

벼 보온못자리 피복재질에 따른 상내 미기상 특성

황규홍¹ · 이정택¹ · 윤진일² · 심교문¹ · 허승오¹

¹농업과학기술원, ²경희대학교 생명자원부

(2000년 8월 3일 접수)

Microclimate in Rice Nursery Bed Covered with Various Materials

Kyu Hong Hwang¹, Jeong Taek Lee¹, Jin Il Yun², Kyo Moon Shim¹ and Seung Oh Hur¹

¹National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Department of Agronomy, Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea.

(Manuscript received August 3, 2000)

ABSTRACT

To recommend adequate covering materials and shapes of rice nursery bed for mechanical transplanting rice seedling, measuring of microclimate inside the rice nursery protected by polyethylene tunnel type, polyester tunnel type, and polyester flat type was compared to that outside the nursery. The vapor pressure deficit inside the polyester tunnel and polyethylene tunnel was higher than that outside the tunnel during daytime on a sunny day. During daytime on cloudy with rain day, the vapor pressure deficit inside polyester tunnel was higher than that in polyethylene tunnel or outside the nursery tunnel. The heat fluxes in the rice nursery tunnel during daytime flowed more to the soil than to the outside tunnel. Amounts of soil heat fluxes in polyethylene tunnel were higher than in polyester flat and polyester tunnel. The vertical profile of air temperature inside the nursery tunnel came to inversion during daytime and was lapse during nighttime regardless weather condition. The maximum temperature inside the nursery tunnel were 47.2°C in polyethylene tunnel and 37.0°C in polyester tunnel which was 21.1°C and 10.9°C higher than outside the tunnels respectively on sunny day. On cloudy with rain day, the temperature inside nursery tunnel was higher 8.4°C and 4.0°C polyethylene and polyester tunnel respectively then outside. Daily temperature changes became larger in the polyethylene tunnel, polyester tunnel, and outside the nursery tunnel in order. The rice seedling growth in polyester tunnel was better than the other nursery beds.

Key words : rice nursery bed, polyethylene tunnel, polyester tunnel, polyester flat, microclimate

서 언

PE(polyethylene)필름을 이용한 보온못자리 육묘는 1970년대부터 육묘기간에 보온해 주어야 생육이 가능한 통일형 벼의 육성 보급과 함께 널리 시행되었다. 그러나 낮에 외기가 15°C 이상이 되면 床内の 온도가 너무 높아 바람트기를 해주어야 한다. PE필름을 경계로 한 육묘상 내외의 온도차이로 PE필름 내면에 생기는 露滴은 태양광선의 투과율을 감소시킨다. 또한 한 번 못자리에 사용된 PE필름은 다음해에 다시 사용기

어렵고, 버려 두면 토양중에서 분해되지 않아 오염문제를 일으키고, 태우면 다이옥신 등 유해물질이 나와 대기를 크게 오염시키는 등의 문제점을 가지고 있다. 그러나 부직포필름은 PE필름보다 통기성, 투수성이 우수하고 다음해에 다시 사용이 가능하다는 장점이 있다.

온실 내에서는 토양이 열을 저장하거나 방출하는 모체로 작용하여, 온실환경에 온도가 기상학적 요소의 중요한 역할(Yamamoto, 1966)을 한다는 사실을 밝힌 바 있으며, 이어서 작물의 생육에 알맞은 온도를 유지하기 위한 연구(Iwakiri, 1971)와 더불어 온실에서 야간

에 냉각되어서 오는 열손실에 관한(Garzoli and Blackwell, 1981) 연구가 활발히 진행되었다. 온실에서 환기팬 설치방법 및 사용 환기팬의 수에 따른 에너지 수지에 관한 연구(Marcel *et al.*, 1997)가 수행되기도 하였다.

국내에서는 보온절충못자리에서 통풍방법에 따른 못자리내의 이산화탄소 농도와 기온의 일중변화에 관한 연구가 이루어졌다(윤성호 등, 1990). 남과 정(1985)은 비닐필름을 사용하면 보온못자리 내에서 기온이 46°C 까지 상승하여 모의 생육에 불리한 환경을 조성하기 때문에 통풍 또는 차양 등을 통해 온실효과를 줄여 주거나, 태양복사에너지를 막아주는 것이 필요하다고 하였다. 유리온실 및 비닐온실의 열수지 및 온도환경에 관해서는 많은 연구가 시도되었으나, 벼 보온못자리 보온자재에 따른 상내 미기상 연구는 미흡한 실정이다.

본 실험에서는 벼의 초기 생육과 밀접한 상내의 기온, 습도, 지온 등의 경시적인 변화를 PE필름터널식보온못자리, 부직포필름터널식보온못자리, 부직포필름평상식보온못자리에서 조사하였다. 특히 남부지방에서는 부직포를 이용한 벼 보온못자리를 농가에서 설치하고 있는 바, 부직포 재질을 중북부지방의 보온못자리에 적용하였을 때 상내의 미기상 특성이 어떻게 변화하는지를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 보온못자리 피복자재와 육묘

1999년 5월 14일 수원기상대 시험포장(북위 37° 16', 동경 126° 59', 표고 36.9 m)에 저밀도 PE필름(두께 0.03 mm)을 사용한 터널식 보온못자리(폭 90×길이 320×높이 60 cm)를 대조못자리로 설치하였고, 부직포 필름(중량 30 g·m⁻²)을 사용한 터널식보온못자리(폭 90×길이 320×높이 60 cm)와 평상식보온못자리(폭 120×길이 260 cm)를 동서방향으로 설치하였다.

벼 품종 익산 426호를 공시품종으로 선택하여, 소독, 침종, 싹틔우기 과정을 거친 벼씨를 1999년 5월 10일에 마른 벼씨 기준으로 기계이앙 산과육묘상자당 120 g씩 파종하여 출아, 녹화 과정을 거쳐 1999년 5월 14일에 못자리에 치상하였다.

모기르기는 6월 21일까지 39일 동안 실시하였는데,

바람트기는 6월 5일부터 가로젓기 방법으로 실시하였고 5월 15일부터 6월 4일까지 측정된 미기상 자료만을 분석하였다. 모소질은 7일 간격으로 엽령, 초장, 지상부, 지하부 건물중 등을 조사하였다.

2. 못자리의 기상자료 수집

못자리 상내 온도는 지중 10, 5, 0 cm 깊이에 thermometer(Model 107B, Campbell, USA)온도센서를 설치하여 측정하였다. 지중열류는 지중 2.5 cm 깊이에 soil heat flux plate(Model HFT-3, REBS, USA)센서를 설치하여 측정하였다.

각각의 터널식못자리에는 상면 위 5, 20, 30, 50 cm의 높이에 T형 열전대(Thermocouple, type T)를 이용하여 온도를 측정하였으며, 습도는 20 cm 높이에 박면 capacitor형 습도센서(Model HMP35C, Vaisala, Finland)를 radiation shelter에 넣어 설치하여 측정하였다. 못자리 외부에서는 지표면으로부터 30, 70 cm 높이에 T형 열전대를 이용하여 기온을 측정하였다. 각각의 열전대 기온센서는 직사광선의 직접적인 영향을 피하기 위해 센서의 상단부를 알루미늄 포일로 가렸다. 100 cm 높이에서는 대기에서 지표면에 입사되는 태양 에너지를 측정하기 위해 silicon pyranometer(Model LI200X, LI-COR, USA)형 일사량센서를 설치하였다. 같은 기간중의 수원기상대에서 3시간마다 측정된 종관 자료(기온, 습도, 강수, 일사량, 운량, 풍속)를 이용하였다.

각 센서가 1분 간격으로 측정된 값은 자료수집장치(CR21X, Campbell, USA)가 집록하고, 그 값을 60분 간격으로 평균 또는 누적하여 저장한 값을 출력하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 벼 못자리의 기상

수원의 평년(1961-1990) 일평균기온과 1999년 일평균기온을 4월 11일부터 6월 9일까지 비교하여 Fig. 1에 나타내었다. 평균기온은 4월 13~15일은 1999년이 평년보다 낮았으며, 4월 17일~5월 13일은 평년보다 높았는데, 특히 4월 17~26일은 1999년에는 평년보다 4~5°C 높았다. 못자리 설치를 끝낸 5월 14~18일, 21~23일의 일평균기온은 평년보다 높아 최고 5°C까지

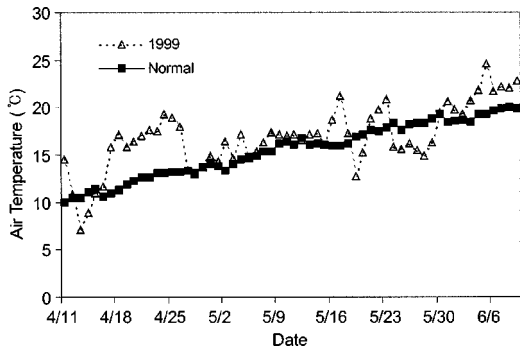


Fig. 1. Variation of daily mean air temperature in 1999 and normal at Suwon.

차이가 있었다. 5월 19, 20, 24~29일에는 평년보다 일평균기온이 2~3°C 낮았다. 그러나 5월 30일 이후부터 6월 9일까지는 평년보다 평균기온이 높았다. 맑은 날(5월 29일)과 비 또는 흐린 날(5월 26일)에 기상요소의 경시적인 변화를 나타낸 것이 Fig. 2~Fig. 4이다.

Fig. 2a는 대기 30 cm 높이에서의 기온을 맑은날, 흐리거나 비온날에 따라 비교한 것이다. 최고기온은 맑은 날 1500시에 23.8°C, 흐린 날 17시에 18.9°C를 보였다. 최저기온은 맑은날 0600시에 9.8°C, 비 또는 흐린 날 0600시에 13.7°C를 보였다. 일교차는 맑은 날이 비 또는 흐린 날의 5.2°C 보다 약 9°C 높은 14°C를 보였으나, 일평균기온은 17°C내외로 비슷하였다.

일사량은 맑은 날 약 27 MJ · m² · day⁻¹이었고, 흐리거나 비 온 날은 8 MJ · m² · day⁻¹이었다. 맑은 날 낮 1200시부터 1400시까지는 시간당 3 MJ · m² 이상이었으나, 흐리거나 비 온 날은 같은 시간에 1 MJ · m² 이내였다. 강우량은 1200시와 1400시에 0.1, 0.2 mm 가 있었고 하루누적강우량이 0.3 mm · day⁻¹이었다 (Fig. 2b).

Fig. 3a, 3b는 포차(vapor pressure deficit)를 부직포터널, PE필름터널, 터널 외부에서 맑고, 흐리거나 비오는 날 등 날씨에 따라 3시간 간격으로 측정하여 비교한 것이다. 맑은 날 포차(vapor pressure deficit)

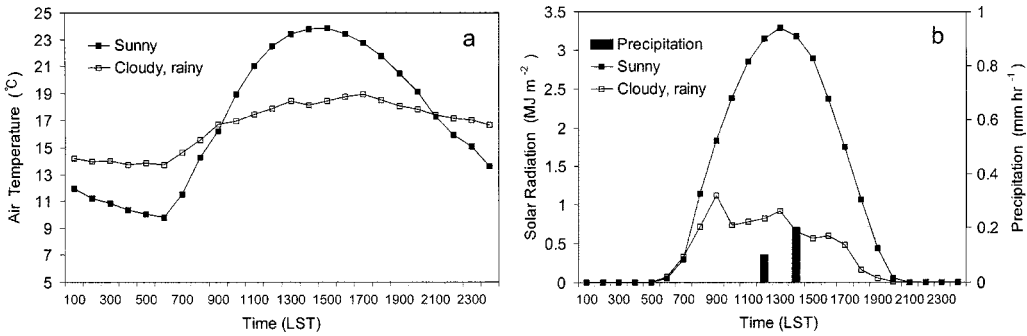


Fig. 2. Diurnal variation of temperature(a), solar radiation(b) on sunny(29 May) and cloudy with rain(26 May) day in 1999 at Suwon.

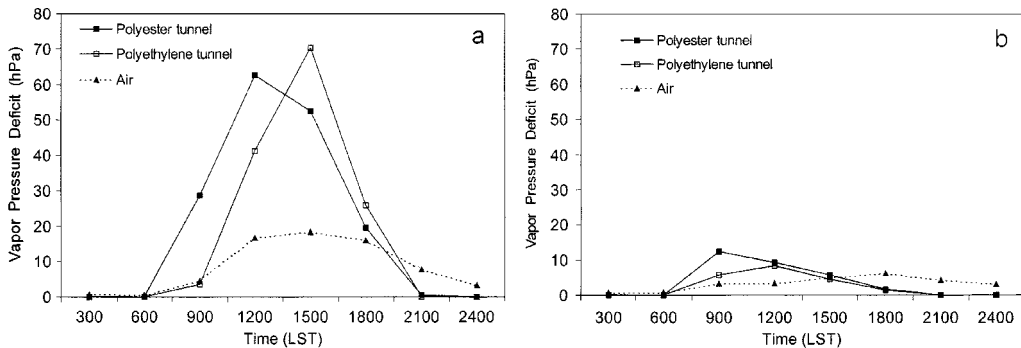


Fig. 3. Diurnal variation of vapor pressure deficit for polyester tunnel, polyethylene tunnel, and ambient air on sunny(a) and cloudy with rain(b) day in 1999 at Suwon.

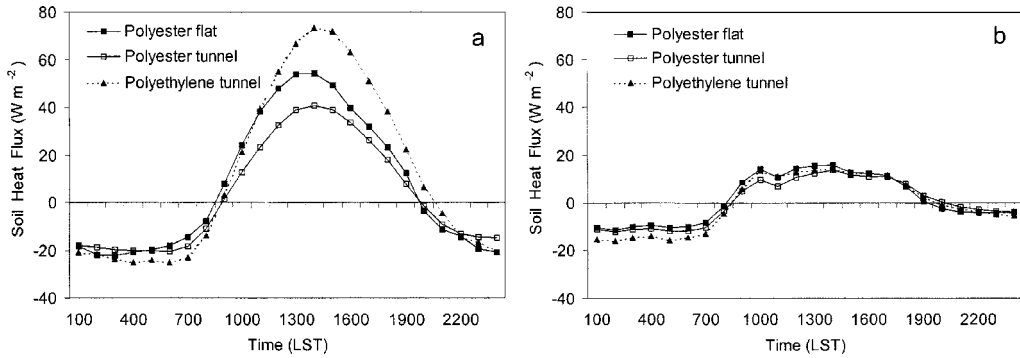


Fig. 4. Diurnal variation of soil heat flux for polyester flat, polyester tunnel, and polyethylene tunnel on sunny(a) and cloudy with rain(b) day in 1999 at Suwon.

는 부직포 터널에서 0900시에 약 28 hPa이고, PE필름터널, 터널외부는 약 4 hPa로 낮았다. 1200시에 부직포터널은 최고 62 hPa, 비닐터널은 1500시에 최고 70 hPa, 외부는 1500시에 최고 15 hPa를 보였다. 2100시에는 터널외부가 8 hPa, 부직포터널, PE필름터널이 거의 0 hPa을 보였다. 아침에 해가 뜨면서 부직포터널이 PE필름터널 또는 대기보다 일찍 건조한 상태가 되었다. 낮에는 대기보다 부직포터널과 PE필름터널의 내부가 더욱 건조하였고, 야간에는 대기가 터널 내부보다 더 건조하다는 것을 알 수 있다. 흐리거나 비가 오는 날 낮에는 부직포터널이 PE필름터널 또는 터널 외부보다 포차가 컸고, 밤에는 터널외부가 부직포터널, PE필름터널 보다 포차가 크게 나타났다.

지중열류량을 부직포평상, 부직포터널과 PE필름터널 보온못자리에 대한 맑은 날, 흐린거나 비오는 날에 각각 비교한 결과는 Fig. 4a, 4b이다. 지중열류량의 최고값은 맑은 날 1400시에 나타났는데, PE필름터널은 $73 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 부직포평상은 $54 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 부직포터널은 $41 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 이었다. PE필름터널에서 가장 많은 열에너지가 지중으로 흘러 들어갔고, 다음으로 부직포평상, 부직포터널 순서이었다. 밤에는 피복자재에 따른 차이 없이 지중에서 상내 대기 중으로 열에너지를 방출하였는데, 0300~0500시 사이에 $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도로 가장 많았다. 이것은 낮시간에 토양에 저장해 두었던 열에너지를 야간에 상내의 기온이 내려가면 지중에서 상내로 열에너지를 내보내어 온도를 유지하려는 것이다. 흐리거나 비오는 날 낮에는 피복자재에 따른 차이 없이 최고 값이 1400시에 $14 \sim 16 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 였으며, 밤에는 0200~0400시 사이에 $-10 \sim -16 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 범위이었다. 일

중 부직포평상, 부직포터널에서 지중열 에너지는 상내 대기 중으로 방출되는 양보다 지중으로 흘러 들어가는 양이 많았으나, PE필름터널에서는 반대로 상내 대기 중으로 방출된 열에너지가 더 많았다.

2. 보온못자리 피복자재에 따른 온도의 수직분포

맑은 날(5월 29일)과 비가 오거나 흐린 날(5월 26일)에 보온못자리의 피복자재와 형태에 따른 토양-작물-대기연속체에서 4시간 간격의 상내온도의 수직분포는 Fig. 5, 6에서 보는 바와 같다.

온도수직분포는 맑은 날 부직포평상에서 일몰 이후부터 이튿날 아침까지는 감률(lapse)상태였고, 낮시간은 역전(inversion)상태였으며, 1900시에 지표면 아래는 역전상태, 지상부는 감률상태를 보였다(Fig. 5a). 흐린 날은 낮시간에 역전상태이었고, 일몰이후부터 아침까지는 감률상태를 나타냈다(Fig. 5b).

맑은 날 부직포터널은 낮시간에 부직포평상과 동일한 양상을 보였으며, 일몰 후부터 아침까지는 지중에서 지상 30 cm까지 감률, 30 cm 이상에서는 등온(isothermal)상태이었다(Fig. 6a). 1900시에는 높이에 상관 없이 거의 등온상태를 보였다. PE필름터널은 지중에서 지상 30 cm까지 낮시간에는 역전상태이었고, 일몰이후부터 아침시간까지는 감률, 지상 30 cm 이상은 등온상태를 보였고, 1900시에는 지중에서 지상 5 cm까지는 역전상태, 지상 5 cm에서 지상 30 cm까지 감률상태였다(Fig. 6b). 지상 30 cm 이상은 모든 시간대에 등온상태를 보였다.

흐린 날 부직포터널은 모든 시간대에 지중 10 cm에서 지중 5 cm까지 감률상태를 보였고, 지중 5 cm에

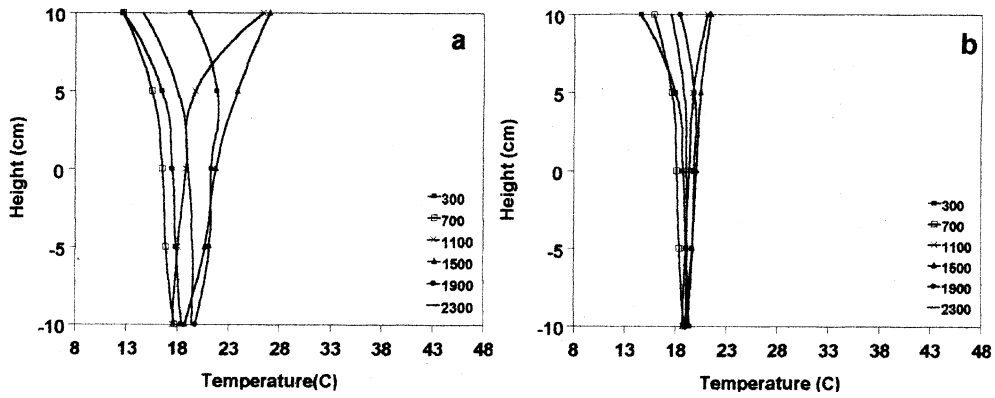


Fig. 5. Daily changes of temperature profile in polyester flat type on sunny day(a, 29 May 1999) and cloudy with rain(b, 26 May 1999) day.

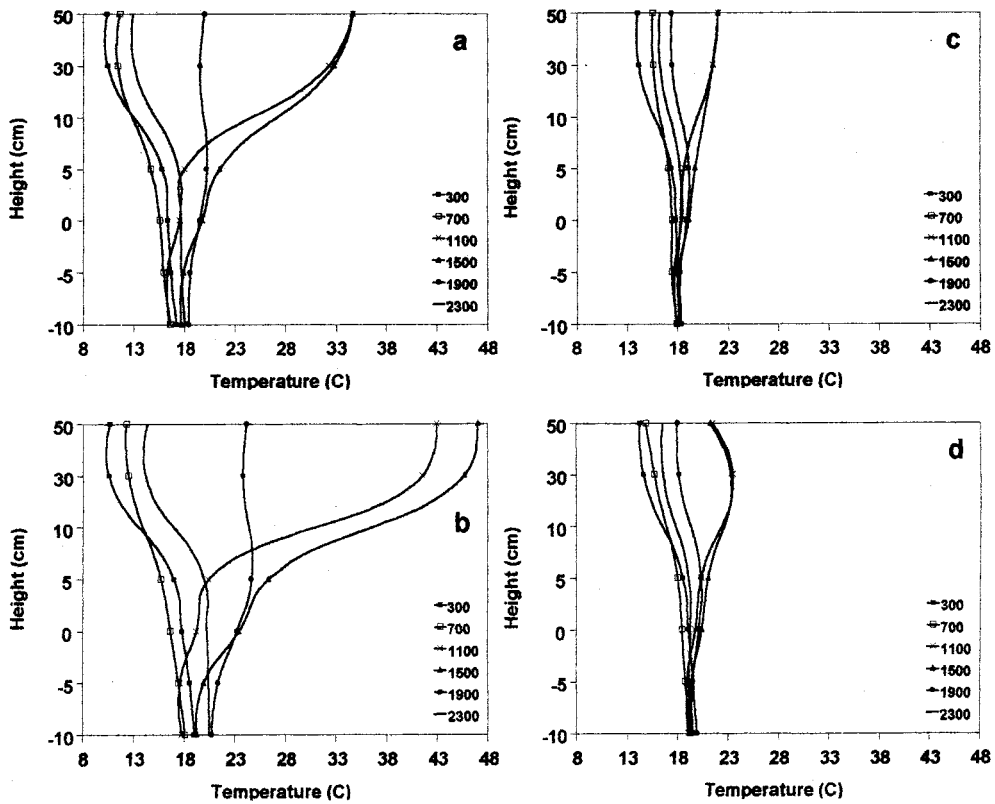


Fig. 6. Daily changes of temperature profile in the various rice nursery bed types on sunny day and cloudy with rain day. a and b: polyester tunnel type and polyethylene tunnel type on sunny day(29 May 1999). c and d: polyester tunnel type and polyethylene tunnel type on cloudy with rain day(26 May 1999).

서 지상 30 cm까지는 새벽부터 아침까지 감률상태를, 낮시간에는 역전상태를 보였다(Fig. 6c). 저녁시간대에 지중 5 cm에서 지표면까지는 역전상태, 지표면에서 지

상 30 cm까지는 감률상태를 나타내었다. 지상 30 cm에서 지상 50 cm 사이는 낮시간에 역전상태를 보였고, 일몰이후부터 아침까지는 등온상태를 보였다. PE필름

터널은 지중에서 지상 30 cm까지 부직포터널과 동일한 양상을 보였고, 지상 30 cm에서 50 cm 사이는 낮 시간, 새벽, 아침시간은 감률상태를 보였고, 1100시와 1500시는 등온상태를 보였다(Fig. 6d).

낮시간에는 건조, 따뜻해진 공기가 모의 증산작용 때문에 냉각되어 기온의 역전상태가 일어난다. 따라서 낮시간의 기온 역전상태는 열의 수직 운동과 수증기의 수송이 낮은 층위로 제한되는 결과(Rosenberg *et al.*, 1983; Oke, 1978)로 볼 수 있다. 일몰 이후부터 아침까지 상내 기온은 거의 안정상태를 유지하였다.

3. 피복자재에 따른 못자리내의 기온 특성

못자리 재배기간 중 수원기상대에서 측정한 운량, 일사량, 강우량 등을 기준으로 전형적인 맑은 날, 흐리거나 비온 날 각각 7일을 선정하여, 최고, 최저, 평균값을 평균하여 피복자재에 따른 상내 30 cm 높이의 기온과 외부의 30 cm 높이의 기온을 비교한 것이 Table 1이다.

최고기온은 맑은 날 PE필름터널에서 외부기온보다 21.1°C 높은 47.2°C를 보였고, 부직포터널은 10.9°C 높은 37.0°C를 보였다. 흐린 날에는 외부기온보다 PE 필름터널이 8.1°C 높고, 부직포터널에서는 4.0°C 높게

나타났다. 최저기온은 맑은 날, 흐린 날 구분 없이 외부기온과 차이(0~-0.4°C)가 거의 없었다. 상내 평균기온은 맑은 날 PE필름터널이 외부기온보다 7.1°C, 부직포터널에서는 3.0°C 높았고, 흐린 날에는 외부기온보다 PE필름터널이 2.6°C, 부직포터널은 1.1°C 높았다. 일교차는 맑고, 흐린 날 구분 없이 외부기온, 부직포 터널, 비닐 터널 순으로 커지는 양상을 보였다.

낮 시간에 터널 안에 기온이 올라가는 이유는 터널이 외부의 바람을 차단하여 강제대류(forced convection)가 일어날 수 없고 자유대류(free convection)에 따른 열과 수증기의 난류수송만이 가능하여 제한된 터널 안에 열과 수증기가 축적되기 때문이다(Oke, 1978). 그러나 부직포는 적은 양 이나마 터널 외부와의 강제대류가 일어나 비닐보다 최고기온이 낮게 나타나는 것으로 판단된다. 야간에는 비닐 또는 부직포의 표면을 통해 열이 전도 또는 복사되어 터널 안의 기온이 외부보다 낮아지게 되어있지만, 낮에 축적해둔 지중열류에 의해 터널 안의 기온이 유지된다.

30 cm 높이의 외부 기온과 보온못자리 상내 5 cm 높이의 최고, 최저, 평균기온을 비교한 결과(Table 2), 최고기온은 맑은 날 외부기온보다 PE필름터널 5.5°C, 부직포평상 0.6°C, 흐린 날 PE필름터널 2.6°C, 부직포

Table 1. Comparison of maximum, minimum, average temperature(°C) at 30cm height inside the nursery tunnel and its difference from ambient air temperature on sunny and cloudy with rain day.

Weather condition	Polyethylene tunnel						Polyester tunnel						Ambient air		
	Max.	Diff. ^{a)}	Min.	Diff. ^{a)}	Avg.	Diff. ^{a)}	Max.	Diff. ^{a)}	Min.	Diff. ^{a)}	Avg.	Diff. ^{a)}	Max.	Min.	Avg.
Sunny	47.2	21.1	11.3	0	25.8	7.1	37.0	10.9	10.9	-0.4	21.7	3.0	26.1	11.3	18.7
Cloudy with rain	27.9	8.1	13.9	0	19.6	2.6	23.8	4.0	13.6	-0.3	18.1	1.1	19.8	13.9	17.0

^{a)}Difference from ambient air temperature.

Table 2. Comparison of maximum, minimum, average temperature(°C) at 5 cm height inside the nursery beds and its difference from ambient air temperature on sunny and cloudy with rain day.

Weather condition	Temp.	Polyethylene tunnel		Polyester tunnel		Polyester flat		Ambient air temperature
		Temp.	Diff. ^{a)}	Temp.	Diff. ^{a)}	Temp.	Diff. ^{a)}	
Sunny	Max.	31.6	5.5	24.1	-2.0	26.7	0.6	26.1
	Min.	16.5	5.2	15.6	4.3	15.9	4.6	11.3
	Avg.	23.1	4.4	19.6	0.9	20.7	2.0	18.7
Cloudy with rain	Max.	22.4	2.6	20.2	0.4	21.1	1.3	19.8
	Min.	18.2	4.3	17.3	3.4	17.7	3.8	13.9
	Avg.	20.3	3.2	18.9	1.8	19.4	2.3	17.0

^{a)}Difference from ambient air temperature.

Table 3. Rice seedling characteristics as grown for 21 days under different nursery protection materials.

Protection material	Leaf age	Seedling Height (cm)	Dry Weight (mg/Plant)	DW/Plt. ht (mg/cm)
Polyethylene tunnel	3.6	20.4	24.2	1.2
Polyester tunnel	3.4	22.0	33.9	1.5
Polyester flat	3.6	24.4	27.9	1.2

정상 1.3°C 높았다. 부직포터널은 맑은 날 2.0°C가 외부기온보다 낮았고, 흐린 날은 외부기온과 비슷하였다.

최저기온은 피복자재와 무관하게 외부기온보다 맑은 날에는 4~5°C, 흐린 날에는 3~4°C 높았다. 평균기온은 맑고, 흐린 날의 구분 없이 외부기온보다 PE필름터널에서 3~4°C, 부직포터널에서 1~2°C, 부직포평상에서 약 2°C 높았다. 비닐과 부직포 간의 최저기온 편차는 외부기온보다 3.4~5.2°C가 컸다. 맑은 날 최고기온은 PE필름터널에서 외부기온과 편차가 5.5°C이었고, 부직포평상에서는 0.6°C이었다. 부직포터널에서는 외부기온보다 2°C가 낮았다.

맑은 날, 흐린 날에 최고, 최저, 평균기온의 편차는 부직포터널의 최고기온이 2°C 낮은 것을 제외한 모든 값에서 피복자재와 무관하게 균락내부 온도가 외부의 30 cm 기온보다 높았다.

익산 426호를 파종 후 3주에 묘소질을 피복자재별로 비교한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 엽령은 3.4~3.6엽으로 피복자재에 따른 차이가 거의 없었다. 이 결과는 주간 25°C, 야간 20°C 조건에서 21일 만에 3.2정도의 엽령에 도달하면 초장 및 건물중이 건실하였다는 보고와 같은 경향이다(이 등, 1996). 초장은 부직포평상이 27.9 cm로 가장 크고, PE필름터널이 가장 작은 20.4 cm를 보였다. 묘의 건물중은 부직포터널이 33.9 mg/plt.로 가장 무거웠고, PE필름터널이 가장 작은 24.2 mg/plt.이었다. 묘의 충실도(건물중/초장)는 부직포터널이 가장 높은 1.5 mg/cm, 부직포평상, PE필름터널이 1.2 mg/cm를 나타내었다. 전체적으로 묘의 생장은 부직포터널이 부직포평상 또는 PE필름터널보다 충실하였다.

적 요

지역과 육묘시기에 알맞은 기계이양상자육묘 보온못 자리의 피복자재와 못자리양식을 선정하기 위하여 PE 필름터널, 부직포터널, 부직포평상 못자리에 대한 상내

미기상과 외부기상의 영향을 조사하였다.

1. 맑은 날 포차(vapor pressure deficit)는 낮에는 대기보다 부직포터널과 PE필름터널의 내부가 더 컸고, 흐리거나 비가 온 날은 낮에 부직포터널이 PE필름터널이나 외부보다 컸다.

2. 하루동안 지중열류량은 PE필름터널, 부직포평상, 부직포터널 순으로 대기중으로 방출하는 에너지보다 지중으로 흡수하는 에너지가 많았다. 흐리거나 비 온 날은 부직포평상과 부직포터널은 대기중으로 방출하는 에너지보다 지중으로 흡수되는 에너지가 더 컸으나, PE 필름터널은 대기중으로 방출하는 에너지가 컸다.

3. 온도의 수직분포는 날씨에 관계없이 낮에는 역전 상태를 보였고, 일몰 이후부터 아침까지는 감률상태이었다.

4. 최고기온은 맑은 날 PE필름터널에서 외부기온보다 21.1°C 높은 47.2°C이었고, 부직포터널은 10.9°C 높은 37.0°C이었다. 흐린 날 외부기온보다 PE필름터널은 8.1°C 높고, 부직포터널에서는 4.0°C 높게 나타났다. 최저기온은 날씨에 관계없이 0~-0.4°C 이내로 차이를 보이지 않았다. 일교차는 외부기온, 부직포터널, 비닐터널 순서로 커지는 경향이었다.

5. 묘의 소질은 부직포터널이 부직포평상 또는 PE필름터널보다 충실하였다.

인용문헌

- 남재철, 정창희, 1985: Poly-ethylene Film을 사용한 보온 못자리의 온실효과에 관한 연구. 한국기상학회지, 21(1), 55-66.
- 윤성호, 이변우, 김병찬, 이정택, 1990: 벼 보온질충못자리의 바람트기 방법에 따른 상내 이산화탄소 농도와 기온의 일변화. 한국작물학회지, 35(6), 543-547.
- 이종훈, 오윤진, 1996: 식용작물학 I. 한국방송통신대학교 출판부, 600p.
- Garzoli, K. V., and J. Blackwell, 1981: An analysis of the nocturnal heat loss from a single skin plastic greenhouse. *J. Agric. Eng. Res.*, 26, 203-214.

- Iwakiri, S., and Z., Uchijima, 1971: Temperature regime and heat transfer in glasshouse in the daytime. *J. Agric. Meteo., Tokyo*, **26**, 197-207.
- Marcel F., E. Dayan, D. Shmuel, and I. Zipori. 1997: Effects of ventilation on the energy balance of a greenhouse with bare soil. *Agricultural and Forest Meteorology*, **86**, 273-282.
- Oke T. R., 1978: *Boundary layer climates*. John Wiley & sons, 372p.
- Rosenberg, N, J., B. L. Blad, S. B. Verma, 1983: *Microclimate*. John Wiley & Sons, 495p.
- Yamamoto, Y., 1966: An application of earth-air heat exchange. *J. Agric. Meteo., Tokyo*, **22**, 77-79.