

Effect of Row Covers on the Growth and Yield of Broccoli During Spring Culture

Seong, Ki Cheol^{1*} · Jeong Su Lee² · Jae Wook Lee¹

¹National Jeju Agricultural Experiment Station, RDA, Jeju 690-150, Korea

²National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-310, Korea

Abstract

This study was conducted to examine the effect of row covering materials on the growth and yield of broccoli for early production in the open field. Materials for plastic tunnel were row-covering (ventilating non-woven fabric), perforated film (2.3% pore space) and P.E. film. The types of row covers were tunnel and covering period was one months after transplanting. The row cover and perforated film increased daily air and soil temperature by 3~4°C and 2~3°C, respectively as compared to no covering. Also, relative humidities in those treatments were higher than those in P.E. and no covering. The row covering and perforated film enhanced plant growth. Broccoli grew best and abnormal head appeared the least with row covering treatment. Days taken for head formation, however, did not differ between treatments but the weight of curd was over 400 g in the treatment of row covering and perforated film covering. Marketable yield doubled under row covering as compared to no covering. The first harvest time was earlier by two weeks in row-covering. The results of this experiment indicated that covering row-cover film in spring cultivation was effective for not only yield increase but also quality evaluation in early production of broccoli.

Key words: abnormal head, curd, perforated film, row cover, ventilation

*Corresponding author

서 론

녹색꽃양배추는 이용부위를 기준으로 할 때 화채류(花菜類)로 분류되어 花蕾를 수확대상으로 하며 화퇴의 발육적온은 15~18°C로, 재배시기가 고온에 가까워지는 초여름부터 초가을 수확의 작형에서는 화퇴형성 불량 등 이상화퇴의 발생이 많아지게 된다(Fujime와 Hirose, 1981). 특히 봄철 노지 재배에서는 15~25°C의 생육적온을 벗어나는 저온과 고온에 조우될 위험성이 크며, 생육초기의 저온과 후기의 고온이 품질저하의 원인이 되므로 무리한 조기정식을 피하고 가능한 6월 중순 이전에 수확을 마쳐야 한다(Takuya와 Tugio, 1994). 한편, 노지재배에서 조기정식을 할 경우 대부분 P.E필름을 이용한 터널피복에 의존하게 되는데 낮 동안의 고온장해를 회피하기 위하여 구멍을 뚫어 환기를 하고 있으나, 이러한 환기방법은 농가경험에 의존하게 되어 생산의 불안정한 요인이 되고 있다.

최근 피복자재의 발달과 함께 막덮기 자재가 이용되고

있는데, 막덮기 재배는 저온기의 생육촉진을 위한 목적으로 많이 이용되고 있다(Hemphill과 Grabtree, 1988; Westcott 등, 1991 Jimbo 등, 1992). 이러한 막덮기 재배는 파종이나 정식시에 한번 피복을 하게되면 수확시까지 다른 큰 작업이 필요 없게 되어 생력적이다. 또한 막덮기 자재는 피복내의 기온과 지온 상승 및 과도한 고온과 과습이 지속적으로 완화되면서 재배작물에 유리한 영향을 주는데 발아, 생육촉진, 저온방지는 물론 병해충방제 등으로 품질향상에도 효과를 가져오는 것으로 알려져 있다(Wells와 Loy, 1985; Okata와 Igarasi, 1987; Kurose와 Maki, 1989; Hamamoto, 1994a).

본 시험은 봄 재배시 막덮기 재배가 녹색꽃양배추의 생육과 수량에 미치는 영향을 검토코저 수행하였다.

재료 및 방법

공시품종은 그린코멧(다끼이 종묘)으로, 3월 17일 128공 플러그 트레이에 시판 육묘상토를 이용 파종한

후 육묘온실에서 주간 25~28°C, 야간에는 10°C 이상으로 유지되도록 관리하였으며 관수시에는 관비를 겸해 원예연 육묘양액(Lee, 1999)을 관주 하였다. 피종 후 35일인 4월 20일 본엽 5~6매 정도 자란 묘를 노지 포장에 이랑폭 120 cm, 주간·조간 75×40 cm 간격의 2조식으로 흑색PE(0.05 mm)필름으로 멀칭한 후 정식하였다. 시비량은 정식 1주전에 10a당 요소 20 kg 인산 15 kg, 칼리 18 kg 및 퇴비 2,500 kg로 하여 인산, 퇴비는 전량 기비로 사용하였고 요소와 칼리는 60% 기비, 40% 추비로 2회로 분시하였는데 관수시에 관주로 사용하였다. 피복처리는 막덮기 피복자재(상품명: テクテク, 광선투과율 90%)를 비롯하여 유공필름(0.15 mm, 환기 공극율 2.3%), PE필름, 무피복의 4처리로 하고 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 막덮기 형태는 터널식으로 플라스틱 활대를 이용하여 높이 70 cm의 소형터널을 만들고 피복을 하였으며, 유공필름과 PE필름 피복도 같은 형태로 하였다. 터널 피복기간은 녹색꽃양배추의 경엽이 막덮기 터널 내에 닿기 시작한 피복 후 1개월까지로 5월 20일에 제거하였다. PE필름 피복은 같은 기간 동안 오전 10시에 피복물을 걷고 오후 5시에 다시 피복하였다. 피복 내의 기온과 상대습도는 식물체의 바로 윗 부분에서, 지온은 지표면으로부터 10 cm 깊이를 측정하였는데 정전용량식 센서를 이용하여 각 처리마다 1점씩 측정하였다. 화퇴 크기가 1 cm 정도 되었을 때를 출퇴일로, 화퇴경이 12 cm 이상 되고 화퇴가 치밀해지는 시기를 첫 수확일로 간주하였다.

결과 및 고찰

터널 내의 기온은 주간에는 막덮기 및 유공필름 처리에서 높게 나타났으나, 야간에는 큰 차이 없이 모든 처리에서 비슷하게 유지되었다(Fig. 1). 일 최고기온은 유공필름 처리에서 31.3°C, 막덮기에서 26.1°C로 PE 및 무처리의 20.9~20.3°C 보다는 높게 유지되었다. 유공필름의 경우 31°C 이상으로 작물생육 적온보다 높았는데 이는 유공필름의 환기공극율이 2.3%로 낮았기 때문인 것으로 생각되는데, Toi (1969)는 봄철에 유공필름을 이용할 때 고온장해를 회피하기 위해서는 6% 또는 그 이상의 환기공극율이 필요하다고 하였다. 그러나 본 시험에서는 생육기간 중 고온장해 증상은 나타나

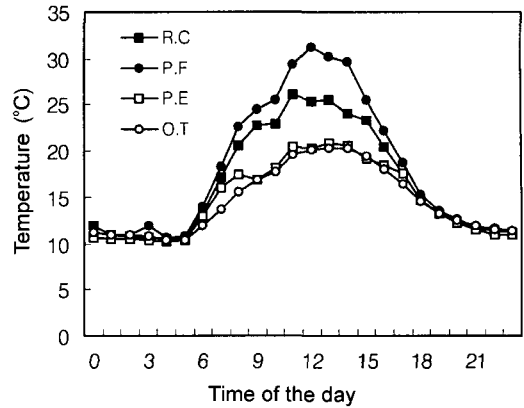


Fig. 1. Daily fluctuation of air temperatures under different covering materials. Mean data were collected during the period Apr. 26 to May 5. R.C, row covering; P.F, perforated film; P.E, polyethylene film; and O.T, outside tunnel.

지 않아 작물에 따라 차이가 있는 것으로 생각되었다.

최저기온은 모든 처리에서 10.2~10.6°C로 처리간 차이가 없이 비슷하게 유지되었다. 이는 일반적으로 터널내의 야온은 외기온 보다도 낮아지는 기온역전 현상으로(Ikeya et al., 1975), 최저기온이 외기온과 비슷하게 유지되어 보온효과는 없었던 것으로 생각되었다. 일 평균 기온은 유공필름 피복처리에서 19.1°C로 가장 높았으며, 다음이 막덮기 피복에서 18.2°C, PE필름 16.0°C, 무처리 15.2°C 순으로 무처리에 비하여 막덮기와 유공필름 피복 처리에서 3~4°C의 기온 상승효과를 보였다.

지온의 경우 무처리에에서 주간과 야간의 지온변화가 컸으나, 막덮기 및 유공필름처리에서는 작은 경향을 보였다. 평균지온을 보면 무처리에에서 14.7°C, PE필름에서 15.6°C를 보인 반면 막덮기와 유공필름과 처리에서 각각 17.7°C, 16.8°C로 무처리 보다 2~3°C 높게 유지되었다. 막덮기 피복과 유공필름에서 지온이 높았던 것은 야간의 방사열이 피복자재에 의하여 차단되었기 때문이며(Loy와 Walls, 1982; Walls와 Loy, 1985), 이러한 지온상승이 작물 생육에 유리하게 작용했던 것으로 생각되었다. Hamamoto(1994b)는 막덮기 자재의 경우 기류속도를 약하게 하며, 지표면으로부터의 顯熱의 방출을 감소시켜 지온을 상승시킨다고 하였으며, 막덮기 자재에 의한 放射의 차폐는 최고지온을 저하시키고 최저지온을 높이는 작용을 하는데 이는 계절간 차이가 있어 지온이 낮은 봄철의 경우 여름철 보다 지온

막덮기 재배가 봄재배시 녹색꽃양배추의 생육 및 수량에 미치는 영향

Table 1. Effect of different covering materials on the growth of broccoli.

Covering material	Total fresh weight (g/plant)	Plant height (cm)	No. of leaves per plant	Leaf weight (g/plant)	Largest leaf		Stem diameter (mm)	Root weight (g/plant)	No. of lateral shoots per plant
					Length (cm)	Width (cm)			
Cont. ^y	1,289c ^z	31.8	16.7	635d	61.9d	28.3b	26.3b	85c	3.2b
PE	1,469b	43.0	17.0	720c	63.3c	30.2ab	28.4ab	98b	5.4ab
R.C	1,772a	36.5	17.6	885a	68.9a	31.7a	29.3a	122a	7.8a
P.F	1,723a	36.0	17.8	853b	67.5b	30.9a	30.4a	118a	6.9ab

^zDuncan's multiple range test, at 5% level.

^yCont., Non covered; P.E, Polyethylene film; R.C, Row-cover; and P.F, Perforated film.

상승 효과를 더 발휘한다고 하였다. 본 시험에서도 막덮기 피복에 의한 야간의 보온성은 없었으나 지온상승 효과를 확인할 수 있었다. 한편 유공필름에 있어서도 야간의 보온성은 없었지만 지온의 상승효과를 보였다.

일중 상대습도는 무처리외의 경우 주·야간에 큰 변화를 보인 반면 막덮기와 유공필름의 경우 큰 변화 없이 높게 유지되었으며, 막덮기의 경우 야간에는 유공필름이나, 무처리에 비하여 약간 낮게 유지되는 특징을 보였다.

피복자재에 따른 생육을 보면(Table 1), 생체중은 막덮기와 유공필름처리에서 1,700 g 이상으로 무거웠으며 다음이 PE필름, 무처리 순으로 무처리에서 1,290 g으로 가장 적었다. 초장과 엽수에서는 처리간 차이가 없었으나 엽중에서는 막덮기 처리에서 885 g으로 가장 무겁게 나타나 잎이 크게 생육되었음을 알 수 있었다. 막덮기 재배하에서의 작물의 생육촉진은 피복초기의 순동화를 증가에 의해 상대생장율이 커지면서 엽면적비가 커지는 것이 주요 원인이라고 하였는데(Hamamoto, 1994b), 이는 결국 녹색꽃양배추의 수량과 직결되는 화퇴의 크기에 크게 기여한 것으로 생각된다(Yamazaki,

1962).

최대 엽장·엽폭 및 경경 역시 막덮기와 유공필름처리에서 큰 경향을 보였다. 근중도 막덮기 및 유공필름에서 무겁게 나타났다. 일반적으로 영양생장기에 근중이 큰 식물체는 경엽부의 무게도 큰데(Tanaka, 1981), 본 시험에서 막덮기와 유공필름처리에서 뿌리의 생육 환경이 유리했기 때문에 지상부의 생육도 좋았던 것으로 생각되었다.

측지발생 수에 있어서도 무처리에 비하여 막덮기와 유공필름에서 무처리에 비하여 2배 이상으로 많았다. 본 시험에서 측지발생이 많았던 것은 공중습도의 역할이 크게 작용했을 것으로 생각되었는데(Park, 1988), Jimbo 등(1992)은 막덮기에 의해 상대습도가 상승하며 단기간 피복시는 생육이 촉진된다고 하였다. 본 시험에서는 측지발생에 의한 2차 수확을 대상으로 하지는 않았지만 무처리에 비하여 측지발생이 많았던 것으로 미루어볼 때 막덮기 피복시 측화되 수확에 의한 수량의 증가도 기대할 수 있을 것으로 생각되었다(Palevitch와 Pressman, 1973).

출퇴일은 38~40일로 처리간 차이가 없었는데(Table

Table 2. Effect of different covering materials on the curd characteristics and yield of broccoli.

Covering material	Days to budding ^y	Curd			Days to first harvest ^z	Abnormal curd (%)	Marketable yield (kg/10a)	Index
		Weight (g/plant)	Height (cm)	Width (cm)				
Cont. ^w	40.3	209c ^x	12.5b	15.3b	56a	23.5	857	100
PE	38.3	309b	14.7a	17.9a	51ab	21.5	1,267	148
R.C	39.1	408a	13.7ab	18.1a	39c	6.5	1,673	195
P.F	38.7	404a	13.3ab	17.1a	44bc	8.5	1,656	193

^zDuncan's multiple range test, at 5% level.

^yCont., Non covered; P.E, Polyethylene film; R.C, Row-cover; and P.F, Perforated film.

^xDuncan's multiple range test, at 5% level.

^wCont., Non covered; P.E, Polyethylene film; R.C, Row-cover; and P.F, Perforated film.

2.), 이는 녹색꽃양배추의 화아형성은 극조생종의 경우 피종 후 3~5주 정도에 이루어지는데(Fujime와 Hirose, 1980), 정식시에 이미 거의 화아가 분화된 상태로, 피복 후의 야간온도가 처리간 큰 차이를 보이지 않아 출퇴에는 큰 영향을 미치지 못했기 때문으로 생각된다.

화퇴중은 막덮기 피복과 유공필름처리에서 400 g 이상으로 무거웠고 다음이 PE, 무처리 순으로 적었는데, 막덮기와 유공필름처리에서 무처리의 2배 가까운 값을 보였으며 화퇴경도 17 cm 이상으로 무처리에 비하여 피복효과가 크게 나타났다.

이러한 막덮기 재배에 의한 생육촉진과 수량 증가 원인은 낮 동안의 기온상승과, 야간의 지온의 확보, 터널 내 습도, 조시는 되지 못했지만 토양 물리성이나 수분 유지 등이 녹색꽃양배추의 생육에 유리하게 작용했을 것으로 생각된다(Hemphill과 Crabtree, 1988; Hamamoto et al., 1989). 또한 막덮기 자체는 기류속도를 약하게 하여 작물의 증산을 억제한다고 하는데(Hamamoto, 1994b), 증산억제에 의한 수분스트레스 경감을 가져왔을 가능성도 있을 것으로 생각되었다. 한편, 막덮기 자체에 의한 투광률의 저해가 광합성에 영향을 주었다고 가정할 수도 있지만, 오히려 지온상승 이나 습도유지 등 다른 요인에 의한 보상효과로 생육촉진의 효과가 있었을 것으로 생각되었다.

첫 수확일은 막덮기 처리에서 정식 후 39일(5월 29일)로 가장 빨랐으며, 다음이 유공필름 44일(6월 4일), PE필름 51일(6월 11일), 무처리 56일(6월 16일)로 가장 늦은 경향을 보였는데 막덮기 처리에서 17일, 유공 필름처리에서 12일의 조기수확이 가능하였다.

이상화퇴 발생은 PE필름과 무처리에서 21% 이상으로 많았는데, 특히 화퇴의 황화현상 및 화퇴의 형상이 흐트러지는 등 화퇴비대기의 고온조우에 의한 이상화퇴(Iwanami et al., 1992; Bjorkman과 Peason, 1998)의 발생이 많았다. 이는 수확기가 6월 11일 이후로 늦어지면서 고온에 의한 영향을 크게 받았으며, 막덮기 피복과 유공필름처리에서 적게 발생된 것은 조기수확에 의한 생육후기의 고온경과 시간이 적었으며, 화퇴형성기에 있어서 적온이 이상화퇴의 발생을 적게 했던 것으로 생각된다(Heather et al., 1992).

상품수량에 있어서 막덮기와 유공필름처리에서 1,600 kg/10a 이상으로 많았으며 다음이 PE필름, 무처리 순으로 무처리에서 857 kg으로 가장 적었다. 화퇴중

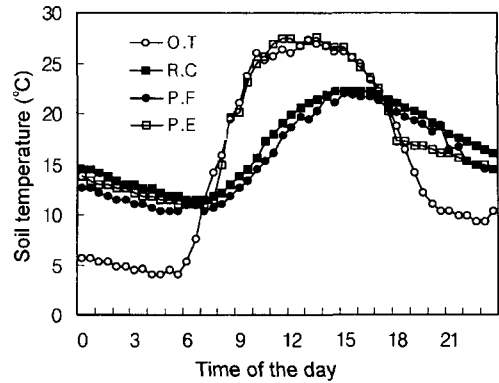


Fig. 2. Daily fluctuation of soil temperatures under different covering materials. Mean data were collected during the period Apr. 26 to May 5. R.C, row covering; P.F, perforated film; P.E, polyethylene film; and O.T, outside tunnel.

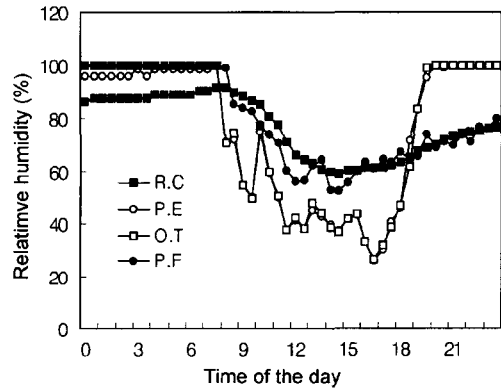


Fig. 3. Daily fluctuation of relative humidities under different covering materials. Mean data were collected during the period Apr. 26 to May 5. R.C, row covering; P.F, perforated film; P.E, polyethylene film; and O.T, outside tunnel.

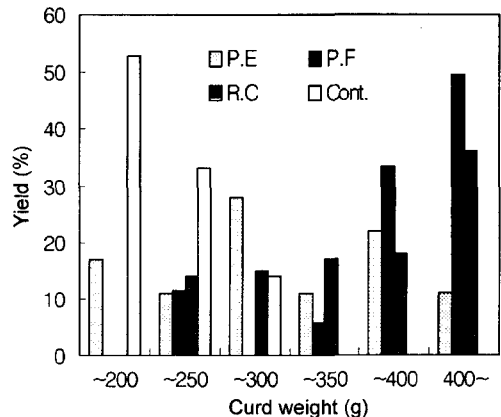


Fig. 4. Distribution of curd weights as influenced by different covering materials. P.E, polyethylene film; P.F, perforated film; R.C, row covering; and Cont., no covered.



Fig. 5. Broccoli plants after covering materials were removed on 20 May, after 30 days of covering. (A), perforated film; (B), row covering; (C), P.E. film; and (D) no covering treatment.



Fig. 6. Proper stage of maturity to harvest broccoli. Harvest was hastened by over 2 weeks under row covers in spring culture.

의 크기에 있어서도 막덮기와 유공필름 처리에서 250 g 이상의 화뢰중의 비율이 고르게 분포되었으며, 무처리에서는 200 g 이하의 작은 화뢰중의 비율이 많았다 (Fig. 2).

본 시험결과 봄철 녹색꽃양배추의 노지재배시 막덮기 피복 재료를 이용함으로써 녹색꽃양배추의 조기수확과 증수 및 품질향상을 가져올 수 있었으며, 조기재배를 할 경우에도 막덮기 재배가 유리할 것으로 생각되었다. 금후, 막덮기 재배를 이용한 시기별 생육비교는 물론 피복기간, 막덮기 재배 하에서의 미기상, 토양의 물리성 등 구체적인 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Literature cited

1. Bjorkman, T. and K.I. Peason. 1998. High temperature stress of inflorescence development in broccoli. *J. Exp. Bot.* 49:101-106.
2. Fujime, Y. and T. Hirose. 1980. Studies on thermal conditions of curd formation and development in cauliflower and broccoli. II. Effects of diurnal variation of temperature on curd formation. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 49:217-227 (in Japanese).
3. Fujime, Y. and T. Hirose. 1981. Effects of temperature during the early growing stage on the thickening growth of curd in cauliflower and broccoli. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 50:215-224 (in Japanese).
4. Jimbo, N., S. Aoyagi and M. Masakazu, 1992. Effect of row covers on growth of winter to spring harvesting Japanese radish cultivated under plastic tunnels. *Bull. Chiba Agric. Exp. Stn.* 33:67-75 (in Japanese).
5. Hamamoto, H.H., Nakamura and H. Isimata. 1989. Effects of row covers on the soil characteristics under the row cover. *J. Agr. Met.* 47: 15-18.
6. Hemphill, D.D. and G.D. Crabtree. 1988. Growth response and weed control in slicing cucumber under row covers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:41-45.
7. Heather, D.W., J.B. Siczka, M.H. Dickson and D.W. Wolfe. 1992. Heat tolerance and holding ability in broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:887-892.
8. Hamamoto, H. 1994a. Cover effects of spunbonded polypropylene mulch and row cover on spinach growth and environment. *J. Agr. Met.* 49:279-283 (in Japanese).
9. Hamamoto, H. 1994b. Growth analysis of spring spinach under the row cover. *Environ. Control in Biol.* 32:87-93 (in Japanese).
10. Ikeya, H.S., K.C. Ninoyama and C.S. Inaba. 1975. Effect of perforated film cultivation in some vegetables. *Ann. Res. Rep. of Sizuoka Exp. Sta.* 18: 23-27.
11. Iwanami, S., M.S. Noguchi and S.S. Inoue. 1992. Studies on the growth characteristics and quality of broccoli curd. *J. Japan .Soc. Hort. Sci.* 61: 382-383.
12. Kurose, I.H., and H.I. Maki. 1989. Effect of covering materials on the winter-spring broccoli production. *J. Agr. Meteorol.* (abstr.). 52-53.
13. Lee, J.W. 1999. Effect of seedling age and transplanting depth on growth and yield of tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:412-415 (in Korean).
14. Loy, J.B. and O.S. Walls. 1982. A comparison of slitteed polyethylene and spunbonded polyester for plant row covers. *HortScience* 17:405-407.
15. Okata, E.K., and O.S. Igarasi. 1987. Growth and environmental characteristics under low covers. *J. Agr. Meteorol.* (abstr.). 46-47.
16. Park, H.Y. 1988. Factors in relations to development of lateral shoot in cucumber plant (*Cucumis sativus* L).

- Ph.D. Diss., Tokyo Univ., Japan (in Japanese).
17. Palevitch, D. and E. Pressman. 1973. Apex removal and single-harvest yield of side shoots of broccoli. HortScience 8:411-412.
 18. Toi, K.T. 1969. Labor-saving of ventilation in tunnel cultivation on fruit vegetables. Agri. and Hort. Yokendo. Ltd. 44:1257-1260.
 19. Tanaka, T.S. 1981. Relations between root and foliage. Nongmunhyup. Ltd. pp. 21-45.
 20. Takuya, H. and M. Tugio. 1994. Studies on stable production and supply of broccoli by covering in spring harvest culture. Bull. Kochi Agri. Cent. 3:23-30 (in Japanese).
 21. Yamazaki, K. B. 1962. Studies on flower bud differentiation of some vegetables. Ann. Res. Rep. of NRI-VOPT. pp. 88-141.
 22. Wells, O.S. and J.B. Loy. 1985. Intensive vegetable production with row covers. HortScience 20:822-826.
 23. Westcott, M.P., N.W. Callan, and M.L. Knot. 1991. Planting date and row cover interactions in broccoli production in cold climates. HortScience 26:1221

막뎠기 재배가 봄재배시 녹색꽃양배추의 생육 및 수량에 미치는 영향

성기철¹ · 이정수² · 이재욱¹

¹제주농업시험장, ²원예연구소

적 요

본 시험은 봄철 노지재배시 막뎠기 피복자재가 녹색꽃양배추의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명코자 수행하였다. 막뎠기와 유공필름처리에서 무처리에 비하여 3~4°C의 기온상승 및 2~3°C지온 상승효과를 보였으며 상대습도에 있어서도 높게 유지되었다. 막뎠기와 유공필름처리에서 생체중, 근중 등 생육이 크게 향상되었다. 이상화퇴의 발생은 막뎠기 피복처리에서 가장 적었다. 출퇴일은 38~40일로 처리간 큰 차이가 없었으나, 화퇴중은 막뎠기 피복과 유공필름처리에서 400 g 이상으로 무처리에 비하여 2배 이상 증가되었다. 첫 수확일은 막뎠기 처리에서 무처리에 비하여 2주 이상 빨라 조기수확이 가능하였다. 상품수량에서도 막뎠기와 유공필름처리에서 1,600 kg/10a 이상으로 많았으며 다음이 PE, 무처리순으로 무처리에서 857 kg으로 가장 적었다. 250 g 이상의 화퇴중 비율도 막뎠기 처리에서 고르게 분포되었다. 이처럼 봄철 막뎠기 자재를 이용한 녹색꽃양배추 재배시 조기수확과 증수는 물론 품질향상을 기할 수 있었다.

주제어 : 막뎠기, 유공필름, 이상화퇴, 화퇴, 통기