

조기 재배시 감자의 비닐 피복 재배 연구

최관수¹, 정건호^{2*}

¹안성시농업기술센터, ²농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

Study on Vinyl Coating Cultivation of Potatoes under Low Temperature Conditions

Kwan Soo Choi¹ and Gun Ho Jung^{2*}

¹Anseong Agricultural Technology Center, Anseong 17509, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Korea

Abstract - Appropriate soil temperature and early planting of potato is very important for the successful potato-soybean cropping system in central region of South Korea. This experiment was carried out to determine the effect of mulching materials on the growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). Five different mulch treatments were had been applied on an upland soil as follows ; no mulch (NM), transparent film (TF), transparent film + additional transparent film (TF + ATF), black film (BF), and black film + additional transparent film (ATF). In the period of sowing time to removing additional films, mean soil temperature of the treatments was in the order of TF+ATF > TF > BR+ATF > BF as 20.3°C > 18.5°C > 16.1°C > 15.4°C, respectively and that of NM was 13.8°C. The accumulated soil temperature was TF > NM > BF during the removing additional films to earthing at inter-tillage. On the changes in the soil temperature during a whole day, the temperature in the BF was lower than NM during around 18:00 PM to 12:00 AM, while NM was higher than BF in the time period of 10:00AM to 21:00PM. The sequence of potato sprout emergence was 15 > 18 > 20 > 22 days of TF+ATF, TF, BF+ATF, and BF, respectively and that of NM was 24 days. Comparing to the NM, potato sprout emergence was observed on the TF+ATF treated plot as early as 9 days. At 10 days before harvest, the significant difference in the tuber dry weight had been observed and the sequence tuber weight was in the order of TF > TF+ATF > BF+ATF > BF > NM. The potato yields of TF, TF+ATF, and BF+ATF were increased of 40.7, 37.3, and 22% as compared to NM (2,805 kg 10a⁻¹), but almost same yield in the BF. The differences of tuber dry weight and potato yields was co-related with the temperature rise of soil by the application of mulching materials on soil. Based on these results, application of mulching film had been very effective to increase the tuber size and the yield of potato by the temperature rise during seedling stage of potato. Transparent mulching was better than black mulching especially for the emergence of sprout of potato in relation to minimizing cooling injury.

Key words - Cropping system, Mulching, Potato (*Solanum tuberosum* L.), Temperature

서 언

감자는 단위면적 및 단위 시간당 열량 생산이 높고 단백질 및 각종 비타민류와 무기 염류가 풍부하기 때문에 세계적인 주요 식량 작물이다(Borach, *et al.*, 1962). 감자가 국내에 도입된 시기는 1824년경 만주로부터 도입된 것으로 추정되며, 식량이 부

족하던 시절 구황작물 역할을 하였고 1970년대 본격적인 식량 증산 정책이 시행되면서 점점 부식작물로서 그 역할이 바뀌었으며, 최근에는 감자 칩 등의 가공식품이 급속히 발달되면서 가공 원료로 널리 이용되고 있다(Jeong *et al.*, 2003). 또한 감자 가격이 상승하면서 농가 소득향상을 위하여 감자가 작부체계에 도입되기도 하였다. 특히 중남부지방에서는 논에서 벼를 심기 전에 수확하는 답전작 작물로도 유용하게 사용되어, 봄 감자 수확 후에 옥수수, 콩, 김장용 채소 등을 재배하는 작부체계가 개발되기도 하였다(Kim *et al.*, 2016, RDA, 2014).

*교신저자: ideaway@korea.kr

Tel. +82-31-695-0642

우리나라에서 감자 재배는 전통적으로 봄, 여름 그리고 가을 재배였다. 그러나 80년대 중반 이후 비닐 시설을 활용한 내륙의 감자 겨울시설재배가 증가하였고, 또한 제주도에서 가을재배 수확기가 연장되면서 연중 신선한 감자가 공급되고 있다. 감자의 총 재배면적은 약 24,930 ha이며, 이중 약 65%는 봄감자로 재배되고 있다. 2012년 감자 평균생산량은 2,437 kg 10a⁻¹, 총 생산량은 607,534톤이다(Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statiscal Yearbook, 2013). 국내 평야지에서 여름에는 온도가 높아 감자 재배에 불리하며 감자의 생육조건이 비교적 양호한 고랭지에서 여름재배가 가능하다. 고랭지에서 여름재배는 평균 생산성이 3,700 kg 10a⁻¹로 선진국 수준이나 봄재배와 가을재배는 생산성이 너무 낮아 전국 평균은 선진국 수준을 크게 못 미치는 수준이다. 국내에서는 일반적으로 봄감자 재배가 주류를 이루고 있으며, 가을재배는 일부 이루어지고 있다.

가을재배에서는 파종기에 높은 지온을 낮추기 위하여 짚 피복 등이 많이 이용되고 있다(Hwang *et al.*, 2001). 반면에 봄감자 재배에서는 지온을 상승시켜 조기 파종과 출아 촉진을 도모하는 동시에 서리피해를 방지하여 보다 긴 생육기간을 확보하는 것이 중요하다. 피복은 작물 재배 시 지표면을 비닐, 종이, 짚 등으로 피복하는 것을 말하며, 대부분 지온의 상승, 잡초발생 억제, 양분 및 토양의 유실방지 등에 목적을 둔다(Lamb and Chapman, 1943; Courter, 1964; Dodd *et al.*, 2000; Jenson, 1988). 피복에 사용 되는 자재 들 중 폴리에틸렌필름은 지온유지 효과 및 토양수분의 증발억제 등에 매우 효과적이며, 내구성이 우수하고 값이 저렴하여 많이 사용되고 있다(Jenson, 1988; Unger, 1978). 피복은 지온의 조절, 잡초발생의 억제 및 토양물리성의 향상 등의 효과가 있으며, 특히 토양수분의 보존에 효과가 높다(Jensen, 1988). 토양수분함량은 작물의 생육 및 품질과 밀접한 관련이 있으며(Hwang *et al.*, 2001; Yu *et al.*, 2004, Kim *et al.*, 2012, Lee *et al.*, 2013), 토양수분은 토양의 종류나 물리화학적 상태, 작물의 종류, 피복 재료와 방법, 광, 온도, 대기습도 등에 직간접적인 영향을 받는다. 토양수분함량은 식물체의 무기성분 함량에도 영향을 미친다(Yu *et al.*, 2004). 감자는 12~21°C의 기온에서 생육이 양호한 저온성 작물로서 생

육단계에 따라 최적 요구온도가 다르며(Borach *et al.*, 1962), 재배환경에 따라 생리적 특성이 크게 변한다. 땅아의 출현은 26.7~29.4°C, 출현 후 생육은 21~24°C가 알맞고(Yamaguchi *et al.*, 1964), 괴경의 비대기는 지온이 22°C가 알맞다고 하였다(Epstein, 1966). 피복은 봄감자 재배 시 출아기의 저온과 괴경 비대기의 고온뿐만 아니라 가을 재배 시 출아기의 고온을 해결하는 대안으로 생각해 볼 수 있다. 봄감자 파종 시기인 2월 중순~3월 중순과 가을재배를 수확하는 10월 하순에는 기온과 지온이 낮고, 늦서리 피해가 발생하게 되어 냉해, 동해를 입을 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로 피복을 통한 지온의 유지가 필수적이라 할 수 있다. 본 연구는 소득이 높은 봄감자를 효과적으로 재배하기 위하여 중부지역에서 피복 자재의 종류(투명필름, 흑색필름)와 피복방법(덧 필름 피복)이 지온상승과 그에 따른 봄감자 생육에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 경기도 안성시에 소재한 포장에서 3월 25일부터 6월 23일까지의 비닐 피복이 봄 감자 생육 및 수량에 대한 변화를 검토하기 위하여 실시하였다. 공시토양은 양토이었으며, 일반 밭 토양에 비하여 유기물과 유효인산함량은 적절한 반면 pH와 교환성 Ca²⁺와 Mg²⁺ 함량은 낮고, 교환성 K⁺ 함량은 높은 토양이었다(Table 1).

처리구는 대조구(무피복, NM)와 비닐피복 자재 2종(투명비닐, TF와 검정비닐, BF) 및 덧 비닐 피복 여부(투명비닐+덧비닐, TF+ATF)의 5처리구를 두었으며, 시험구는 난피복 3반복으로 배치하였다. 공시품종은 수미(*Solanum tuberosum L.*)를 사용하였다. 재식거리의 휴폭 100 cm×휴간 30 cm×조간 45 cm×주간 40 cm로 두었다. 파종부터 수확까지의 주요 포장관리 방법은 Table 2와 같았다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비를 10a당 10-10-12-2,000 kg 수준으로 사용하였다. 그 외 재배관리는 감자 표준재배법에 준하였다(RDA, 2012).

기상자료는 농촌진흥청 농업기상관측시스템 안성지점을 이용하여 사용하였다. 지온측정은 파종부터 수확까지 지표면

Table 1. Physico-chemical properties of soil used in this field experiment

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol _c kg ⁻¹)			EC (ds m ⁻¹)	Soil texture
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
4.8	28	463	1.27	3.20	0.90	1.80	Loam

Table 2. Periodical processes for Potato cultivation

Management of the field	Date	Days after sowing
Sowing and covering	March 25	0
Removing the additional films	April 15	20
Earthing at inter-tillage	May 4	39
Harvest	June 23	89

으로부터 10 cm 깊이에서 데이터 로거(Watch dog, Spectrum Technologies, Inc. 1400)를 이용하여 매일 1시간 단위로 측정하였다. 시험 결과의 일평균 지온과 적산온도 등은 시간단위 지온을 일일 평균값을 사용하여 나타내었다. 파종 후 싹이 50% 이상 출현했을 때를 출현기로, 50% 이상이 개화했을 때를 개화기로 간주하여 조사하였다(RDA, 2012). 생육조사는 개화 후 3회(5월 20일, 6월 1일 및 6월 12일)를 초장, 괴경수, 괴경무게, 뿌리의 생체중, 건물중을 조사하였다. 최종 수확은 6월 23일에 하였으며 괴경의 중량을 조사하여 10a 기준으로 표현하였다.

통계분석

통계분석은 SAS9.2 (Statistical Analysis Systems, Inc, Raleigh, Nc, USD)을 활용하였다. 분산분석(Analysis of variance)을 통해 처리구 효과를 검정하였고, 처리구간 차이는 DMRT (Duncan's Multiple Range Test) 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

재배기간 동안 기상상황

본 시험을 수행한 2014년 3월부터 6월까지의 봄 감자 재배기간 동안 평균기온과 강수량 및 일조시간을 조사 하였으며, 평년

(1987~2013)의 자료와 비교하였다(Table 3). 봄감자 재배기간 동안 평균기온은 17.0°C 로 평년의 16.1°C보다 0.9°C 높았으며, 5월 상순과 6월 중순을 제외하고 대체로 평년보다 높거나 비슷하였다. 재배기간 동안의 누적 강수량은 204 mm로 평년보다 약 113 mm 적었다. 시험 기간 중 일조시간은 평년보다 약 31시간 길었으며, 상대적으로 강수량이 많았던 4월 하순과 6월 상순의 일조시간은 짧았다.

봄감자 재배는 생육초기의 낮은 온도와 가뭄으로 초기생육이 지연되고 생육후기에는 고온과 토양 과습으로 감자가 썩어덩이줄기의 품질이 낮아지는 것이 문제점으로 지적되고 있다(RDA, 2012). 본 실험지역의 3월 하순 평년온도 9.6°C로 생육초기의 저온피해가 발생할 수 있었다. 또한 수확기 강수량이 감자의 과습 피해에 민감하게 작용하는데 2014년은 강수량이 적어서, 생육후기의 과습 피해가 발생하지 않았다. 하지만 전 생육기간에 필요한 강수요구량 300~450 mm에 비하여 96.5 mm 낮은 강수량을 나타내어 수량은 영향을 주었을 것으로 생각된다(RDA, 2012).

비닐피복 처리가 지온변화에 미치는 영향

감자 생육기간 중 토심 10 cm의 비닐피복별 일 지온변화를 보았다(Fig. 1). 파종(a)부터 덧 필름 제거 전(b)까지의 지온변화

Table 3. The mean values of air temperature, rainfall, and radiation during potato cultivation of the field in 2014 and 1987 to 2013

Weather	Year	March	April			May			June			Sum	Mean
		L ^x	F ^z	M ^y	L ^x	F ^z	M ^y	L ^x	F ^z	M ^y	L ^x		
Air temp. (°C)	'14	11.2	9.6	13.8	15.2	13.9	18.4	21.4	21.6	21.7	23.4		17.0
	'87~'13	6.6	9.6	11.7	13.5	16.3	17.1	19.1	21.0	22.3	23.3		16.1
Rainfall (mm)	'14	7.5	3.0	7.5	42.5	24.5	26.5	10.5	50.0	25.5	6.0	203.5	
	'87~'13	16.8	17.9	21.7	27.8	31.8	29.6	24.6	29.5	44.8	72.0	316.5	
Radiation (MJ m ⁻²)	'14	67	76	48	49	81	60	104	50	63	79	677	
	'87~'13	67	66	67	66	67	63	72	64	60	47	639	

^F; first ten days of a month, ^M; middle ten days of a month, ^L; last ten days of a month.

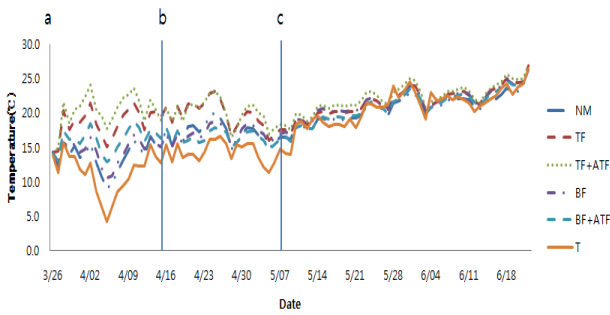


Fig. 1. Changes in the daily soil temperature under the different treatments during sowing to harvest (a, b, and c indicated at the time of sowing, removing the additional films, and earthing at inter-tillage, respectively. NM; no mulching, TF; transparent film, TF+ATF; transparent film+additional transparent film, BF; black film, BF+ATF; black film+additional transparent film, and T; mean air temperature).

는 NM < BF < BF+ATF < TF < TF+ATF 피복 처리구 순으로 뚜렷하였다. 반면에 덧 필름 제거(b) 후 중경배토(c)까지는 TF < TF+ATF < NM < BF < BF+ATF를 나타내었다. 따라서 피복초기의 지온상승효과를 확인할 수 있었으며, ATF (덧 필름) 처리구가 지온상승효과가 높았다. 중경배토 이후에는 처리구별 토양 온도 차이는 거의 없었다.

파종(a)부터 덧 필름 제거(b) 전까지의 지온상승효과는 처리구간 차이가 크게 나타났으나, 덧 필름 제거(b) 후 중경배토(c)까지는 온도차이가 있었지만 처리구간 차이가 파종(a)부터 덧 필름 제거(b) 전까지보다 크지 않았다. 중경배토(c) 이후에는 처리구간 차이가 없었다. 즉 기온이 낮을수록 비닐피복 처리구에 의한 온도상승효과가 컸다. 중경배토(c) 이후에 처리구간 차이가 없었던 것은 중경배토로 인하여 비닐피복 상부가 거의 흠으로 덮였기 때문으로 판단된다.

감자 파종 직후 저온피해를 받기 쉬운 기간인 파종에서 덧 필름 제거까지의 처리구별 지온 적산온도를 비교하여 처리효과를 살펴보았다(Fig. 2). 대조구인 무피복(NM) 대비 피복종류 처리구별 누적 지온상승효과는 TF+ATF > TF > BF+ATF > BF 순으로 컸으며, 그 양은 각각 무처리구 지온적산온도 대비 75% > 60% > 39% > 25% 이었다. TF 피복 처리구는 BF피복 처리구보다 온도상승효과가 높았다. 한번 더 투명 필름을 덧대는 처리는 TF 및 BF 종류에 관계없이 약 15%의 누적 지온상승효과를 보였다. 이 기간의 일중 시간별 온도변화를 보면 기온이 가장 높은 시간인 오후 2시 전후로 약 3~5시간 정도에 NM과 BF의 지온교차가 일어났다. 기온이 낮은 오후 6~9시부터 익일 오전 11~

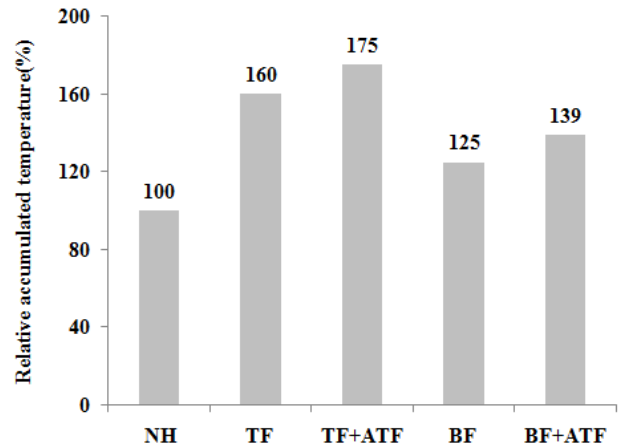


Fig. 2. Changes in the soil temperature accumulated from sowing to removing the additional films in the treatments. (NM; no mulching, TF; transparent film, TF+ATF; transparent film+additional transparent film, BF; black film, and BF+ATF; black film+additional transparent film).

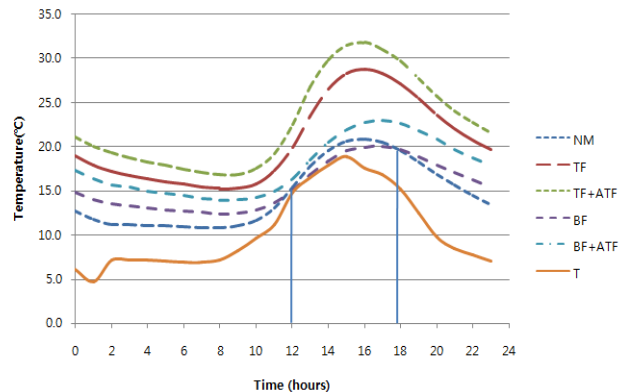


Fig. 3. Changes in the soil temperature increased under the different mulching materials during 24 hours at April 9 (NM; no mulching, TF; transparent film, TF+ATF; transparent film+additional transparent film, BF; black film, BF+ATF; black film+additional transparent film, and T; mean air temperature).

12시까지 BF의 지온이 NM보다 낮았던 반면, 기온이 높은 오전 11~12시부터 오후 6~9시까지 NM의 지온이 BF의 지온보다 높았다. 즉 검정비닐 피복 처리구는 기온이 낮을 때 보온효과가 있고, 기온 높을 때 지온을 낮추는 경향이 있었다(Fig. 3).

비닐 피복 처리가 봄감자 생육에 미치는 영향

파종부터 개화기까지의 생육기간 동안의 감자 싹 출현 및 개화시기를 피복처리구별로 조사하였다(Fig. 4). 무처리구인 NM에서 감자 싹의 지상부 출현은 파종 후 24일로 가장 늦었던 반

면, 흑색필름 피복 처리구인 BF 및 BF+ATF에서 각각 22일 및 20일로 무처리구보다 약간 빨랐다. 투명필름 피복 처리구인 TF에서는 파종 후 18일에 감자 싹의 지상부 출현이 되었고 TF+ATF에서는 파종 후 15일에 감자 싹의 지상부 출현이 되어 무처리구 보다 9일이나 빨리 출현이 되었다. 덧 비닐 피복 처리구의 경우 투명 필름이나 검정 필름 상관없이 감자 싹의 지상부 출현이 단독 필름 처리구 보다 2~3일 빨랐다. 따라서 ATF 피복 처리구에서 지온상승효과가 감자의 출현을 2~3일 촉진시켰던 것으로 생각된다. 감자 싹의 지상부 출현부터 개화까지의 기간은 무처리구인 NM에서 31일로 가장 짧았던 반면, 투명비닐 피복 처리구인 TF와 TF+ATF에서 각각 39일 및 44일로 가장 길었으며, 흑색비닐 피복 처리구 BF 및 BF+ATF에서도 각각 33일,

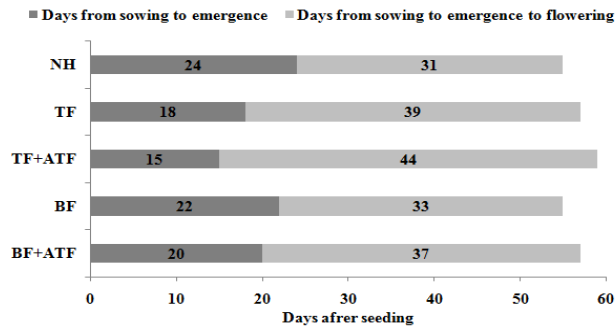


Fig. 4. Effect of the different mulching materials on the increase of soil temperature for the elapsed periods of seedling to emergence and emergence to flowering, respectively (NM; no mulching, TF; transparent film, TF+ATF; transparent film+additional transparent film, BF; black film, and BF+ATF; black film+additional transparent film).

37일로 길어졌다. 위의 결과들을 종합해 보면, 파종부터 출현까지의 기간은 TF+ATF < TF < BF+ATF < BF < NM 순으로 길었고, 출현부터 개화까지의 기간은 TF+ATF > TF > BF+ATF > BF > NM 순으로 길어졌다. 이 이유는 파종부터 개화까지의 생육기간은 57±1.7일로 처리구별 큰 차이를 보이지 않아서, 파종부터 출현기까지의 기간이 짧으면 당연히 이후의 생육기간이 길어지기 때문이었다. 결론적으로 투명필름 피복 처리는 지온상승효과가 크므로 감자 싹의 지상부 출현을 빨리 시켰고, 이에 따라 출현 후 개화까지의 생육기간을 연장하는 효과도 매우 컸다. 반면에 흑색비닐피복은 투명비닐 피복의 효과에 미치지 못하였다.

생육초기(4월 15일) 출현중인 감자의 뿌리 상태를 비교해보면 TF+ATF > TF > BF+ATF > BF > NM순으로 지온상승효과와 같은 경향을 보였다(Fig. 5). NM처리 대비 TF와 TF+ATF 피복 처리는 지온상승에 따라 뿌리발달이 좋아져서 초기 생육의 촉진효과가 크게 나타났고, BF와 BF+ATF 피복 처리구에서도 대조구 보다는 생육이 좋지만 TF와 TF+ATF 피복 처리구보다는 생육이 저조하였다. 지온상승은 근 활력을 높여 초기 생육에 영향을 주었다고 판단된다. 또한 지상부 생육도 지온상승에 따라 뿌리발달이 좋은 것과 같은 경향이였다.

비닐피복 처리구별 감자 생육을 비교한 결과 6월 12일 괴경의 무게는 TF > TF+ATF > BF+ATF > BF > NM 순으로 높았다 (Table 4). 지온상승효과가 좋았던 TF 피복 처리구에서 생육이 양호한 반면, 출현이 9일 정도 늦은 대조구(NM)에서 가장 저조하였다. 그 이유는 지온이 높고, 출현과 초기생육이 왕성하기 때문으로 판단되었다. Lee *et al.* (2010)은 지온이 높아짐에 따

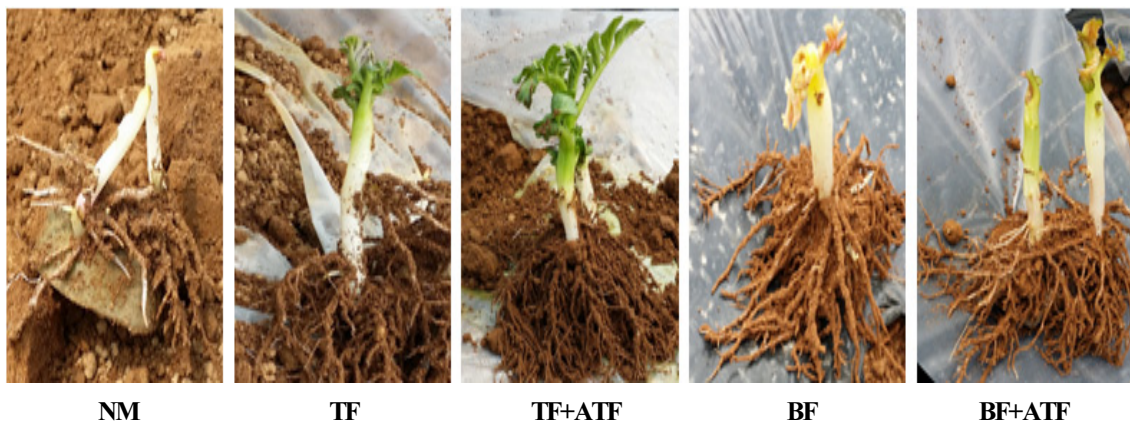


Fig. 5. Effect of the soil temperature raising on the growth under the different mulching materials at April 15 during seedling stage. (NM; no mulching, TF; transparent film, TF+ATF; transparent film+additional transparent film, BF; black film, and BF+ATF; black film+additional transparent film).

라 지상부에 비해 지하부 생장이 촉진된다고 보고한 바 있다. 위와 같은 논리라면 지온상승효과가 가장 높았던 TF+ATF 피복 처리구에서 지하부 생육이 가장 좋았어야하나 실제로는 TF 피복 처리구보다 낮았다. 생육적온 이상의 지온상승은 생육과 생산량을 감소시킨다(Cooper, 1973; Voorhees *et al.*, 1981, Yun, *et al.*, 2012)는 보고가 있다. 따라서 출현기간 단축 및 영양생장 기간이 길어 대체로 지상부 생육은 좋았으나, 생육적온 이상의

로 지온이 높아져서 지하부 생육에 악영향을 주었을 것으로 생각된다.

감자의 생육 및 수량

수확 후 감자수량은 비닐피복 처리구별 5% 유의 수준에서 검정되었다. Table 5와 Fig. 6에서 보면 처리구별 감자생산량은 대조구(NM)에 비해 TF에서 41%로 가장 많이 증수되었고, 그 다

Table 4. Growth characteristics of above and under ground biomasses in the treatments

Sampling date	Treatment	Plant height (cm plant ⁻¹)	No of tuber per plant	Tuber weight (g plant ⁻¹)	Root	
					Fresh weight (g plant ⁻¹)	Dry weight (g plant ⁻¹)
20-May	NM ^z	57.7 b ^u	9.0 b	180 c	194 b	26.4 b
	TF ^y	62.7 a	10.3 ab	339 a	356 a	47.3 a
	TF+ATF ^x	60.7 a	10.7 ab	281 ab	304 a	42.2 a
	BF ^w	57.3 b	11.0 a	237 b	253 ab	35.6 ab
	BF+ATF ^v	58.3 ab	6.7 c	271 ab	285 ab	38.8 ab
01-June	NM ^z	60.7 ab	11.0 a	308 c	322 c	59.8 b
	TF ^y	64.0 a	10.3 ab	574 a	590 a	108.5 c
	TF+ATF ^x	63.7 a	8.7 b	471 ab	486 ab	89.8 a
	BF ^w	58.0 b	8.7 b	366 b	380 b	70.4 a
	BF+ATF ^v	60.7 ab	8.3 b	381 b	393 b	73.8 a
12-June	NM ^z	63.0 a	7.0 b	436 c	448 c	71.8 b
	TF ^y	63.7 a	8.3 ab	827 a	843 a	148.2 a
	TF+ATF ^x	63.3 a	10.0 a	846 a	869 a	147.8 a
	BF ^w	58.0 b	7.0 b	561 b	572 b	94.8 ab
	BF+ATF ^v	59.7 ab	7.3 b	745 ab	761 ab	129.1 ab

^zNM; no mulching, ^yTF; transparent film, ^xTF+ATF; transparent film+additional transparent film, ^wBF; black film, ^vBF+ATF; black film+additional transparent film.

^uMeans with the same letter within the column are not significantly different at P<0.05 determined through DMRT.

Table 5. Mean comparison of tuber weight, number of tuber and yield in the treatments after harvest

Treatment	Tuber weight (g plant ⁻¹)	No. of tuber per plant	Yield (kg 10a ⁻¹)	Yield index (%)
NM ^z	738 b ^u	7.8 a	2,805 b	100
TF ^y	1,038 a	7.4 a	3,947 a	141
TF+ATF ^x	1,013 a	7.4 a	3,852 a	137
BF ^w	725 b	6.5 b	2,758 b	98
BF+ATF ^v	900 ab	6.6 b	3,424 ab	122

^zNM; no mulching, ^yTF; transparent film, ^xTF+ATF; transparent film+additional transparent film, ^wBF; black film, ^vBF+ATF; black film+additional transparent film.

^uMeans with the same letter within the column are not significantly different at P<0.05 determined through DMRT.

음은 TF+ATF가 37%로 증수되었고 BF+ATF 처리는 22% 증수되었다. 그러나 BF 처리에서는 오히려 2% 감소되었다. 즉 투명필름 피복은 봄감자 수량을 크게 증가시킨 반면 흑색필름 피복은 증수효과가 미미하였다. 지온상승효과와는 유사한 경향을 보였다. 한편 피복 처리구 중 TF+ATF 처리에서 지온상승효과는 가장 컸지만 생산량은 오히려 TF 처리에서 가장 높았다. 이와 같이 피복 처리구에 따른 지온상승효과와 생산량 증가 사이의 정의 상관관계를 나타내지 않았던 것은 생육적온 이상의 지온상승은 오히려 생육과 생산량을 감소시키고(Cooper, 1973; Voorhees *et al.*, 1981), 대기온도와 태양복사에너지가 높은 시

기의 피복은 과도한 지온상승을 유발하며, 이는 식물생육을 저해한다(Tindall *et al.*, 1991)는 보고와 일치하였다. 즉 TF+ATF 피복 처리구에서 생육적온 이상의 지온상승이 감자 수량 감소의 원인이 되었던 것으로 생각된다.

결론적으로 본 실험은 비닐피복으로 지온을 높여 생육을 증진시키고자 하는데 목표가 있었다. 따라서 이모작 봄감자 안전다수확 재배를 위해서는 생육초기 지온상승과 생육촉진효과가 높고 조기파종과 출현을 촉진하여 보다 긴 생육기간을 확보할 수 있는 투명필름 피복이 효과적이고, 덧 필름 피복은 기상조건에 따라 경제성을 고려하여 선택을 하는 것이 좋은 것으로 판단



Fig. 6. Effect of the different mulching materials on the growth at May 20th, June 1st and June 12th, respectively (NM; no mulching, TF; transparent film, TF+ATF; transparent film+additional transparent film, BF; black film, and BF+ATF; black film+additional transparent film).

되었다. 그러나 흑색필름 피복재배는 이모작 재배 시 저온 피해 및 생육지연이 되나 제초효과를 위해 많이 사용된다. 흑색필름 피복은 온도가 낮은 시기에 재배되는 봄감자 재배보다는 온도가 높은 시기에 재배되는 가을감자에 유망한 필름형태로 생각되었다.

적 요

중부지역에서 감자와 콩의 안전다수확 작부체계를 위해서는 전작물인 봄감자의 조기 파종과 초기생육을 위한 적정 토양 온도의 확보가 결정적 요인으로 작용한다. 따라서 본 실험은 비닐 피복의 종류별 지온상승효과와 이에 따른 감자의 생육과 수량에 미치는 영향을 검토하였다. 봄감자 초기생육기간인 파종부터 덧 필름 제거 시까지 처리구별 평균지온은 무피복구(NM) 13.8°C에 비하여 투명필름+덧 필름 > 투명필름 > 흑색필름+덧 필름 > 흑색필름 순으로 각각 20.3°C > 18.5°C > 16.1°C > 14.5°C 높았다. 일중 시간대별 온도변화를 보면, 기온이 낮은 오후 6~9시부터 익일 오전 11~12시까지는 BF의 지온이 NM보다 낮았던 반면, 기온이 높은 오전 10~12시부터 오후 6~9시까지는 NM의 지온이 BF의 지온보다 높았다. 감자 싹의 지상부 출현은 TF+ATF > TF > BF+ATF > BF 순으로 각각 15일 > 18일 > 20일 > 22일 빨랐으며, TF+ATF 처리구의 경우 무처리구(NM) 24일에 비하여 무려 9일이나 빨리 감자 싹이 출현되었다. 수확 10일 전 처리구간 감자 지하부 건물중 차이는 TF > TF+ATF > BF+ATF > BF > NM 순이었으며, 통계적으로 유의성 있게 높았다. 이는 처리구별 지온상승효과와 거의 일치하였다. 감자 수량은 대조구인 NM 처리의 2,805 kg 10a⁻¹ 비하여 TF에서 41%, TF+ATF 처리는 37% 및 BF+ATF 처리는 2% 증수되었고, BF 처리는 유사하였다. 본 실험은 비닐피복으로 지온을 높여 생육을 증진시키고자 하는데 목표가 있었다. 본 실험의 결과 봄감자 안전다수확 재배를 위해서는 생육초기 지온상승과 생육촉진효과가 높고 조기파종과 출현을 촉진하여 보다 긴 생육기간을 확보할 수 있는 투명필름 피복이 효과적이고, 덧 필름 피복은 기상조건에 따라 경제성을 고려하여 선택을 하는 것이 좋은 것으로 판단되어진다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(ATIS 과제번호: PJ0114262016)의 지원으로 수행된 결과입니다.

References

- Borah, M.N. and F.L. Milthorpe. 1962. Growth of the potato as influenced by temperature. *Indian J. Plant Physiol.* 5:53-72.
- Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth - A review. *Commonwealth Agr. Bureaux, Slough, U.K.* p. 73.
- Courter, H.J. 1964. Comparisons of paper and polyethylene mulching on yield of certain vegetable crops. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85:526-531.
- Dodd, I.C., J. He, C.G.N. Turnbull, S.K. Lee and C. Critchley. 2000. The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annuum* L. *J. Expt. Bot.* 51:239-248.
- Epstein, E. 1966. Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. *Agron. J.* 58:169-171.
- Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. 2013. p. 98
- Hwang, J.M. and G.S. Tae. 2001. Changes in the growth of red pepper (*Capsicum annuum* L.) and soil moisture according to irrigation and cultivating methods. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):295-299
- Jeong J.C., Y.H. Yun, D.C. Chang, C.S. Park and S.Y. Kim. 2003. Processing quality of potato tubers as influenced by soil and climatic conditions. *Korean J. of Environ. Agr.* 22(4):261-265.
- Jensen, M.H. 1988. The achievements on the use of plastic in agriculture. *International seminar on the utilization of the plastics in agriculture.* Food & Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region & Rural Development Administration of Korea. pp. 1-17.
- Kim, D.K., K.D. Lee, Y.S. Rim and J.C. Chung. 2016. Effects of sowing date on agronomic characteristics of intermediate-erect type cowpea. *Korean J. Plant Res.* 29(4):504-510.
- Kim, Y.K., H.J. Kang, S.H. Yang, H.J. Oh, S.C. Lee, S.K. Kang and H.S. Kim. 2012. Effects of crop rotations on potato yield, soil chemical and microbiological properties in organic farming system. *Korean J. Organic Agriculture* 20(4):687-702.
- Lamb, J. and J.E. Chapman. 1943. Effect of surface stones on erosion, evaporation, soil temperature, and soil moisture. *J. Amer. Soc. Agron.* 35:567-578.
- Lee, C.Y., T.J. Kim and G.J. Lee. 2010. Effects of Organic Mulching on Potato Production and Weed Management. *Korean Journal of Organic Agriculture* 18(4):587-598.
- Lee, J.S., I.J. Kim, C.K. Youn, K.S. Ahn, K.H. Kim, S.Y. Nam

- and H.S. Kim. 2013. Effects of removing of transparent polyethylene film on garlic growth, yield and weed occurrence in double layer mulching cultivation. Korean J Organic Agri. 21(3):413-422.
- Tindall, J.A., R.B. Beverly and D.E. Radcliffe. 1991. Mulch effect on soil properties and tomato growth using microirrigation. Agron. J. 83:1028-1034.
- Voorhees, W.B., R.R. Allmaras and C.E. Johnson. 1981. Alleviation temperature stress. In Arkin, G.F. and H.M. Taylor (eds.), *Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress*. Monogr. 4 Amer. Soc. of Agr. Eng., St. Joseph, Mich. pp. 217-266.
- Unger, P.W. 1978. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth. Agron, J. 70:858-864.
- Rural Development Administration. 2012. Standard of Research, Investigation, Analysis in Agricultural Science Technology. Rural Development Administration. pp. 345-521.
- _____. 2014. Potato: Agricultural Science and Technology Research. Rural Development Administration. pp. 468-618.
- Yamaguchi, M., H. Timm and A.R. Spurr. 1964. Effects of soil temperature on growth and nutrition of potato plants and tuberization, composition and periderm structure of tubers. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 84:412-423.
- Yu, S.O. and Jong, H.B. 2004. The effect of fertigation setting point on the growth and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Bio-Environment Control 13(2):102-106.
- Yun, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, M.S. Kim and Y.B. Lee. 2012. Effect of different colored polyethylene mulch on the change of soil temperature and yield of chinese cabbage in autumn season. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(4):511-514.

(Received 8 July 2017 ; Revised 22 October 2017 ; Accepted 24 October 2017)