

강제환기처리에 의한 비닐하우스재배 시금치의 노균병 발생 억제

박석희* · 이중환** · 우진하** · 최성용** · 박소득** · 문용선***

Control of Spinach Downy Mildew by Forced Ventilation in Greenhouse Cultivation

Park, Seok-Hee · Lee, Joong-Hwan · Woo, Jin-Ha ·
Choi, Seong-Yong · Park, So-Deuk · Moon, Yong-Sun

Spinach downy mildew caused by *Peronospora spinaciae* is the main reason of yield reduction in Korea as well as in worldwide. After forced ventilation or horizontal air circulation fans were installed to control growth conditions in green house, the changes of temperature, relative humidity (RH), growth and yield, and occurrence of downy mildew were examined. Although there was no significant difference of temperature between the treatments, RH as 9.2% lower at nighttime by forced ventilation. In addition, final fresh weight was increased to 17.8g compared to control (10.1g), which as 7.7g enhancement. Downy mildew started to show 20 days after sowing (DAS) and increased to 34.7% at 60 DAS on harvest time in control. In contrast downy mildew was occurred 40 DAS with 0.7% incidence rate and 4% at harvest by forced ventilation. The results indicated that reduction of only 9.2% of RH at nighttime by forced ventilation in greenhouse spinach growth was dramatically thrived over 76.2%. Additionally spinach downy mildew occurred 20 days later with extremely lower incident rate, which meant 88.5% reduction of downy mildew.

Key words : *disease incidence, forced ventilation, fresh weight, peronospora spinaciae, relative humidity*

* Corresponding author, 경상북도농업기술원 농업환경연구과(E-mail : nettom7@korea.kr)
** 경상북도농업기술원
*** 영남대학교 원예학과

I. 서 론

시금치(*Spinacia oleracea* L.)는 명아주과에 속하는 1년생 저온성 식물로 비타민류와 철분이 많이 함유되어 있어 예로부터 널리 식용으로 이용되어 온 채소이다. 재배면적은 2,400ha (2010, 통계청) 정도이고 엽채류 중에서 3번째 높은 작목으로 최근 연구결과에 의하면 다양한 항산화 효과도 있는 것으로 보고되고 있다(Prior 2003; Morelock and Correll, 2008).

시금치는 호냉성 식물이기 때문에 국내에서는 한 여름을 제외하고 년 중 재배와 출하가 되고 있으며, 70% 이상이 가을에 파종하여 이듬해 봄까지 수확한다. 재배 기간 중 주로 잎에 황색의 병반을 형성하여 잎을 이용하는 시금치의 수확량 감소와 품질저하를 가져다주는 노균병은 전 세계적으로 발생하며, 어린 유포기 부터 수확기까지 전 생육기간에 걸쳐 발생하기 때문에 수량 감소에 의한 경제적 피해가 큰 병이다(Correll et al., 1994, 2011; Morelock and Correll, 2008).

크로미스타게(Chromista) 난균문(Oomycota)에 속하는 절대 기생균인 *Peronospora spinaciae*에 의한 시금치 노균병은 노지재배보다 시설재배에서 더 발생하는 것으로 알려져 있으며, 비교적 저온(8~18°C)에서 습도가 높을 때 많이 발생하고, 확산속도가 매우 빠르기 때문에 심하게 발생하면 수확을 포기해야 하는 병으로 알려져 있다(Kofoet and Fink, 2007; Williams et al., 2007). 특히 국내의 경우 가을에 파종하는 시설재배에서는 파종 후 잎이 전개되기 시작한 후 저온, 다습 조건이 되기 때문에 노균병에 의한 피해가 크다. 따라서 시금치 재배농가에서는 노균병을 예방 및 방제하기 위해 적용 약제를 3~5회 살포하지만, 재배 기간이 비교적 짧고, 잎을 데쳐서 나물로 무쳐 먹거나 생으로 먹는 채소이기 때문에 농약성분의 잔류문제가 발생할 수 있다. 따라서 농약잔류문제가 없는 유기농 시금치를 생산하여 재배농가의 소득을 증대시키기 위해서는 노균병에 의한 피해를 줄일 수 있는 친환경적인 재배방법의 개발이 요구된다.

본 연구에서는 시금치 노균병으로 인한 피해를 감소시키고 친환경적인 시금치를 생산하기 위한 연구의 일환으로 비닐하우스 내부의 상대습도를 낮출 수 있는 강제환기처리 방법이 노균병 발생에 미치는 영향을 구명하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시금치 재배 및 팬 설치

본 연구는 2010년 5월부터 2011년 4월까지 경북 영덕군 영해면 소재 시금치 재배농가에서 수행하였다. 시금치는 ‘사계절’ 품종을 이용하여 2010년 10월 18일에 파종하였고, 기타

재배관리는 농가관행 방법으로 실시하였다.

시험용 하우스의 면적은 180m²(폭 6m, 길이 30m)의 단동형으로 폭 1.4m의 이랑을 만들어 재배하였다. 시설내부의 기상환경을 개선하기 위하여 시판되고 있는 환풍기(Ø60cm, 160W, Korea)를 하우스 지붕에 6m 간격으로 설치하여 시설 내부의 공기를 강제적으로 수직방향으로 하여 외부로 배출시키는 수직강제환기처리(forced ventilation, Fig. 1A)와 하우스 내부 천정에서부터 1.5m 높이에 교반팬(Ø60cm, 200W, Korea)을 6m 간격으로 설치하여 시설 내부의 공기를 수평으로 교반 하는 수평공기순환처리(air circulation, Fig. 1B)를 하였다. 무처리구는 시험기간 동안 작물보호제를 4회 살포하였고 수직강제환기처리와 수평공기순환처리구는 작물보호제를 살포하지 않고 수행하였다.



Fig. 1. Installation of vertical forced ventilation fan (A) and horizontal air circulation fan (B) in greenhouse

2. 재배환경, 시금치 생장 측정 및 이병엽률 조사

수직강제환기 및 수평공기순환 처리는 시금치 재배시설 내부의 상대습도가 가장 높은 시간대인 오후 8시부터 아침 8시까지 12시간 실시하였다. 토양 수분관리를 위하여 하우스 천정에 1m 간격으로 스프링클러를 설치하고 이를 이용하여 토양의 수분상태 등을 고려하여 주기적으로 약 35분 정도 충분히 관수하였다.

온습도기록계(TR-72U, Japan)는 지표면으로부터 30cm 위에 설치하였고, 데이터로그를 이용하여 20분 간격으로 시설내부의 온·습도를 측정하였다. 시금치의 생체중은 수확기를 기준으로 하여 처리 당 30개체를 채취하여 무게를 측정하였고, 노균병 발생정도는 파종 후부터 20, 30, 40, 60일에 조사하여 농촌진흥청 조사분석기준에 따라 이병엽률로 나타내었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시설 내 재배환경의 변화

시금치 재배 하우스 내부의 온·습도 일변화를 측정해 본 결과 온도는 오전 5시경에 가장 낮았고 오후 2시경에 가장 높게 관측되었으며, 습도는 오전 5시와 오후 10시경이 가장 높았고 오후 2시 경이 가장 낮은 경향을 나타내었다(자료 미제시). 이러한 결과를 토대로 하여 시설내부의 기상환경을 개선하고자 수직강제환기팬 또는 수평공기순환교환팬을 시금치 재배하우스 내에 설치한 후, 상대습도가 가장 높은 시간대인 오후 8시부터 다음날 오전 8시까지 가동하여 시설 내 온·습도 변화를 조사하였다. 그 결과, 온도의 변화는 처리에 따라 큰 차이가 없었으나(Fig. 2A) 상대습도의 경우에는 이와는 대조적으로 처리 간 뚜렷한 차이를 보였다. 무처리와 수평공기순환처리는 거의 100% 상대습도(Relative humidity; RH)를 유지했지만, 수직강제환기처리는 무처리와 비교하여 낮은 경향을 나타내어 야간의 상대습도를 평균 9.2% 정도 감소시키는 효과를 보였다(Fig. 2B).

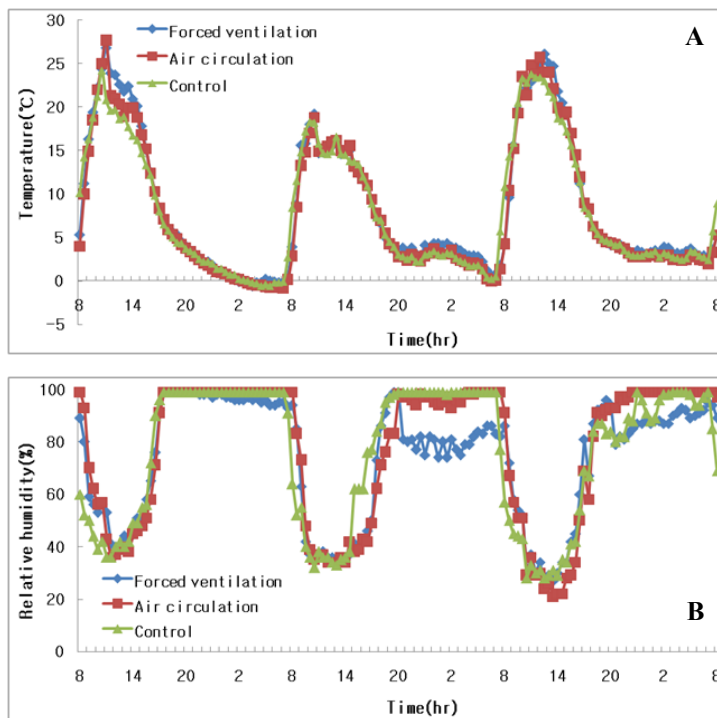


Fig. 2. Changes of temperature and relative humidity (RH) in greenhouse. Temperature (A) and RH (B) were recorded for three days. No difference of temperature by forced ventilation or air circulation compared to control

2. 시금치 성장 촉진 효과

시금치 성장을 경시적으로 조사한 결과 수직강제환기처리와 수평공기순환처리 모두 무처리에 비해 95% 신뢰도에서 통계적으로 유의차가 인정되었다(Duncan's 다중범위검정, SPSS Ver. 19.0.0, IBM). 수직강제환기처리에 따른 시금치의 수확기 생체중은 개체 당 17.8g으로 무처리의 10.1g과 비교하여 7.7g 높았으며, 수평공기순환처리도 유사한 경향을 보여 15.4g으로 무처리에 비해 5.3g 높았다(Table 1). 이러한 결과는 수직강제환기처리에 의하여 하우스 내부의 야간습도가 낮아지고 이에 따라 식물체의 생리작용이 원활하게 이루어졌기 때문에 시금치 성장에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. Cho 등(2010)은 고온재배 하는 수박의 경우 환기처리에 의해 시설 내 온도를 낮춤으로 인해 수박의 수분스트레스를 저하시켜 건전한 생육을 유도했다고 보고하였으나, 본 연구에서는 시금치 시설재배는 가을에 파종하여 이듬해 봄까지 이루어지기 때문에 강제환기처리는 온도의 저하보다는 야간습도 조절을 통해 생육을 촉진하는 것으로 판단된다.

Table 1. Comparison of spinach growth among forced ventilation, air circulation or control

Treatment	Fresh weight (g)	Day after sowing (DAS)							
		20	30	40	60	20	30	40	60
		Leaf width (cm)				Leaf length (cm)			
Control	10.1 b	2.0 a*	3.1 b	3.8 b	4.7 b	3.2 a	5.5 ab	6.3 b	7.5 b
Forced ventilation	17.8 a	2.1 a	3.1 b	4.3 a	5.5 a	3.2 a	5.3 b	7.3 a	8.6 a
Air circulation	15.4 a	2.3 a	3.4 a	4.6 a	5.2 a	3.4 a	5.6 a	7.3 a	8.4 a

* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

** Fresh weight was measured at harvest(60 DAS). Leaf width and length were measured at 20, 30, 40, and 60 DAS(n=30).

3. 노균병 발생 억제 효과

시금치 잎에 발생하는 노균병은 무처리의 경우 파종 후 20일부터 나타나기 시작하여 수확기(파종 후 60일경)에 34.7%의 이병엽률을 나타내었다. 그러나 수직강제환기처리는 파종 후 40일경에 0.7% 정도 발생되었고, 수확기에는 4.0% 발생되어 무처리와 비교하여 88.5% 병 발생 억제효과를 보였다(Fig. 3). 이러한 결과는 Kim 등(2003)이 환기조절을 통해 야간 하우스 내 상대습도를 대조구보다 6.4% 낮추었을 때 오이의 노균병 이병엽률이 29.8% 억제되었던 실험 결과보다 더욱 효과적이었다. 수평공기순환처리는 파종 후 40일까지는 무처

리 보다 이병엽률이 낮았으나 수확기에는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 Kim 등(2003)은 강제환기를 통한 노균병 발생 억제효과는 무처리구에서 약제를 3회 살포했을 때의 병방제 효과와 같고, 발병 3일전부터 예방위주로 약제를 처리하면 70% 이상의 억제효과가 있다는 결과를 보고하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 *Peronospora spinaciae*에 의해 시금치에 발생하는 노균병은 습도가 높고 온도가 낮을 때 발생하기 때문에 수직강제환기처리로 시설 내의 야간 습도를 9.2% 감소시킨 결과 식물체에 부착되어 있는 병원균의 포자가 발아하기에는 부적당한 환경으로 작용하여 노균병 발병시기를 20일 정도 늦춤과 동시에 이병엽률을 88.5% 억제한 것으로 생각된다. 본 시험의 결과 병원균의 포자가 감염되는 시기인 야간에 강제환기를 통하여 습도를 낮출 경우 노균병의 발생을 효과적으로 억제시킬 수 있기 때문에 친환경적 재배에 의한 유기농 시금치의 생산이 가능할 것으로 기대된다.

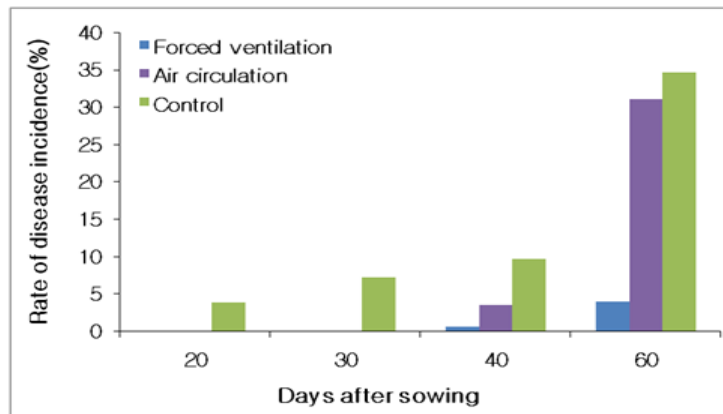


Fig. 3. Comparison of downy mildew incidence rate in greenhouse. Rate of disease incidence was recorded at 20, 30, 40, and 60 days after sowing

IV. 요약

비닐하우스 내 강제환기가 시금치 노균병 발생에 미치는 영향을 구명하기 위해 비닐하우스에 수직환기팬 및 수평공기순환팬을 각각 설치한 후 밤 동안 환기를 시킨 하우스와 환기팬을 설치하지 않은 하우스에서 시금치를 재배하면서 온도 및 습도의 변화, 시금치 생장 정도 및 노균병 발생 정도를 조사하였다.

하우스 내의 온도변화는 각 하우스 별로 큰 차이가 없었으나, 밤 동안 상대습도는 수직 강제환기팬을 설치한 하우스가 팬을 설치하지 않은 하우스보다 9.2% 낮게 유지되었다. 파종 60일 후에 조사한 시금치의 개체 당 생체중은 수직강제환기팬을 설치한 하우스에서는

17.8g으로 환기팬을 설치하지 않은 하우스의 10.1g과 비교하여 7.7g 높았다. 노균병은 환기팬을 설치하지 않은 하우스에서는 파종 후 20일부터 발생하기 시작하여 60일 후에는 34.7%의 이병엽률을 보였으나, 수직강제환기처리한 하우스에서는 파종 40일 후부터 발생하기 시작하였으며 60일 후 이병엽률은 4.0%로 매우 낮았다.

야간에 비닐하우스 내 공기를 수직강제환기팬을 이용하여 환기시킨 결과 환기팬을 설치하지 않은 하우스와 비교하여 시금치 수확량은 76.2% 증가되었으며, 노균병 발생은 20일 정도 늦었으며, 88.5% 노균병 발생 억제효과가 있었다.

[논문접수일 : 2013. 12. 2. 논문수정일 : 2013. 12. 9. 최종논문접수일 : 2013. 12. 16.]

Reference

1. Cho, I. H., J. H. Ann, W. M. Lee, J. H. Moon, J. H. Lee, B. S. Choi, S. H. Son, E. Y. Choi, S. G. Lee, and Y. H. Woo. 2010. Wilted symptom in watermelon plant under ventilation system. *Korean J. Hortic. Sci.* 28: 529-534.
2. Correll, J., B. Bluhm, C. Feng, K. Lamour, L. du Toit, and S. Koike. 2011. Spinach: better management of downy mildew and white rust through genomics. *Eur. J. Plant Pathol.* 129: 193-205.
3. Correll, J. C., T. E. Morelock, M. C. Black, S. T. Koike, L. P. Brandenberger, and F. J. Dainello. 1994. Economically important diseases of spinach. *Plant Dis.* 78: 653-660.
4. Kim, Y. K., J. D. Ryu, J. G. Ryu, S. Y. Lee, and H. S. Sim. 2003. Control of downy mildew occurred on cucumber cultivated under plastic film house condition by optimal application of chemical and installation of ventilation fan. *J. Pestic. Sci.* 7: 223-227.
5. Kofot, A. and M. Fink. 2007. Development of *Peronospora parasitica* epidemics on radish as modelled by the effects of water vapour saturation deficit and temperature. *Eur. J. PlantPathol.* 117: 369-381.
6. Morelock, T. E. and J. C. Correll. 2008. Spinach breeding, pp. 183-212. In: *Vegetables I*. Springer, New York.
7. Prior, R. L. 2003. Spinach as a source of antioxidant phytochemicals with potential health effects. Paper presented at the National Spinach Conference, Fayetteville, AR, USA, November.
8. Williams, M., P. Magarey, and K. Sivasithamparam. 2007. Effect of temperature and light

intensity on early infection behaviour of a Western Australian isolate of *Plasmopara viticola*, the downy mildew pathogen of grapevine. *Australas Plant Path.* 36: 325-331.

9. Yamauchi, N., H. Horinouchi, K. Sakai, K. Yonemoto, M. Satou, and T. Shirakawa. 2011. First report of spinach downy mildew caused by race Pfs:8 of *Peronospora farinosa* f.sp. *spinaciae* in Japan. *J. Gen. Plant Pathol.* 77: 260-262.