

## 비닐멀칭 색상이 토양온도 변화와 가을배추 수량에 미치는 영향

윤홍배 · 이종식 · 이예진 · 김명숙 · 이용복<sup>1\*</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>1</sup>국립경상대학교 생명과학연구원

### Effect of Different Colored Polyethylene Mulch on the Change of Soil Temperature and Yield of Chinese Cabbage in Autumn Season

Hong-Bae Yun, Jong-Sik Lee, Ye-Jin Lee, Myung-Sook Kim, and Yong Bok Lee<sup>1\*</sup>

National Academy of Agricultural Science, RDA.

<sup>1</sup>Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University

Polyethylene mulches have been used for weed control in vegetable production in Korea. One of the additional benefits associated with polyethylene mulches is soil warming. The objective of this study was to evaluate the effects of colored mulches on soil temperature change and Chinese cabbage yield. Mulch treatments were green (GV), black (BV), transparent (TV), and non-mulched (NM) soil. The highest soil-warming effect occurred under green mulch, and the lowest effect was found under black mulch. Daily mean values of soil temperature (10 cm depth) under GV were 2 °C higher than in NM soil. At midday (16:00), mean soil temperature was higher by 3.9 °C in GV, 3.1 °C in BV, and 2.1 °C in TV as compared to NM soil. At night (20:00-06:00), there was no significant difference in soil temperature among the treatments of different colored mulch, but soils in the mulch treatments were 2.4 °C higher as compared to NM soil. As compared with NM, the yield of Chinese cabbage under GV, BV, and TV were higher by 6.0, 26.0, and 12.0%, respectively.

**Key words:** Chinese cabbage, Colored mulches, Non-mulch, Soil temperature

## 서 언

멀칭은 농작물 재배 시 친환경 잡초방제를 위해서 널리 이용되고 있는 방법 중 하나이다. 우리나라에서 이용되고 있는 멀칭 재료는 1980년대 이전에는 벼짚과 같은 초목류를 사용하였고, 이후 폴리에틸렌 (polyethylene), 종이류 (Jeon et al., 2006) 등 다양한 종류가 개발 이용되고 있다. 이중 폴리에틸렌의 경우 현재 우리나라에서 가장 많이 이용되고 있는 멀칭재료이며 다양한 색상으로 생산되고 있다 (Oh, 1994). 작물재배지 멀칭은 잡초 생육을 억제하는 효과뿐만 아니라 양분 유실 저감을 통한 양분의 이용률 향상, 그리고 수분증발량 감소 등의 다양한 효과가 보고되고 있다 (Kwon and Lee, 1984; Kang, 1985; Lee et al., 1997; Kim et al., 1998; Aguyoh et al., 1999). 특히, 폴리에틸렌 멀칭은 온도가 낮은 시기에 지온상승에 의한 작물 수량증진 효과가 있다고 하였다 (Lim et al., 1988; Yun et al., 2011). 그러나 대기 온도가 높은 시기의 멀칭은 높은 토양 온도 상승에 의해 작물의 수량이 오히려 감소된다는 보고도 있다 (Miller,

1986; Tindall et al., 1991). 예를 들면 대기온도가 낮은 봄에는 흑색 멀칭이 토양 온도상승에 효과적이고(Hatt et al., 1995), 여름에는 과도한 온도 상승을 억제하는 흰색 멀칭이 흑색 멀칭보다 작물수량 증수에 효과적이다 (Schalk and Robbins, 1987; Hatt et al., 1995). Keiller and Smith (1989)는 흑색비닐 멀칭을 할 경우 지온상승 효과는 크지 않지만 잡초억제효과는 크다고 하였으며, 투명비닐 멀칭 시 지온상승효과는 큰 반면, 잡초 발생량이 많아지는 단점을 지적하였다.

작물재배지 멀칭은 뿌리의 생육과 양분의 이용률에도 큰 영향을 미친다. Her (1989)등은 비닐 멀칭이 비멀칭에 비해 옥수수의 뿌리량을 증가시킨다고 보고 하였다. Kwon et al. (1984)에 의하면 비닐 멀칭은 비멀칭에 비해 관수나 빗물에 의한 질소 유실이 크게 감소하여 작물의 수량증수에 영향을 미친다고 하였다. 따라서 멀칭에 의한 작물수량 증수와 생육촉진 효과는 멀칭재료의 색깔과 사용 시기에 따라서 다양한 결과를 나타내고 있다.

본 연구는 농가에서 가장 많이 사용하는 흑색비닐, 녹색비닐 및 투명비닐 멀칭에 따른 노지 가을배추 수량과 토양의 온도변화에 미치는 영향을 조사하였다.

접수 : 2012. 7. 11 수리 : 2012. 8. 7

\*연락처 : Phone: +82557721967

E-mail: yblee@gnu.ac.kr

**Table 1. Chemical properties of soil used in this experiment.**

pH (1:5)	T-N (g kg <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
				K	Ca	Mg
5.7	1.09	15.1	193.1	0.21	4.0	1.2

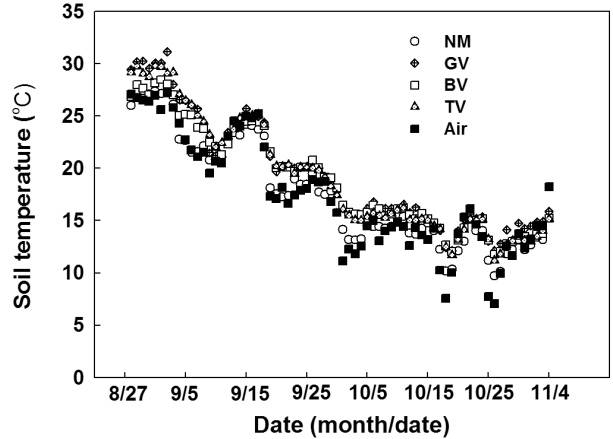
**재료 및 방법**

**시험토양 및 처리내용** 본 연구에 이용된 토양은 고평통의 미사질식양토이며, 시험 토양은 유기물 함량 15.1 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산은 193.1 mg kg<sup>-1</sup>으로 나타났다 (Table 1).

**배추재배 및 지온 측정** 시험 장소는 경기도 수원소재 국립농업과학원 재배포장이며, 가을배추를 재배하였다. 처리구당 면적은 5 m × 4 m = 20 m<sup>2</sup>, 3반복 난괴법으로 실시하였으며, 처리구당 6개 두둑을 설치하고 배추 포기당 간격은 45 × 60 cm 조건으로 재배하였다. 처리구별 3개 두둑에 녹색비닐 (green vinyl, GV), 흑색비닐 (black vinyl, BV), 투명비닐 (transparent vinyl, TV)을 각각 멀칭하였으며, 나머지 3개 두둑은 비멀칭 (no mulching, NM) 재배 하였다. 모든 처리구는 가을 배추 표준시비량 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O : 320-78-198 kg ha<sup>-1</sup>)을 시비하였다. 질소는 50%를 기비로 시비하고, 25%씩 두 번 분시하였으며, 칼륨은 70%를 기비로 시비하고 나머지 30%는 추비하였고, 인산은 전량 기비로 시비하였다 (NIAST, 2011). 그리고 질소 이용율 계산을 위해서 인산과 칼륨을 동일량 시비하고 질소를 시비하지 않은 무질소구를 두었다. 배추는 플러그 묘를 시중에서 구입하여 2011년 8월 27일 부터 11월 4일까지 70일간 재배하였다. 지온측정은 온도센서를 처리별 두둑의 토중 10 cm에 매설하고 데이터 로거 (Watch dog, Spectrum Technologies, Inc. 450)을 이용하여 2시간 간격으로 값을 측정하였다.

**식물체 및 토양 분석** 배추는 수확 후 75°C에서 4일간 건조한 후 수분을 정량하였으며, 수분정량 후 식물체를 분쇄하여 성분 분석에 사용하였다. 퇴비, 토양 및 식물체 총 질소는 황산으로 습식분해한 후 켈달 증류법으로 분석하였으며, 퇴비와 식물체의 인산 및 양이온 (K, Ca, Mg), 토양의 유효인산과 치환성 양이온은 각각 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 배추의 시비질소 (N) 이용률은 다음과 같은 식에 준하여 산출하였다.

$$N \text{ 이용율 (\%)} = \frac{N\text{시비구 } N\text{흡수량} - N\text{무시비구 } N\text{흡수량}}{N\text{시비구의 } N\text{시비량}} \times 100$$



**Fig. 1. Changes of soil temperature under colored mulches during growing seasons.**

**결과 및 고찰**

**지온 변화** 토양표면을 멀칭한 비닐의 색상차이에 따른 일일 온도변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 배추재배 기간 (70일) 동안 비닐의 색상차이에 의한 적산온도는 NM, GV, BV, TV에서 각각 1,229, 1,362, 1,326, 1,340°C로 나타났다. 따라서 멀칭비닐의 색상에 따른 적산온도 상승효과는 GV 멀칭구에 가장 높았고, BV 멀칭구에서 가장 낮게 나타났지만 NM보다 높았다. 멀칭비닐의 색상에 따른 일일평균 온도 상승효과는 적산온도 상승효과와 동일한 경향을 보였다. 비 멀칭 (NM) 대비 GV의 일일평균온도는 1.9°C 높았고, TV에서 1.6°C, BV에서 1.4°C 순이었다. 이는 Yun et al. (2011)이 봄 배추 재배시 흑색비닐 멀칭이 비멀칭에 비해 일일 평균 온도가 2.0°C 높은 것과 비교하면 토양 온도상승 효과가 적었다. 그러나 Diaz-Perez and Dean Batal (2002)는 흑색 멀칭이 비멀칭에 대한 토양 온도상승 효과는 대기 온도가 낮은 가을철보다는 대기 온도가 높은 봄철이 효과적이었다고 보고하였다.

가을배추 재배기간 동안 멀칭재료의 색상에 따른 일중 평균온도 변화는 야간보다 주간에 크게 나타났으며, 멀칭재료의 색상에 관계없이 멀칭은 비멀칭에 비해 야간 (20:00-06:00) 에는 약 2.4°C, 주간 (08:00-18:00) 은 약 2.6°C 높았다 (Fig. 2). 특히, 멀칭재료의 색상에 따른 일중 평균 온도는 일몰 후부터 일출 전까지는 큰 차이가 없었지만, 일출 후부터 일몰 전까지는 큰 차이를 보였다. 예를 들면, 일중 지온이 가장 높은 오후 4시 (16:00) GV, BV, 및 TV에서 NM

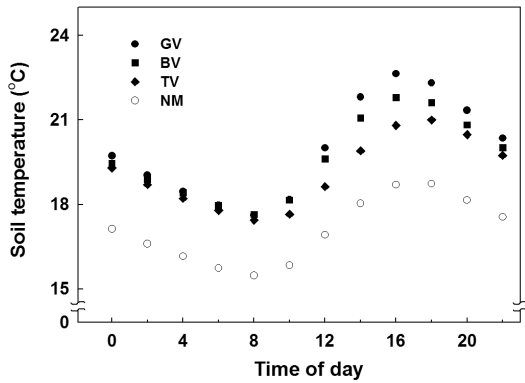


Fig. 2. Changes of soil temperature under colored mulches as a function of time of day.

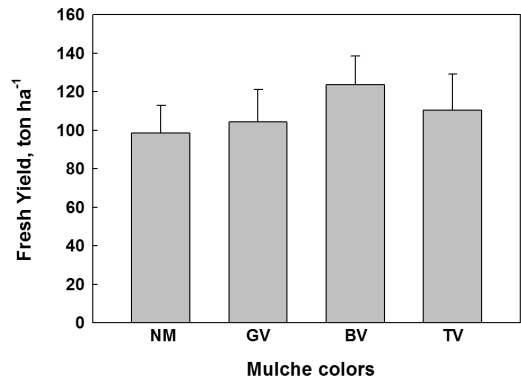


Fig. 3. Yields of Chinese cabbage grown on different colored mulches.

Table 2. Major nutrient content and nitrogen recovery rate of Chinese cabbage at harvest time.

Mulch colors	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Nitrogen recovery rate
	----- DM, g kg <sup>-1</sup> -----			%
No mulching (NM)	21.1a*	11.1a	59.7a	46.8c
Green (GV)	20.9a	10.9a	59.1a	49.8b
Black (BV)	20.3a	10.3a	56.2a	55.4a
Transparent (TV)	20.8a	11.5a	60.3a	51.6b

\*Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ( $P < 0.05$ )

에 비해 각각 3.9, 3.1 및 2.1°C가 높았다. 이와 같은 멸칭비닐의 색상에 따른 지온 상승효과의 차이는 태양복사에너지의 흡수율 차이에 의해서 나타난 결과이며 (Kasperbauer and Hunt, 1998), 녹색비닐 (GV)이 지온상승에는 가장 효과적인 멸칭색상으로 나타났다.

**배추 생산량** 비닐멸칭에 의한 온도 상승은 작물 생산량에 큰 영향을 미친다. 본 시험에서 멸칭에 사용된 비닐 색상에 따른 가을배추 생산량은 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 비멸칭 대비 GV, BV, TV에서 가을배추 생산량은 각각 6, 26, 12% 증수되었으며, 이는 토양온도 상승과 동일한 경향을 보이지는 않았다. 멸칭재료의 색상 중 녹색 (GV)은 지온 상승 효과는 세 가지 중에서 가장 높았지만, 생산량은 가장 낮았다. 그리고 흑색 (BV)과 투명 (TV)에서 가을배추 생산량 증가 효과도 온도 상승효과와는 반대의 경향을 나타내었다. 지온의 상승은 뿌리 활성 증진에 의해서 생산량을 증가시키지만 (Dodd et al., 2000), 대부분의 식물뿌리는 생육적온을 가지고 있다 (Paulsen, 1994). 따라서 식물뿌리의 생육적온 이하에서는 지온상승과 생산량 증가는 정의 상관관계를 보이지만 (Paulsen, 1994), 생육적온 이상의 지온 상승은 생육과 생산량을 감소시킨다 (Cooper, 1973; Voorhees et al., 1981). 특히, 대기온도와 태양복사에너지가 높은 시기의 멸칭은 과도한 지온상승을 유발하고, 이는 식물생육을 저해한다 (Miller, 1986; Tindall et al., 1991). 본 시험에서 멸칭재료의 색상에 관계없이 비멸칭에 비해 가을배추 생산

량은 증가되었지만, 색상에 따른 지온상승과 생산량 사이의 정의 상관관계가 나타나지 않은 것은 배추 생육적온 (20~22°C) 이상의 지온상승과 관계가 있는 것으로 추정된다. 따라서 비닐멸칭에 의한 지온 상승만을 고려할 때 계절, 작물의 생육적온 등을 고려한 색상 선택이 필요할 것으로 판단된다.

**양분함량 및 질소 이용률** 멸칭 재료의 색상에 따른 수확기 배추의 양분함량과 시비질소의 이용률은 Table 2에 나타난 바와 같다. 멸칭 재료의 색상에 따른 수확기 가을배추의 질소, 인산 및 칼륨 함량은 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 따라서 멸칭재료의 색상이 가을배추의 질소, 인산 및 칼륨 함량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 하지만 시비질소 이용률은 BV 가장 높은 55.4%를 나타내었으며, TV 51.6%, GV 49.8%, NM 46.8% 순으로 높았다. 이와 같은 질소 이용률 증가는 생산량 증가에 의한 질소 흡수량 증가에서 기인된 것으로 판단된다.

## 적 요

색상이 다른 흑색, 녹색, 투명비닐 3종의 멸칭 재료가 지온상승과 가을배추 수량에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 비닐멸칭에 따른 지온상승은 녹색>투명>흑색 순으로 높았으며, 녹색비닐 멸칭의 경우 비멸칭에 비해 일평균 1.98°C 높았다. 비닐색상별 야간의 지온 차이는 없었지만 비멸칭에

비해 평균 2.4℃ 높았다. 그러나 주간에는 녹색, 흑색 및 투명 비닐멀칭은 비멀칭에 비해 각각 평균 3.9, 3.1, 및 2.1℃가 높았다. 가을배추 생산량은 비멀칭 대비 흑색비닐 멀칭구가 25.5%로 증수 효과가 가장 컸다. 반면, 지온상승효과가 가장 컸던 녹색비닐 멀칭의 경우 생산량 증가율이 6.1%로 가장 적었다. 시비질소 이용율을 분석한 결과 흑색비닐 멀칭재배가 55.4%로 가장 높았다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ0078162011) 의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

- Aguyoh, J., H.G. Taber, and V. Lawson. 1999. Maturity of fresh-market sweet corn with direct-seeded plants, transplants, clear plastic mulch, and rowcover combinations. Hort. Technology. 9:420-425.
- Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth - A review. Commonwealth Agr. Bureaux, Slough, U.K.
- Diaz-Perez, J.C. and K. Dean Batal. 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(1): 127-136.
- 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 annum* L. J. Expt. Bot. 51:239-248.
- Hatt, H.Q., D. Decoteau, and D.E. Linvill. 1995. Development of a polyethylene mulch system that changes color in the field. HortScience. 30:265-269.
- Her B.K., I.S. Jo, K.T. Um. 1989. The soil improvement and plant growth on the newly-reclaimed sloped land. I. Effects of vinyl mulching and zeolite application on silage corn. Korean J. Soil Sci. Fert. 22:25-30.
- Jeon, W.T., W.H. Yang, S.W. Roh, and M.T Kim. 2006. Influence of controlled-release fertilizer levels on rice growth, weed control and nitrogen efficiency in paper mulching transplanting. Korean J. Soil Sci. Fert. 39:345-350.
- Kasperbauer, M.J. and P.G. Hunt. 1998. Far-red light affects photosynthate allocation and yield of tomato over red mulch. Crop Sci. 38:970-974.
- Kang, Y.K. 1985. Effects of polyethylene mulches on soil physical properties and development and yield of crops. Subtrop. Agric. Cheju. Nat. Univ. 2:23-94.
- Keiller, D. and H. Smith. 1989. Control of carbon partitioning by light quality mediated by phytochrome. Plant Science. 63:25-29.
- Kim, S.J., K.J. Park, B.G. Kim, S.D. Park, and B.S. Choi. 1998. Effect of vinyl mulching on growth and quality of peony (*Paeonia lactiflora* P). RDA. J. Indus. Crop. Sci. 40(1):23-28.
- Kwon, O.D. and J.M. Lee. 1984. Effect of different mulching on the growth, pod yield and nodule development in 3 snapbean cultivars. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 25:212-217.
- Lee, J.N., J.T. Lee, S.W. Jang, W.B. Kim, Y.H. Om, and H.Y. Pak. 1997. Growth and yield of muskmelon (*Cucumis melo*) by the different mulches under rainshelter in alpine area. RDA. J. Hort. Sci. 39(2):49-55.
- Lim, D.K., J.S Shin, and K.S. Seong. 1988. Mono-granular compound fertilizer acting slow release for the crops under vinyl mulching cultivation. III. Effect of newly developed compound fertilizer on sesame. Korean J. Soil Sci. Fert. 21:296-300.
- Miller, D.E. 1986. Root systems in relation to stress tolerance. HortScience. 21:963-970.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Method of soil and plant analysis. RDA. Suwon, Korea.
- NIAST (National Institute Agriculture Science & Technology). 2011. Fertilization standard on crops. National Institute Agricultural Science and Technology. Suwon, Korea.
- Oh, D.S., Y.W. Kwon, J.N. Im, and K.T. Um. 1994. Effect of sowing date and plastic film mulching on moisture and temperature of rhizosphere soil and early growth of sesame. Korean J. Soil Sci. Fert. 27:125-135.
- Paulsen, G.M. 1994. High temperature responses of crop plant, p.p. 365-389. In: K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair, and G.M. Paulsen (eds). Physiology and determination of crop yield. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wis. USA.
- Schalk, J.M. and M.L. Robbins. 1987. Reflective mulches influence plant survival, production, and insect control in fall tomatoes. HortScience. 22:30-32.
- Tindall, J.A., R.B. Beverly, and D.E. Radcliffe. 1991. Mulch effect on soil properties and tomato growth using micro-irrigation. Agron. J. 83:1028-1034.
- Yun, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, R.Y. Kim, Y.S. Song, S.G. Han, and Y.B. Lee. 2011. Chinese cabbage growth effected by black vinyl mulching and organic fertilizer application in spring season. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:1107-1111.
- Voorhees, W.B., R.R. Allmaras, and C.E. Johnson. 1981. Alleviation temperature stress. : G.F. Arkin and H.M. Taylor (eds). Modifying the root environment to reduce crop stress. Monogr. 4 Amer. Soc. of Agr. Eng., St. Joseph, Mich. 217-266.