

Research Article



CrossMark

Open Access

## 감자(*Solanum tuberosum* L.) 봄재배 시 작휴와 멀칭이 생육, 수량 및 경제성에 미치는 영향

임주성\*, 조지홍, 조광수, 장동철, 진용익, 유홍섭, 이종남

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소

### Effect of Ridging System and Mulch Types on Growth, Yield, and Profitability of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Spring Cropping

Ju Sung Im\*, Ji Hong Cho, Kwang Soo Cho, Dong Chil Chang, Yong Ik Jin, Hong Seob Yu and Jong Nam Lee (Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Daegwallyeong Pyeongchang 25342, Korea)

Received: 13 September 2016 / Revised: 20 September 2016 / Accepted: 26 September 2016

Copyright © 2016 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Ju Sung Im

<http://orcid.org/0000-0001-9981-9240>

#### Abstract

**BACKGROUND:** This study was conducted to determine effects of ridging systems and plastic film mulch types on growth, yield, and profitability of potato (*Solanum tuberosum* L.) in spring cropping using paddy field and to suggest profitable ridging system and plastic mulch type.

**METHODS AND RESULTS:** Two potato cultivars ('Goun', and 'Atlantic') were grown at paddy field located in Gangneung in spring. For treatments, ridging systems were one-row ridge (OR) and two-row ridge (TR). Mulch types were no-mulch (NM), black plastic film mulch (BPM), and transparent plastic film mulch (TPM). Emergence of sprout was affected by the mulch types and the fastest level was shown at TPM treatment. Accumulative soil temperature during sprouting was 16.2°C higher at TR than at OR and also higher at TPM than at BPM or NM. Stem length was not affected by ridging systems or mulch types. Leaf area index (LAI) was influenced by mulch types, while not by ridging systems.

The highest LAI was shown at TR with TPM and OR of BPM. There was no significant difference in specific gravity or dry matter rate by ridging systems and mulch types. Tuber yield was significantly influenced by ridging systems and mulch types. Mean tuber weight was heavier at OR treatment than at TR and also the heaviest at TPM among mulch types. The highest marketable yield was found at OR with BPM. Based on marketable tuber yield and market price, the highest income ratio in two cultivars was found at OR with BPM and it was 20~82% higher than the ratio at TR with TPM.

**CONCLUSION:** In spring potato cropping using paddy field, OR with BPM is better for high yield and is more profitable for farmer's income than the conventional cultivation method, TR with TPM.

**Key words:** Mulching, Potato, Profitability, Ridge, Spring cropping

#### 서론

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 벼, 콩, 옥수수과 함께 전 세계적으로 중요한 식량작물 중 하나이며(FAO, 2008; MIFAFF, 2011), 우리나라에서는 봄, 여름, 가을 및 월동 작

\*Corresponding author: Ju Sung Im  
Phone: +82-33-330-1611; Fax: +82-33-330-1519;  
E-mail: [imjusung@korea.kr](mailto:imjusung@korea.kr)

형을 통해 주년 생산된다. 국내 감자의 연간 재배면적은 최근 5개년(2011-2015년) 평균기준 22,828 ha이며(KOSIS, 2016), 이 중 봄재배 면적은 76.8%에 해당하는 17,534 ha로서 식용 및 가공원료 감자의 국내 공급에 있어 봄재배는 매우 중요하다. 감자 봄재배는 3~4월경 씨감자를 파종한 후 6~7월경 수확함에 따라 벼, 콩, 옥수수 등 타작물과 이모작이 가능하여 최근 단일작목 농가를 대상으로 재배가 꾸준히 늘고 있다. 특히, 벼 재배농가의 소득 보전에 유리하여 벼 이앙전 봄감자의 논재배가 두드러지게 증가하는 추세이다. 하지만, 봄감자의 논재배 시 벼 이앙 전에 감자를 수확하기 위하여 이른 봄철 온도가 낮은 시기에 씨감자를 조기 파종함에 따라 저온으로 인한 싹 출현 지연과 싹 출현 후 동상해가 잦아서 문제가 된다(Im *et al.*, 2013). 봄재배 시 초기생육이 지연되면 괴경의 비대 성숙과 수확이 전반적으로 늦어져 감자의 충분한 생육 기간을 확보하기가 어렵고, 생육후기에는 여름철 고온과 장마에 조우됨에 따라 괴경이 쉽게 부패하여 수량 감소가 유발될 수 있다(RDA, 2005). 이에 따라, 감자의 봄재배 시 동상해 방지와 초기생육의 촉진을 위하여 플라스틱필름(PE)의 멀칭 재배가 꾸준히 늘고 있다(Oh *et al.*, 1984; Yoon *et al.*, 1984). 일반적으로 PE 멀칭은 지온상승효과와 함께 토양수분 유지, 양분유실 경감, 그리고 잡초발생을 억제하는 효과 등이 알려져 있으며, 그 효과는 멀칭재료에 따라 차이가 있는 것으로 보고되어 있다(Lee and Yoon, 1975; Collins, 1976; Chung, 1987). 즉, 투명 PE 멀칭은 광투과율 및 지온상승효과가 우수하여 봄철 저온기에 감자 싹의 출현촉진에 유리하나 잡초 발생이 문제가 된다(Lee and Back, 1985; Aguyoh *et al.*, 1999). 반면, 흑색 PE 멀칭은 지온상승효과는 다소 떨어지나 광차단에 따른 잡초발생의 억제효과가 우수하다(Keiller and Smith, 1989). 또한, 투명 PE 멀칭은 생육후기인 6-7월경 지온을 지나치게 상승시켜 괴경부패를 유발할 수 있다(Went, 1959; Burt, 1964; RDA, 2005). 감자의 봄재배 시 생육과 수량에 중요한 영향을 미치는 지온은 멀칭재료뿐만 아니라 작후 방식에 따라라도 영향을 받으며, 2조식 작후보다 1조식에서 지온의 일교차가 더 큰 것으로 보고된 바 있다(Kim *et al.*, 1989). 한편, 지온과 토양습도에 대한 감자 식물체의 생육 및 수량반응은 감자의 유전적 소질 즉, 품종에 따라 다른 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 1985; Tang *et al.*, 2003). 예를 들면, '수미'감자는 온도에 둔감한 편이어서 비교적 고온에서도 생육이 양호한 반면, '대서'나 '하령'감자는 온도에 민감하여 괴경의 비대성숙기가 고온에 처할 경우, 내부갈변, 중심공동, 이차생장 등의 생리장해가 증가한다(Tang *et al.*, 2003). 토양수분과 관련하여 '남작'과 '대지'감자는 과습 조건에 처할 경우, 엽 황화증상이 심하여 광합성 불량에 따른 수량 감소가 '수미'감자보다 심한 편이다(Lee *et al.*, 1985). 즉, 지속적으로 증가하고 있는 국내 봄감자 논재배 시 재배품종에 맞는 적절한 작후방식과 PE 멀칭재료를 검토할 필요가 있으며, 이는 감자재배 농가의 생산비와 소득에 직결되어 매우 중요한 요소가 될 수 있다.

이에 따라, 본 연구는 국내에서 봄감자의 논재배 시 주요

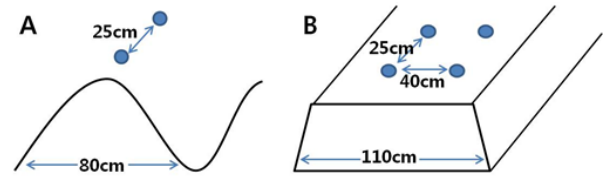


Fig. 1. Ridging types used in this study (A: One-row, B: Two-row).

감자 품종별 작후방식과 PE 멀칭재료에 따른 생육 및 수량특성을 구명하고, 경제성분석을 통하여 농가의 소득향상에 유리한 방식을 제시하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 시험은 강원도 강릉(해발 5 m)에 위치한 논포장에서 수행하였으며, 시험에 공시된 감자품종은 최근 가공원료 생산을 목적으로 봄철 논재배가 증가하고 있는 '고운'('Goun')과 '대서'('Atlantic')였다. 품종별 시험재료의 생리적 균일성을 위하여 전년도에 고령지농업연구소의 대관령 소재 망실포장에서 여름재배로 증식한 병이 없는 건전한 씨감자를 시험에 이용하였다. 씨감자는 파종하기 25일전에 저온저장고에서 출고하여 산광최야를 충실하게 실시하였으며, 맹아가 1 cm 가량 출현하였을 때 씨감자 절편 1개의 무게가 30-40 g 내외가 되도록 절단하여 파종에 사용하였다.

### 실험방법

포장조성을 위하여 파종 30일전 ha 당 퇴비20톤, 석회 2톤을 포장전면에 살포한 후 깊이갈이를 하였다. 이후 파종 3일전 농촌진흥청의 감자 봄재배 시비처방 및 토양 검정을 기준하여 감자전용복비(N:P:K=10:10:11, 감자1호, 남해화학) 1,500 kg을 포장전면에 골고루 뿌린 후 재차 경운하였으며, 씨감자 파종 직전에 Fig. 1과 같이 1조식 및 2조식 작후를 조성하였다. 조성된 작후에 무공 투명 PE 멀칭(0.03 mm), 무공 흑색 PE 멀칭(0.03 mm), 그리고 무멀칭으로 처리 후 준비된 각 품종의 씨감자를 3월 29일 파종하였으며, 최종 수확은 파종후 100일경인 7월10일 실시하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였고, 중간생육조사는 각 시험구에서 5주씩, 최종 수확조사는 40주씩 채취하여 생육, 품질, 수량성, 생리장해 등을 조사하였다.

### 분석방법

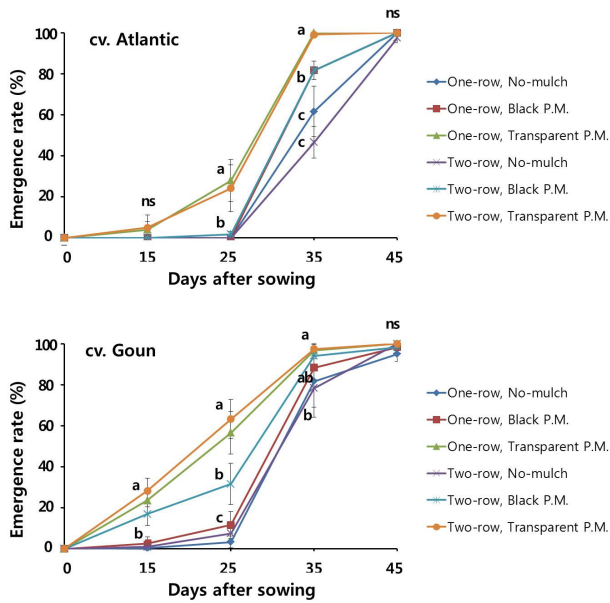
지온은 감자의 괴경이 주로 위치하는 지중 15 cm 깊이에 온도센서를 설치하여 데이터로거(WatchDog 1000 series, Spectrum Tech. Inc., USA)로 측정하였다. 경장과 엽면적 지수는 파종후 70일경 조사하였으며, 엽면적지수(Leaf area index)를 위하여 길이 1 cm 이상의 엽들을 채취한 후, 엽면적 측정기(LI-3100 Area meter, LI-COR, inc. USA)를 이용하여 조사하였다. 괴경의 비중은 파종후 100일경 최종 수

**Table 1. The initial chemical properties of surface soil of the experimental paddy field**

pH(1:5)	EC* (dSm <sup>-1</sup> )	Av. P2O5 (mgkg <sup>-1</sup> )	O.M.** (%)	Ex. cation (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CEC*** (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
				Ca	Mg	K	Na	
6.52	0.32	223	2.34	4.15	2.54	0.15	0.30	10.12

\* EC: Electrical conductivity of the saturation extract of surface soil, \*\* Organic Matter Content

\*\*\* CEC: Cation exchange capacity



**Fig. 2. Changes in emergence rate of two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping (P.M. is the abbreviation for plastic film mulch). Vertical bars represent the standard errors and means followed by the same letters within columns are not significantly different by DMRT at  $P \leq 0.05$ .**

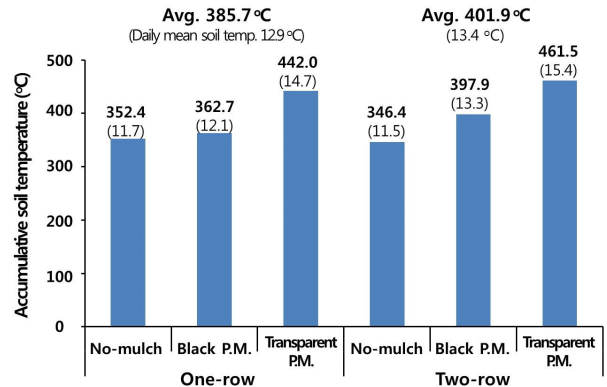
확 시 Kleinkopf 등(1987)의 방법을 준용하여 공기중 괴경 무게를 측정 후 물속에서의 무게를 측정하여 다음의 식으로 계산하였다.

$$\text{비중} = \frac{\text{공기중 무게}}{\text{공기중 무게} - \text{수중 무게}}$$

건물울은 잘게 썬 감자를 영하 80°C의 초저온냉동고에 24 시간동안 보관한 후, 진공동결건조시스템(PVTFD 20R, II Shin Co. Ltd., Korea)으로 건조시켜 건조전 무게에 대한 건조후 무게의 백분율로 나타내었다. 상서울은 총수량 중 80 g 이상의 상품성 있는 건전한 괴경의 무게를 백분율로 계산하였으며, 기타 수량특성 등은 농촌진흥청의 연구조사분석기준을 준용하여 조사하였다(RDA, 2005). 처리별 경제성분석은 2007년부터 2011년까지 6월에 시장 출하된 봄감자의 평균가격을 기준가격으로 이용하여 수행하였다.

**통계분석**

시험 데이터의 통계분석은 SAS enterprise guide 4.3



**Fig. 3. Comparison of the accumulative soil temperature and the daily mean soil temperature as affected by ridging systems and mulch types for 30 days after sowing in spring potato cropping (P.M. is the abbreviation for plastic film mulch).**

(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 ANOVA(analysis of variance)를 실시하였으며, 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test(DMRT)로 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**작후 및 멀칭방식 별 맹아출현과 지온 특성**

본 시험에 사용된 논 시험포장의 재배 전 이화학적 특성은 Table 1과 같았으며, 우리나라의 전형적인 논토양의 특성을 보였다. 작후 및 멀칭처리에 따른 감자 품종별 맹아의 출현특성은 Fig. 2와 같았으며, 작후방식에 따른 차이보다 멀칭처리에 의한 차이가 두드러졌다. 두 품종 모두 투명 PE 멀칭구에서 맹아출현이 가장 빨랐고, 흑색 PE 멀칭구, 무멀칭구 순으로 출현이 늦었다. 파종후 35일경 맹아 출현율을 보면 투명 PE 멀칭구의 경우 90% 이상으로 가장 높았으며, 흑색 PE 멀칭구는 80% 내외, 그리고 무멀칭구는 45-60% 수준으로 가장 낮았다. 저온기에 감자 맹아의 출현은 토양습도보다는 지온에 더 민감한 것으로 알려져 있어(Yamaguchi *et al.*, 1963) 작후 및 멀칭처리에 따른 맹아 출현기의 지온 특성을 알아보았다. 맹아 출현기인 파종직후부터 파종후 30일까지의 적산지온을 조사한 결과(Fig. 3), 작후처리구 간에는 2조식 작후가 1조식 작후보다 16.2°C 더 높았으며, 멀칭처리구에서는 무멀칭구 대비 흑색 PE 멀칭구가 30.9°C, 투명 PE 멀칭구가 102.4°C 가량 적산지온이 더 높았다. 이는 2조식 작후가 1조식 작후

보다 토양용적량이 많아 열 보유에 유리하고, 투명 PE 필름의 투광율과 흡열에 의한 열전도도가 흑색 PE 필름보다 높기 때문에 판단된다(Collins, 1976; Oh *et al.*, 1984; Yoon *et al.*, 1984; Park *et al.*, 1991; Cui and Lee, 2001).

또한, 작휴 및 멀칭처리에 따른 일평균지온은 2조식 작휴가 1조식 작휴보다 0.5°C 가량 더 높았고, 무멀칭구 대비 흑색 PE 멀칭구가 1.1°C, 투명 PE 멀칭구가 2.4°C 더 지온이 높았다. 이러한 작휴와 멀칭처리에 따른 지온상승 경향은 Fig. 2에서 땅아 출현율의 변화 양상과 일치하였다. 즉, 지온이 높게 형성된 처리구일수록 땅아의 출현이 촉진되었다. 이는 땅아출현에 부적합한 저온 조건에서 봄파종이 이루어졌기 때문인데, 땅아 출현에 적절한 지온은 21.1-23.4°C 인데 반해 (Yamaguchi *et al.*, 1963), 국내 봄감자 파종시기의 지온은 11.5°C 내외로서 본 시험의 작휴와 멀칭처리에 따른 지온 상승이 땅아 출현을 촉진시키는 효과를 가져 온 것으로 생각된다. 또한, 봄감자 재배 시 생육초기에 저온피해를 줄이기 위하여 최저지온이 높을수록 유리한데(Kim *et al.*, 1989), 파종 후 30일 동안의 주야간 온도변화를 조사한 결과(Fig. 4), 주간은 물론 저온이 문제되지 쉬운 일몰 후에도 2조식 작휴가 1조식 작휴보다, 그리고 투명 PE 멀칭구가 흑색 PE 멀칭구나

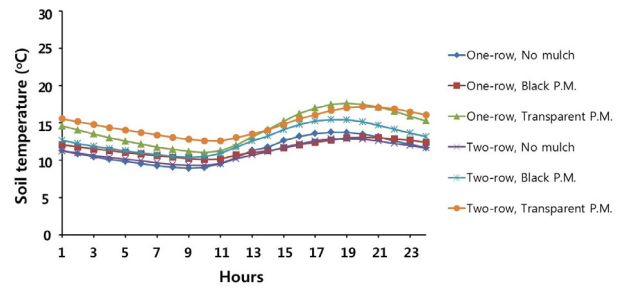


Fig. 2. Changes in emergence rate of two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping (P.M. is the abbreviation for plastic film mulch). Vertical bars represent the standard errors and means followed by the same letters within columns are not significantly different by DMRT at  $P \leq 0.05$ .

무멀칭구보다 지온을 높게 유지하여 땅아출현 등 초기생육 촉진에 기여했을 것으로 판단된다.

작휴 및 멀칭방식 별 생육과 품질 특성

작휴 및 멀칭처리에 따른 품종별 생육과 품질특성은

Table 2. Stem length, leaf area index (LAI), top-root ratio (TR ratio), and specific gravity in two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping

Cultivar	Ridging system	Mulch type	Stem length (cm)	LAI	TR ratio	Specific gravity
Goun	One-row	NM <sup>z</sup>	74	4,038 c <sup>y</sup>	1.386 a	1.083
		BPM	74	7,565 a	1.103 ab	1.082
		TPM	71	5,291 b	0.877 b	1.087
		Average	73	5,631	1.122	1.084
	Two-row	NM	65	4,326 c	1.189 ab	1.087
		BPM	66	6,579 ab	1.381 a	1.083
		TPM	72	7,346 ab	1.074 ab	1.083
Average	68	6,083	1.215	1.084		
Atlantic	One-row	NM	55	5,509 c	1.128 ab	1.079
		BPM	56	7,944 a	1.139 ab	1.081
		TPM	53	7,400 ab	0.980 b	1.080
		Average	55	6,951	1.082	1.080
	Two-row	NM	57	6,443 b	1.443 a	1.079
		BPM	60	6,742 ab	1.490 a	1.079
		TPM	56	7,952 a	1.137 ab	1.075
Average	58	7,046	1.357	1.078		
Average	56	6,998	1.220	1.079		
Total Mean			63	6,428	1.194	1.082
Cultivar			***	ns	ns	**
Ridging			ns	ns	**	ns
Mulching			ns	*	**	ns
Cultivar x Ridging			ns	ns	ns	ns
Cultivar x Mulching			ns	ns	ns	ns
Ridging x Mulching			ns	ns	ns	ns
Cultivar x Ridging x Mulching			ns	ns	ns	ns

<sup>z</sup> NM, BPM, and TPM are the abbreviation for no-mulch, black plastic film mulch, and transparent plastic film mulch, respectively

<sup>y</sup> Means followed by the same letters within columns are not significantly different by DMRT at  $P \leq 0.05$

ns,\*,\*\* Non-significant or significant at  $P \leq 0.05$ , or  $0.01$ , respectively

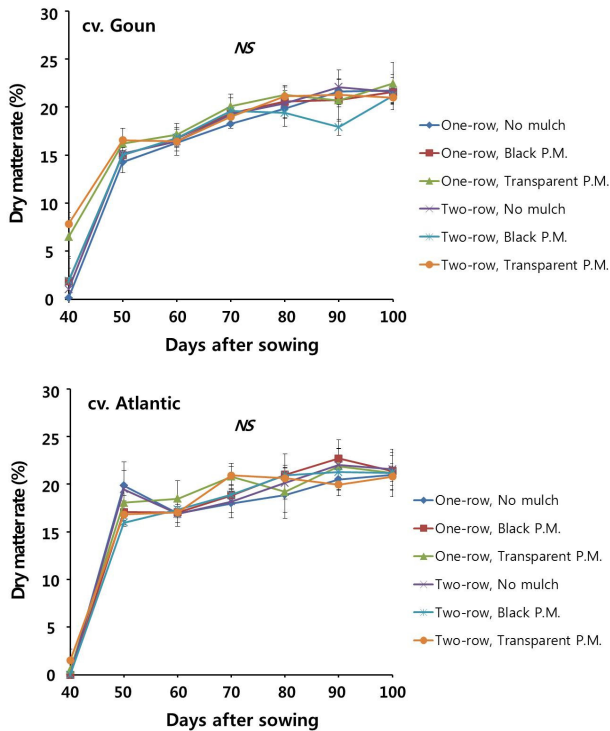


Fig. 5. Changes in dry matter rate of two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping (P.M. is the abbreviation for plastic film mulch). Vertical bars represent the standard errors and means followed by the same letters within columns are not significantly different by DMRT at  $P \leq 0.05$ .

Table 2와 같았다. 작후처리는 감자의 생육조사 항목 중 지상부 무게와 지하부 무게 비율인 TR율에 대해 고도의 통계적 유의성을 나타냈으며( $P \leq 0.01$ ), 멀칭처리는 엽면적지수(LAI) ( $P \leq 0.05$ )와 TR율( $P \leq 0.01$ )에 대해 유의성을 나타냈다. 이에 반해 경장이나 비중에 대해서는 작후 및 멀칭처리에 따른 영향이 유의성이 없었다.

멀칭처리에 유의성이 있었던 엽면적지수(LAI)는 작후처리 별 다소 차이가 있었는데 1조식 작후의 경우 흑색 PE 멀칭구에서, 2조식 작후에서는 투명 PE 멀칭구에서 높은 경향이 있었다. TR율은 2조식 작후가 1조식 작후보다 그리고 흑색 PE 멀칭구와 무멀칭구가 투명 PE 멀칭구보다 대체로 높게 나타났다. 이는 2조식 작후의 경우 1조식 작후보다 동일한 면적에 밀식 파종되는 효과가 있어 지상부 도장이 발생하여 영향을 받은 것으로 생각되며, 투명 PE 멀칭구의 경우는 저온기에 흑색 PE 멀칭구나 무멀칭구보다 지온상승효과가 우수해서 결과적으로 큰 생육이 촉진(Dodd *et al.*, 2000)되었기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 감자의 건물율은 전분함량이나 감자 가공품의 수율과 높은 상관성이 있어서 매우 중요한 품질로 알려져 있다 (Schippers, 1976; Simmonds, 1977; Kolbe and Stefanbeckmann, 1997). 본 시험에서 작후 및 멀칭처리에 따른 생육 시기별 감자의 건물율은 Fig. 5에서와 같이 차이가 크지

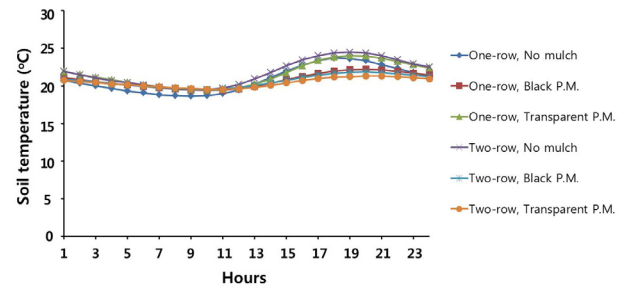


Fig. 6. Changes in the average soil temperatures during a day for 30 days before harvest as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping (P.M. is the abbreviation for plastic film mulch).

않았다. 다만, 품종에 따라 '고온'감자는 출현이 완료된 직후인 괴경형성 초기(파종후 40일경)에 2조식 작후 및 투명 PE 멀칭구에서 건물율이 일시적으로 높았던 반면, 출현이 늦었던 대서는 같은 시기에 작후 및 멀칭처리에 의한 차이가 눈에 띄지 않았다. 두 품종 모두 파종후 50일경 모든 처리에서 건물율이 급격히 증가한 후 최종 수확기(파종후 100일경)까지 큰 변화가 없었다. 일반적으로 감자의 건물율은 품종 고유의 유전적 소질이나 생육단계, 그리고 강우, 기온 등 환경요인에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있어 작후 및 멀칭처리에 따른 영향은 기대하기 어려운 것으로 생각되었다(Ifenkwe *et al.*, 1974; Iritani, 1981; Im *et al.*, 2013). 또한, 수확기의 고온이나 강우는 감자 식물체에 환경스트레스로 작용하여 괴경 내 전분함량을 감소시키고 비중이나 건물율을 떨어뜨린다 (Epstein, 1966; Iritani, 1981; Jefferies and Mackerron, 1987). 본 시험포장에서 작후 및 멀칭처리에 따른 수확전 30일 동안 하루 중 지온을 조사한 결과(Fig. 6), 소폭의 일교차는 관측되었지만 일평균지온은 처리별 큰 차이가 없었다. 즉, 작후 및 멀칭처리에 따른 지온 등 미기상 변화가 비중이나 건물함량과 같은 감자의 가공 관련 내적 품질에 대해 눈에 띄는 큰 영향을 주는 수준은 아닌 것으로 판단된다. 다만, 작후 및 멀칭처리와 강우 수준 간 관계에 대해서는 정밀한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

#### 작후 및 멀칭방식 별 수량 특성

수량 관련 특성은 작후 및 멀칭처리에 민감하게 영향을 받았다(Table 3). 작후 및 멀칭처리에 대해 통계적 수준 차이는 있었지만, 총괴경수, 상서수, 평균괴경무게, 상서율, 상서수량 모두 유의성을 나타냈다. 특히, 경제성 분석에서 수익성 산출의 기초요소가 되는 상서수량은 품종( $P \leq 0.05$ ), 작후( $P \leq 0.001$ ), 멀칭( $P \leq 0.001$ ) 각각의 요인뿐만 아니라 품종 작후( $P \leq 0.01$ ), 작후 멀칭( $P \leq 0.01$ ), 품종 작후 멀칭( $P \leq 0.05$ ) 모두에 대해 유의적인 차이가 있었다. 총괴경수와 상품성 있는 건전한 괴경수는 2조식 작후보다 1조식 작후에서 더 많았다. 그리고, 1조식 작후 중에서는 흑색 PE 멀칭구에서 가장 많은 수의 괴경이 생산되었다.

**Table 3. Yield characteristics in two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping**

Cultivar	Ridging system	Mulch type	Number of tubers (/plant)		Mean tuber weight (g/tuber)	Marketable tuber rate (%)	Yield (kg/10a)
			Total	Marketable			
Goun	One-row	NM <sup>z</sup>	11.2 ab <sup>y</sup>	6.3 ab	76 bcd	66 ab	2,822 b
		BPM	12.6 a	7.6 a	82 abc	71 ab	3,671 a
		TPM	10.0 ab	5.9 ab	85 ab	75 a	3,187 ab
		Average	11.3	6.6	81	71	3,227
	Two-row	NM	7.9 b	4.3 b	66 d	61 b	2,199 c
		BPM	9.8 ab	5.3 b	70 cd	64 ab	2,871 b
		TPM	7.8 b	5.4 b	90 a	73 a	3,465 a
		Average	8.5	5.0	75	66	2,845
Average			9.9	5.8	78	69	3,036
Atlantic	One-row	NM	8.5 b	5.2 b	86 ab	71 ab	2,629 bc
		BPM	12.8 a	9.1 a	96 a	75 ab	4,835 a
		TPM	11.6 a	8.0 a	96 a	82 a	4,557 a
		Average	10.9	7.4	92	76	4,007
	Two-row	NM	6.7 b	4.0 b	76 b	69 b	2,267 c
		BPM	8.3 b	5.2 b	76 b	65 b	2,713 bc
		TPM	8.2 b	5.4 b	90 ab	72 ab	3,464 b
		Average	7.7	4.8	81	68	2,815
Average			9.3	6.1	87	72	3,411
<i>Total Mean</i>			9.6	6.0	82	71	3,223
<i>Cultivar</i>			<i>ns</i>	<i>ns</i>	<b>**</b>	<i>ns</i>	<b>*</b>
<i>Ridging</i>			<b>***</b>	<b>***</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>***</b>
<i>Mulching</i>			<b>*</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>***</b>
<i>Cultivar x Ridging</i>			<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<b>**</b>
<i>Cultivar x Mulching</i>			<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Ridging x Mulching</i>			<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<b>**</b>
<i>Cultivar x Ridging x Mulching</i>			<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<b>*</b>

<sup>z</sup> NM, BPM, and TPM are the abbreviation for no-mulch, black plastic film mulch, and transparent plastic film mulch, respectively

<sup>y</sup> Means followed by the same letters within columns are not significantly different by DMRT at  $P \leq 0.05$

*ns, \*\*, \*\*\** Non-significant or significant at  $P \leq 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$  respectively

한편, 평균괴경무게는 1조식 작휴가 2조식 작휴보다, 그리고 투명 PE 멀칭구가 다른 처리구보다 더 무거운 경향을 보였다. 상품성 있는 괴경 비율을 의미하는 상서율도 평균괴경무게와 유사하였다. 상서수량은 '고운'과 '대서'감자 모두 1조식 작휴의 흑색 PE 멀칭구에서 가장 많았다. 작휴 및 멀칭방식은 개별적인 작용뿐만 아니라(Chung, 1987; Kim *et al.*, 1989), 두 요인의 상호작용을 통하여 지온의 일교차나 토양의 수분 보유능력 등 토양내 미기상 환경을 변화시킨다(Yang *et al.*, 2013). 본 시험에서 투명 PE 멀칭의 높은 투광율에 의한 지온 상승효과는 1조식 작휴보다 2조식 작휴에서 더욱 촉진되었으며(Fig. 3), 이는 2조식 작휴가 1조식 작휴보다 많은 양의 토양을 함유하여 온도변화에 대한 완충능력이 높았기

때문인 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 1989). 따라서, 봄감자 재배시 작휴방식과 멀칭재료의 선택은 동시에 고려되어야 할 것으로 판단된다.

작휴 및 멀칭방식에 따른 생리장해 발생율은 처리 간 큰 차이가 없었으나, 녹화서 비율이 두 품종 모두 투명 PE 멀칭구와 무멀칭구에서 증가하였다(Fig. 7). 녹화서는 독성성분인 글리코알카로이드가 생성됨에 따라 식품원료로서 가치를 상실하게 되는데, 그 원인은 광에 노출되어 표피에 색소가 침착되기 때문이다(Edwards *et al.*, 1976). 흑색 PE 멀칭은 직사광선의 제어 및 광투과율 경감 효과로 인해 녹화서 비율이 낮았으며, 이에 반해 무멀칭 또는 투명 PE 멀칭은 직사광선의 투과로 녹화서 발생이 많았다. 봄감자 재배 시 작휴 및 멀칭

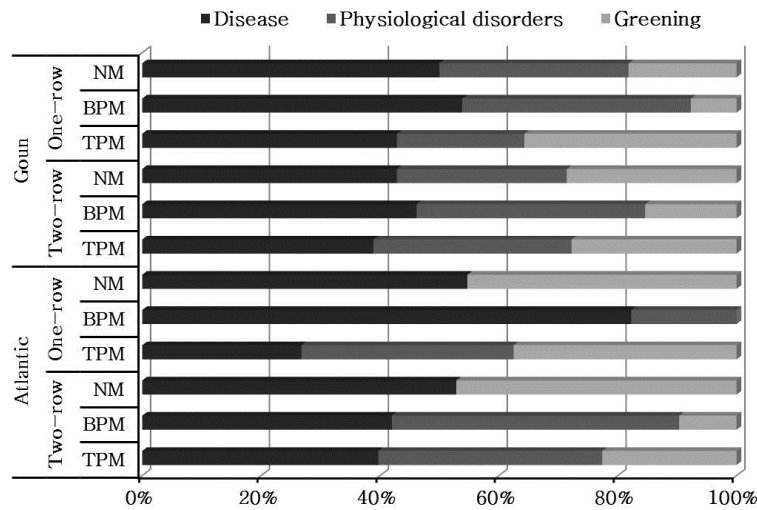


Fig. 7. The percentage of disease, physiological disorders, and greening tubers in two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping (NM, BPM, and TPM are the abbreviation for no-mulch, black plastic film mulch, and transparent plastic film mulch, respectively).

Table 4. Correlation of leaf area index (LAI) and top-root ratio (TR ratio) with total number of tubers (TNT), number of marketable tubers (NMT), mean tuber weight (MTW), marketable tuber rate (MTR), and marketable tuber yield (MTY) in two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping

Variable	LAI	TR ratio	TNT	NMT	MTW	MTR	MTY
LAI	1	-0.174	0.209	0.455	0.630*	0.521	0.674*
TR ratio		1	-0.326	-0.422	-0.632*	-0.717**	-0.536

\*\* Significant at  $P \leq 0.05$ , or  $0.01$ , respectively

Table 5. Economic analysis of income in production of two potato cultivars as affected by ridging systems and mulch types in spring potato cropping

Cultivar	Ridging system	Mulch type	Won/10a			Income ratio (%)
			Gross income	Managing cost	Income	
Goun	One-row	NM <sup>z</sup>	2,489,000	795,270 <sup>y</sup>	1,693,730	84
		BPM	3,237,820	912,700 <sup>x</sup>	2,325,120	115
		TPM	2,810,930	912,700	1,898,230	94
	Two-row	NM	1,939,510	869,240 <sup>w</sup>	1,070,270	53
		BPM	2,532,220	1,036,940 <sup>v</sup>	1,495,280	74
		TPM	3,056,130	1,036,940	2,019,190	100
Atlantic	One-row	NM	2,318,770	795,270	1,523,500	75
		BPM	4,264,470	912,700	3,351,770	166
		TPM	4,019,270	912,700	3,106,570	154
	Two-row	NM	1,999,490	869,240	1,130,250	56
		BPM	2,392,860	1,036,940	1,355,920	67
		TPM	3,055,240	1,036,940	2,018,300	100

Note: The standard price of potatoes for gross income was 882 won per kilogram, which was calculated on the basis of average market prices of spring potato cropping from 2011 to 2015

<sup>z</sup> NM, BPM, and TPM are the abbreviation for no-mulch, black plastic film mulch, and transparent plastic film mulch, respectively

<sup>y</sup> It was 'the managing cost in one-row and no mulch cultivation'

<sup>x</sup> It was the sum of 'the managing cost in one-row and no mulch cultivation' and 'the plastic film mulch cost'

<sup>w</sup> It was 'the managing cost in two-row and no mulch cultivation'.

<sup>v</sup> It was the sum of 'the managing cost in two-row and no mulch cultivation' and 'the plastic film mulch cost'

방식 별 차이가 감자의 엽면적지수와 TR율, 수량요소 간 상관성에 어떤 영향을 주는지 알아보았다(Table 4). 엽면적지수는 TR율과는 부의 상관성이 있었고, 괴경 개수와는 상관성이 낮았으나, 평균괴경무게와 상서수량과는 정의 상관성이 높았다. 엽은 광합성 장소로서 동화산물의 생성과 전류를 통하여 괴경 비대 및 괴경 수량성에 밀접하게 관련을 갖는다(Chapman and Loomis, 1952). 따라서, 엽면적을 높게 확보할 수 있는 작휴 및 멀칭방식이 수량성 증진에 도움이 될 것으로 생각되며, 다만 Table 2에서 작휴보다 멀칭처리가 엽면적에 보다 높은 유의성을 나타낸 것을 감안하여 검토하여야 할 것으로 판단된다.

### 작휴 및 멀칭방식 별 수익성

다수확이 가능하더라도 작휴방식이나 멀칭 유무에 따라 씨감자비, 파종비, 멀칭비 등 추가 비용이 발생하여 결국 순수익 즉, 소득성이 낮아질 수 있다. 감자의 관행적인 봄재배 방식인 2조식 투명 PE 멀칭 재배의 수익수준을 기준으로 하여 작휴 및 멀칭방식 별 경제성을 비교 분석하였다(Table 5). '고운'과 '대서'감자 모두 상서수량이 가장 많았던 1조식 흑색 PE 멀칭구가 국내 봄감자의 관행방식인 2조식 투명 PE 멀칭구보다 각각 15% 및 66% 소득지수가 더 높았다. 따라서, 우리나라에서 논을 이용한 봄감자 재배 시 '고운' 및 '대서'감자 모두 1조식 작휴에 흑색 PE 멀칭하여 재배하는 것이 관행 재배방식보다 상서수량 증대나 농가 소득 증진 측면에서 더 유리한 것으로 판단된다. 또한, 감자의 봄재배 시 품종별 엽면적지수를 높게 확보하는 작휴 및 멀칭방식의 적용이 상서수량성 증대와 관련하여 도움이 될 것으로 생각된다.

### Acknowledgment

This study was carried out with the support of "Development of potato new varieties and cultivation technology for adapting to environmental change and seed potato production project (Project No. PJ010240012016)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

### References

Aguyoh, J., Taber, H. G., & Lawson, V. (1999). Maturity of fresh-market sweet corn with direct-seeded plants, transplants, clear plastic mulch, and rowcover combinations. *HortTechnology*, 9(3), 420-425.

Burt, R. L. (1964). Influence of short periods of low temperature on tuber initiation in the potato. *European Potato Journal*, 7(4), 197-208.

Chapman, H. W., & Loomis, W. E. (1952). Photosynthesis in the potato under field conditions. *Plant physiology*, 28(4), 703-716.

Chung, H. D. (1987). Effects of P.E. film mulching, sulphur application and different levels of nitrogen and potassium on growth, flower-stalk elongation, bulbing, and leaf tip yellowing of garlic, *Allium sativum* L. cv. Euisung. *Journal of Korean Society Horticultural Science*, 28(1), 1-8.

Collins, W. B. (1976). Effects of mulches on emergence and yield of potatoes. *Canada Journal Plant Science*, 56(4), 877-880.

Cui, R. X., & Lee, B. W. (2001). Soil surface energy balance and soil temperature in potato field mulched with recycled-paper and black plastic film. *Korean Journal of Crop Science*, 46(3), 229-235.

Dodd, I. C., He, J., Turnbull, C. G., Lee, N. S. K., & Critchley, C. (2000). The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annum* L. *Journal of Experimental Botany*, 51(343), 239-248.

Edwards, E. J., Saint, R. E., & Cobb, A. H. (1998). Is there a link between greening and light-enhanced glycoalkaloid accumulation in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(3), 327-333.

Epstein, E. (1966). Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. *Agronomy Journal*, 58(2), 169-171.

Food and Agricultural Organization (FAO). (2008). International year of the potato 2008-The potato. FAO, Rome, Italy.

Ifenkwe, O. P., Allen, E. J., & Wurr, D. C. E. (1974). Factors affecting the relationship between tuber size and dry matter content. *American Potato Journal*, 51(7), 233-242.

Im, J. S., Cho, J. H., Chang, D. C., Jin, Y. I., Park, Y. E., Chun, C. G., Kim, D. U., Yu, H. S., Lee, J. N., & Kim, M. J. (2013). Quality and yield characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown at paddy field in spring season. *Korean Journal of Horticultural Science Technology*, 31(1), 24-31.

Iritani, W. M. (1981). Growth and preharvest stress and processing quality of potatoes. *American Potato Journal*, 58(1), 71-80.

Jefferies, R. A., & Mackerron, D. K. L. (1987). Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under drought and irrigated conditions. *Potato Research*, 30(2), 201-217.

Keiller, D., & Smith, H. (1989). Control of carbon partitioning by light quality mediated by phytochrome. *Plant Science*, 63(1), 25-29.



- Kim, S. Y., Ryu, O. H., & Hahn, B. H. (1989). Effects of ridging system and planting depth on growth, yield and labour-saving in PE film mulched spring crop of potato. *The Research Report of RDA*, 31(1), 25-29.
- Kleinkopf, G. E., Westermann, D. T., Wille, M. J., & Kleinshmidt, G. D. (1987). Specific gravity of russet burbank potatoes. *American Potato Journal*, 64(11), 579-587.
- Kolbe, H., & Stefan-Beckmann, S. (1997). Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research*, 40(2), 135-153.
- Lee, B. Y., & Yoon, J. Y. (1975). Effect of polyethylene film mulching on the soil temperature and the growth and yield of red pepper. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 16(2), 185-191.
- Lee, D. K., Jung, H. Y., Hahm, Y. I., & Kim, G. S. (1985). Studies on the cultural characteristics of a new potato cultivar, 'Superior'. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 26(1), 29-33.
- Lee, S. S., & Back, J. H. (1985). Effects of polyethylene mulch and levels and placements of nitrogen on soil properties and sweet corn growth. *Korean Journal of Crop Science*, 30(3), 334-339.
- Oh, D. G., Yoon, Y. J., Lee, S. S. & Woo, J. G. (1984). Effect of some mulch materials on chinese cabbage growing in different seasons. III. Soil temperature and growth of chinese cabbage in summer. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 25(4), 263-269
- Park, K. H., Kim, J. T., Park, M. S., Oh, Y. S., & Shin, M. G. (1991). Effects of black PE film mulching on growth and yield at mono-cropping of sesame in Southern area of Korea. *The Research Report of RDA*, 33(3), 42-46.
- Schippers, P. A. (1976). The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. *American Potato Journal*, 53(4), 111-122.
- Simmonds, N. W. (1977). Relations between specific gravity dry matter content and starch content of potatoes. *Potato Research*, 20(2), 137-140.
- Tang, L., Kwon, S. Y., Kwak, S. S., Sung, C. K., & Lee, H. S. (2003). Susceptibility of two potato cultivars to various environmental stresses. *Journal of Plant Biotechnology*, 30(4), 405-410.
- Went, F. W. (1959). Effects of environment of parent and grandparent on tuber production by potatoes. *American Journal of Botany*, 46(4), 277-282.
- Yamaguchi, M., Timm, H., & Spur, A. R. (1963). Effects of soil temperature on growth and nutrition of potato plants and tuberization, composition, and periderm structure of tubers. *American Society for Horticultural Science*, 84(4), 412-423.
- Yang, F. K., Wang, L. M., & Zhang G. H. (2013). Effects of plastic film mulching with double ridges and furrow planting on soil moisture and temperature and soybean yield on a semiarid dryland of Gansu Province, Northwest China. *The Journal of Applied Ecology*, 24(11), 3145-3152.
- Yoon, Y. J., Oh, D. G. Woo, J. G., & Lee, S. S. (1984). Effect of some mulch materials on chinese cabbage growing in different seasons. IV. Soil temperature and growth of chinese cabbage in the fall season. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 25(4), 270-276.