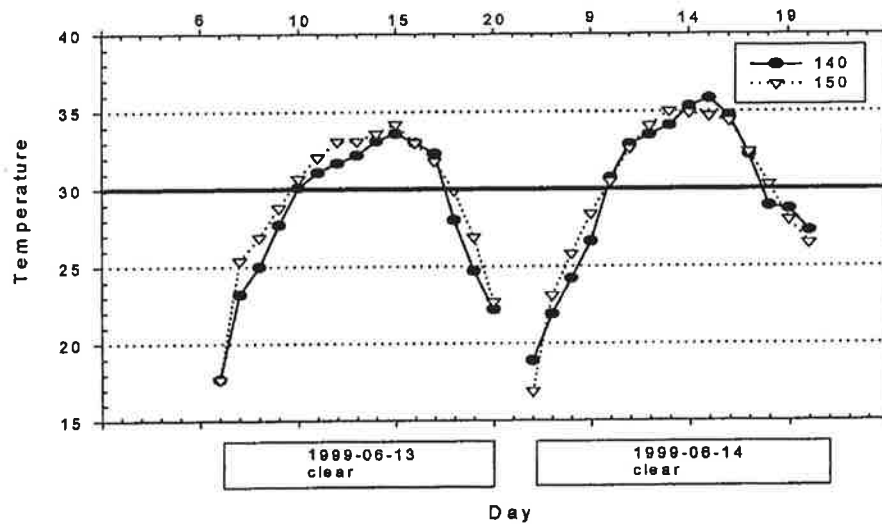


그림5-32. 여름철 맑은날 전주높이별 온도분석(30℃를 기준으로)
(Temperature Analysis of each Front Pole on Summer Clear Day)

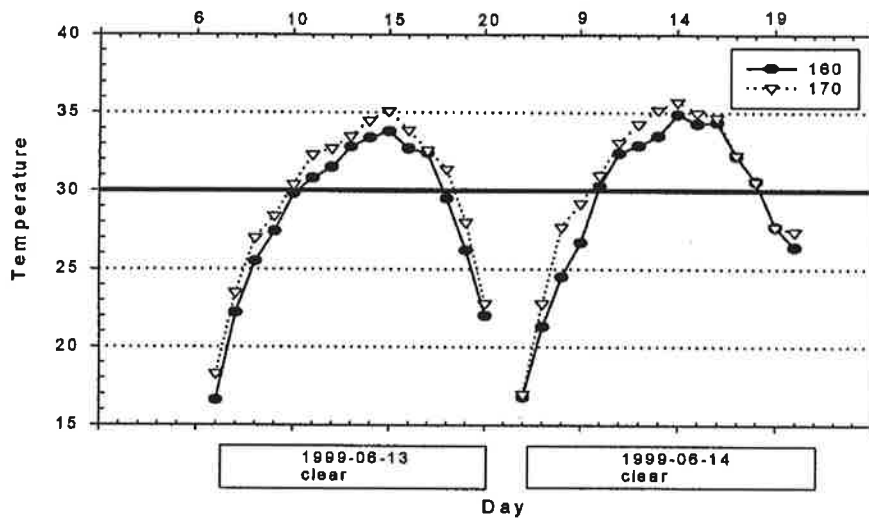


그림5-33. 여름철 맑은날 전주높이별 온도 분석(30℃를 기준으로)
 (Temperature Analysis of each Front Pole Height on Summer Clear Day)

여름철 맑은날 재료별 온도 분포는 가장 높은 온도를 나타내는 2시에서 3시 사이에서 약 2 ~ 3℃ 정도의 차이로 차광망이 비누수 차광판보다 높았다.

여름철 맑은날 전주 높이별 온도분포는 2시에서 3시경 사이에서 150이 140보다 미세한 차이로 다소 높게 나타났고, 170이 160보다 약 2℃ 정도 높은 것으로 나타났다.

2-1. 봄철 재료별 온도분포

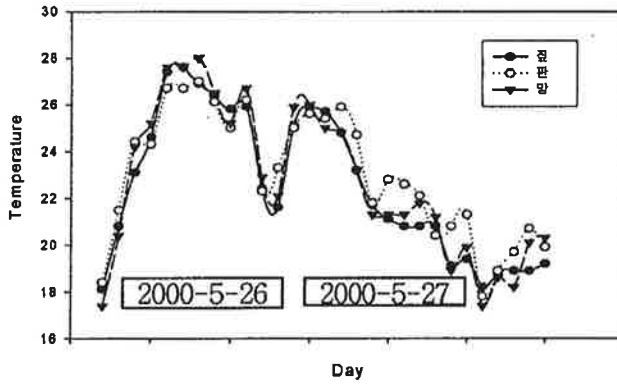


그림5-34. 봄철 재료별 온도분포
(Temperature of each Material on Season)

■2000년 5월 26일 ~ 27일의 결과치를 살펴보면 봄철 재료별 일중 최고온도가 주위의 온도분포는 별다른 차이를 보이지 않으나 미미한 차이로 아침에는 차광판>짚>차광망의 순으로 낮에 열을 받음에 따라서 차츰 차광망>짚>차광판의 순으로 온도가 조금 높은 것으로 나타났다.

2-2. 봄철 전주높이별 온도분포

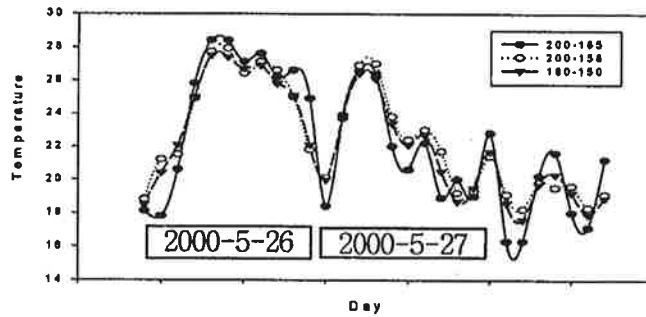


그림5-35. 봄철 전주높이별 온도분포
(Temperature of each Front Pole Height on Spring)

■2000년 5월 26일 ~ 27일의 결과치를 살펴보면 봄철 전주높이별 앞높이 주위의 온도는 200-165>200-158>180-150의 순으로 미세한 차이를 보였다.

2-3. 여름철 재료별 온도분포

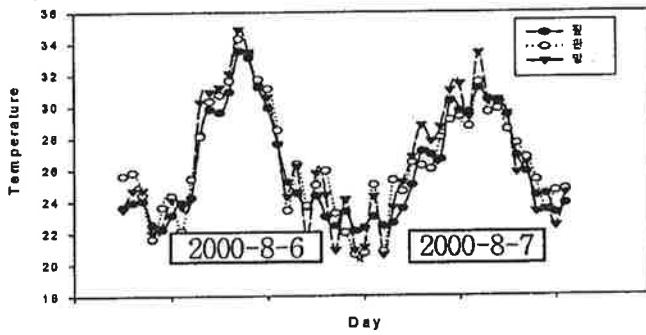


그림5-36. 여름철 재료별 온도분포
(Temperature of each Material on Summer)

■2000년 8월6일에서 7일까지의 여름철 재료별 온도분포는 차광망>차광판>짚의 순으로 나타났다. 가장 더운 여름철 시간대를 살펴보면, 망의 온도가 판의 온도보다 약 2℃정도 높게 나타났다.

2-4. 여름철 전주높이별 온도분포(2000. 8. 6~7)

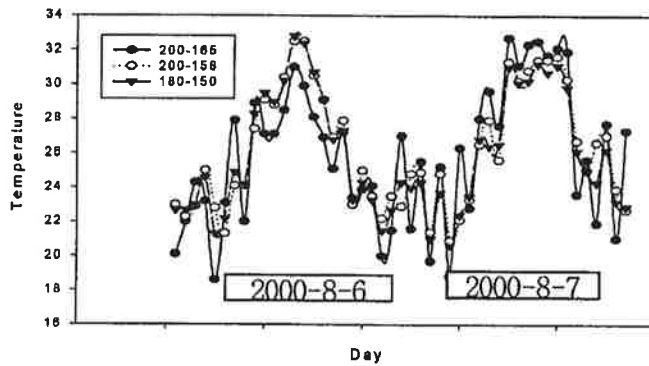


그림5-37. 여름철 전주높이별 온도분포
(Temperature of each Front Pole Height on Summer)

■2000년 8월6일에서 7일까지의 여름철 전주별 온도분포는 200-165>200-158 >180-150의 순으로 나타났다.

2-5. 온도의 세부분석

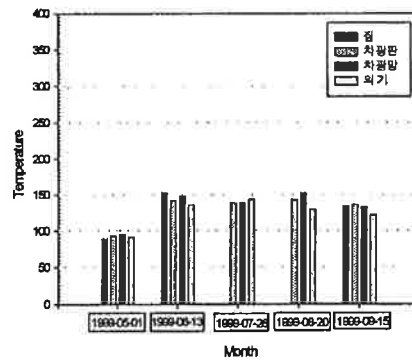
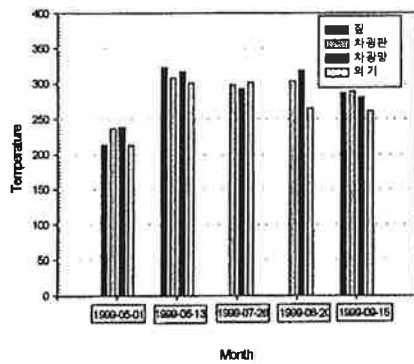


그림5-38. 일일별 재료에 대한 적산 온도
 그림5-39. 재료별 적산 온도(오전)
 (Daily Sum Temperature of Material) -Morning

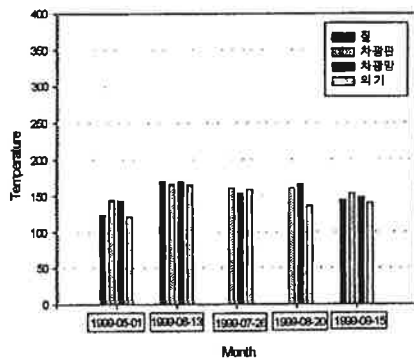


그림5-40. 재료별 적산 온도(오후)
 (Sum Temperature of Material)
 -Afternoon

오전 8시에서 17시, 8시에서 12시까지, 13시에서 17시까지 재료의 월별 온도적산치로 짚, 차광판, 차광망의 온도차가 분명하지 않음

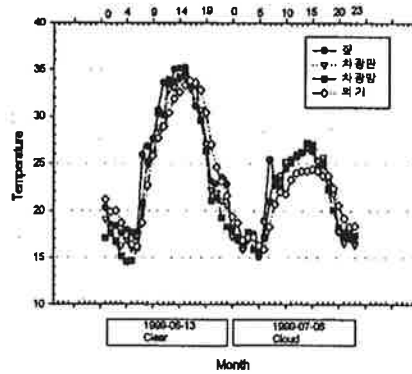
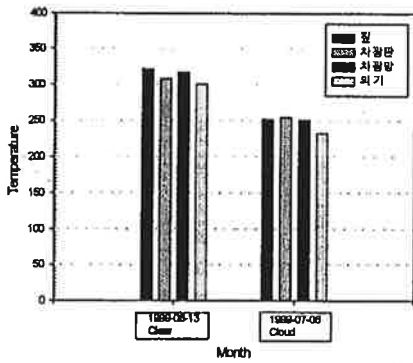


그림5-41. 날씨에 따른 재료별 적산 온도
 그림5-42. 날씨에 따른 재료별 일일 온도
 (Sum Temperature of Material on Weather Condition) (Daily Temperature of Material on Weather Condition)

오전 8시에서 17시까지 날씨별 온도 적산치와 분포로 짚, 판, 망의 온도 차가 분명하지 않다.

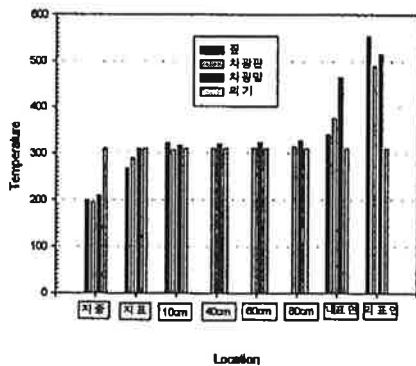


그림5-43. 날씨와 위치에 따른 재료별 적산 온도(6월13일-맑음)
 (Sum Temperature of each Front Pole on Weather Condition and Position)

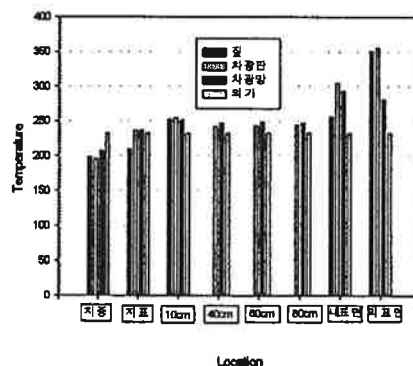


그림5-44. 날씨와 위치에 따른 재료별 적산 온도(7월6일-흐림)
 (Sum Temperature of each Front Pole on Weather Condition and Position)

맑은 날 오전8시부터 17시까지 날씨별 온도 적산치로 내외표면의 망 온도가 판 온도에 비해 높게 나타났고 전체적으로는 짚, 차광판, 차광망의 온도차가 분명하지 않고, 흐린 날 오전8시부터 17시까지 날씨별 온도 적산치로 내외표면의 망 온도가 판 온도에 비해 낮게 나타났고, 전체적으로 짚, 차광판, 차광망의 온도차가 분명하지 않다.

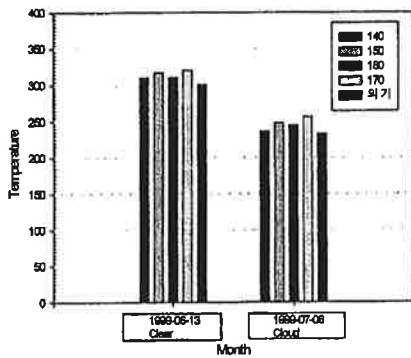


그림5-45. 날씨에 따른 전주높이별 적산 온도
(Morning Sum Temperature of each Front Pole on Weather Condition)

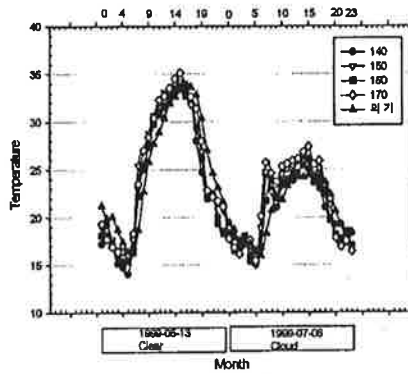


그림4-46. 씨에 따른 전주높이별 일일 온도
(Daily Temperature of each Front Pole of Seed)

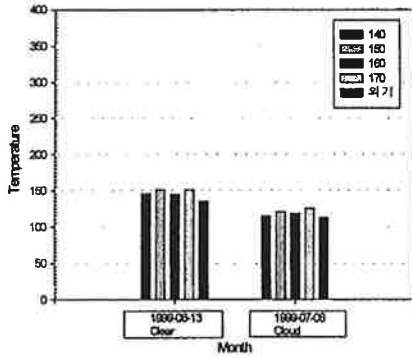


그림5-47. 날씨에 따른 전주높이의
오전 적산 온도
(Morning Sun Temperature of each
Front Pole on Weather Condition)

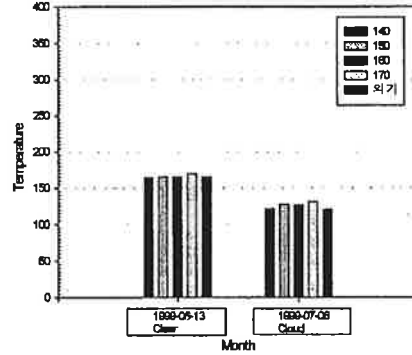


그림5-48. 날씨에 따른 전주높이의
오후 적산 온도
(Afternoon Sun Temperature of each
Front Pole on Weather Condition)

오전 8시에서 17시, 8시에서 12시, 13시에서 17시까지 날씨별 온도 적산
치로 전주높이별로 온도차가 분명하지 않음

3) 지중습도

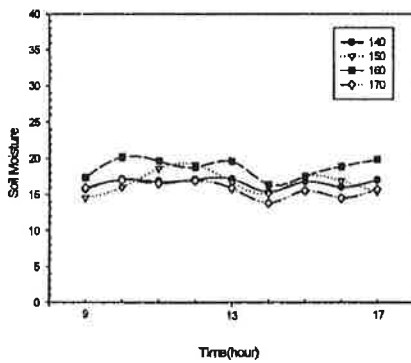


그림5-49. 전체 높이별 지중습도
(Underground Humidity of each
Height)

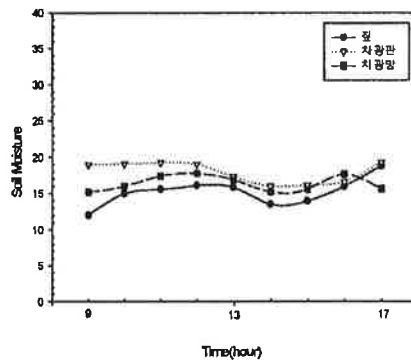


그림5-50. 전체 재료별 지중습도
(Underground Humidity of each
Material)

전 실험기간동안의 평균 지중습도로 재료별로는 차광판>차광망>짚의 순으로 전주높이별로는 차이가 보이지 않는다.

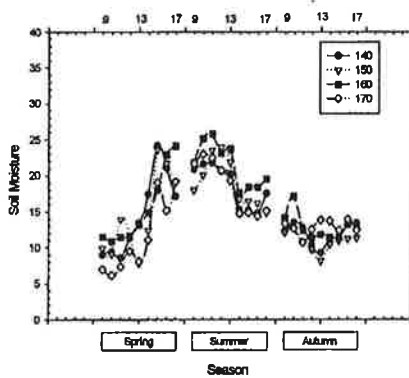


그림5-51. 높이에 따른 계절별 지중습도

(Seasonal Underground Humidity of each Height)

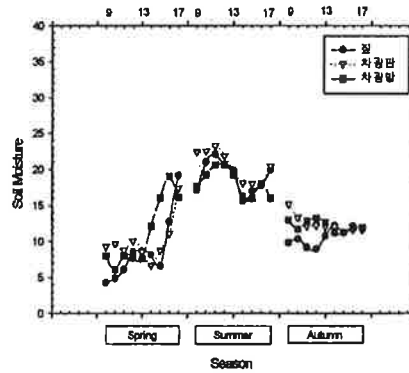


그림5-52. 재료에 따른 계절별 지중습도

(Seasonal Underground Humidity of each Material)

실험기간중 7월은 50mm 8월은 15mm 9월은 165mm의 강우량을 나타내고 있으며 여름철이 가장 높은 지중습도를 나타내고 있다.

전 실험기간동안의 처리별 평균 지중습도로 분포경향이 일정하지 않게 나타났다. 그 이유는 흙의 습기 전파율의 차이 및 중간마다 관수의 영향인 것으로 생각된다.

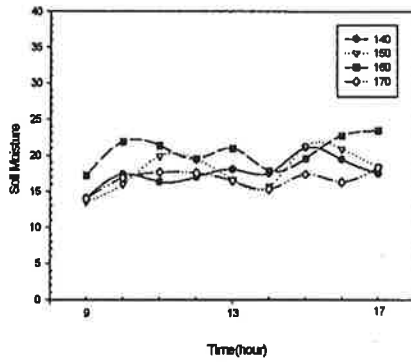


그림5-53. 맑은날 전주높이별 지중습도
(Underground Humidity of each Front Pole Height on Clear Day)

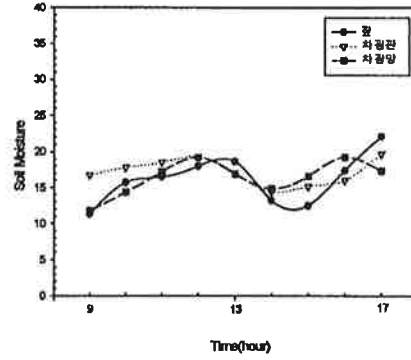


그림5-54. 맑은날 재료별 지중습도
(Underground Humidity of each Material on Clear Day)

전 실험기간동안의 맑은날 평균 지중습도로 분포경향이 일정하지 않는 것으로 나타났다.

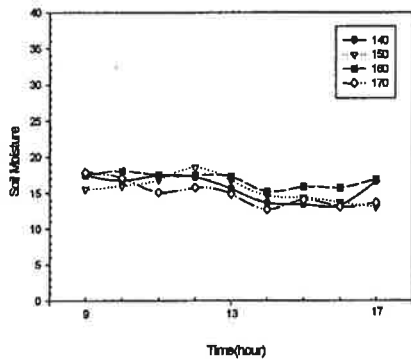


그림5-55. 흐린날 전주높이별 지중습도
(Underground Humidity of each Front Pole Height on Cloud Day)

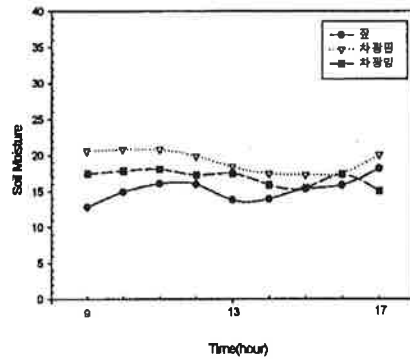


그림5-56. 흐린날 재료별 지중습도
(Underground Humidity of each Material on Cloud Day)

전 실험기간동안의 흐린날 평균 지중습도로 분포경향이 맑은날보다는 변화의 폭이 작아지는 경향이 있다.

해가림 시설을 재료(짚, 차광판, 차광망)에 따라 전기간, 흐린 날·맑은 날, 계절별(봄, 여름, 가을)로 구분하여 평균 지중습도의 분포특성을 분석해 보면 분포경향이 일정하지 않게 나타났다.

4) 기류속도 및 상대습도

4-1. 기류속도

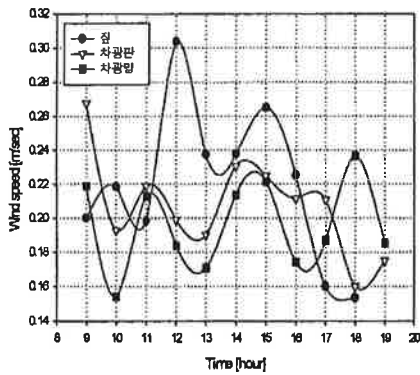


그림5-57. 전체 재료별 기류속도
(Wind Speed of each Material)

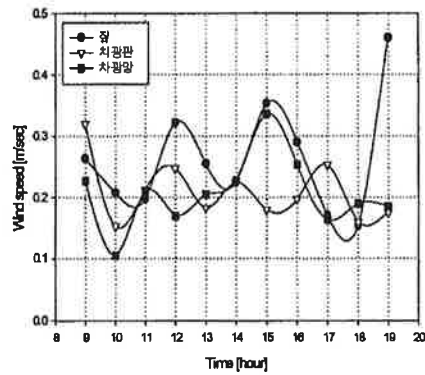


그림5-58. 봄철 재료별 기류속도
(Wind Speed of each Material on Spring)

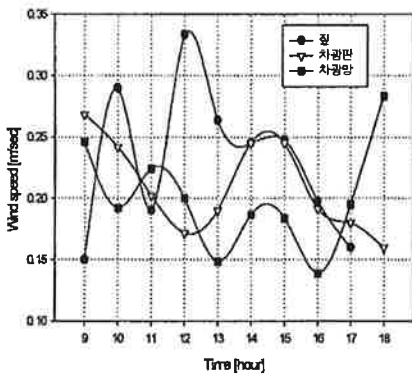


그림5-59. 여름철 재료별 기류속도
(Wind Speed of each Material on Summer)

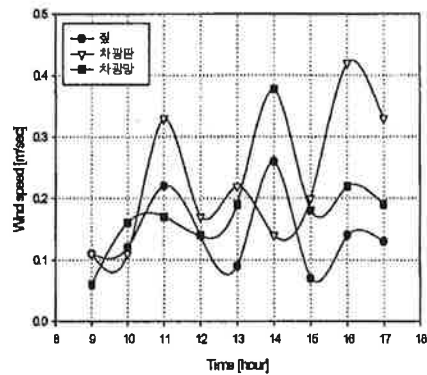


그림5-60. 가을철 재료별 기류속도
(Wind Speed of each Material on Autumn)

재료별 기류속도의 분포를 살펴보면 전기간동안의 속도는 짚, 차광판, 차광망이 각각 0.24, 0.20, 0.19(m/sec), 봄철 속도는 0.29, 0.20, 0.20(m/sec), 여름철 속도는 0.23, 0.20, 0.19(m/sec), 가을철 속도는 0.14, 0.22, 0.18(m/sec)로 나타났다.

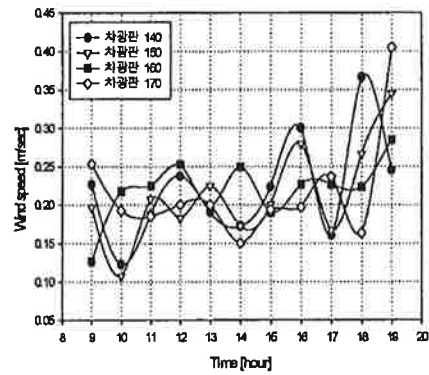
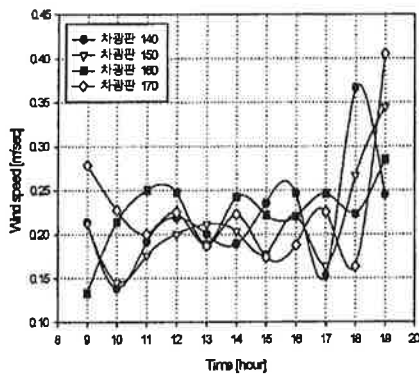


그림5-61. 전체 전주높이별 기류속도
(Wind Speed of each Front Pole Height)

그림5-62. 봄철 전주높이별 기류속도
(Wind Speed of each Front Pole Height on Spring)

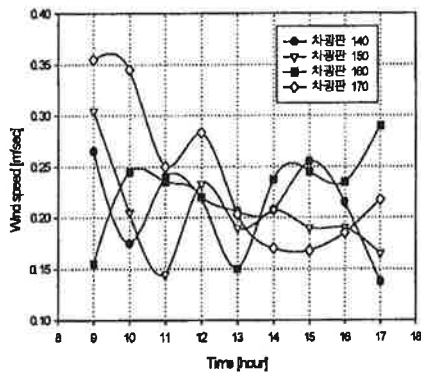


그림5-63. 여름철 전주높이별 기류속도

(Wind Speed of each Front Pole Height on Summer)

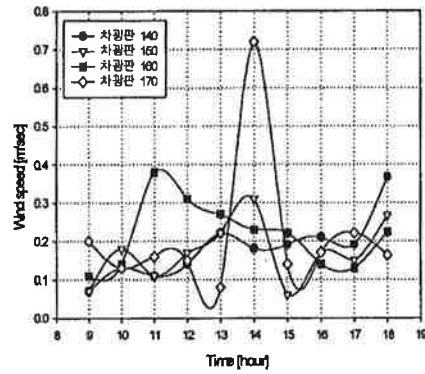


그림5-64. 가을철 전주높이별 기류속도

(Wind Speed of each Front Pole Height on autumn)

전주높이별 기류속도의 분포를 살펴보면 전기간동안의 속도는 140, 150, 160, 170이 각각 0.21, 0.21, 0.22, 0.22(m/sec), 봄철 속도는 0.22, 0.21, 0.22, 0.21(m/sec), 여름철 속도는 0.21, 0.20, 0.22, 0.24(m/sec), 가을철 속도는 0.16, 0.16, 0.21, 0.21(m/sec)로 나타났다.

4-2. 상대습도

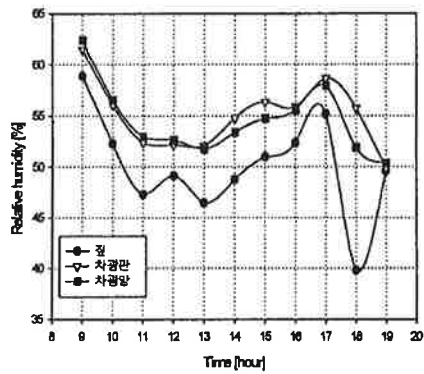


그림5-65. 전체 재료별 상대습도
(Relative Humidity of each Material)

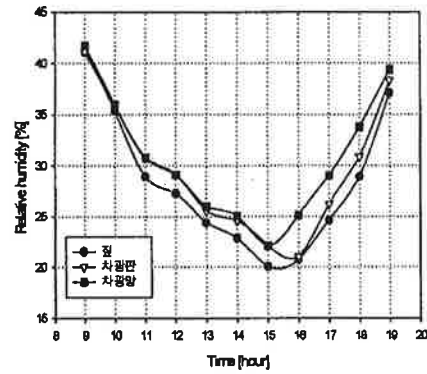


그림5-66. 봄철 재료별 상대습도
(Relative Humidity of each Material on Spring)

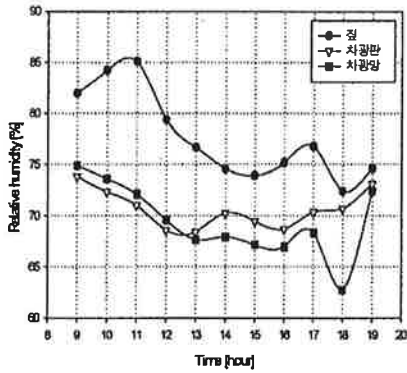


그림5-67. 여름철 재료별 상대습도 (Relative Humidity of each Material on Summer)

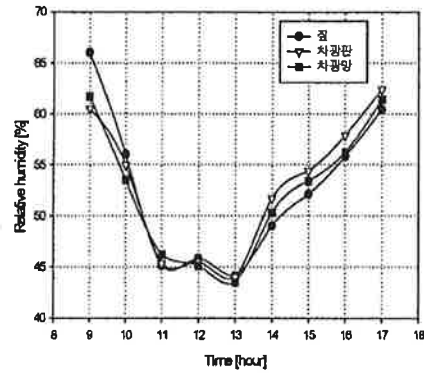


그림5-68. 가을철 재료별 상대습도 (Relative Humidity of each Material on Autumn)

재료별 상대습도의 분포를 살펴보면 전기간동안의 습도는 짚, 판, 망이 각각 50, 55, 54(%), 봄철 습도는 28, 29, 30(%), 여름철 습도는 77, 70, 69(%), 가을철 습도는 52, 52, 52(%)로 나타났다.

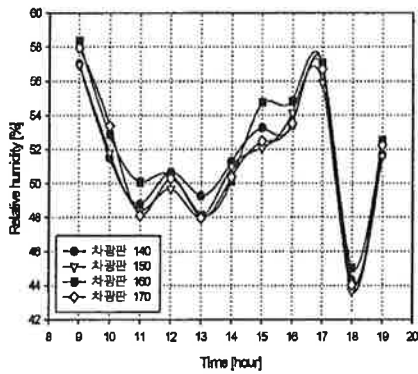


그림5-69. 전체 전주높이별 상대습도 (Relative Humidity of each front Pole Height)

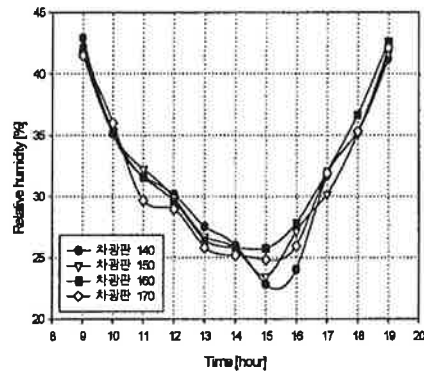


그림5-70. 봄철 전주높이별 상대습도 (Relative Humidity of each front Pole Height on Spring)

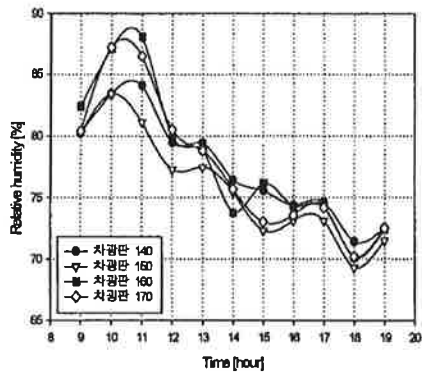


그림5-71. 여름철 전주높이별 상대습도

(Relative Humidity of each front Pole Height on Summer)

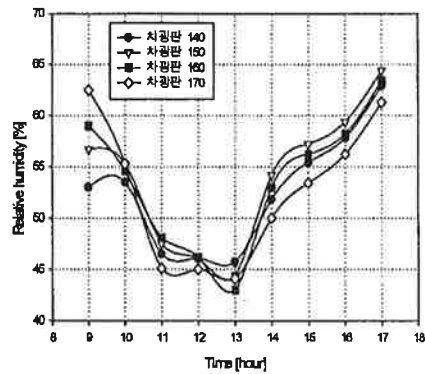


그림5-72. 가을철 전주높이별 상대습도

(Relative Humidity of each front Pole Height on Autumn)

전주높이별 상대습도의 분포를 살펴보면 전기간동안의 습도는 140, 150, 160, 170이 각각 51, 51, 52, 51(%), 봄철 습도는 31, 31, 32, 31(%), 여름철 습도는 77, 75, 77, 77(%), 가을철 습도는 52, 53, 53, 52(%),로 나타났다.

재료별 전주높이별 기류는 0.14~0.24(m/sec)의 미기류가 흐르고, 상대습도는 여름철을 제외하고는 외기의 상대습도와 비슷한 분포를 나타낸다.

4-3. 지중습도

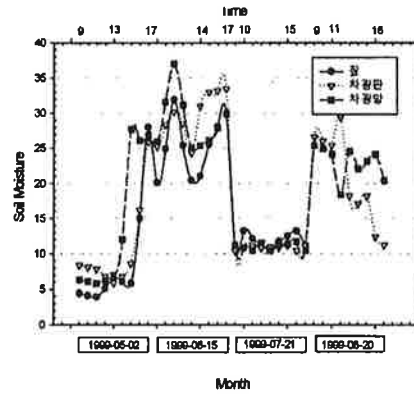
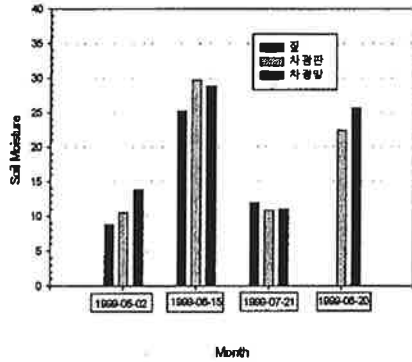


그림5-73. 재료별 평균 지중습도 _b 그림5-74. 재료별 일일 지중습도
(Average Underground Humidity of (Daily Underground Humidity of each Material)

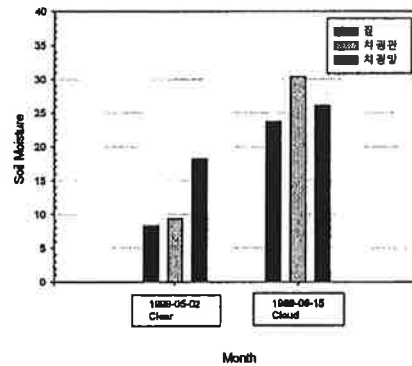
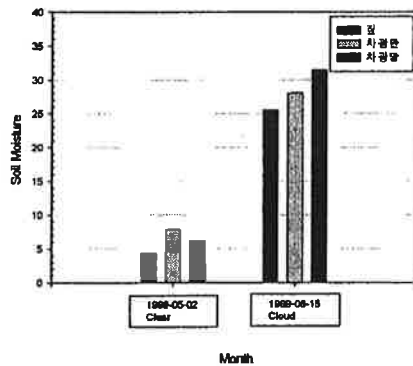


그림5-75. 날씨에 따른 재료별 평균 지중습도(오전)
(Average Underground Humidity of each Material on Weather Condition) -Morning

그림5-76. 날씨에 따른 재료별 평균 지중습도(오후)
(Average Underground Humidity of each Material on Weather Condition) Afternoon

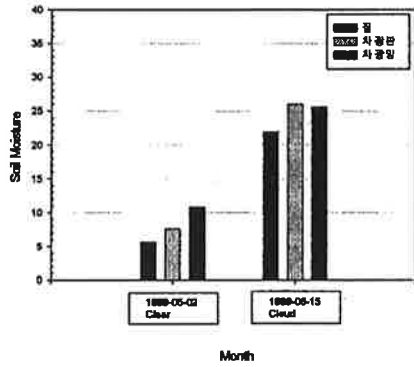


그림5-77. 날씨에 따른 재료별 일일 평균 지중습도
(Daily Average Underground Humidity of each Material on Weather Condition)

오전 9시에서 17까지, 9시에서 12시까지, 13시에서 16시까지 날씨에 따른 평균 지중습도로 분포경향이 일정하지 않은 것으로 나타났다..

오전 9시부터 17시까지 평균 지중습도와 분포경향이 재료에 따라 일정하지 않음

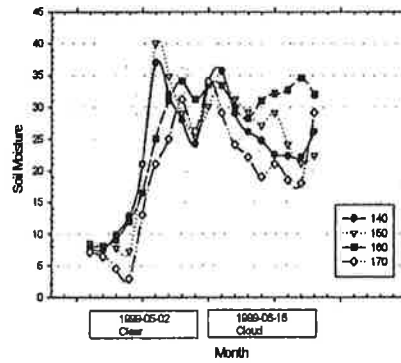
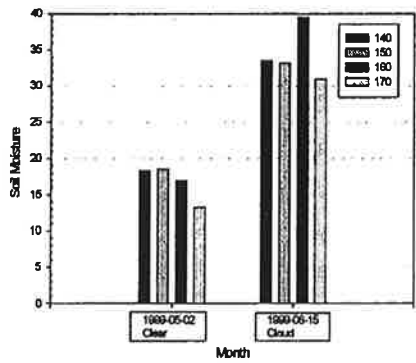


그림5-78. 날씨에 따른 전주높이별 일일 평균 지중습도 그림5-79. 날씨에 따른 전주높이별 일일 지중습도
 (Daily Average Underground Humidity of each Front Pole Height on Weather Condition) (Daily Underground Humidity of each Front Pole Height on Weather Condition)

오전 9시에서 17시까지 날씨에 따른 전주높이별 평균 지중습도로 분포경향이 일정하지 않다.

5) 외기 기상조건

5-1. 온도

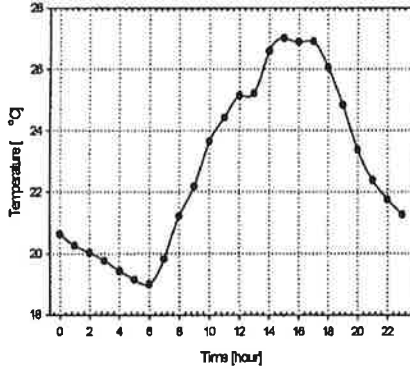


그림4-80. 전체 외기 온도
(Total open Air Temperature)

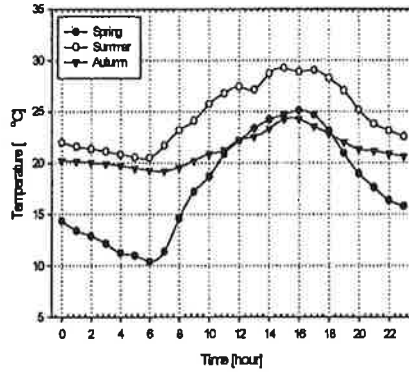


그림4-81. 계절별 외기 온도
(Seasonal open Air Temperature)

일교차는 봄>여름>가을의 순으로 나타났고 전체적으로 오후 2 ~ 5시에 온도가 가장 높게 분포되어 있다.

5-2. 습도

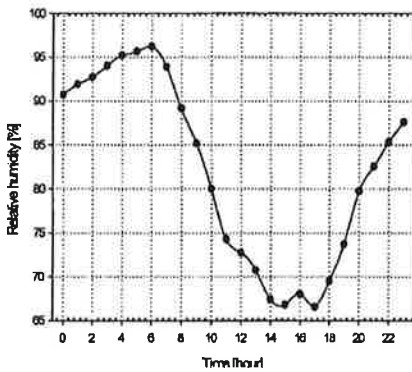


그림5-82. 전체 외기 습도
(Total open Air Humidity)

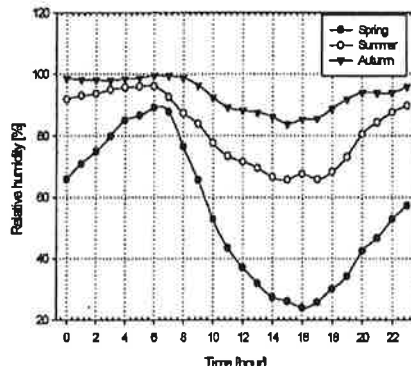


그림5-83. 계절별 외기 습도
(Seasonal Total open Air Humidity)

습도의 분포는 온도의 분포와 정반대로 나타나며, 습도의 차는 봄>여름>가을의 순으로 나타나고, 오후 2 ~ 5시사이의 습도가 가장 낮게 분포되어진다.

5-3. 일사량

12시에서 오후 2시 사이가 일사량이 가장 많은 시간이고 계절별로는 봄>여름>가을의 순으로 나타났다.

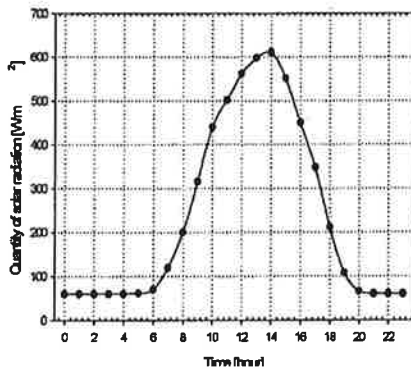


그림5-84. 전체 외기 일사량

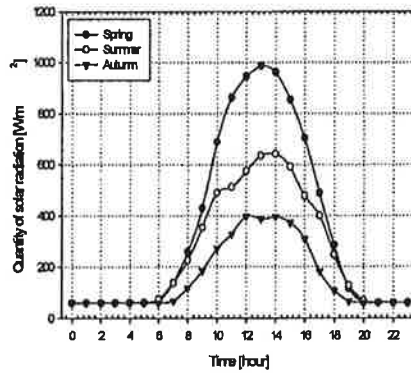


그림5-85. 계절별 외기 일사량

(Total Open Air Solar Radiation) (Seasonal open Air Solar Radiation)

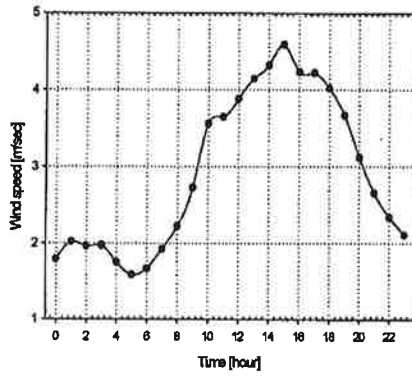


그림5-86. 전체 풍속
(Total Wind Speed)

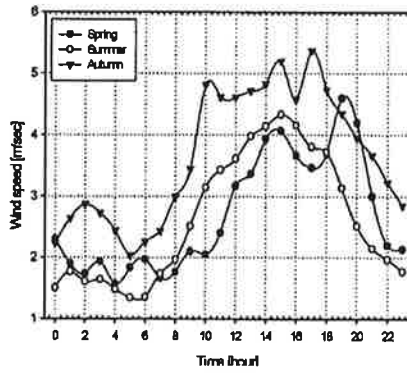


그림5-87. 계절별 풍속
(Seasonal Wind Speed)

5-4. 풍속

오후 2시에서 오후 4시 사이가 풍속이 가장 빠른 시간이고 계절별로는 가을>여름>봄의 순으로 나타났다.

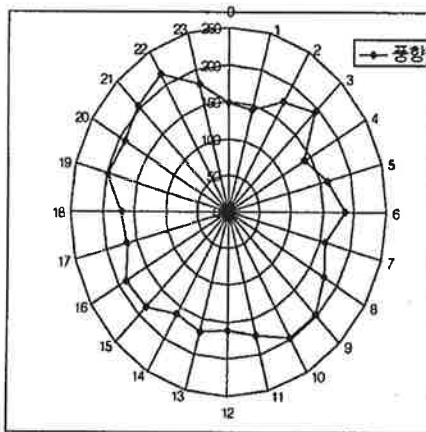


그림5-88. 전체 풍향
(Total Wind Direction)

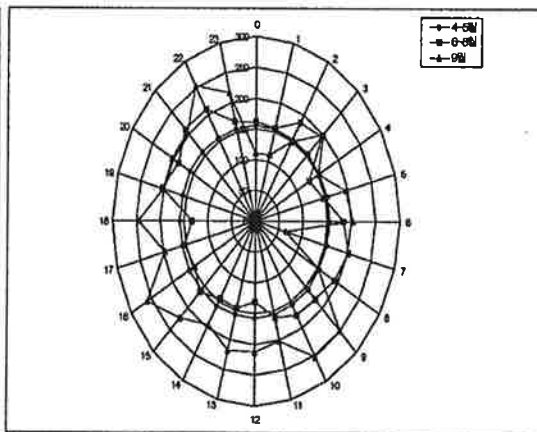


그림5-89. 계절별 풍향
(Seasonal Wind Direction)

5-5. 풍향

계절별로 봄철(4 ~ 5월)에는 남동풍, 여름(6 ~ 7월)에는 남동 ~ 남서풍, 가을(9월)에는 남동 ~ 남서풍이 불었다.

5-6. 강우량

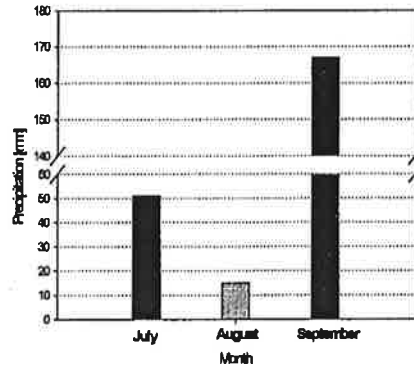


그림5-90. 월별 강우량

7월에는 50mm, 8월에는 15mm, 9월에는 165mm 정도로 9월>7월>8월의 순으로 강우량이 많이 나타났다.

측정된 외기 환경요소의 변화를 종합하면 일교차는 봄>여름>가을, 습도의 차는 봄>여름>가을, 일사량은 봄>여름>가을, 풍속은 가을>여름>봄, 풍향은 봄철에는 남동풍, 여름에는 남동 ~ 남서풍, 가을에는 남동 ~ 남서풍, 강수량은 9월>7월>8월의 순으로 나타났다.

2. 상관도 분석

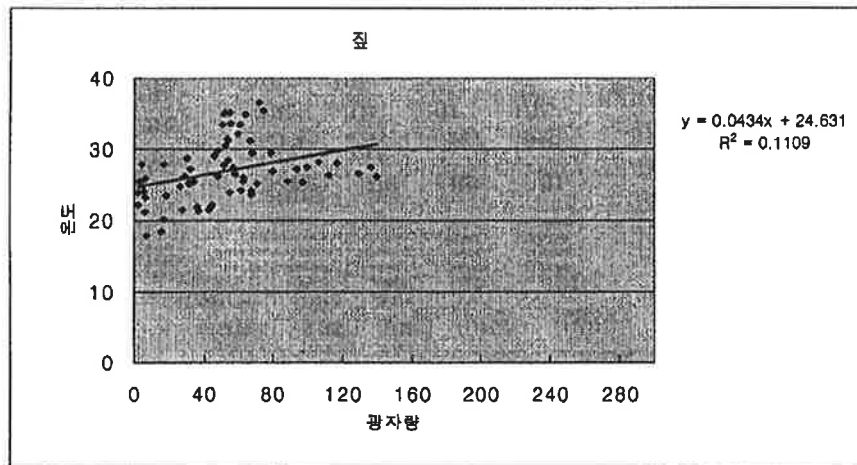


그림5-91. 짚의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후)
(Relationships between the Temperature and Quantum of
Straw)Measurement Term -Afternoon

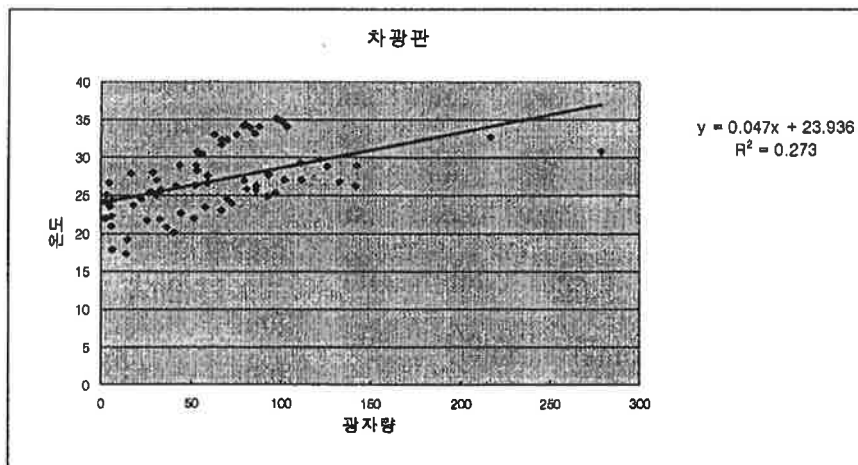


그림5-92. 차광판의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후)
(Relationships between the Temperature and Quantum of Shade
Plate)Measurement Term -Afternoon

4, 5, 6, 7, 9월의 측정된 오후 온도와 광자량의 관계로 짚, 차광판, 차광망의 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

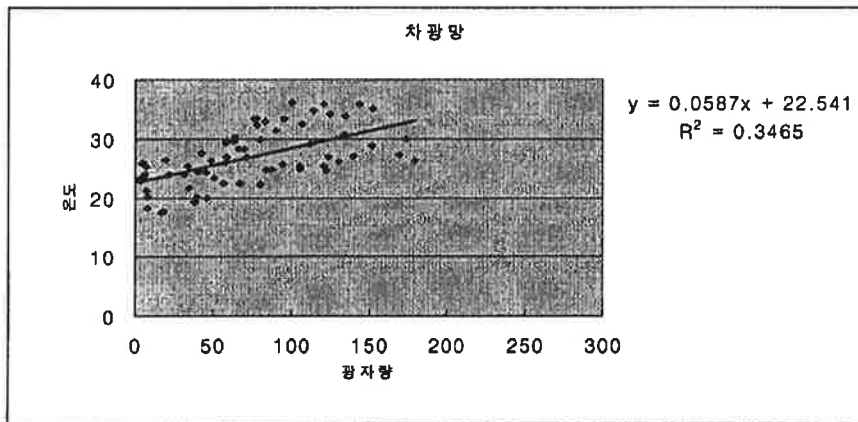


그림5-93. 차광망의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후)
(Relationships between the Temperature and Quantum of Shade Net)Measurement Term -Afternoon

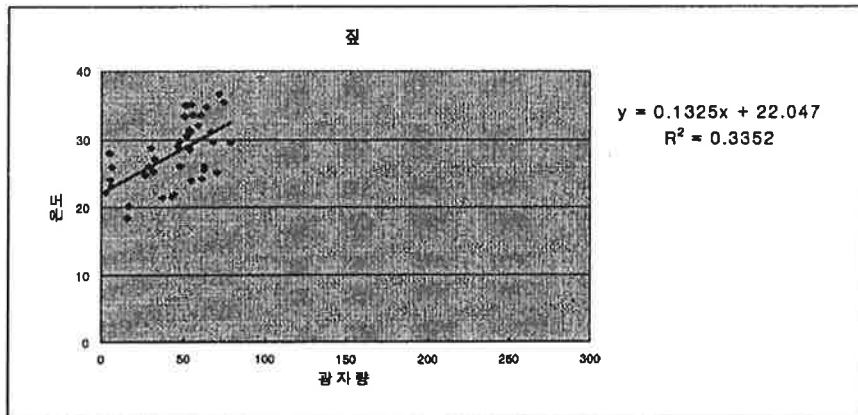


그림5-94. 짚의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후 맑은날)
(Relationships between the Temperature and Quantum of Straw)Measurement Term -Afternoon Clear Day

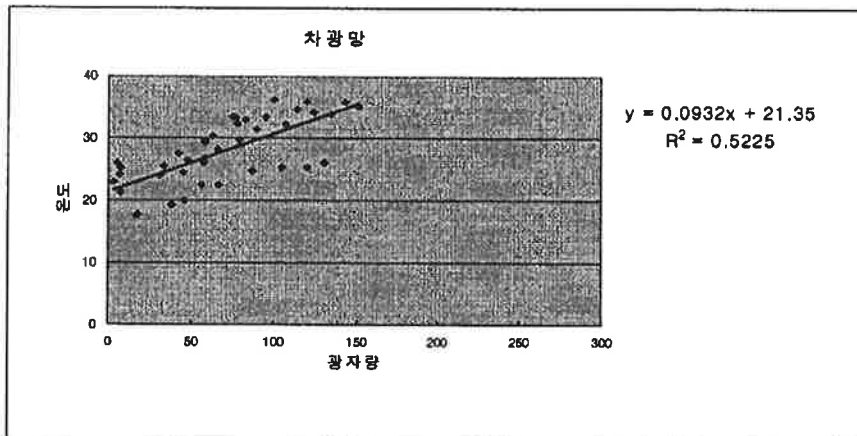


그림5-95. 차광망의 온도와 광자량의 관계(측정기간 -오후 맑은날)
(Relationships between the Temperature and Quantum of Shade
Net)Measurement Term -Afternoon Clear Day

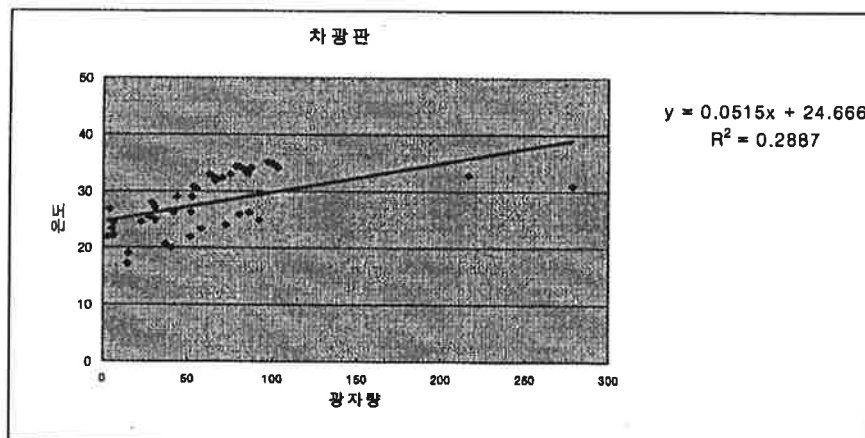


그림5-96. 차광판의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후
맑은날)
(Relationships between the Temperature and Quantum of Shade
Plate)Measurement Term -Afternoon Clear Day

4, 5, 6, 7, 9월 측정된 오후 흐린날 온도와 광자량의 관계로 짚, 차광판, 차광망 모두 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

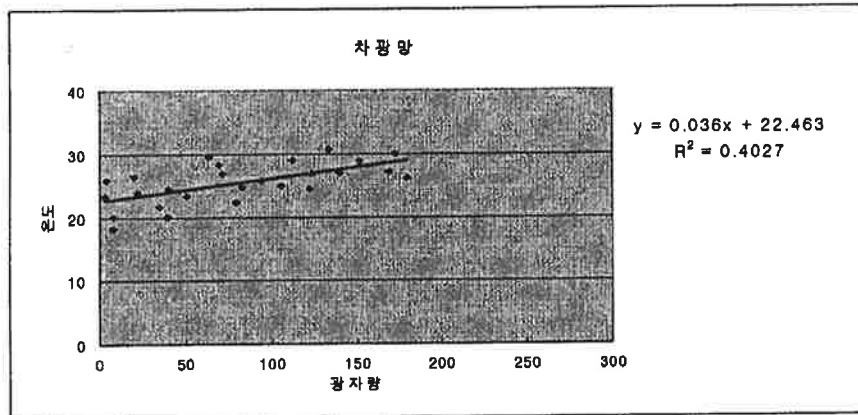


그림5-97. 차광망의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후 흐린날)

(Relationships between the Temperature and Quantum of Shade Plate) Measurement Term -Afternoon Cloud Day

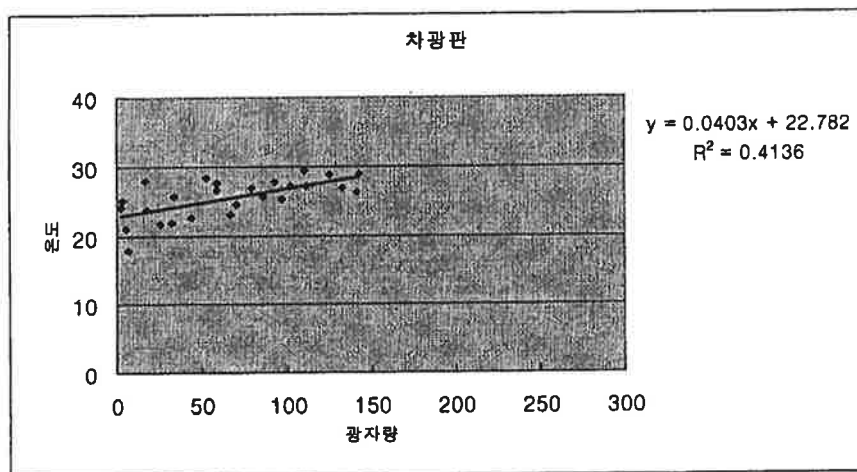


그림5-98. 차광판의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후 흐린날)

(Relationships between the Temperature and Quantum of Shade net) Measurement Term -Afternoon Cloud Day

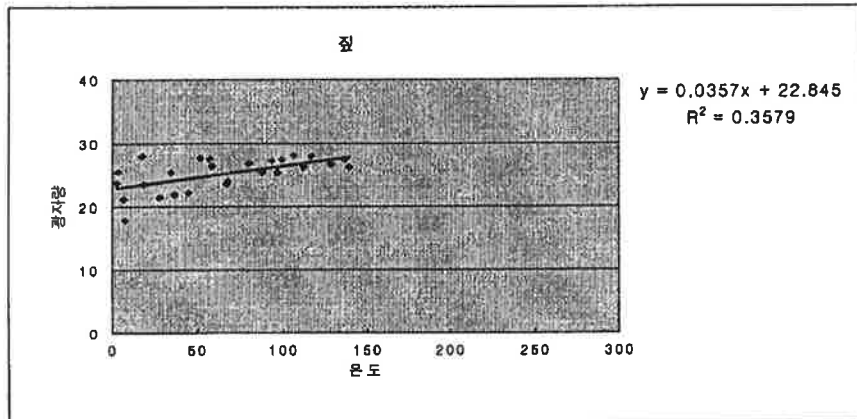


그림5-99. 짚의 온도와 광자량의 관계(측정기간 - 오후 흐린날)
(Relationships between the Temperature and Quantum of
Straw)Measurement Term -Afternoon Cloud Day

4, 5, 6, 7, 9월 측정된 오후 흐린날 온도와 광자량의 관계로 짚의 상관계수가 0.9579로 상관성이 높은 것으로 나타났고 비누수 차광판과 차광망의 상관성이 없는 것으로 나타났다.

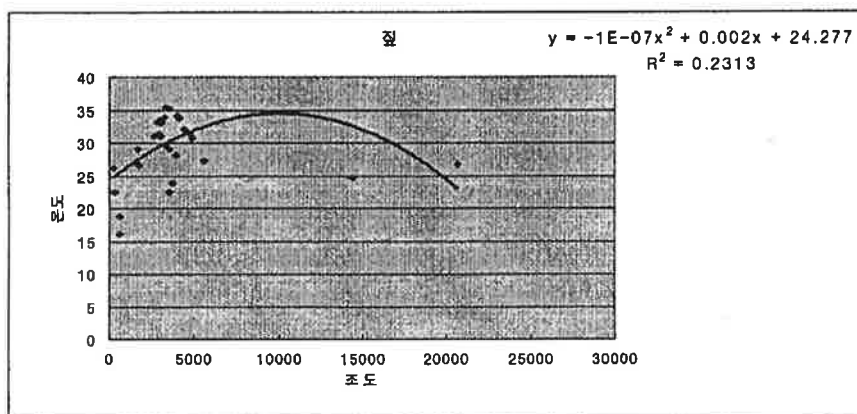


그림5-100. 짚의 온도와 조도의 관계(측정기간 - 여름철)
(Relationships between the Temperature and Illuminance of
Straw)Measurement Term -Summer

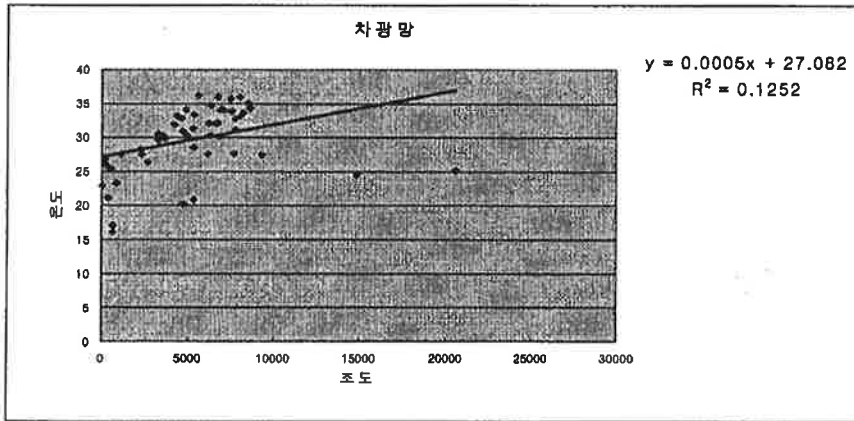


그림5-101. 차광망의 온도와 조도의 관계(측정기간 - 여름철)
(Relationships between the Temperature and Illuminance of Shade net) Measurement Term -Summer

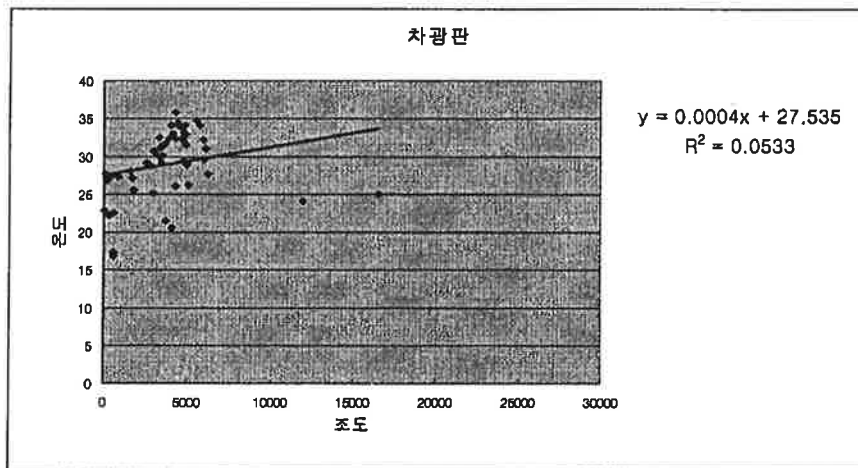


그림5-102. 차광판의 온도와 조도의 관계(측정기간 - 여름철)
(Relationships between the Temperature and Illuminance of Shade Plate) Measurement Term -Summer

6,7월 측정된 값, 차광판, 차광망의 온도와 조도의 관계로 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

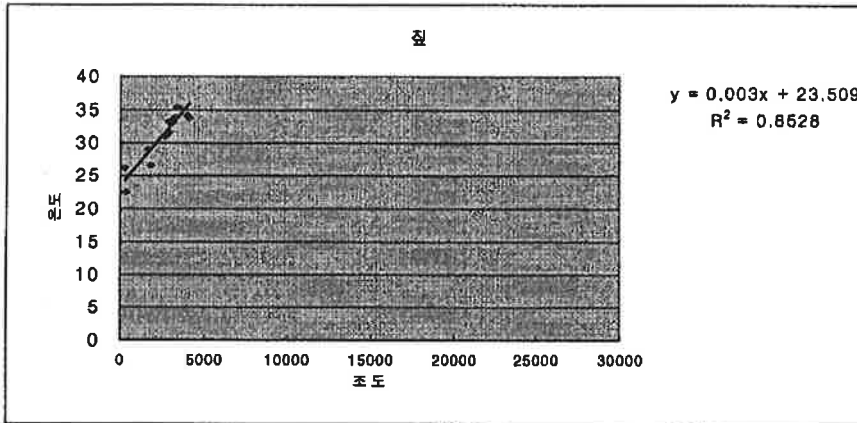


그림5-103. 짚의 온도와 조도의 관계(측정기간 - 여름철 오후)
(Relationships between the Temperature and Illuminace of
Straw)Measurement Term -Summer Afternoon

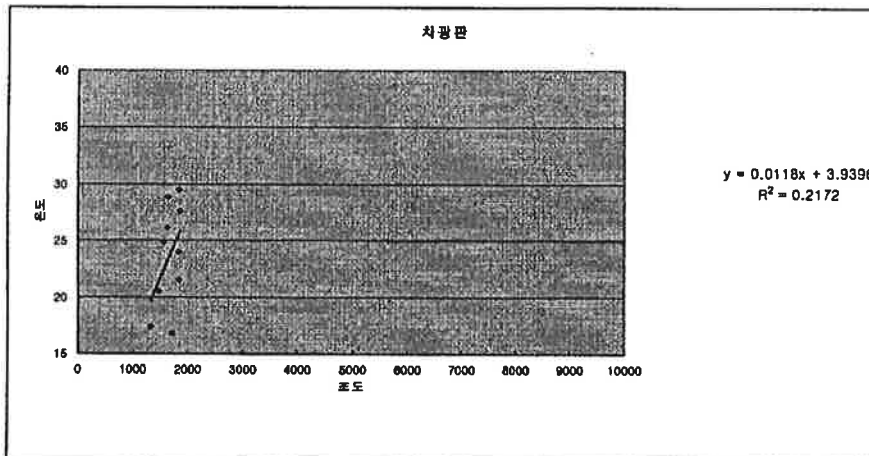


그림5-104. 차광판의 온도와 조도의 관계(측정기간-여름철
일출~오전10시까지)
(Relationships between the Temperature and Illuminace of Shade
Plate)Measurement Term -Summer Morning

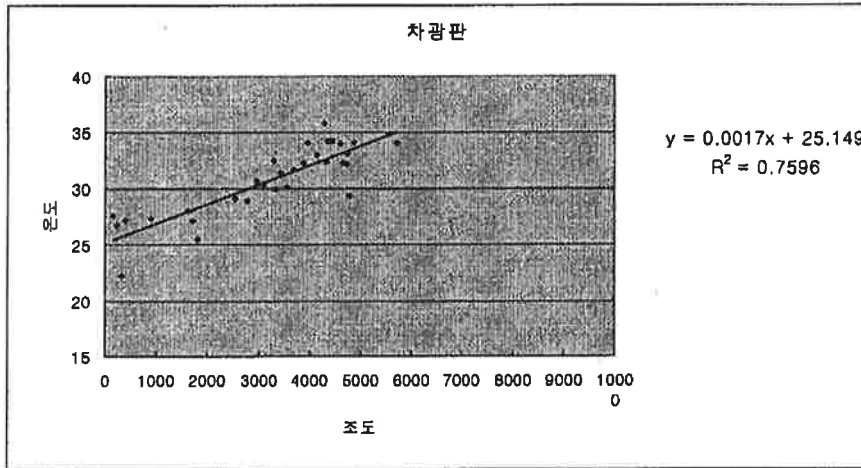


그림4-105. 차광판의 온도와 조도의 관계(측정기간 - 여름철 오전10~일몰까지)
(Relationships between the Temperature and Illuminance of Shade Plate) Measurement Term -Summer Afternoon

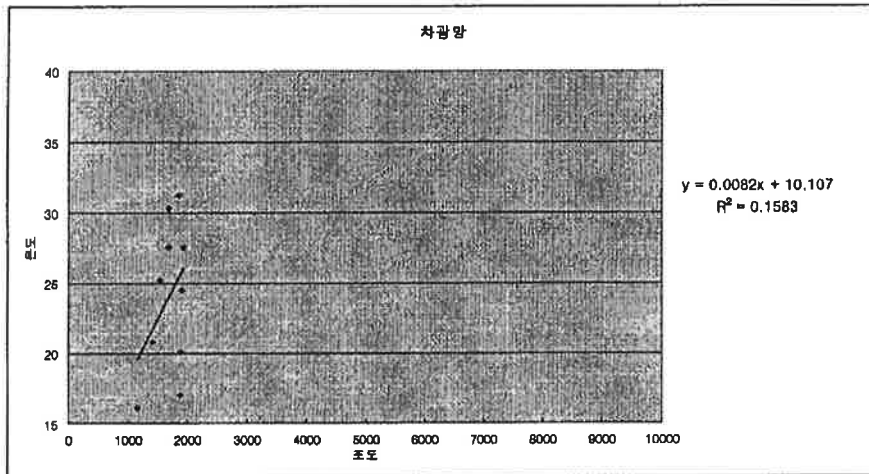


그림 4-106. 차광망의 온도와 조도의 관계(측정기간-여름철 일출~오전10시까지)
(Relationships between the Temperature and Illuminance of Shade Net) Measurement Term -Summer Morning

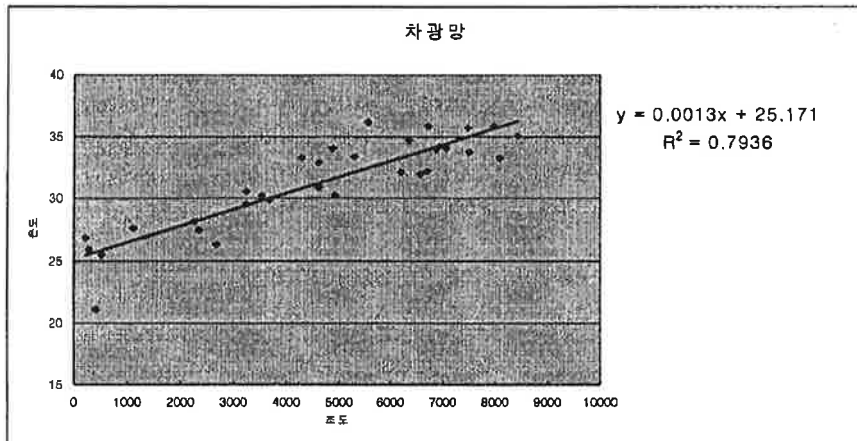


그림4-107. 차광망의 온도와 조도의 관계(측정기간 - 여름철 오전10~일몰까지)
(Relationships between the Temperature and Illuminance of Shade Net) Measurement Term -Summer Afternoon

광합성의 시간적 특성을 고려하여, 차광망과 차광판에 대한 조도와 온도와의 상관도를 시간별로 살펴본 결과, 판과 망 공통되게 오전시간대에는 상관도가 낮게 나타났다. 이것의 원인은 오전 시간대는 주변환경의 축냉과 일출 후 직달일사에 의한 급격한 조도상승과 그 후에 조도의 증가가 낮은 반면 온도는 꾸준히 상승하여 상관관계가 낮게 나타난 것으로 생각된다. 오후 시간대는 상관도가 0.7~0.8 정도로 높게 나타났다.

3. 광자량(Quantum)과 조도(Lux)와의 관계식

식물의 광합성은 앞에서 가시광선을 흡수하여 일어나는데, 이때 주로 광합성에 이용되는 스펙트럼은 430~470[nm]파장의 청색의 빛과 620~670[nm]파장의 적색의 빛인 것으로 알려져 있다.

특히 적색의 빛은 광합성량이 최대로 일어나게 한다. 따라서 자연광은 청색계통에서 적색계통까지의 모든 스펙트럼을 포함하므로 식물의 광합성에 가

장 적합한 빛이라 할 수 있다.

식물의 생육에 필요한 광량의 단위는 인체의 눈이 느낄 수 있는 밝기의 단위인 조도(Lux)보다는 광합성 효율 측정시 일반적으로 사용되는 광자량 ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 \text{s}$)을 사용하는데 본 연구에서는 광자량 센서 제조회사인 LI-COR(LI-COR1991)사에서 제시한 조도와 광자량의 관계를 나타내는 식을 사용하여 측정된 조도로부터 광자량을 계산하였다..

$$\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2} (\text{PAR})$$

표5-1. 여러 가지 빛의 변환 값들 (PAR 파장 400~700 nm)-LI0-CO 사 제공

변환 \ 종류	Daylight	Metal halide	Sodium (HP)	Mercury	White fluor	Incand
$W m^{-2} (\text{PAR})$ to $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2} (\text{PAR})$		4.6	5.0	4.7	4.6	5.0
$klux$ to $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2} (\text{PAR})$	18	14	14	14	12	20
$klux$ to $W m^{-2} (\text{PAR})$	4.0	3.1	2.8	3.0	2.7	4.0

위의 표에서 주광의 조도를 광자량으로 변환하는 값을 이용하였다.

$$Q=0.018E$$

단, Q : 광자량 [$\mu\text{mol} / \text{m}^2 \text{s}$]

E : 조도[Lx]

4. 적정환경지표 설정

다중회귀분석결과 인삼생육에 가장 적합한 미기상 지표조건중의 하나는 다음과 같다.

Ta(잎주변온도)= $0.667 \times (\text{외기온도 } VAR^3) + 0.005525 \times (\text{일사량 } VAR^2) + 0.00852 \times (\text{광자량 } VAR^4) + 5.182$ 이다. 이때의 상관도는 $R^2=0.975$ 로 아주 높게 나타났다.

Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	VAR00004, VAR00003, VAR00002 ^a		Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: VAR00001

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.987 ^a	.975	.968	.9399

- a. Predictors: (Constant), VAR00004, VAR00003, VAR00002

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	379.619	3	126.540	143.225	.000 ^a
	Residual	9.719	11	.884		
	Total	389.337	14			

- a. Predictors: (Constant), VAR00004, VAR00003, VAR00002
b. Dependent Variable: VAR00001

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6.182	1.530		3.388	.006
	VAR00002	5.525E-03	.001	.381	6.083	.000
	VAR00003	.677	.059	.705	11.382	.000
	VAR00004	8.520E-03	.004	.107	2.114	.058

- a. Dependent Variable: VAR00001

제 4 절 연구결과 요약

가. 재료별에 따른 광자량의 크기는 차광망>차광판>짚의 크기 순서로 나타났고, 전주높이별은 170>150>140(cm)의 순으로, 2차년도에는 200-165>200-158>180>150의 순으로 광자량이 높게 나타났다

전주높이별 여름철 맑은날 광자량은 차광망>차광판>짚의 순으로 오전 9 ~ 10시경의 최고점에서 약 40 ~ 50um정도의 차이를 나타내었다.

그리고 재료별로 살펴본 결과, 여름철 맑은날에서 광자량은 170 >150>140의 순으로 약 30 ~ 40um정도의 차이를 보였다.

그리고 온도와 광자량과의 상관관계는 측정기간동안 누적된 상황에서 여름철 맑은날 오후에 한해서만 상관관계가 짚, 차광판, 차광망 각각 0.8528, 0.7596, 0.7936으로 높고 그 외는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

나. 해가림시설을 재료(짚, 차광판, 차광망)에 따라 전기간, 흐린 날·맑은 날, 계절별 (봄, 여름, 가을)로 구분하여 온도의 분포특성을 분석해 보면 측정기간동안 누적된 상황에서 여름철 맑은날에 한해서만 망>판, 170>160, 150>140순으로 나타났고 그 외는 재료별, 전주높이별의 온도차가 분명하지 않게 나타났다. 그리고 가장 더운 여름철 시간대인 2 ~ 3시경에서 망의 온도가 판의 온도보다 약 2℃정도 높게 나타났다.

다. 해가림시설을 재료(짚, 차광판, 차광망)에 따라 전기간, 흐린 날·맑은 날, 계절별(봄, 여름, 가을)로 구분하여 평균 지중습도의 분

포특성을 분석해 보면 분포경향이 일정하지 않게 나타났다.

라. 재료별 전주높이별 기류는 0.14 ~ 0.24(m/sec)의 미기류가 흐르고, 상대습도는 여름철을 제외하고는 외기의 상대습도와 비슷한 분포를 나타낸다.

마. 본 연구는 제한된 시간에 실시된 실험에 의한 결과임으로, 미기상과 관련된 외부환경온도가 변화되면 본 연구결과에 차이가 있을 수 있으며, 따라서 추후에도 지속적인 연구를 하여 표준적이고 일반적인 연구결과의 도출이 필요하다.

바. 다중회귀분석결과 인삼생육에 적합한 미기상 지표조건은 T_a (실내온도) = $0.677 \times (\text{외기온도}) + 0.005525 \times (\text{일사량}) + 0.00852 \times (\text{광자량}) + 5.182$ 이다

제 6장. 빛과 열에너지의 실험 및 이론해석

제 1 절 서 설

본 장에서는 인삼의 생육에 영향을 미치는 빛에너지의 투과와 일조조건에 대하여 실험 및 이론해석을 하였다. 그리고 다양한 인삼농가의 재배조건에 따른 미기상조건의 변화에 대하여 수치해석을 이용한 시뮬레이션을 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1) 반사율 및 투과율 측정실험

①시험방법(Test Method): 한국표준과학연구원의 표준분광광도계(Varian, Cary5E)를 사용하여, 아래의 시료에 대하여 파장 380-780nm영역에서의 분광 반사율(정반사성분 포함) 및 분광투과율(총투과율)을 시험한 결과이다.

②시료 설명

시료1. 반사 앞면 : 부직포+은박지+PE직포 중 PE직포면

반사 뒷면 : 부직포+은박지+PE직포 중 부직포면

시료2. 재료설명: 은분PE직포 + 부직포

앞면반사: 은분PE직포면

뒷면반사: 부직포면

투과 :

시료3. 재료설명: 은분코팅무색PE직포+부직포

앞면반사: 은분코팅면

뒷면반사: 무직포면

투과 :

시료4. 신발깔창(농가통상명: 신발제조업부산물)

(반사, 투과한 망량조사 : 3mm내외의 한 재질)

시료5. 청색비닐: 중국식 삼포용 자재 3.3×2.4m가 1kg이라함.

시료6. 백코팅PE직포: 최근 농가에서 기초자료로 사용한 후 윗면에

차광망을 설치하여 사용.

(주) +는 PE합지제로 처리하여 한점의 의미로 읽어야함.

설명없는 PE직포는 무색PE직포임

제 3 절 시험결과 및 고찰

1. 시료별 반사율과 투과율

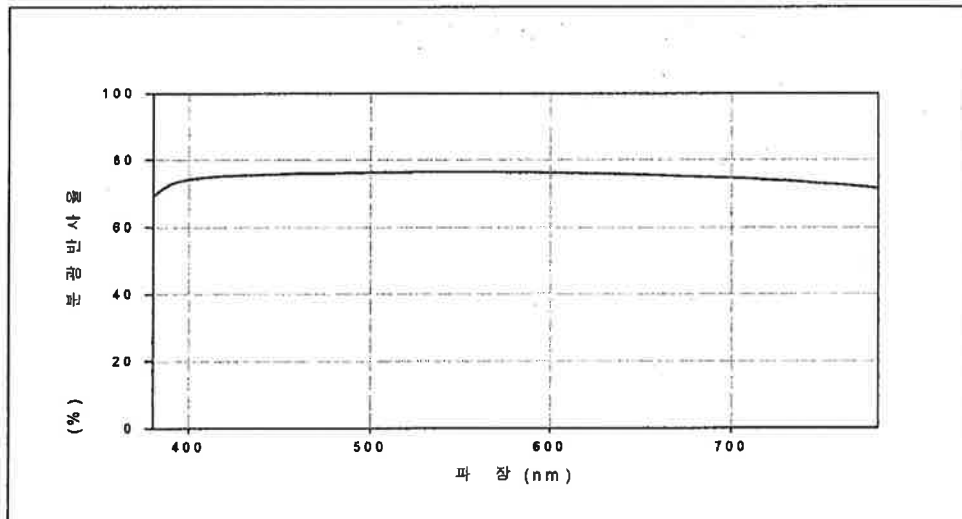


그림6-1. 시료명: 차광판-1 반사율(앞면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	71.62	640	75.85	500	76.36
770	72.14	630	76.03	490	76.29
760	72.64	620	76.12	480	76.14
750	73.00	610	76.21	470	76.10
740	73.45	600	76.31	460	76.05
730	73.86	590	76.37	450	75.83
720	74.13	580	76.40	440	75.73
710	74.50	570	76.45	430	75.51
700	74.70	560	76.45	420	75.36
690	74.93	550	76.51	410	74.94
680	75.12	540	76.52	400	74.26
670	75.31	530	76.48	390	72.83
660	75.56	520	76.42	380	69.22
650	75.71	510	76.41		

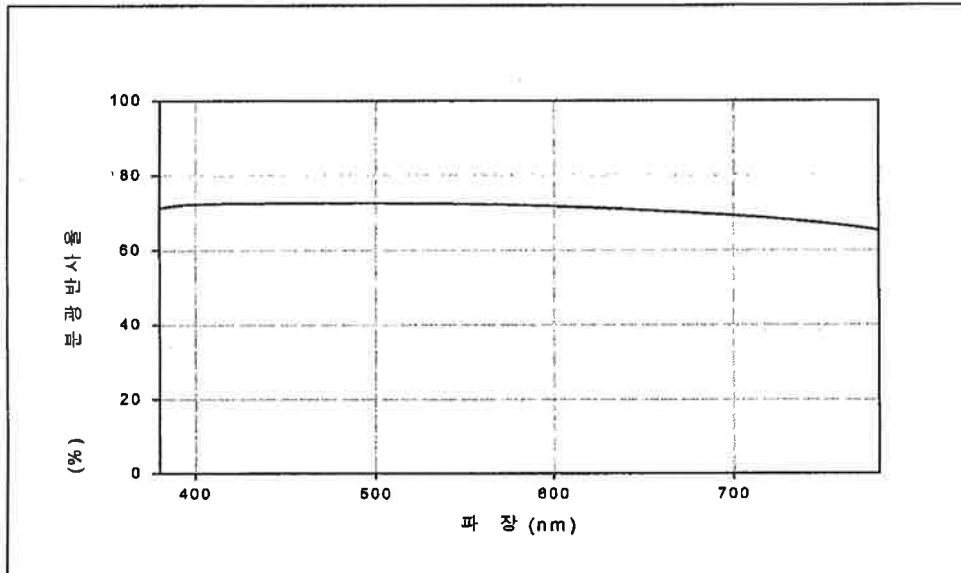


그림6-2. 시료명: 차광판-1 반사율(뒷면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	65.19	640	70.90	500	72.57
770	65.92	630	71.14	490	72.57
760	66.54	620	71.35	480	72.49
750	67.08	610	71.51	470	72.59
740	67.56	600	71.70	460	72.60
730	68.02	590	71.85	450	72.55
720	68.46	580	72.03	440	72.56
710	68.87	570	72.14	430	72.47
700	69.20	560	72.22	420	72.54
690	69.52	550	72.32	410	72.36
680	69.82	540	72.39	400	72.27
670	70.11	530	72.42	390	71.99
660	70.38	520	72.46	380	71.20
650	70.64	510	72.52		

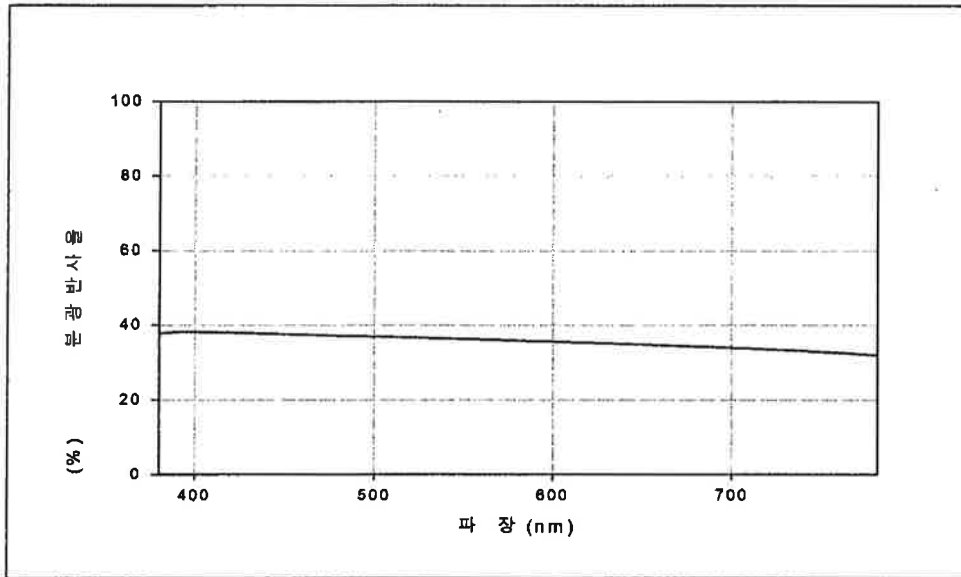


그림 6-3. 시료명: 차광판-2 반사율(앞면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	32.00	640	35.04	500	36.95
770	32.30	630	35.21	490	37.07
760	32.60	620	35.36	480	37.17
750	32.85	610	35.49	470	37.32
740	33.12	600	35.66	460	37.48
730	33.34	590	35.80	450	37.57
720	33.55	580	35.92	440	37.73
710	33.80	570	36.06	430	37.83
700	33.97	560	36.19	420	38.02
690	34.16	550	36.33	410	38.10
680	34.33	540	36.46	400	38.19
670	34.51	530	36.58	390	38.16
660	34.70	520	36.69	380	37.67
650	34.86	510	36.82		

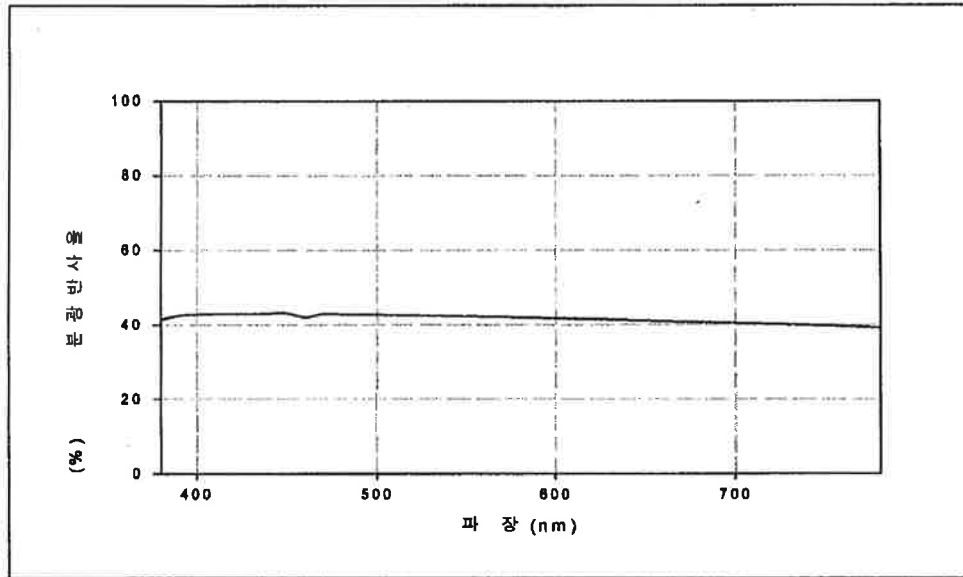


그림 6-4. 시료명: 차광판-2 반사율(뒷면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	39.22	640	41.32	500	42.77
770	39.42	630	41.47	490	42.85
760	39.65	620	41.59	480	42.90
750	39.77	610	41.71	470	43.03
740	39.94	600	41.85	460	42.12
730	40.10	590	41.96	450	43.13
720	40.23	580	42.05	440	43.15
710	40.42	570	42.16	430	43.10
700	40.51	560	42.25	420	43.10
690	40.66	550	42.36	410	43.02
680	40.76	540	42.45	400	42.90
670	40.89	530	42.54	390	42.57
660	41.05	520	42.59	380	41.45
650	41.18	510	42.68		

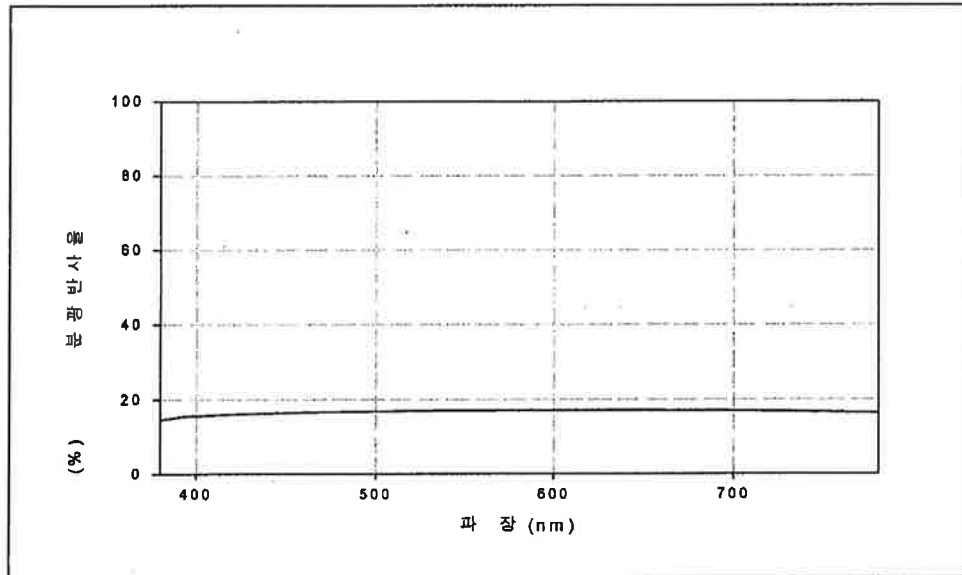


그림 6-5. 시료명: 차광판-2 투과율, 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)
780	16.48	640	17.18	500	16.88
770	16.55	630	17.19	490	16.82
760	16.61	620	17.18	480	16.77
750	16.72	610	17.19	470	16.70
740	16.78	600	17.21	460	16.62
730	16.87	590	17.19	450	16.51
720	16.93	580	17.18	440	16.39
710	16.96	570	17.15	430	16.25
700	17.02	560	17.12	420	16.09
690	17.05	550	17.10	410	15.89
680	17.07	540	17.09	400	15.66
670	17.11	530	17.02	390	15.31
660	17.15	520	17.00	380	14.48
650	17.18	510	16.94		

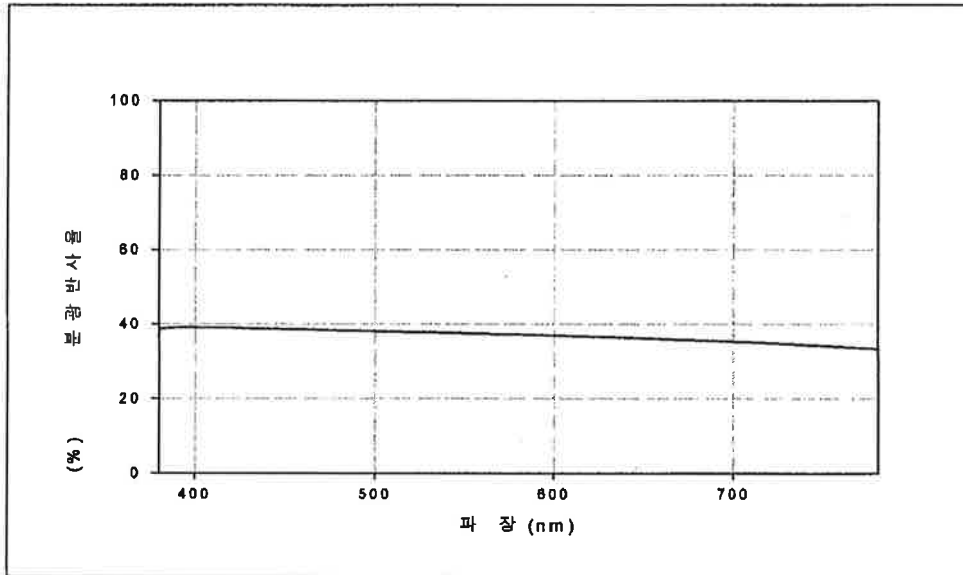


그림6-6. 시료명: 차광판-3 (반사-앞면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	33.44	640	36.47	500	38.18
770	33.73	630	36.63	490	38.30
760	34.01	620	36.77	480	38.36
750	34.28	610	36.90	470	38.49
740	34.54	600	37.04	460	38.63
730	34.80	590	37.18	450	38.69
720	34.99	580	37.30	440	38.80
710	35.26	570	37.43	430	38.91
700	35.42	560	37.52	420	39.08
690	35.62	550	37.64	410	39.12
680	35.75	540	37.77	400	39.18
670	35.89	530	37.87	390	39.14
660	36.13	520	37.95	380	38.80
650	36.31	510	38.06		

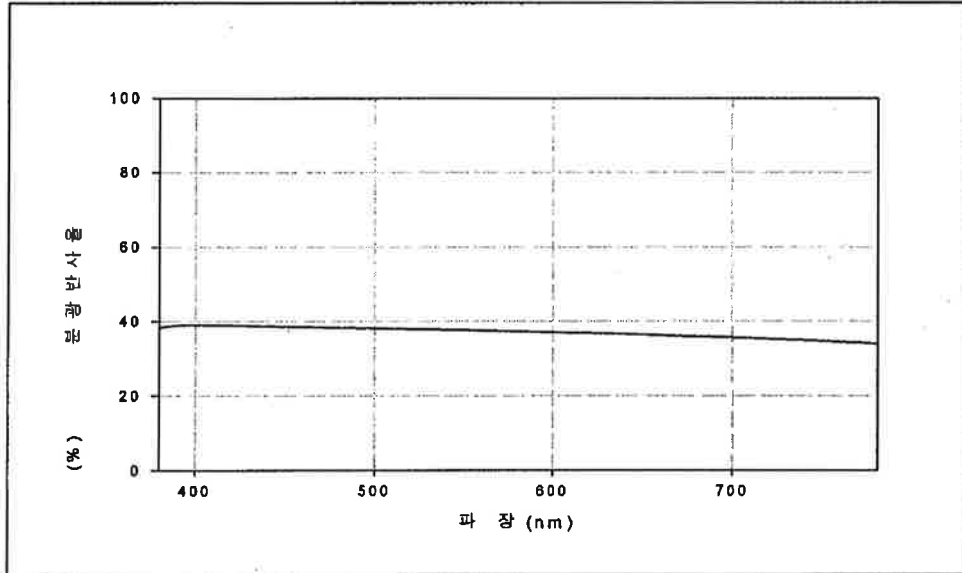


그림 6-7. 시료명: 차광판-3 (반사-뒷면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	34.00	640	36.60	500	38.17
770	34.29	630	36.76	490	38.28
760	34.51	620	36.88	480	38.34
750	34.72	610	36.99	470	38.47
740	34.95	600	37.12	460	38.59
730	35.16	590	37.24	450	38.65
720	35.34	580	37.35	440	38.77
710	35.55	570	37.47	430	38.88
700	35.69	560	37.57	420	39.02
690	35.87	550	37.69	410	39.06
680	35.96	540	37.79	400	39.11
670	36.09	530	37.89	390	38.99
660	36.30	520	37.97	380	38.39
650	36.45	510	38.08		

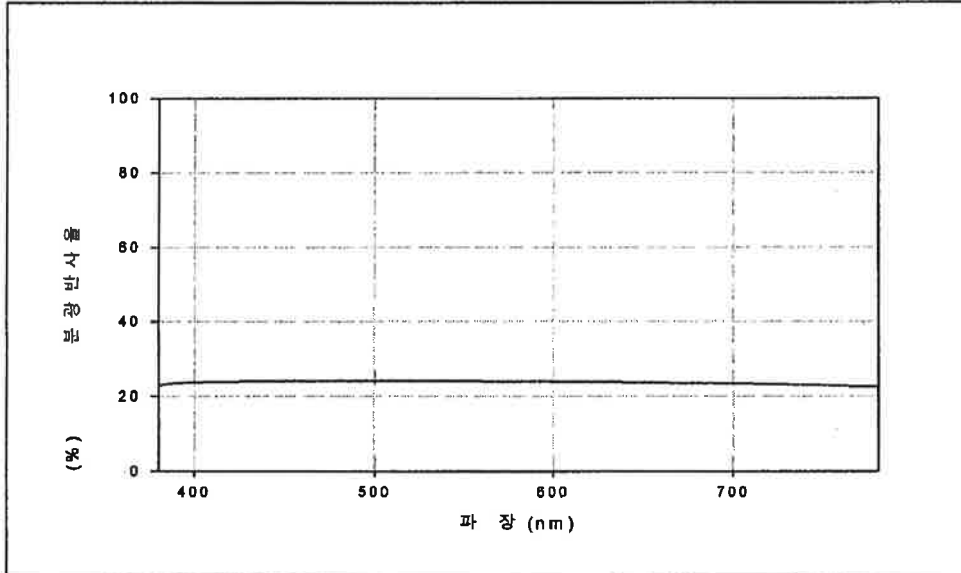


그림6-8. 시료명: 차광판-3 (투과), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)
780	22.62	640	23.82	500	24.14
770	22.69	630	23.88	490	24.13
760	22.79	620	23.91	480	24.11
750	22.99	610	23.94	470	24.12
740	23.09	600	24.00	460	24.11
730	23.20	590	24.03	450	24.09
720	23.28	580	24.04	440	24.05
710	23.38	570	24.03	430	24.03
700	23.45	560	24.08	420	23.96
690	23.54	550	24.12	410	23.89
680	23.55	540	24.14	400	23.77
670	23.58	530	24.13	390	23.55
660	23.72	520	24.15	380	22.97
650	23.80	510	24.13		

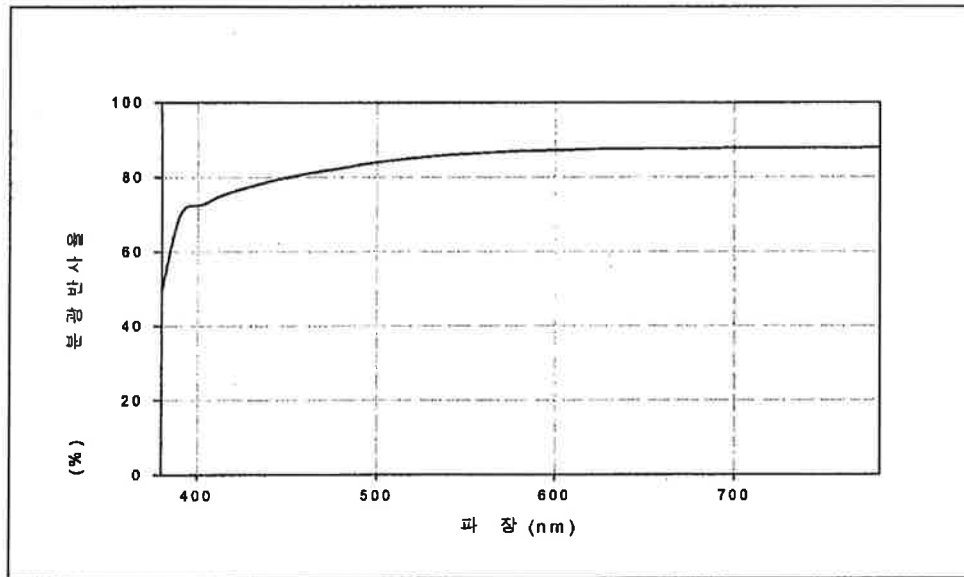


그림6-9. 시료명: 차광판-4 (반사-앞면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	87.97	640	87.58	500	84.01
770	87.91	630	87.57	490	83.28
760	87.88	620	87.49	480	82.43
750	87.88	610	87.36	470	81.74
740	87.82	600	87.26	460	80.90
730	87.88	590	87.13	450	79.95
720	87.81	580	87.01	440	78.91
710	87.85	570	86.80	430	77.60
700	87.81	560	86.56	420	76.26
690	87.79	550	86.29	410	74.50
680	87.69	540	86.00	400	72.45
670	87.62	530	85.59	390	69.44
660	87.67	520	85.13	380	48.51
650	87.63	510	84.58		

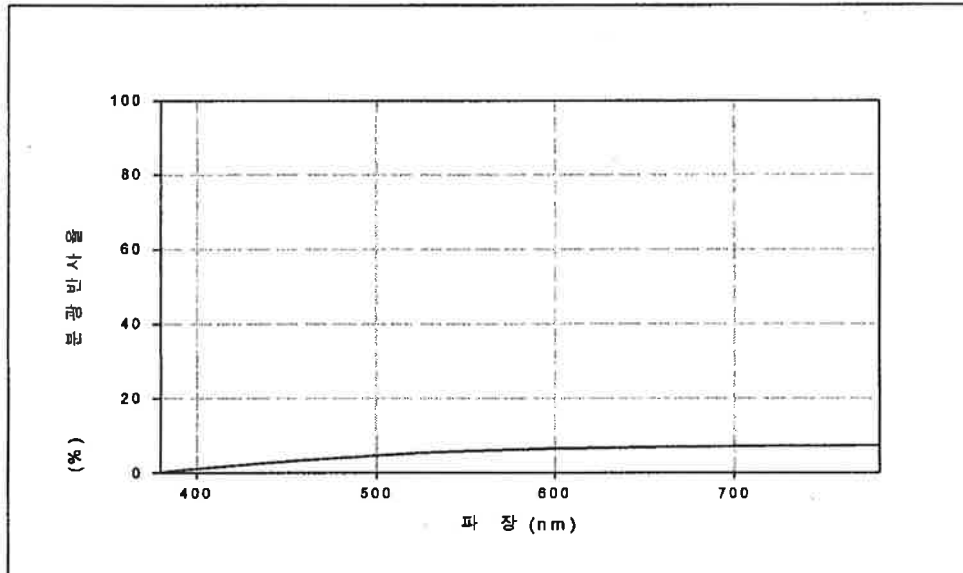


그림6-10. 시료명: 차광판-4 (부과), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)
780	7.41	640	6.84	500	4.73
770	7.33	630	6.77	490	4.40
760	7.29	620	6.70	480	4.07
750	7.30	610	6.61	470	3.74
740	7.29	600	6.59	460	3.41
730	7.27	590	6.47	450	3.07
720	7.24	580	6.35	440	2.69
710	7.20	570	6.21	430	2.30
700	7.15	560	6.05	420	1.90
690	7.11	550	5.90	410	1.51
680	7.06	540	5.72	400	1.13
670	7.00	530	5.51	390	0.71
660	6.96	520	5.29	380	0.03
650	6.90	510	5.02		

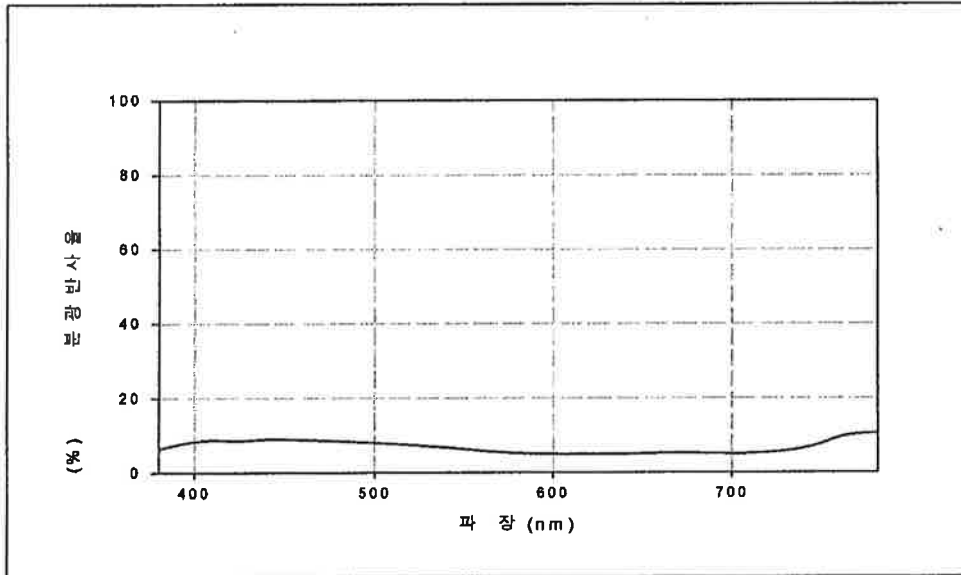


그림6-11. 시료명: 차광판-5 (반사), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	10.64	640	4.99	500	8.02
770	10.37	630	4.96	490	8.27
760	9.64	620	4.95	480	8.49
750	7.90	610	4.96	470	8.70
740	6.57	600	5.01	460	8.87
730	5.79	590	5.09	450	9.01
720	5.33	580	5.22	440	9.01
710	5.10	570	5.47	430	8.71
700	5.06	560	5.86	420	8.61
690	5.13	550	6.33	410	8.77
680	5.18	540	6.74	400	8.37
670	5.21	530	7.10	390	7.53
660	5.19	520	7.44	380	6.39
650	5.08	510	7.74		

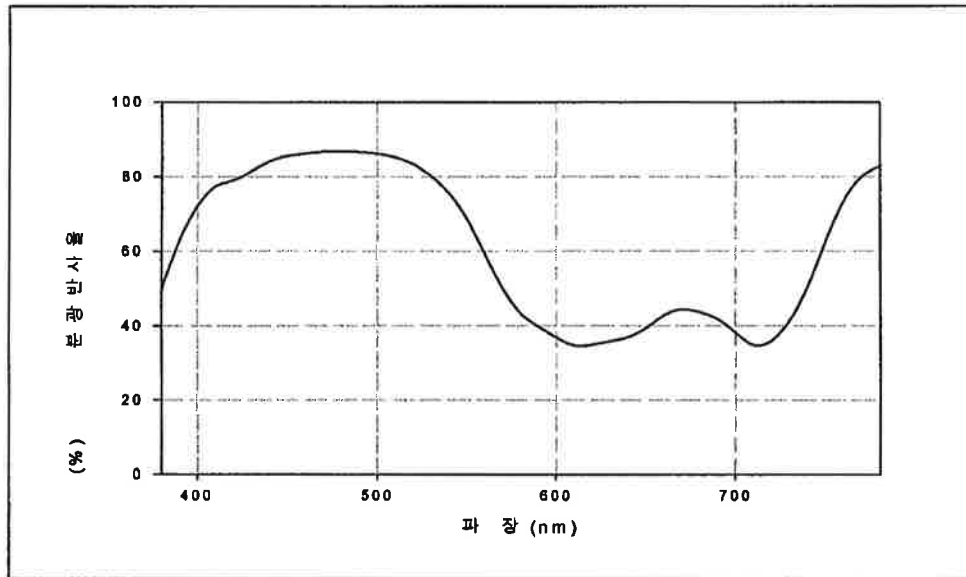


그림 6-12. 시료명: 차광판-5 (투과), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)
780	82.96	640	36.92	500	86.22
770	80.12	630	35.84	490	86.70
760	73.79	620	34.96	480	86.86
750	63.00	610	34.82	470	86.78
740	50.68	600	36.92	460	86.26
730	41.52	590	39.85	450	85.67
720	36.04	580	43.42	440	84.18
710	34.87	570	50.21	430	81.55
700	38.21	560	59.35	420	79.09
690	41.91	550	68.80	410	77.48
680	43.70	540	75.64	400	72.17
670	44.40	530	80.21	390	62.80
660	42.64	520	83.41	380	49.76
650	39.30	510	85.25		

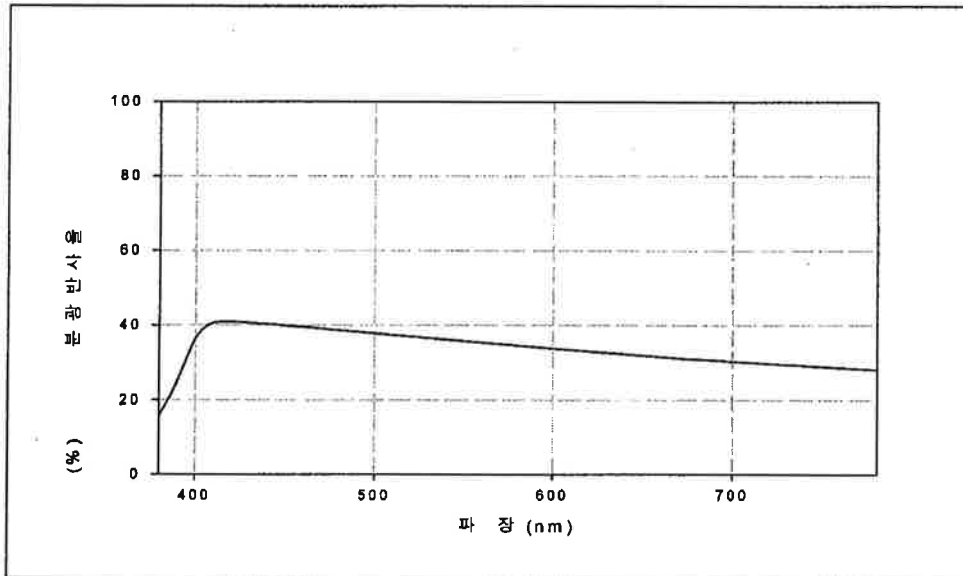


그림 6-13. 시료명: 차광판-6 (반사-앞면), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)	파장(nm)	반사율(%)
780	28.15	640	32.35	500	37.91
770	28.41	630	32.73	490	38.32
760	28.66	620	33.09	480	38.71
750	28.93	610	33.45	470	39.16
740	29.20	600	33.82	460	39.59
730	29.50	590	34.21	450	39.96
720	29.78	580	34.64	440	40.37
710	30.11	570	35.03	430	40.73
700	30.39	560	35.42	420	41.05
690	30.69	550	35.84	410	40.64
680	30.96	540	36.23	400	36.35
670	31.21	530	36.65	390	24.93
660	31.65	520	37.06	380	15.81
650	31.99	510	37.46		

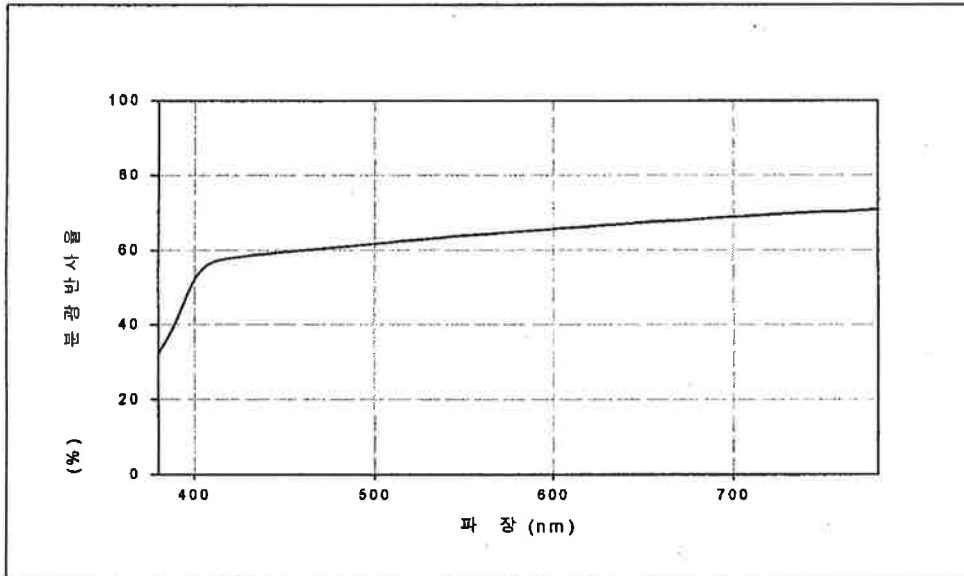


그림6-14. 시료명: 차광판-6 (투과), 시험번호 : 99-10645-001

파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)	파장(nm)	투과율(%)
780	70.85	640	67.01	500	61.77
770	70.64	630	66.69	490	61.31
760	70.28	620	66.34	480	60.87
750	70.25	610	66.05	470	60.46
740	70.02	600	65.70	460	60.00
730	69.78	590	65.30	450	59.54
720	69.48	580	64.97	440	59.07
710	69.19	570	64.58	430	58.61
700	68.91	560	64.23	420	57.98
690	68.65	550	63.92	410	56.83
680	68.22	540	63.53	400	52.09
670	67.86	530	63.04	390	40.93
660	67.69	520	62.68	380	32.24
650	67.36	510	62.22		

2. 태양 에너지 관련 기본이론

2-1 일사량

1) 일사량 계산

일사량은 에너지 밀도 즉, 일사의 세기(irradiance:G)로 정의되고 단위는 W/m^2 이다.

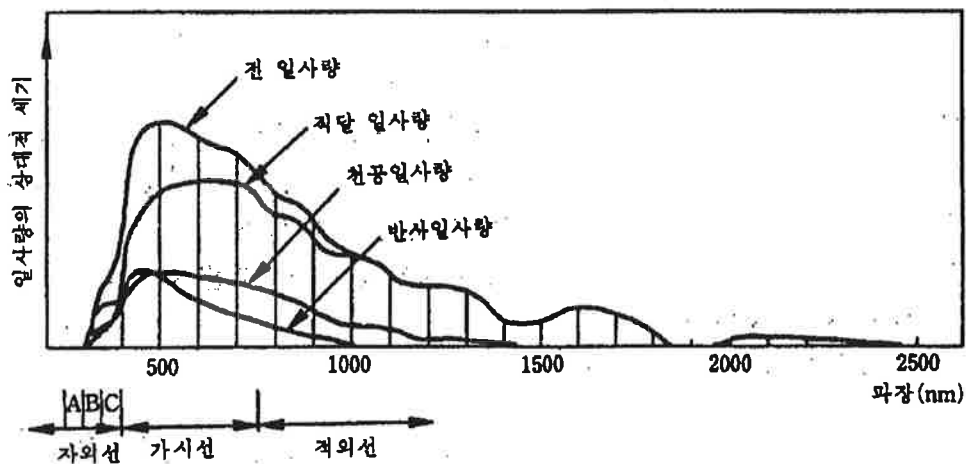


그림 6-15. 파장에 따른 일사량 성분

또 어느 표면위의 단위면적당 일정 기간(시간, 일, 월, 년)에 받는 일사량을 표시할 때는 그 기간 동안의 입사에너지를 적분한 값으로 나타내고 이것을 적산일사량(irradiation 또는 radiant exposure:D)이라 하며 단위로는 J/m^2 을 주로 사용한다. 보통 기상대에서 측정한 일사량 값은 적산일사량이다.

만일, 1W의 열류가 1시간 동안 계속되면 입사에너지는 $1Wh=3600J$ 이 된다. 만일 1시간의 평균 일사의 세기(G)가 $1W/m^2$ 이면, 1시간의 적산 일사량(D)은 $1Wh/m^2$ 이 된다. 보통 D는 하루에 받는 일사량을 표시하는데 사용하고 G는 시간당 일사량을 표시할 때 사용한다.

일사량 G , D 에 대하여 다음의 첨자가 이용되고 있다.

일사량 계산은 일사를 받는 면이 수평면과 ϕ 만큼 경사져 있고 방위각이 α 일 때 그 면이 받는 일사량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

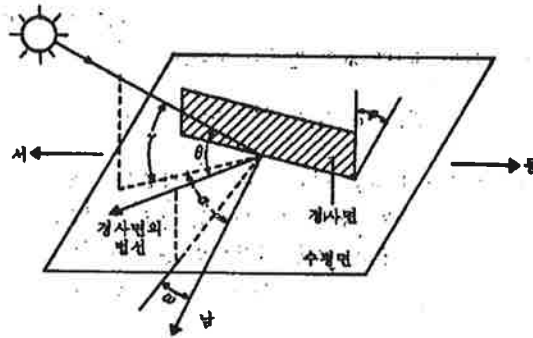


그림 6-16. 수직·수평면 상의 일사각

2) 법선면 직달 일사량

청명한 날의 법선면 직달 일사량 G_{nb} (W/m^2)는 여러 가지 식으로 나타낼 수 있다.

$$G_{nb} = 910(\sin \gamma) + 0.25(910 \times \sin(2\gamma))$$

$$G_{nb} = 950[1 - e^{-0.075\gamma}] \quad \cdot \quad \text{(식6-1)}$$

$$G_{nb} = 1370(\sin \gamma) - 2889(\sin \gamma)^2 + 3290(\sin \gamma)^3 - 1826(\sin \gamma)^4 + 371(\sin \gamma)^5 \quad \text{(식6-2)}$$

$$\quad \quad \quad \text{(식6-3)}$$

$$D_n = D_o \left(0.29 \cos \phi + 0.52 \frac{n}{N} \right) \text{ [Wh/m}^2\text{]}$$

여기서, D_o : 같은 기간 동안의 대기권 밖의 일사량 (9830 Wh/m²·day)

ϕ : 위도

n : 같은 기간동안 실제로 태양이 비치는 시간

N : 같은 기간동안 태양이 비칠 수 있는 가능 시간

(식6-4)

표6-1. 첨자

제1첨자	제2첨자
h:수평면	b:직달일사
n:법선면	d:확산일사
p:주어진 평면	r:반사일사
v:수직면(방위를 알때)	첨자없음:전일사
첨자없음:일반적인 면	

여기에서 얻어진 결과는 실제 측정값으로 대응될 수 없으나, 자료가 없는 경우에는 이용할 수 있다.

하루의 전일사량은 다음과 같다.

3) 경사면 일사량

경사면의 일사량은 수평면 일사량, 직달일사량, 확산일사량에 의해서나 법선면 직달일사량과 수평면 확산성분에 의해서 구할 수 있다. 직달일사량은 벡터량이며, 입사각에 의한 코사인법칙으로 각 면에 대해 변환시킬 수 있다.

법선면 일사량이 주어지면 주어진 면의 직달일사량을 구할 수 있다.

수평면 직달일사량(G_{hb})이 주어지면 경사면의 확산일사량은 천공에 대하여 그 면이 노출되는 비에 좌우되고 경사각을 φ 로 해서 다음식에 의해 구한다.

$$G_{nb} = \frac{G_{hb}}{\cos(90-\gamma)} = \frac{G_{hb}}{\sin \gamma} \quad (\text{식6-5})$$

$$G_{pb} = G_{nb} \frac{\cos \theta}{\sin \gamma} \quad (\text{식6-6})$$

$\varphi=0^\circ$ (수평면)에서는 $(1+1)/2=1$ 이며, $\varphi=90^\circ$ (수직면)에서는 $(1+0)/2=0.5$ 이다. 즉 수직면은 수평면이 받는 확산일사량의 1/2만을 받는다.

반사일사량은 확산일사량과는 반대의 방법으로 계산되며 지면의 반사율(ρ)에 의해 지면에 입사된 수평면 전일사량의 일부가 된다.

정확한 자료가 없을 때는 다음의 반사율을 적용한다.

$\rho=0.2$: 고온다습하거나 온난한 기후 지역으로 초목으로 덮혀 있는 곳

$\rho=0.5$: 고온건조기후 지역으로 황무지, 사막

$$G_p = G_{pb} + G_{pd} + G_{pr} \quad (\text{식6-7})$$

$$= G_{hb} \frac{\cos \theta}{\sin \gamma} + G_{hd} \frac{1 + \cos \varphi}{2} + \rho G_h \frac{1 - \cos \varphi}{2}$$

$$G_v = G_{hb} \frac{\cos \theta}{\sin \gamma} + 0.5 G_{hd} + \rho 0.5 G_h \quad (\text{식6-8})$$

$$G_{pb} = G_{nb} \times \cos \theta \quad (\text{식6-9})$$

이상에서 경사면의 전일사량은 식으로 계산하며, 수직면 일사량은 식으로 계산한다.

4) 도식적 해법

일사량 자료가 없을 때 일사량의 범위를 신속히 구하기 위해서는 도식적 방법을 사용한다. 태양궤적도를 일사량 선도와 같이 사용한다.

- ① G_{nb} -법선면 직달일사량
- ② G_{hb} -수평면 직달일사량
- ③ G_{vb} -수직면 직달일사량
- ④ G_{vd} -수직면 확산일사량
- ⑤ G_{vr} -수직면 반사일사량 ($\rho=0.2$)
- ⑥ G_h -수평면 전일사량

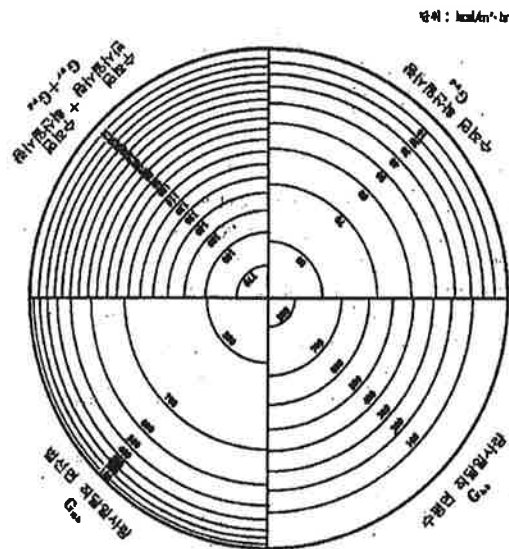


그림 6-17 일사량 선도(I)

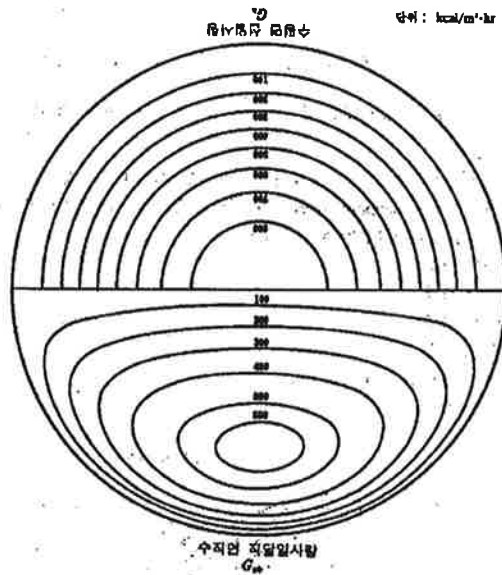


그림 6-18. 일사량 선도(II)

먼저 태양궤적도상에 구하고자 하는 지점(위도)에 맞추어 일사량선도를 포개어 놓고 태양위치(P)를 결정하여 중심(O)에서 그 점까지의 거리(선분 PO)를 측정하면 구하고자 하는 여러 가지 일사량 값을 신속하게 읽을 수 있다.

수직면에 대한 직달일사량은 일차원으로 나타낼 수 없다. 즉 입사각은 태양고도(γ)와 방위각(α)의 함수이므로 그림과 같이 곡선으로 나타낸다. 그림과는 음영분도기 사용과 동일한 방법으로 태양궤적도와 함께 위도에 관계 없이 사용한다. 이때 기준선은 평면도상에서 건물 벽면을 표시하며 반원의 중심은 벽의 방위각에 대응한다. 태양위치(P)의 일사량은 일사선으로 읽을 수 있다.

3. 태양의 위치와 음영

1) 태양의 위치

외부 조도 및 천공 휘도 분포를 계산하기 위해서는 우선 태양의 고도와 방위각을 계산해야 한다. 태양의 고도와 방위각은 계산 대상 장소의 위도와 경도, 계산 대상 날짜와 시간으로부터 구할 수 있다. 그림 5-19는 태양의 고도각과 방위각의 개념을 나타낸 것으로서 태양의 고도(α)는 태양과 수평면이 이루는 각도를 말하며 방위각(ϕ)은 태양이 수평면에 투영된 위치가 정남쪽과 이루는 수평각을 말한다.

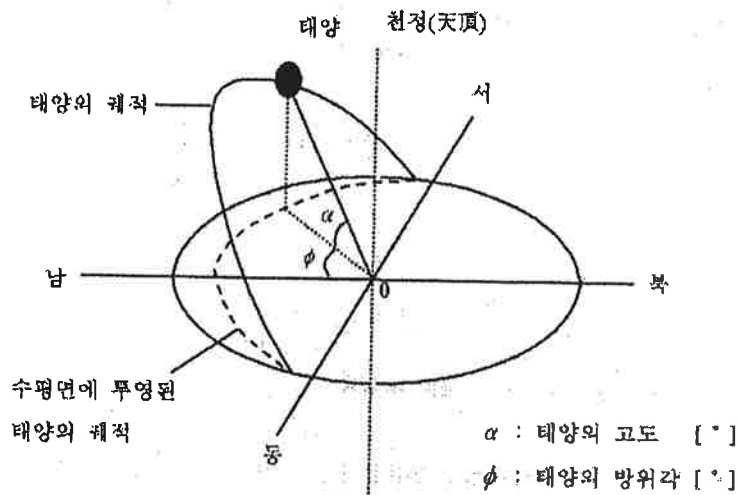


그림 6-19. 태양의 위치

그림 6-19의 태양 고도(α)와 방위각(ϕ)은 각각 (식5.10)과 (식5.11)에 의해 구할 수 있다.

$$h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega) \quad (\text{식 6.10})$$

$$\phi = \cos^{-1} \left(\frac{\sinh \sin \phi - \sin \delta}{\cosh \cos \phi} \right) \quad (\text{식 6.11})$$

여기서,

ϕ : 위도 [°]

δ : 태양 적위 [°]

w : 시각 [°][1 시간당 15°의 비율로 시간을 각도로 환산한 것]

계산 대상일의 태양 적위를 구하기 위해서는 1월 1일부터의 통산일과 태양 황경값을 구해서 계산할 수 있다. 통산일을 구하는 방법은 통산일을 계산하는 달의 전달 말일까지의 통산일에 그 달의 예측 날짜를 더함으로써 구할 수 있다. (식 6.12)은 M월 D일의 통산일 n을 구하는 식을 보여주는 것이다.

$$n = \text{int}[\{153(M-1)+Z\}/5+D] \quad (\text{식 6.12})$$

여기서,

M<3 일 때 Z=2,

M≥3 일 때 Z=-9이며

INT[X]는 X의 소수 부분을 제외한 정수 부분을 나타낸다.

황경값(B)은 (식 6.13)를 가지고 얻어진 통산일(n)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$B = 360 \frac{n-81}{365} [^\circ] \quad (\text{식 6.13})$$

태양 적위(δ)는 (식 6.14)에 의해 근사값으로 계산할 수 있다.

$$\delta = \sin^{-1}(\sin 23^\circ 27' \times \sin B) = \sin^{-1}(0.397947 \times \sin B) \quad (\text{식 6.14})$$

시각(w)은 (식 5.15)에 의해서 계산할 수 있다.

$$w = (t_{AS} - 12) \times 15 = t + \left(E + \frac{L - L_S}{15} - 12 \right) \times 15 \quad (\text{식 6.15})$$

여기서,

t_{AS} : 진태양시 [시]

t : 표준시 [시]

E : 균시차 [분]

L : 경도 [$^\circ$]

L_S : 표준 자오선의 경도[우리나라의 경우, $135^\circ E$]

균시차(E)는 평균 태양시와 진태양시의 차이를 의미하며 (식 6.16)과 같은 근사식에 의해 구할 수 있다.

$$E = \frac{1}{60} (9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B) = 0.1645 \sin 2B - 0.1255 \cos B - 0.025 \sin B$$

(식 6.16)

2) 차양곡선

① 수평면에 수직막대의 그늘

그림 6-20의 (b)와 같이 수평면에 높이 h (m)의 수직막대가 있을 때 태양고도 h 와 태양방위각 A 를 알면, 다음 식으로 그늘의 수평길기와 방위를 계산할 수 있다.

$$\text{수평길이 } P'T = l \cosh(m) \quad (\text{식 6.17})$$

$$\text{그늘의 방위각 } A+180^\circ \quad (\text{식 6.18})$$

② 수직면에 수직으로 세운 막대의 그늘

그림 6-20의 (a)와 같이 수직면(벽 등)에 길이 l 의 막대가 수직으로 서 있다고 한다. 이 막대의 벽면위 그늘의 수직성분을 $y(m)$, 수평성분을 $x(m)$ 라 하면, 이 x, y 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$x = l \tan(A - A_v) \quad (\text{식 6.19})$$

$$y = PT' \tan h = l \sec(A - A_v) \tan h \quad (\text{식 6.20})$$

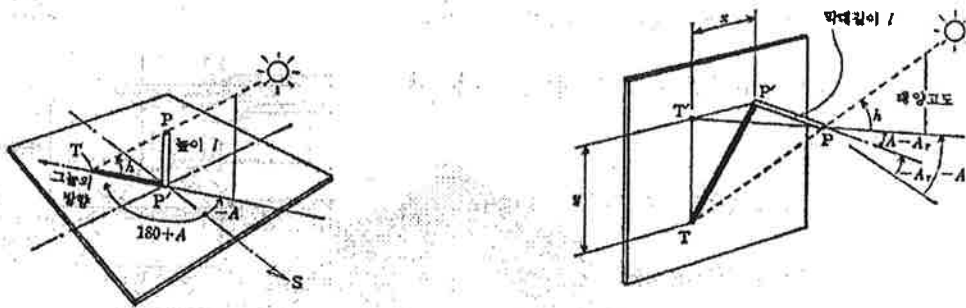


그림 6-20. 음영각

(a) 수평면에 내린 수직막대의 그늘

(b) 수직면에 내린 수평막대의 그늘

여기서, A : 태양의 방위각

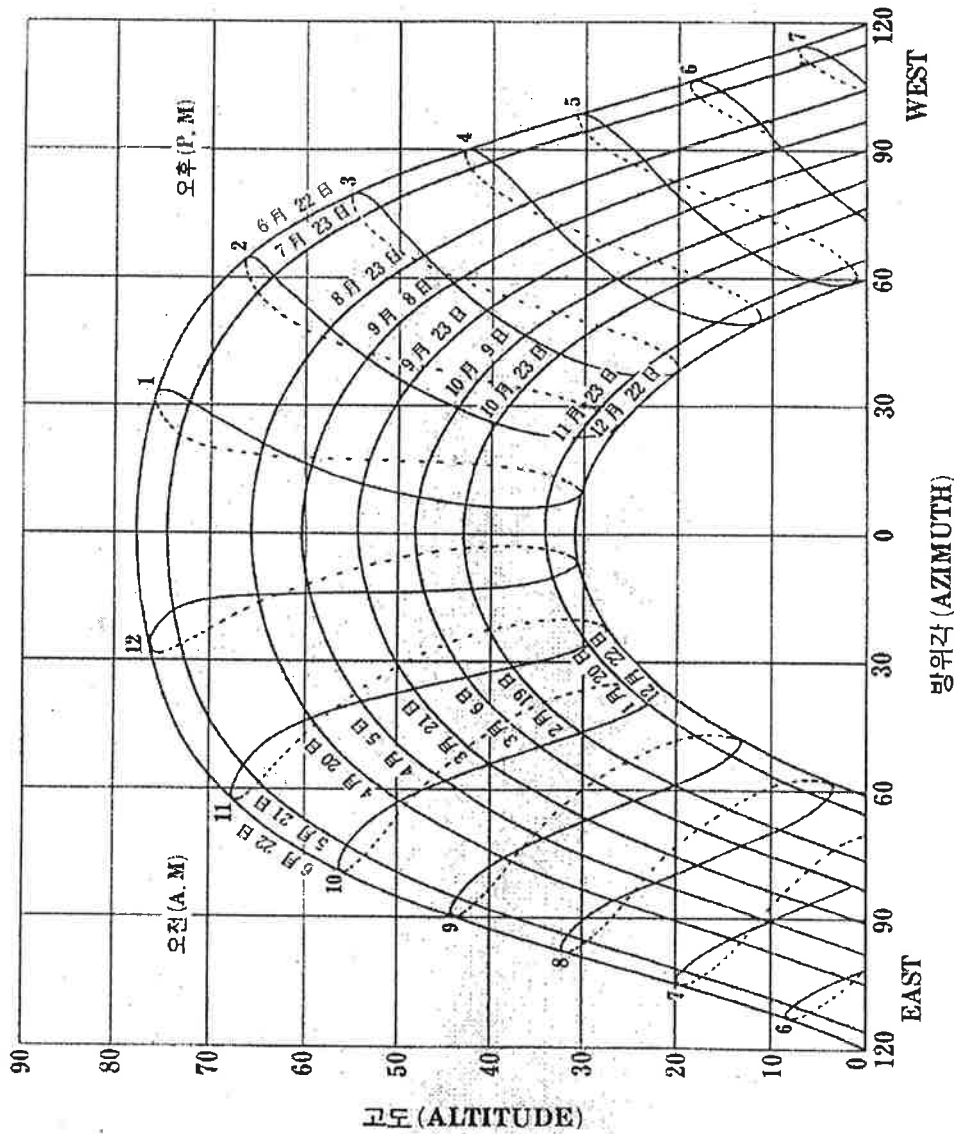
A_v : 수직면의 방위각

$A - A_v$: 벽에서 본 태양의 방위

위의 이론을 이용하여 프로그램(Autosun)을 개발하여 매시간 태양의 위치에 따른 해가림시설의 음영을 CAD를 이용하여 3차원으로 해석하였다.

표 6-2. 프로그램 실행결과

6월 21일			위도(대구) = 35.53°		
Time	태양고도[°]	태양방위각[°]	View Point		
			X	Y	Z
05:00	0.32	115.16	0.9051	0.4252	0.0056
06:00	11.71	106.87	0.9370	0.2842	0.2030
07:00	23.60	99.00	0.9051	0.1433	0.4003
08:00	35.75	90.84	0.8115	0.0120	0.5842
09:00	47.92	81.35	0.6626	-0.1008	0.7422
10:00	59.70	68.20	0.4685	-0.1874	0.8634
11:00	69.97	45.09	0.2425	-0.2418	0.9395
12:00	74.91	0.00	0.0000	-0.2603	0.9655
13:00	69.97	-45.09	-0.2425	-0.2418	0.9395
14:00	59.70	-68.20	-0.4685	-0.1874	0.8634
15:00	47.92	-81.35	-0.6626	-0.1008	0.7422
16:00	35.75	-90.84	-0.8115	0.0120	0.5842
17:00	23.60	-99.00	-0.9051	0.1433	0.4003
18:00	11.71	-106.87	-0.9370	0.2842	0.2030
19:00	0.32	-115.16	-0.9051	0.4252	0.0056



대구 (DAEGU) : 35°53' (N)
128°37' (E)

그림 6-21 신월드램 태양궤적도 : 대구

위도 36° (N)

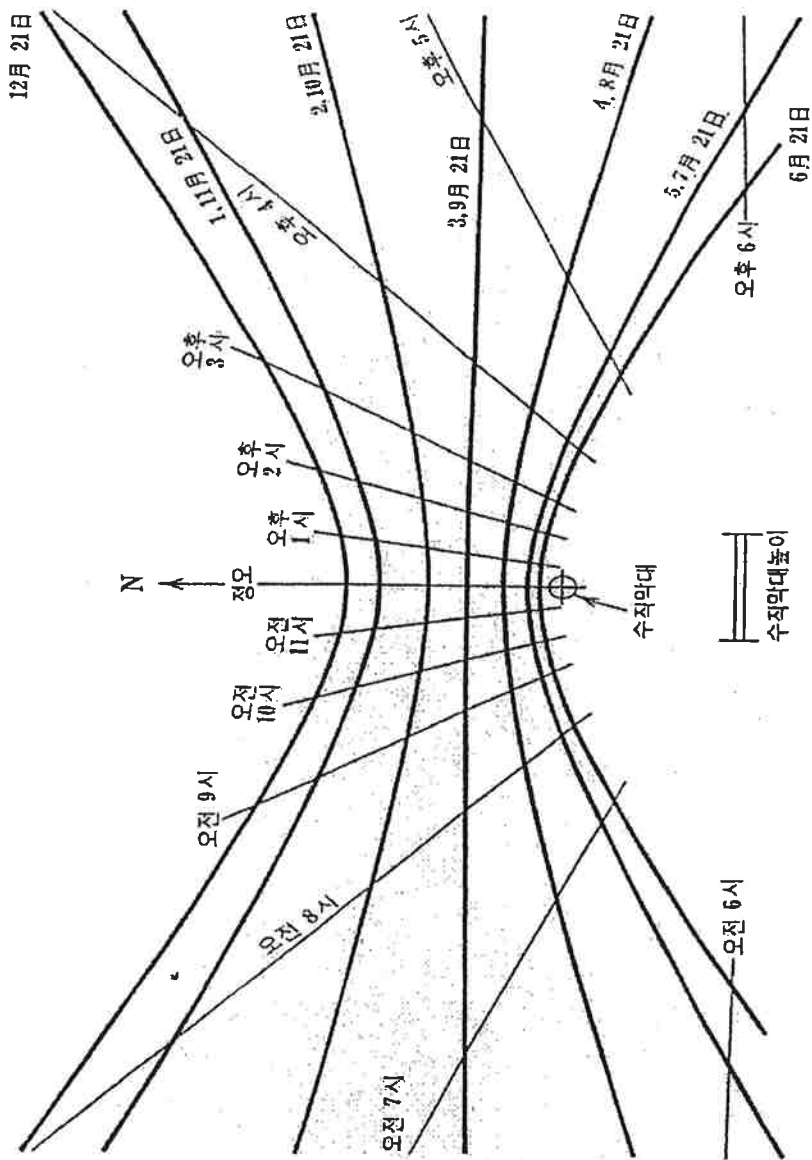


그림 6-22. 수평면일영곡선

4. 태양의 음영분석

차광판(140) 차광판(150) 차광판(160) 차광판(170)

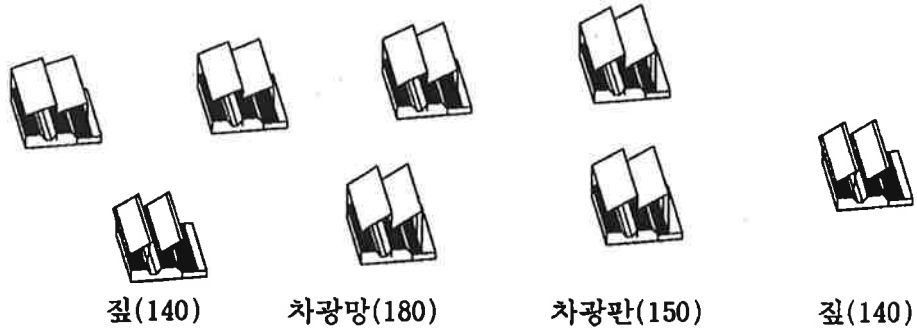


그림 6-23. 인삼밭 전체 음영(오후5시)

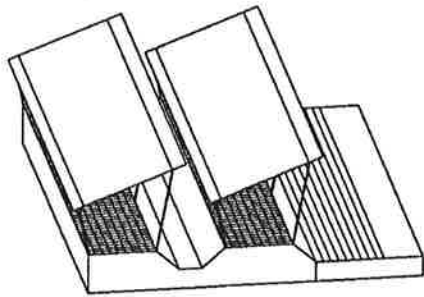


그림 5-24 오후 5시 깊이(140)

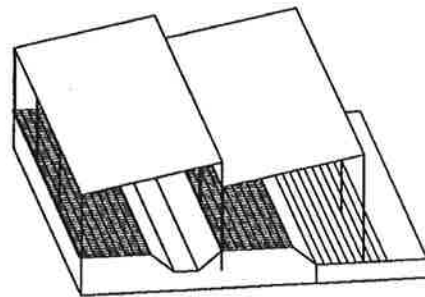


그림 6-25 오후 5시 차광판(140)

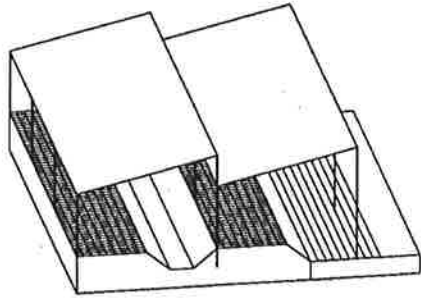


그림 6-26. 오후 5시 차광판(150)

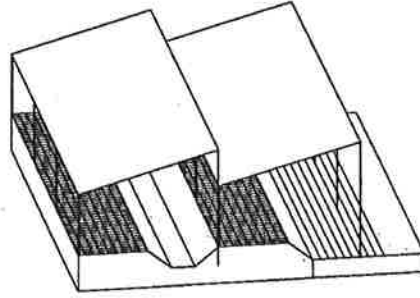


그림 6-27. 오후5시 차광판(160)

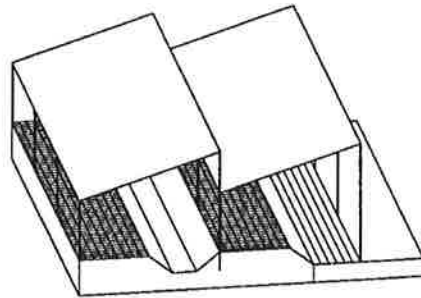


그림 6-28. 오후5시 차광판(170)

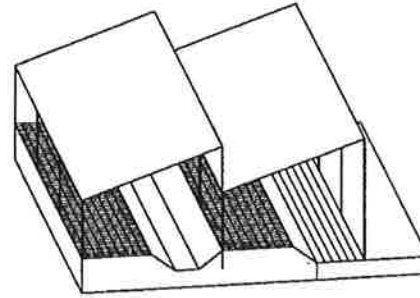


그림 6-29. 오후 5시 차광망(180)

인삼밭 전체의 직달일사를 알아보기위해 대구의 위도와 적도를 이용하여 일영 분석프로그램인 Autosun를 이용하였다. 태양의 좌표를 알아낸 후 CAD에서 좌표값을 입력하여 재료별, 전주높이별 일영 분석을 하여보았다. 그 결과 새벽6시경은 태양고도가 너무 낮은 이유로 차이가 없었고 오후 1시경에는 태양고도가 너무 높아 별 차이가 생기지 않았다. 오후 5시경에는 짙이 다른 곳에 비해 직달일사를 적게 받았고 다른 곳들은 차이를 보이지 않아 직달일사와 산란일사의 영향을 동시에 받는 것으로 나타났다. (그림 6-24과 그림 6-25을 참조)

5. 열에너지 시뮬레이션

1) 해석개요

열전달, 화학적 반응 등을 모델링할 수 있는 범용 유체해석 프로그램인 FOLUENT/UNS 5.2.5를 이용하였으며, 기하학적 형상 모델링을 위해서는 ICEM CAD HEXA code를 이용하였다. (그림 6-30)은 FLUENT/UNS 4.2.5의 구성으로서 유동장 해석에 앞서 ICEM CAD HEXA code를 사용하여 공간의 형태에 맞게 격자를 생성한다. 그리고 FLUENT/UNS 4.2.5의 Main Solver는 미리 작성된 Grid파일에서 Grid좌표를 읽어 드리고 데이터 파일에서 경계조건 및 계산조건 등을 읽어 들인 다음, 실내 기류 및 온도 분포를 계산하여 그 결과를 Post-Processor를 사용하여 가시화 한다.

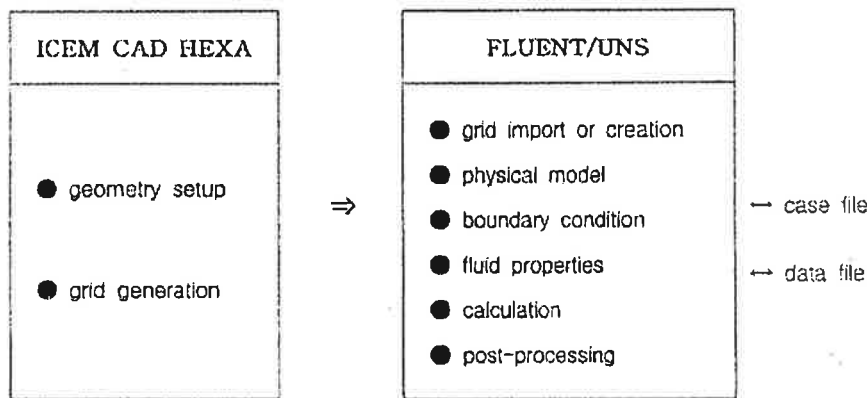


그림 6-30. 해석 프로그램의 구성

2) 기하학적 형상 모델링

전술한 바와 같이 기하학적 형상 모델링 및 격자생성을 위해서 ICEM CAD HEXA code를 사용하였으며 형상은 3차원공간으로 계산을 위해 분할된 격자는 42,000개이다.

3) 난류모델 및 지배방정식

대류장 해석을 위해서 3차원 k-ε 난류모델 및 SIMPLE(Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations) 알고리즘을 사용하였다. 유동장의 흐름을 지배하는 3차원 k-ε 난류방정식은 다음과 같다.

k 방정식(운동에너지 방정식)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial X_i}(\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial X_i} \left(\frac{u_i}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial X_j} \right) + G_k + G_b - \rho \epsilon \quad (\text{식6.21})$$

ε 방정식(난류운동에너지 소산율 방정식)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial X_i}(\rho u_i \epsilon) = \\ \frac{\partial}{\partial X_i} \left(\frac{u_i}{\sigma_k} \frac{\partial \epsilon}{\partial X_j} \right) + C_1 \epsilon \frac{\epsilon}{k} (G_b + (1 - C_3 \epsilon) G_b) - C_2 \epsilon \rho \frac{\epsilon^2}{k} \end{aligned} \quad (\text{식6.22})$$

Energy 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \frac{\partial}{\partial X_i}(\rho u_i h) = \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial X_i}(\lambda_{(t-d)}) \frac{\partial T}{\partial X_i} + Q \quad (\text{식6.23})$$

$$G_b = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_i} + \frac{\partial u_i}{\partial X_j} \right) \frac{\partial u_i}{\partial X_j}, \quad G_b = -g_i \frac{\mu_t}{\rho \sigma_h} \frac{\partial \rho}{\partial X_j}, \quad \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}$$

$$\lambda_t = \mu_t / \text{Pr}_t, \quad C_1 \epsilon = 1.44, \quad C_2 \epsilon = 1.92, \quad C_\mu = 0.09, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\epsilon = 1.3$$

4)시뮬레이션 분석

① 경계조건

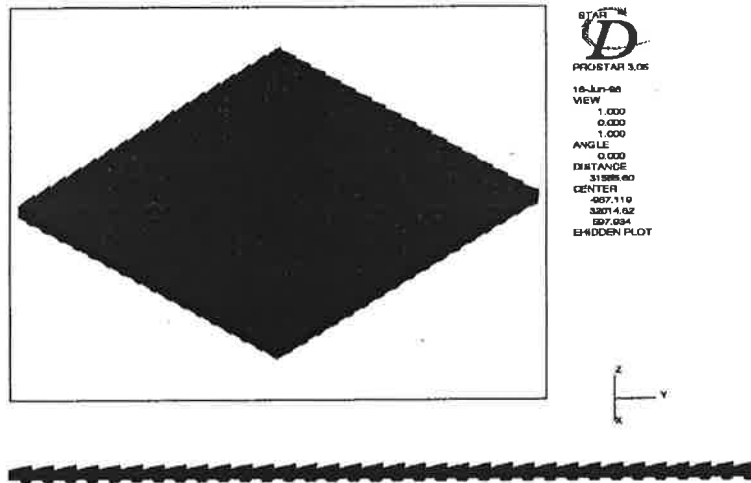
- 지표 조건 : 9:00에서 18:00까지의 지중온도를 사용
- 차광판 : 태양복사에너지의 효과를 표시하기 위하여 Heat flux를 적용
 - 맑은날 : $50\text{W}/\text{m}^2$
 - 흐린날 : $10\text{W}/\text{m}^2$
- 차광판 사이 : 9:00에서 18:00까지의 차광판에서의 유속과 시간에 따른 외기 온도를 적용
- 외기조건 : 9:00에서 18:00까지의 시간에 따른 풍속과 외기온도를 적용

② 수치해석 결과

수치해석의 결과에는 그림 6.2와 그림 6.3과 같다. 우측의 색농도가 온도와 기류속도를 나타낸다. 기류의 방향이 남동풍인 경우, 여름철 맑은날의 경우는 경사도가 10° 인 경우가 30° 정도 경사도가 있는 것에 비해 온도가 높게 나타났으며, 이것의 원인은 인삼밭 내부의 자연 대류현상에 의한 것으로 생각된다. 여기서 사용된 온도는 절대온도 Kelvin이며, 상온으로의 환산을 위해서 -273° 가 필요하다.

1. 격자계

격자수 : 42,000 개



2. 경계조건

- 지표 조건 : 9:00 에서 18:00까지의 지중 온도를 사용
- 차광판 : 태양 복사 에너지의 효과를 표시하기 위하여 Heat flux를 적용
 맑은날 : 50 w/m²
 흐린날 : 10 w/m²
- 차광판 사이 : 9:00에서 18:00 까지의 차광판에서의 유속과
 시간에 따른 외기 온도를 적용
- 외기 조건 : 9:00에서 18:00 까지의 시간에 따른 풍속과 외기 온도를 적용

3. 수치해석

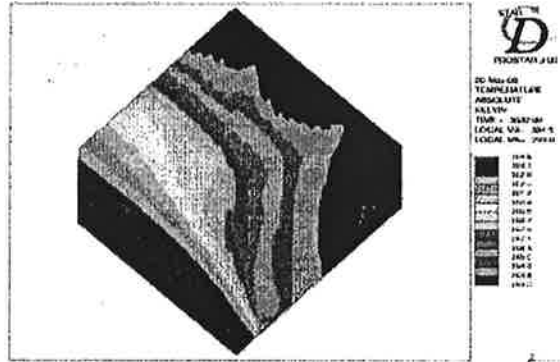
- 상용 수치 해석 프로그램인 STAR-CD 3.05 사용
- PISO Algorithm 사용
- 계산 조건
 시간 간격 : 2분
 계산 시간 : 10 시간
- 결과 출력 : 매 시간

4. 수치해석 결과

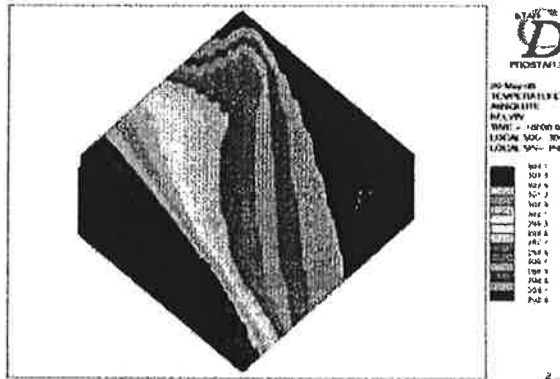
(1) 맑은날, 경사도 10°



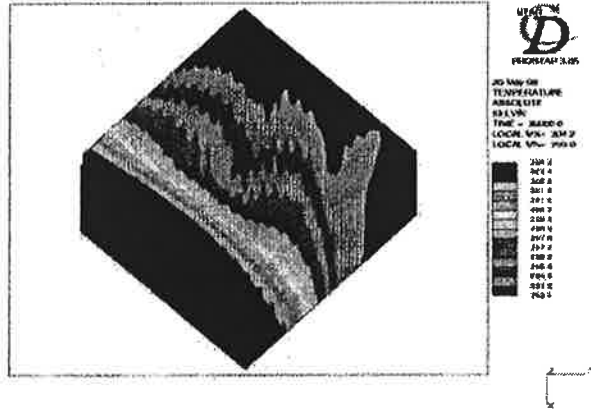
시간 : 10:00



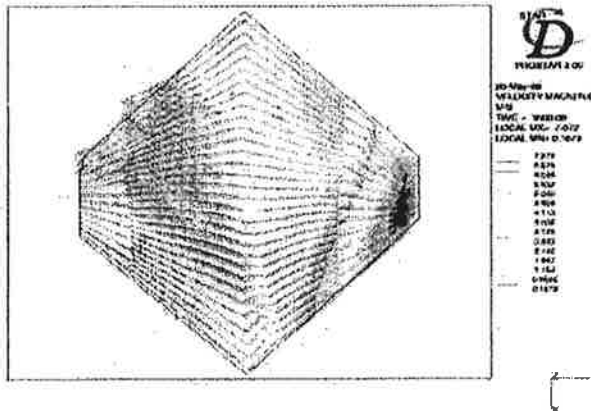
시간 : 14:00



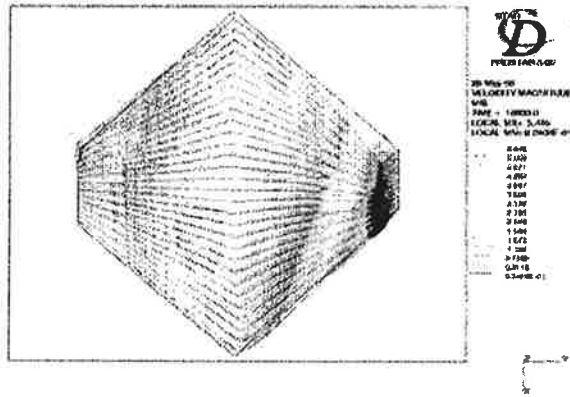
시간 : 19:00



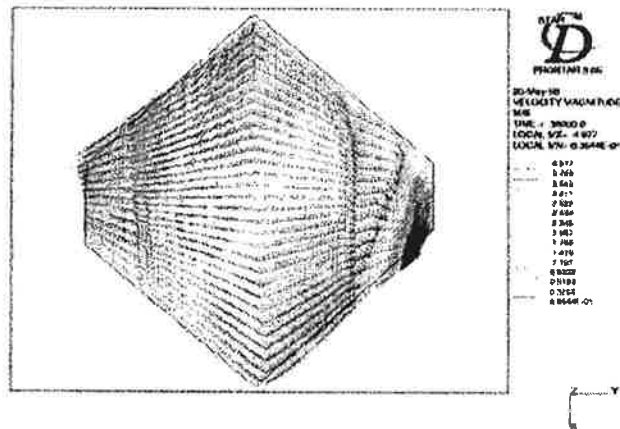
시간 : 10:00



시간 : 14:00



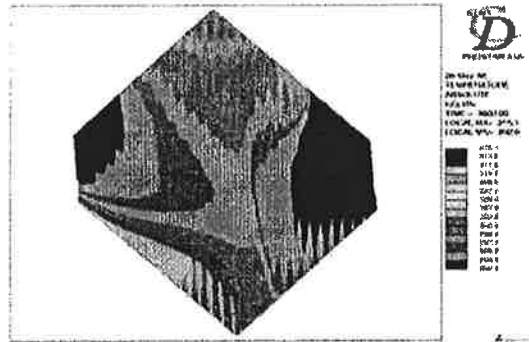
시간 : 19:00



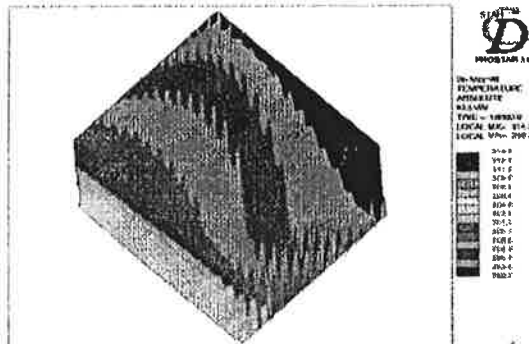
(1) 맑은날, 경사도 30°



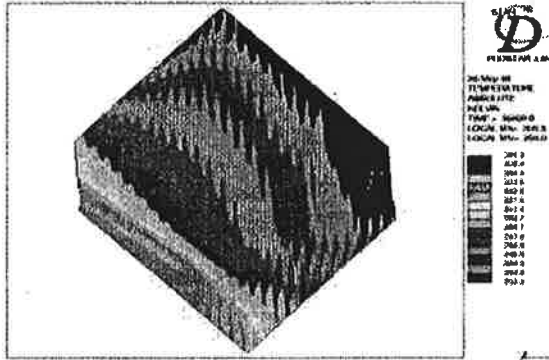
시간 : 10:00



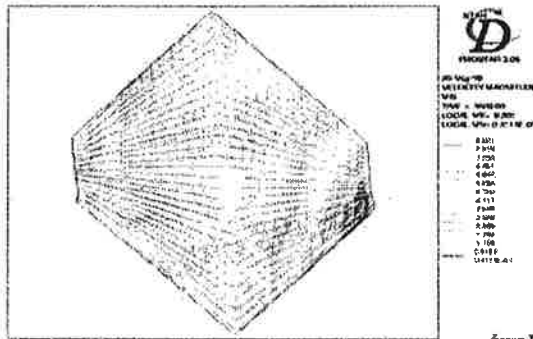
시간 : 14:00



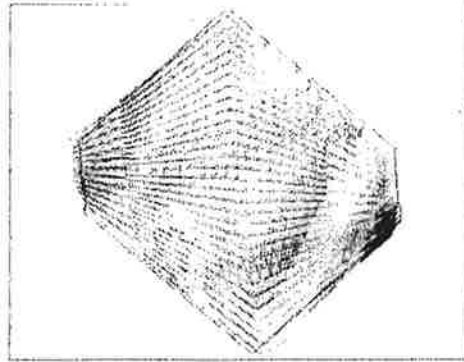
시간 : 19:00



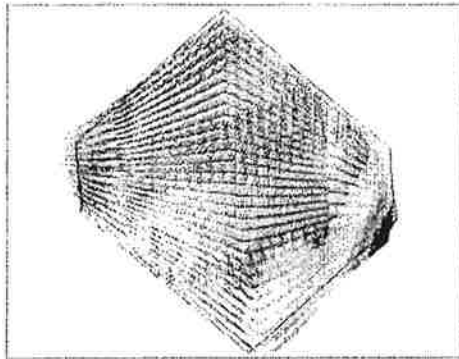
시간 : 10:00



시간 : 14:00



시간 : 19:00



제 4절 연구결과 요약

- 가. 반사율과 투과율의 실험결과는 상호보완적이며, (부직포+은박지+PE 직포)의 반사율이 69 ~ 71%로 가장 높고, 나머지 시료는 대부분 6 ~ 40%정도 범위의 낮은 반사율을 나타낸다. 단 신발깔창의 반사율은 48 ~ 88%범위로 반사율이 큰 편이나, 반사율의 변화폭이 너무 커서 인삼생육에는 다소 불리하다. 실험결과 나타난 높은 반사율의 재료는 실내온도를 낮게 유지할 수 있을 것으로 추정된다.
- 나. 실험결과, 여름철에 있어 비누수 차광판은 반사율이 높은 특성에 의해 작은 일사량 및 비교적 낮은 온도조건의 유지가 가능한 것으로 생각된다.
- 다. 수치해석에 의한 시뮬레이션 결과기류조건이 동일한 경우에는 경사도가 다소있는 것이 평지보다 온도조건이 양호한 것으로 생각된다.

제 7 장 인삼농가에서 해가림 차광자재에 따른 인삼의 생육 및 수량과 경제성 조사

제 1 절 서 설

농업기술개선의 효과는 생산자의 손을 거쳐야 현실로 나타난다. 그런데 인삼은 본 밭에 정식 후 3 ~ 5(4년근 ~ 6년근)년 가을에 수확하는 것이 일반적이므로 개선된 기술이 인정되어 생산농가에 보급하는데 더 많은 기간이 필요하다. 또한 영남대학교가 위치하고 있는 경산시는 인삼재배지역이 아니므로 현재 인삼 재배 농가가 없어 시험지역으로서의 적정성이 논의되었다. 그러나 주요 시험수행은 편의를 고려하여 대학의 시험포장에서 이루어졌고, 한편 인삼 주산지인 충북 괴산군에 인삼농가에서 시험목적에 맞는 비누수 차광판과 차광망 해가림의 농가 인삼포장을 선정하여 인삼의 생육과 수량조사를 병행하였다. 4년 생 수확기시험 및 2, 3, 4, 5, 6년 생의 조사는 일반 인삼농가의 인삼 수량과 품질 조사는 본 시험의 현지 활용을 목적으로 수행되었다. 그러나 두 종류의 차광재를 동시에 사용하는 경우가 거의 없어 차광망 인삼농장의 일부를 비누수 차광판으로 대체하는 등 많은 고충이 있었다. 대부분의 인삼농가는 시험목적의 접근도 거부하였는데 그 대상 농가를 설득할 수 있었던 것은 연구원으로 협력하여주신 인삼연초연구원에 근무하신 박 훈 박사, 본 연구에 참조자인 김찬중 사장의 영향과 김명수씨의 도움이 절대적으로 작용하였다. 감사의 뜻을 표한다.

해가림 시설비(설치노임 및 자재비용) 차이에 대한 경제성분석은 차광재 비누수 차광판과 차광망 시설 자재와 노임을 대상으로 부분예산법(Partial budgeting method)을 응용하였는데, 자료는 삼업조합과 현지 독농가의 상황을 한 것을 바탕으로 하였다. 그러나 해가림 시설비용은 시설규모, 설치에 필요한 장비의 유무 및 숙련도에 따라 따라 차이가 크고, 차광재에 따른 관리상의 차이(차광망은 지상부 생주율이 낮아지고, 노화가 빨라짐)도 발생한다. 더구나 인삼은 적어도 4 ~ 6년의 장기간 관리해야하는 관계로 더 많은 별도의 시험조사로 경제성분석을 보완할 필요가 있다.

제 2 절 조사대상 인삼농가 선정 및 시험내용

1. 대상농가 선정

1) 조사 대상 농가 선정 (1999 ~ 2000)

농가성명	주소	생육 년차	차광재료	비고
김명수	충북 청원 북이 송정리	2, 3, 4년 생	차광판. 차광망	4년생, 수확기시험
이영우	충북 괴산 불정 추산리	2, 3년 생	차광판. 차광망	
서영교	경기 포천읍 동교리	5, 6년 생	차광판	

2. 현지 인삼농가에서 삼집의 차광재료 차광판과 차광망에서 인삼의 생육과 수량의 비교

1) 시험 목적

현지 인삼농가에서 삼집의 차광재료를 비누수 차광판과 차광망으로 달리 하여 차광재료의 효과를 확인 검증하며, 인삼 생육에 대한 재배지역 간의 차이를 비교하고자함

2) 시험결과

(1) 이영우, 김명수씨의 2년 생 인삼포장에서 차광재별 인삼의 주요특성
 현지 인삼농가인 이영우씨와 김명수씨의 2년 생 인삼포장에서 조사된 차광재료별 주요특성은 표 6-1과 표 6-2와 같다. 이영우, 김명수씨의 인삼농장 모두 비누수 차광판에서 근 생장이 차광망에 비하여 우수하였다. 이영우농장에서 비누수 차광판에서 근장은 20.3cm로 2cm가 더 크며, 생근중은 4.5g로 1.7g 더 무거웠다. 근직경(9mm)과 건근중 비율(26.2g)은 차광재 간에 차이가 없었다.

표 6-1. 이영우씨의 2년 생 인삼포장에서 차광재료 차광판과 차광망 별 주요 특성의 비교(채굴시기 : 1999/10/23)

구 분	근장 (cm/주)	근직경 (mm/주)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	건근중 비율(%) ¹⁾	건근수량 (g/칸)
차 광 판	20.3	9	4.5	1.2	27.2	98
차 광 망	18.3	9	3.8	1.0	25.2	72
t 검정	*	ns	*	*	ns	*

1) : 건근중 / 생근중 × 100 * : 5%에서 통계적 유의차
 ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

김명수 농장에서 인삼생육은 비누수 차광판에서 차광망에 비하여 조사된 근장, 근직경, 생근중 건근중 및 건근중비율 모두 차이가 있어 비누수 차광판에서 인삼생장이 차광망에 비하여 우수하다고 판단 되었다.

영남대학교 실험농장에서 2년생 인삼의 차광재별 인삼생육의 특성을 보면 비누수 차광판에서 차광망과 벗집지붕에 비하여 근장, 생근중 및 건근중이 모두 현저하게 높은 것으로 나타났다.

표 6-2. 김명수씨 2년 생 인삼포장에서 차광재료 차광판과 차광망 별 주요 특성의 비교(채굴시기 : 1999/10/24, 단반복)

구 분	근장 (g/주)	근직경 (mm/주)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	건근중 비율(%) ¹⁾	건근수량 (g/칸)
차광판	21.8	12	7.0	2.5	35.7	180
차광망	18.6	9	4.0	1.5	37.5	119
t 검정	**	**	**	**	ns	**

1) : 건근중 / 생근중 × 100 ** : 1%에서 통계적 유의차
ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

영남대학교 실험포장, 이영우 농장 및 김명수 농장에서 2년생 인삼의 생근중을 비누수 차광판과 차광망을 비교하면(그림6-1), 3 지역 모두 차광판에서 차광망 보다 현저하게 높은 것을 알 수 있다

표 6-3. 영남대학교 2년생 인삼 실험포장에서 해가림 차광재 차광판, 차광망, 벚집지붕에서 인삼 근의 주요 특성(채굴시기: 1999/11/)

구 분	경장 (cm)	경직경 (mm)	근장 (cm)	근직경 (mm)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	건근중 비율(%) ¹⁾	지근수 (개)
차광판	9.6	1.2	19.4a	11	7.6a	1.8a	23.7	5
차광망	7.8	1.0	15.1b	9	4.8b	1.0b	20.8	3
벚 집	11.6	1.4	15.7b	9	5.5b	1.4a	25.5	3
유의차 검정	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns

1) : 건근중 / 생근중 × 100

* : 1%에서 통계적 유의차 ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음
수직에 다른 문자는 던컨다중검정에 의한 5%의 유의차

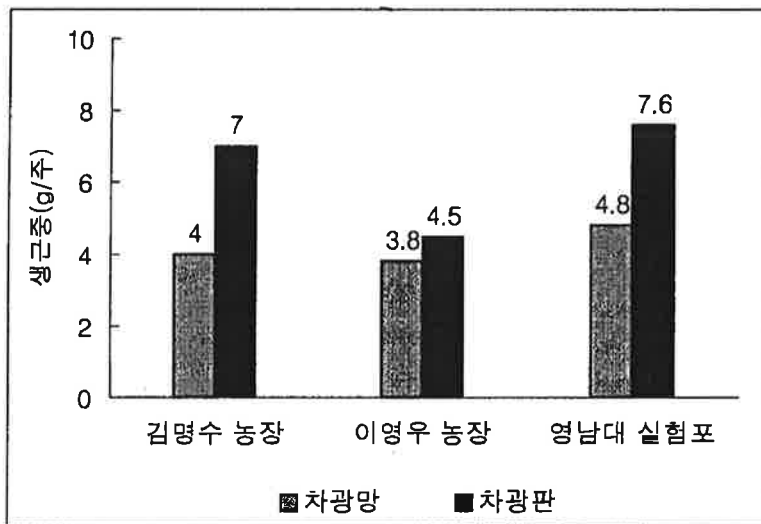


그림 6-1. 2년근 인삼에서 차광재료에 따른 인삼근의 건근중 (영남대 실험포장, 이영우, 김명수 농장 3개 지역)

1999년 2년 생이던 이영우, 김명수의 동일포장에서 2000년 3년 생의 인삼

생육의 비교는 표6-4, 6-5와 같다. 김명수씨 농장은 차광망에서 대부분의 지상부가 고사된 상태인데 반하여 비누수 차광판에서 경엽은 비교적 건전한 여 차광재료에 따라 경엽 고사의 시기적 차이를 확인할 수 있었다. 인삼 근의 발육은 비누수 차광판에서 차광망보다 우수하여 등(胴)이 더 굵고, 주당 생근중도 더 높았다. 칸 당 수삼수량은 비누수 차광판에서 1.61kg으로 차광망에 비하여 44%가 더 높았다.

표6-4. 현지 3년생 인삼에서 차광재료별 경엽의 성장량
(채굴시기 : 2000/9/30)

		생주율 ¹⁾ (%)	생엽중 (g/주)	엽면적 ²⁾ (cm ² /주)	100cm ² 당 엽중(g)	LAI	경장 (cm)	생경중 (g/주)	경직경 (mm)
김 명 수	차광판	70.0	6.5	386	1.70	1.7	29.9	3.2	4.3
	차광망	78.3	-	-	-	-	29.2	0.7	3.2
	t 검정	*	-	-	-	-	ns	**	*
이 영 우	차광판	91.7	8.3	515	1.62	2.3	30.6	3.0	4.2
	차광망	80.0	6.7	418	1.61	1.8	27.9	2.4	3.8
	t 검정	**	*	**	ns	**	**	**	*

1) 생주율(%) = 채굴주수 / 이식주수 × 100 2) 채굴시 건전주 조사

* : 5%에서 통계적 유의 차 ** : 1%에서 통계적 유의 차

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

이영우씨 농장에 인삼은 경엽이 비누수 차광판, 차광망 모두 건전한 편이어서 김명수 농장의 경엽 상태와 차이가 있었다. LAI는 비누수 차광판에서 2.3으로 차광망 1.8보다 높았으나 100cm² 당 엽중의 차이가 없어 잎 조직의 발달에 차이는 없었다고 판단된다. 그러나 경장과 생경중에서 비누수 차광

판에서 차광망에 비하여 생육이 더 높게 나타났으나 주당 생근중과 동의 굵기에 있어서 차광재료에 따른 차이가 없었다. 그러나 비누수 차광판에서 생주율(91.7%)이 차광망의 생주율(80.0%)보다 높아 칸당 수삼수량은 비누수 차광판에서 1.43kg으로 차광망에 비하여 15%가 증수되었다. 이영우 농장과 김명수 농장에서 비누수 차광판에서 차광망에 비하여 인삼생육과 수량은 높게 나타났으나 지역에 따른 차이는 동일포장에서 4년 생을 계속 조사할 필요가 있다.

표6-5. 현지 3년생 인삼에서 차광재료별 수삼의 주요 특성과 수량
(채굴시기 : 2000/9/30)

		근장 (cm)	생근중 (g/주)	근직경 (mm)	지근수 ¹⁾ (개)	수삼수량 (kg/칸)	수삼수량 지수
김 명 수	차광판	25.0	32.0	17.9	3.0	1.61	144
	차광망	21.4	19.9	16.2	2.5	1.12	100
	t 검정	**	**	*	ns	**	**
이 영 우	차광판	25.7	21.7	16.4	2.6	1.43	115
	차광망	21.5	21.7	17.1	2.1	1.24	100
	t 검정	**	ns	ns	*	*	*

1) 지근수 : 4mm 이상

* : 5%에서 통계적 유의 차

** : 1%에서 통계적 유의 차

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

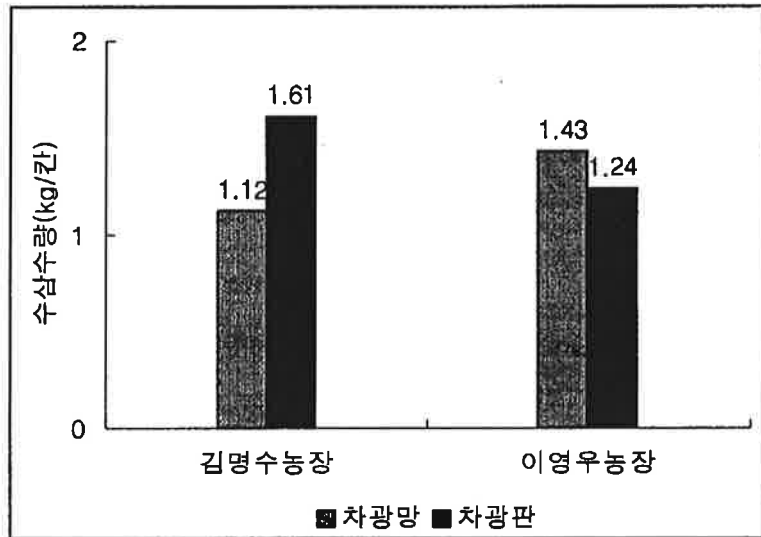


그림 6-2. 현지 3년생 인삼에서 차광재료에 따른 인삼근의 수삼수량

(2) 4년 생 인삼포장

2000년의 조사된 이영우 4년 생인삼농장에서 해가림 차광판과 차광망에서 인삼생육을 비교한 시험성적은 표6-6, 6-7, 그림 6-3와 같다. 지상부 생육은 경장 및 경직경, 엽중 및 엽면적 모두 비누수 차광판에서 차광망에 비하여 월등히 생육량이 높았다. 또한 생근중 45.1g은 차광망에서 31.4g에 비하여 월등히 높았고, 칸 당 수삼수량은 비누수 차광판에서 2.68kg으로 차광망에 비하여 42% 증수되었다.

표 6-6. 현지 이영우 4년 생 인삼농장에서 해가림 차광재별 경엽의 성장량
(채굴시기: 2000/9/30)

	생주율 ¹⁾ (%)	생엽중 (g/주)	엽면적 ²⁾ (cm ² /주)	100cm ² 당 엽중(g)	LAI	경장 (cm)	생경중 (g/주)	경직경 (mm)
차광판	82.5	25.8	1033.1	2.51	4.6	50.2	21.5	9.1
차광망	84.2	14.9	761.0	1.96	3.4	43.1	11.2	7.8
t 검정	ns	**	**	*	**	**	**	**

1) 생주율(%) = 채굴주수 / 이식주수 × 100, 2) 채굴시 건전주 조사
* : 5%에서 통계적 유의 차 ** : 1%에서 통계적 유의 차
ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

표 6-7. 현지 이영우 4년 생 인삼농장에서 해가림 차광재별 인삼근 생육과
수삼수량(채굴시기: '00/9/30)

	근장 (cm)	생근중 (g/주)	근직경 (mm)	지근수 ¹⁾ (개)	수삼수량 (kg/칸)	수삼수량 지수
차광판	21.6	45.1	25.2	2.7	2.69	142
차광망	21.9	31.4	22.3	1.9	1.89	100
t 검정	ns	**	**	**	**	**

1) 지근수 : 4mm 이상
** : 1%에서 통계적 유의 차 ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

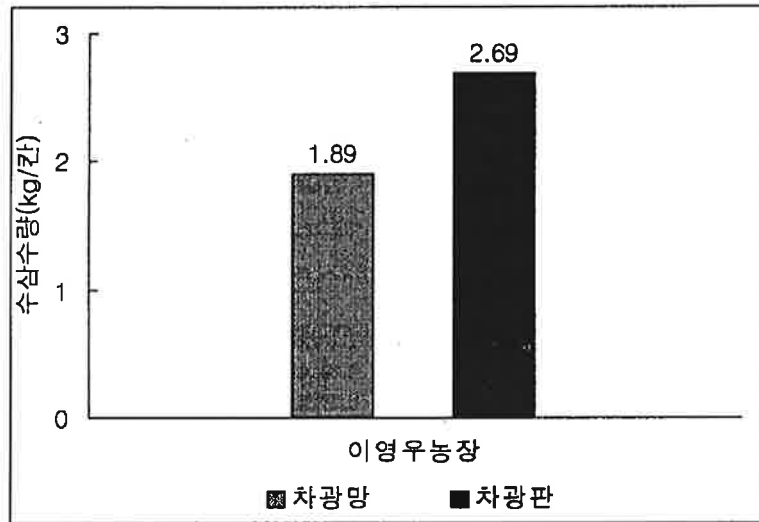


그림 6-3. 현지 4년생 인삼에서 차광재료에 따른 인삼근의 수삼수량

3. 포천지역 차광판 해가림에서 5, 6년 생 인삼생육과 수량 및 품질 조사

1) 시험목적

경기도 포천 지역에서 비누수 차광판을 선정한 농가에서 5년 및 6년 생 인삼의 수량과 품질을 조사하고자 함(서영교 : 경기도 포천).

2) 시험결과

포천 지역에는 비누수 차광판과 차광망을 한 포장에 동시에 설치한 농가가 없어 서영교 인삼포장의 비누수 차광판 일부의 5년 생 그리고 6년 생을 대상으로 수삼수량을 조사하였다. 5년 생의 인삼포장은 비교적 식재가 규칙적이어서 6행이고 칸 당 8열(48주)이며, 6년 생 포장은 재식밀도가 고르지 않았는데, 평균 칸 당 9열이고 행 당 주수는 7 ~ 9주(63주 이상)까지 있었다. 서영교씨가 인삼 독농가라는 사실을 감안하면 일반 인삼농가에서 인삼 재식밀도의 관행이 불규칙하다는 것을 간접적으로 알 수 있었다.

5년 생에서 생존율은 87.5%로 비교적 높았으며, 생근중 56.6g이고 칸 당 수삼 수량은 2.37g이었다. 6년 생에서 생근중 55.5g로 5년근 보다 낮았고, 칸 당 2.78kg(예상보다 수삼수량이 낮다고 하였음)은 수확주수가 더 많았던 결과라고 생각된다.

표 6-8. 현지 서영교 5, 6년생 인삼농장의 차광판 해가림에서 인삼의 지상부 생장 (채굴시기 : 2000/10/14)

차광판	생주율 ¹⁾ (%)	생엽중 (g/주)	엽면적 ²⁾ (cm ² /주)	100cm ² 당 엽중(g)	LAI	경장 (cm)	생경중 (g/주)	경직경 (mm)
5년생	87.5	22.1	1023.5	2.16	3.4	38.9	7.8	7.1
6년생	78.1	-	-	-	-	39.5	9.7	7.0
t 검정	*	-	-	-	-	ns	*	ns

1) 생주율(%) = 채굴주수 / 이식주수 × 100 2) 채굴시 건전주 조사
* : 5%에서 통계적 유의 차 ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

표 6-9. 현지 서영교 5, 6년생 인삼농장의 차광판 해가림에서 인삼 주요 특성과 수삼 수량(채굴시기 : 2000/10/14)

차광판	근장 (cm)	생근중 (g/주)	근직경 (mm)	지근수 (개)	수삼수량 (kg/칸)
5년생	23.9	56.6	25.9	3.1	2.37
6년생	24.5	55.5	25.6	3.3	2.78
t 검정	ns	ns	ns	ns	*

* : 5%에서 통계적 유의 차 ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

4. 4년 생 인삼에서 수확시기별 인삼의 생육, 수량 및 품질의 변화

1) 시험목적 및 처리 내용

4년생 인삼의 출현기인 4월 18일 출현기에 처음 채굴하고 그 후 성장 시기별 5월 15일, 6월 18일, 8월 18일, 9월 18일, 10월 18일까지 6회에 걸쳐서 반 칸(90 × 90cm) 4반복을 채굴하여 인삼 생육과 수량 및 품질변화를 조사함(1999년, 김명수 농장). 생근중은 박피하지 않고 측정하였으며 건조중은 60℃에서 건조하여 측정하여 60mesh로 분쇄하여 냉동보관 하면서 분석 시료로 사용하였다

2) 시험결과

김명수씨의 4년 생 인삼포장에서 4월 18일(4/18) 출현기로부터 5회에 걸쳐 생육시기를 달리한 채굴에서 지상부인 줄기와 잎, 그리고 지하부 저장뿌리(수삼)의 주요특성은 아래와 같다.

3) 생육 및 수량 조사

(1) 지상부 특성 조사

중평에서 4년생 인삼의 지상부 생장을 보면, 출현기는 4월 18일경이 되고, 5월 18일에 경장이 33.9cm로 8월 18일 최대 경장 37.4cm와 차이가 인정되지 않았다. 따라서 줄기는 출현기 이 후 1개월이 되면 거의 완성된다고 할 수 있다. 경직경과 생경중은 4월 18일에서 5월 15일까지 각각 6.2mm와 9.9g으로 증가하고 그 이 후에는 유의성이 없었다. 이 것으로 보아서 5월 15일경이면 줄기는 형성이 완료된다고 할 수 있다(표6-10).

표 6-10. 4년 생 인삼에서 생육시기별 지상부생육의 주요특성 변화

채굴시기 (월/일)	생엽중 (g/주)	엽면적 (cm ² /주)	경장 (cm)	경직경 (mm)	생경중 (g/주)
4/18	-	-	-	-	-
5/15	8.1b ¹⁾	579b	33.9ns	6.2ns	9.9ns
6/18	12.1a	748a	34.9	6.2	11.8
8/18	12.8a	766a	37.4	7.1	11.0
9/18	11.5a	762a	36.3	6.3	10.2
10/18	-	-	-	-	-

- : 봄에 신초의 출현기 또는 경엽이 노화 고사된 상태임.

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

던컨다중검정에 의한 수직에 따른 같은 문자는 유의차가 인정되지 않음

생경엽중은 5월 15일과 5월 18일에 각각 20.6g, 28.2g으로 다소 높아졌으나 그 이후에는 비슷하였다. 생경엽중에 대한 건경엽중 비율은 6월 18일에 10.3%, 8월 18일에 14.7%로 최대치를 나타내 이 시기까지 경엽의 건물중이 증가한 것으로 나타났다(표6-11).

표 6-11. 4년 생 인삼에서 생육시기별 생경엽중, 건경엽중, 건경엽중 비율의 변화

채굴시기 (월/일)	생경엽중(A)/ (g/주)	건경엽중(B)/ (g/주)	건경엽중 비율 ¹⁾ (%)
4/18	-	-	-
5/15	20.6b	2.3c	10.9
6/18	28.2a	2.9bc	10.3
8/18	27.2a	4.0a	14.7
9/18	25.1ab	3.5ab	13.8
10/18	-	-	-

1) B / A × 100

- : 봄에 신초의 출현기 또는 경엽이 노화 고사된 상태임.

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

수직에 다른 문자는 던컨다중검정에 의한 5%의 유의차

생장 시기별 엽면적은 5월 중순에 대부분 성장하였고, 9월 이후에는 잎의 노화와 고사가 진행되어 감소하는 경향을 보였다. 10월에는 지상부가 고사된 상태이다(그림6-4).

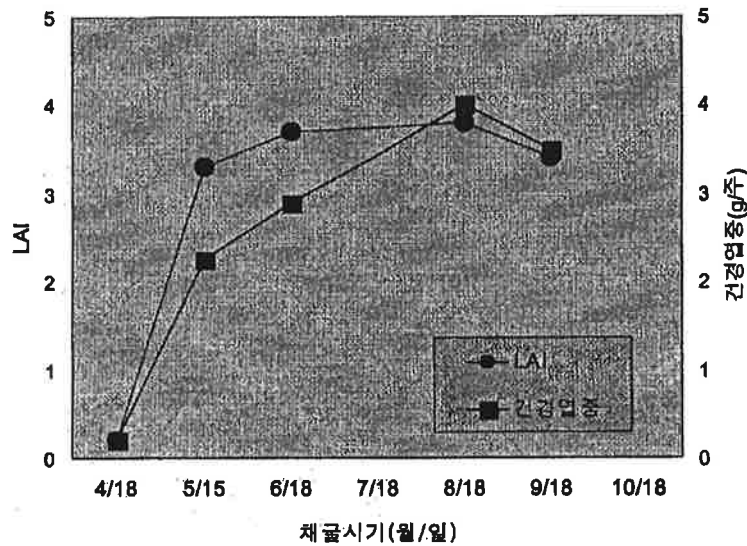


그림 6-4. 4년생 인삼에서 채굴시기에 따른 LAI와 간경엽중의 경시적 변화

(2) 지하부 특성 조사

생육시기별 동장은 전 기간에 차이가 인정되지 않아 3년생 때에 결정된 것으로 생각되나 앞으로 더 검토되어야 한다. 동직경은 5월 15일, 6월 18일 17mm로 차이가 없었으나, 8월 18일 20.2mm로 3mm가 더 굵어 졌다. 그 이후 10월 18일까지 23.0mm로 증가한 것으로 미루어 계속 증가할 것으로 추정된다.

생육시기별 건근중 4월 18일 4.2g, 6월 18일 2.8g로 2.8g이 감소하였고,

6월 18일 4.9g로 4월 출현기 때의 수준에 도달한 것으로 미루어 뿌리에 저장물질은 지상부 생육에 이용된 것으로 판단된다. 특히 6월 18일에서 8월 18일 까지 3.9g의 뿌리의 증체를 보여 근 생장이 왕성하게 이루어지는 시기라고 판단된다.

표 6-12. 4년 생 인삼에서 생육시기별 지하부생육의 주요특성 변화

채굴시기 (월/일)	동장 (cm)	동직경 (mm)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	수삼수량 (kg/칸 ¹⁾)
4/18	-	-	20.7c	4.2cd	1.5c
5/15	6.5ns	17.5c	17.9c	2.8d	1.2c
6/18	6.4	17.1c	18.2c	4.9c	1.3c
8/18	5.8	20.2b	32.4b	8.7b	2.3b
9/18	6.1	20.6b	34.3b	8.8b	2.5b
10/18	5.1	23.0a	45.1a	13.6a	2.9a

1) : 180cm × 90cm. - : 미조사 상태임.

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음

수직에 다른 문자는 던컨다중검정에 의한 5%의 유의차

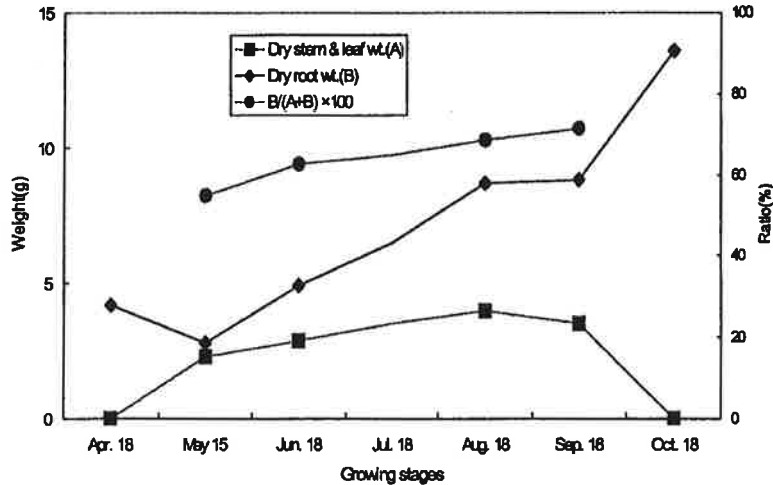


그림 6-5. 4년생 인삼에서 생육시기별 건근중, 건경엽중, 전체중에 대한 건근중 비율의 변화

지상부 출현 이후 5월 15일에서 지상부 고사이전인 9월 15일까지 수확 시기별 건물중의 변화를 보면, 지상부 경엽의 증가량은 지하부 뿌리의 증가량에 비하여 적은 것으로 나타났고, 수확이 늦어질수록 그 경향은 높아지는 것으로 나타났다(그림6-5).

(3) 성장 시기별 주요 형질의 상관

4년생 인삼에서 성장 시기에 따라 인삼의 지상부와 지하부 생장을 조사하고 이들 주요 특성간의 상관을 계산하였다(표6-13, 6-14). 출현기 이후 6회 채굴하고 각 각의 수확기에서 주요 특성간의 상관을 조사한바 경향이 유사하여 개화기(5월 15일)와 일반적인 채굴시기(9월 18일)에 상관관계를 표 6-13, 6-14로 나타냈다.

건근중과 주요 생육 특성간의 상관에서 각 시기 간 비슷한 경향을 나타냈다. 건근중과 지하부인 동직경, 생근중은 높은 정의 유의상관을 나타냈고,

주요 지상부 생육 특성인 생엽중, 엽면적, 경장, 경직경, 생경중도 높은 정
의 유의상관을 보였다. 그러나 동장은 모든 생육 특성과의 상관이 인정되지
않았는데, 4년 근에서 동장은 생육시기에 따라 달라지는 것이 아니고 이미
3년 생에서 결정된 것이기 때문이라고 생각한다.

표 6-13. 5월 15일 채굴한 4년 생 인삼에서 주요 형질의 상관

형 질	5월 15일								
	생근중	생엽중	엽면적	경장	경직경	생경중	동장	동직경	건근중
생근중(g/주)	0.8713**	0.7903**	0.6019**	0.6502**	0.9047**	0.2209	0.9109**	0.9769**	
생엽중(g/주)		0.9450**	0.6587**	0.6309**	0.9127**	0.2091	0.7871**	0.8527**	
엽면적(cm ²)			0.6017**	0.5106**	0.8273**	0.2167	0.7003**	0.7801**	
경장(cm)				0.8062**	0.7581**	0.0818	0.6338**	0.5797**	
경직경(mm)					0.7399**	0.0336	0.6818**	0.6133**	
생경중(g/주)						0.1787	0.8655**	0.8754**	
동장 (cm)							0.0583	0.2441	
동직경(mm)								0.8847**	
건근중(g/주)									

* : 5%에서 유의성
** : 1%에서 유의성.

표 6-14. 9월 18일 채굴한 4년 생 인삼에서 주요 형질의 상관

형 질	9월 18일								
	생근중	생엽중	엽면적	경장	경직경	생경중	동장	동직경	건근중
생근중(g/주)	0.9192**	0.8588**	0.5645**	0.6502**	0.8809**	0.0511	0.9133**	0.9956**	
생엽중(g/주)		0.9702**	0.6299**	0.7268**	0.9346**	0.0485	0.9174**	0.9268**	
엽면적(cm ²)			0.6336**	0.6909**	0.9052**	0.0800	0.8833**	0.8693**	
경장(cm)				0.7460**	0.7394**	0.0628	0.6808**	0.5861**	
경직경(mm)					0.7708**	0.0837	0.7006**	0.6642**	
생경중(g/주)						0.0087	0.8593**	0.8860**	
동장 (cm)							0.0006	0.0617	
동직경(mm)								0.9257**	
건근중(g/주)									

* : 5%에서 유의성
** : 1%에서 유의성.

4) 일반성분, 유리당, 조사포닌 및 ginsenosides의 변화

(1) 일반성분 분석

조단백질 함량은 4월 18일에 20.7%로 최대치를 그리고 6월 18일까지 계속 감소하여 13.1%로 최저치를 나타내 신초의 출현과 관계 있는 것으로 생각된다. 8월 18일에 17.5%로 다소 증가하였으나 그 이후 차이가 없었다.

조지방 함량은 4월과 5월에 각각 2.1%, 2.5%로 가장 높게 나타났고, 6월에 1.66%로 낮아지고 이 후 10월 1.50%로 서서히 줄어드는 경향을 나타냈다. 4월과 5월의 시기는 신초의 출현과 함께 경엽이 왕성하게 성장하고 화가가 발육하는 시기와 일치하는 것으로 보아 직접적으로 관련되어 있다고 생각한다. 조섬유 함량도 5월에 12.2%로 다른 시기보다 월등히 높았는데, 조섬유가 난 분해성인 점을 감안하면 다른 성분의 함량과 상대적 차이에 연유한 것으로 생각한다. 조회분은 4월과 5월에 5.6-5.9%로 최대치를 보이다가 6월에는 4.92%로 가장 낮았고 그 이후는 증가경향을 보였다(표6-15).

표 6-15 . 4년 생 인삼에서 생육시기별 인삼 근에 일반성분의 변화
(%, 건근중)

채굴시기 (월/일)	조단백질	조지방	전당	전분	조섬유	조회분
4/18	20.77a	2.10b	52.83b	48.15c	7.33b	6.97a
5/15	16.10c	2.56a	62.47ab	54.16a	12.26a	6.66b
6/18	13.13d	1.66c	73.87a	48.95c	6.42cd	4.92f
8/18	17.50b	1.66c	69.27a	48.48c	6.33cd	5.24e
9/18	16.34c	1.53cd	70.26a	52.50b	6.16d	5.72d
10/18	17.13b	1.50d	68.47ab	51.51b	6.62c	6.29c

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음
수직에 다른 문자는 던컨다중검정에 의한 5%의 유의차

(2) 유리당 분석

총유리당은 fructose, glucose, sucrose, maltose를 조사하였는데, sucrose는 총유리당의 대부분을 차지하고 수확기별로 큰 차이가 있었으나, glucose와 maltose는 수확기에 따라 차이가 인정되지 않았다.

Sucrose 함량을 수확기별로 보면, 4월에 19.6%로 제일 높았고 5월에 10.9%로 가장 낮았다. 그리고 6월에 14.3%로 다시 높아지고 그 이후 16 ~ 17%로 안정되었다. 한편 fructose는 sucrose와 반대로 5월에 0.26%로 가장 높았고 다음이 4월의 0.09%로 나타났다. 6월과 8월은 0.06%이고 10월까지 계속 낮아지는 경향을 보였다. 4월과 5월의 시기는 신초의 출현과 함께 경엽이 왕성하게 성장하고 화가가 발육하는 시기에 sucrose는 분해하여 glucose는 에너지원으로 활용되고 fructose는 그 함량이 증가하다가 다시 일정상태로 유지하는 것으로 생각된다(표6-16).

표 6-16. 4년 생 인삼에서 생육시기별 인삼 근에 유리당 함량의 변화
(%, 건근중)

채굴시기 (월/일)	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	총유리당
4/18	0.089b	0.417ns	19.599a	0.299ns	20.404a
5/15	0.262a	0.443	10.961f	0.224	11.890d
6/18	0.059c	0.419	14.316e	0.221	15.015d
8/18	0.061c	0.418	16.512c	0.254	17.245c
9/18	0.042cd	0.416	16.275d	0.310	17.043c
10/18	0.029d	0.419	17.248b	0.305	18.001b

ns : 통계적 유의차가 인정되지 않음
수직에 다른 문자는 던컨다중검정에 의한 5%의 유의차

(3) 조사포닌과 ginsenosides 분석

조사포닌 함량은 5월에 7.60%로 가장 높게 나타나 유리당과는 상반되는 현상을 보였고, 다른 수확시기는 4.47 ~ 5.78%로 그 차이가 인정되지 않았으며 유리당과는 일정한 관계를 유지하였다(그림6-6). 그러나 주 당 조사포닌은 4월에서 6월까지 0.21 ~ 0.24g로 낮았고, 8월에 0.46g으로 높아진 후 10월에는 0.75g가 되었다. Total ginsenosides는 5월에 4.09%로 가장 높게 나타났고, 6월에서 10월까지 2.14 ~ 1.75%로 일정한 경향이 없었다.

표 6-17. 4년 생 인삼에서 생육시기별 인삼 근에 조사포닌 및 ginsenoside 함량의 변화

채굴시기 (월/일)	Ginsenoside concentration(%)									조사 포닌 (%)	조사포 닌 (g/주)
	Re5	Rf	Rg ₁	Rb ₁	Rb ₂	Rc	Rd	PT/PD ¹⁾	합계		
4/18	0.69b	0.16b	0.52b	0.28b	0.30b	0.39b	0.18c	1.19	2.52b	5.78b	0.24c
5/15	0.99a	0.23a	0.78a	0.44a	0.59a	0.73a	0.33a	0.96	4.09a	7.60a	0.21c
6/18	0.55c	0.11d	0.35c	0.22d	0.24d	0.30d	0.15d	1.11	1.92d	4.47b	0.22c
8/18	0.47d	0.13c	0.48b	0.26c	0.26c	0.34c	0.20b	1.02	2.14c	5.30b	0.46b
9/18	0.45e	0.11d	0.38c	0.22d	0.22de	0.31d	0.13e	1.07	1.82e	4.82b	0.42b
10/18	0.44e	0.11d	0.36c	0.21d	0.21e	0.30d	0.12f	1.08	1.75f	5.48b	0.75a

1) PD : panaxadiol ginsenoside (Rb₁+Rb₂+Rc+Rd)

PT : pannaxatriol ginsenoside (Re+Rf+Rg₁)

수직에 다른 문자는 던컨다중검정에 의한 5%의 유의차

Ginsenosides는 전체 생육 단계에서 Re가 최대치를 나타냈고 Rf가 최소치를 나타냈다. 특히 5월 15일은 Re가 0.99%로 많이 분포하고 있었다. PT계인 Re

와 Rf는 차이가 많았지만 PD계는 이 보다 변이 폭이 그렇게 작았다. 생육단계별 PT의 함량은 PD 함량과 1:1의 비율로 비슷하였다.

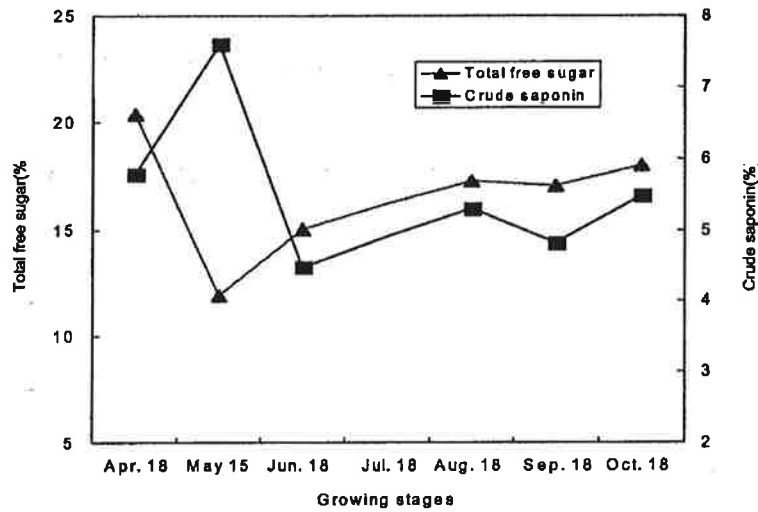


그림 6-6. 4년생 인삼에 생육시기별 총유리당과 조사포닌 함량의 변화 비교

수확시기별 근 중에 함유된 일반성분, 유리당, 조사포닌 및 ginsenoside 함량을 보면, 새싹이 출현하여 왕성하게 자라며 화기가 발달하는 4, 5월에는 성분의 변화와 차이가 크게 나타났으나 8, 9, 10월에는 대부분 안정된 상태를 유지한다고 판단된다.

5. 해가림 차광재 비누수 차광판과 차광망 시설에 대한 경제성 검토

1) 시험목적 및 처리 내용

해가림 시설은 인삼재배에서 어려운 작업이고 재배 첫해의 생산비에 큰

비중이 되며, 잘못 지어진 삼집은 인삼을 재배하는 4-6년 간 많은 어려움을 가져온다. 따라서 삼집의 양부는 인삼재배의 기초가 된다.

비누수 차광판의 해가림 구조는 차광망과 유사하나 시설에 소요되는 목재와 차광재의 가격차이가 있다. 4중직 차광망은 비누수 차광판에 비하여 가격이 저렴하나, 삼집에 소요되는 목재의 양이 더 많이 든다. 또한 삼집을 만든데 소요되는 작업시간의 차이로 소요 인건비에도 차이가 있다.

본 조사는 삼집 구조에 따른 자재비와 소요 인건비를 비교하여 경제성을 분석하는데 있다.

경제성 분석결과 은박차광판이 총계(84.0%), 인건비(39%)로 관행식이나 4중직 차광망에 비해 가장 경제성이 유리한 것으로 나타났다. 여기서 인용된 자료는 삼농특산이 제시한 소요 자료와 충북인삼협동조합 2000년 공급가를 기준으로 작성하였다

표6-18 「경제성 분석 자료 (10a당)」

분류	관행식(벚꽃+포리꺼치)	4중식 차광망(긴장식)	비누수 차광판
자재류	전주: $330 \times 590 = 194,700$ 후주: $330 \times 460 = 151,800$ 인목: $330 \times 460 = 151,800$ 대나무: $25 \times 12,000 = 300,000$ 산죽발: $30 \times 5,330 = 159,900$ 꺼치: $300 \times 1,500 = 450,000$ 포리꺼치: $6 \times 40,000 = 240,000$ 계: 1,648,200	지주목: $330 \times 730 = 240,900$ 연 목: $330 \times 630 = 207,900$ 토리목: $330 \times 650 = 214,500$ 보조연목: $660 \times 540 = 356,400$ 차광망: $6 \times 67,100 = 402,600$ 계: 1,422,300	지주목및연목: $660 \times 630 = 415,800$ 노리목: $20 \times 650 = 13,000$ 버팀목: $20 \times 630 = 12,600$ 보조연목: $330 \times 540 = 178,200$ 차광판: $6 \times 140,000 = 240,000$ 면염판: $6 \times 28,000 = 168,000$ 계: 1,627,600
인건비(남:45,000원 여:30,000원 기준)	자재운반: 남2 지주목 깎기 및 삽입: 남2 연목결속: 여1 대나무 결속: 여3 발 설치: 여2 꺼치 및 포리꺼치 설치: 남2, 여4 인원: 남6, 여9 계: 540,000(하루기준)	자재운반: 남2 지주목 깎기 및 삽입: 남2 인목, 노리목, 보조인목 결속: 남2, 여3 차광망 설치: 남2, 여2 인원: 남8, 여5 계: 510,000	자재운반: 남1 지주목 깎기 및 삽입: 남2 연목 및 토리목 결속: 남0.5 차광망설치: 남0.5, 여1 인원: 남4, 여1 계: 210,000
총계 및 대 비	2,188,200(100%)	1,932,300(88.3%)	1,837,600(84.0%)
인건비 및 대 비	540,000(100%)	510,000(94%)	210,000(39%)

3

가. 가

, 가 , (

. 4 8 가 ,

6 4
, 10 가 .

.

ginsenoside ,

가 4, 5 가 8,
9, 10 .

. , 4
가

.

- (1) : 林園十二誌 (1750)
- (2) Kin, J.H. : Physiological and ecological studies on the growth of ginseng plants. . On the phytosynthesis, respiration and dry matter production. *J. Kongju Teachers Coll.* 2, 1 16 (1964)
- (3) Kuriyayashi, T.M., Okamura, H. Ohash : Physiological and ecological studies in *Farax ginseng*. . Effect of temperature, nutrient and gibberellin on the growth, *Syoyakugaku Zasshi*, 25, 102 109 (1971)
- (4) Leonard, P.S., P. Garland : Embryo development of ginseng seed at various stratification temperature, *Proc. 2nd Natural Ginseng conf.* 43 51 (1980)
- (5) , : , 1 , . , 29(1), 89 97(1979)
- (6) : - , , , , , . , 3(2), 156 167 (1979)
- (7) : . , 5(1), 73 84 (1981)
- (8) Harding A.R. : Ginseng and other medicinal plants, A.R. Harding Publishing Co., 84 (1972)
- (9) , , , : , (). , 173 (1979)

- (10) 宮澤洋一 : 薬用にんじんの , および園藝, 50(1), 11
7-122 (1975)
- (11) Kin, J.H. : Factors affecting the received light intensity of
ginseng plants(*Panax ginseng*). *J. Nat. Acad. Sci. ROK*, 5, 1-17
(1964)
- (12) : ,
(1982)
- (13) Inori, K. : Report of the studies on ginseng plant, . The
cultivating method of American ginseng(*Panax quinquefolia*), In
Japanese, Korean Monopoly office (1983)
- (14) Kin, J.H. : Physiological and ecological studies on the growth
of ginseng plants. . On the photosynthesis, respiration and
dry matter production. *J. Kongju Teachers Coll.* 2, 1-16 (1964)
- (15) Kin, J.H. : Physiological approach to relationship of the
productivity of ginseng and the received light intensity. *J.*
Kongju Teachers Coll. 5, 119-124 (1967)
- (16) Kin, J.H. : Combination effect of nitrogen fertilizer and
received light intensity on matter production of ginseng
plant. (presented in 15th annual meeting of Korean Society of
Botany.)
- (17) Kin, J.H. : Sun- and shade-tolerance, and optimum light
intensity for the growth, Seoul Univ. *J. (B)*, 15, 94-101 (1964)
- (16) : (), , 3
5-91 (1980)
- (19) Colowick, S.P. and N.O. Kaplan : *Methods in Enzymology*, Academic

Press Inc., New York, Vol. 1, 149 (1955)

- (20) , : .
 , 3 105 (1983)
- (21) , , : , ,
가
 , 6(1), 38 45 (1982)
- (22) Kok, B., E.B. Gassner and H.J. Rurainski : Photoinhibition of
chloroplast reactions. *Photochem. Photobiol.* 4, 215 227 (1965)
- (23) Boardman, N.K. : Comparative photosynthesis of sun and shade
plants, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28, 355 377 (1977)
- (24) Grushviskii : An experiment of growing ginseng in hothouse, *Tr.
Bot. Inst. Nauk. SSSR, Ser. 6, 333, Abstr. Korean Ginseng
Research, 8, 1687 1975 (1959)*
- (25) , , : (),
(), , 349 364 (1981)
- (26) , , , , :
가 , , , 1 92
(1984)
- (27) Ludlow, M.M. and G.I. Wilson : Photosynthesis of tropical
pasture plants . Temperature and illuminance history. *Aust.
J. Biol. Sci.*, 24, 1065 1075 (1971)
- (28) , , : 가
, , 25(4), 91 98 (1980)
- (29) , , , :
, .

- , 27(2), 169 174 (1982)
- (30) , , , : () , (). , 499 519 (1980)
- Styrofoam, Polytex 가
- (31) , , : , . , 153 212 (1983)
- (32) , , , : (1) . , 27(11), 94 98 (1982)
- (33) , , : , (), , 575 589 (1979)
- (34) , , : , , 1 165 (1984)
- (35) : 가 extract . (1986)
- (36) ; (1983)
- (37) Namba, T., Yashijaki, M., Toninori, t. Kobashi, K. Mitsui, K. and Hase, J. : Fundanental studies on the evaluation of ginseng and related crude drugs, Yakugaku Zasshi, 94(2), 252-260 (1974)
- (38) Fujita, M., Tokawa, H. and Shibata, S. : Chemical studies on ginseng(). Yakugaku Zasshi, 82, 1634-1638 (1962)
- (39) :

(1995)

- (40) Hostettmann, K., Hostettmann, M. and Marston, A. : Saponins. In
Methods in Plant Biochemistry, Vol. 7, Terpenoids, Charlwood,
B.V. and Banthorpe, D.V. eds, Academic press, 435 (1991)
- (41) Fusarium solani Phytophthora cactorum
. Korean J. Ginseng Sci., 11, 66 (1986)
- (42) . Korean J. Ginseng
Sci. 11. 99 (1987)
- (43) : saponin (3)- , ,
가 saponin . ,
20(2), 138 204 (1977)