

PLANT & FOREST

Effect of nitrogen types and the electrical conductivity of a nutrient solution on gray mold caused *Botrytis cinerea* on strawberry plants

Myeong hyeon Nam*, Hee chul Lee, Tae il Kim

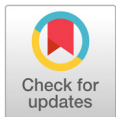
Nonsan Strawberry Experiment Station, Fruit vegetable Research Institute, Chungnam ARES, Nonsan 32914, Korea

*Corresponding author: namtel7@korea.kr

Abstract

Gray mold caused by *Botrytis cinerea* on strawberry plants is an economically significant disease in Korea. The rates for diseased fruits are high during the strawberry harvesting period from December to February, especially in hydroponic cultivation. This study assessed the effect of the nitrogen type in the soil culture and the electrical conductivity (EC) of the nutrient solution in a hydroponic culture on the gray mold incidence in 'Seolhyang' strawberry plants. The nitrogen sources assayed included calcium nitrate tetrahydrate (CN4), calcium nitrate decahydrate (CN10), ammonium sulfate (AS), and commercial fertilizer 213 (213). The effect of the EC was tested at 0.5, 0.8, 1.0, and 1.5 dS · m⁻¹. The occurrence of gray mold varied according to the nitrogen type. The disease incidence and nitrogen content for the main nitrogen type were higher compared to the non-treated control. The AS treatment showed the highest occurrence of tipburn and gray mold. The incidence of gray mold as well as the nitrogen and phosphorus content of the leaves increased as the EC level was increased. These results indicate that the incidence of gray mold in strawberry plants is related to the nitrogen content of the leaf and the EC of the nutrient solution.

Keywords: *Botrytis cinerea*, gray mold, nitrogen, phosphorus



OPEN ACCESS

Citation: Nam M, Lee H, Kim T. 2019. Effect of nitrogen types and nutrient solution electrical conductivity on gray mold caused *Botrytis cinerea* on strawberry plants. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190001>

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190001>

Received: August 17, 2018

Revised: December 8, 2018

Accepted: January 2, 2019

Copyright: © 2019 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

국내 재배되는 딸기는 1조 3천억원의 생산액을 가진 과채류 중 가장 높은 비중을 차지하는 겨울철 대표 작물이다(KOSIS, 2017). 국내 딸기의 재배면적은 2017년 5,907 ha이며 이중 고설재배 면적이 1,575 ha로 전체면적의 26%를 차지하고 있다. 최근 딸기재배는 이전의 토경재배에서 작업이 편리하고 수량이 높은 고설재배로 재배형태가 급격히 변화하고 있는 경향을 보인다.

딸기 잿빛곰팡이병은 *Botrytis cinerea*에 의해 발생하는 병해로 딸기 꽃, 과실, 지재부 등에 피해를 주고 있는 수확기 대표적인 병해이다(Mass, 1998). 잿빛곰팡이병은 저온, 다습한 환경조건에서 발생이 높으며, 특히 식물체를 밀식하거나 과 번무한 경우 발생이 높다(Legard et al., 2000). 따라서 잿

빛곰팡이병 방제를 위해 습도를 낮추는 환경조절(Strand, 1994), 이병체 제거 등 포장위생(Mertely et al., 2000), 개화기나 냉해 발생 전 예방적으로 살균제나 미생물제 처리 등이 효과적이다(Mertely et al., 2002; Nam et al., 2011).

식물 병과 영양원의 상호작용에 대해서는 많은 연구가 수행되고 있다(Datnoff et al., 2007). 딸기의 경우 *Colletotrichum* sp.에 의한 탄저병(Nam et al., 2006; Smith, 2009), *B. cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병(Walter et al., 2008), *Sphaerotheca aphans* var. *aphans*에 의한 흰가루병(Xu et al., 2013)은 질소농도가 증가할수록 병 발생도 증가하였으며, *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*에 의한 시들음병 발생은 수경재배에서 electrical conductivity (EC)농도가 높을수록 증가한다고 하였다(Nam et al., 2018). 또한 *B. cinerea*에 의한 포도(Mundy and Beresford, 2007; Lecompte et al., 2010; Abro et al., 2013), sweet basil (Yemiyahu et al., 2006), begonia와 New Guinea impatiens (Pitchay et al., 2007)의 병 발생도 질소함량이 높을 경우 증가한다고 한다. 반면 토마토에 발생하는 잿빛곰팡이병은 토양의 질소농도 증가에 따라 병 발생을 감소시키는 효과가 있었다(Verhoeff, 1968; Hoffland et al., 1999). 이런 질소비료가 작물에 따라 잿빛곰팡이병 발생에 차이를 보이는 것은 작물의 종류, 질소 형태와 농도 등 여러 요인에 의해 나타날 수 있다.

따라서 이 연구에서는 딸기 '설향' 품종을 대상으로 토양재배에서 질소형태와 수경재배에서 EC농도에 따른 잿빛곰팡이병 발생에 미치는 효과를 검토하고자 수행하였다.

Materials and Methods

토경재배에서 질소비료별 잿빛곰팡이병 발생을 조사

딸기 재배포장에서의 질소비료 종류별 잿빛곰팡이병 발생 조사는 논산딸기시험장 토경재배 비닐하우스에서 실시하였다. 시험품종은 '설향'으로 논산딸기시험장에서 육묘한 자묘를 2015년과 2018년 9월 10일경 정식하였다. 질소비료 종류는 질산칼슘 4수염($\text{NO}_3 : \text{NH}_4 = 12 : 0$, DOF Ltd., Pyeongtaek, Korea), 질산칼슘 10수염($\text{NO}_3 : \text{NH}_4 = 14.4 : 1.1$, YaraLiva, Yara, Norway), 황산암모늄($\text{NO}_3 : \text{NH}_4 = 0 : 20$, Namhae Chemical, Yeosu, Korea), 퍼티케어213($\text{NO}_3 : \text{NH}_4 = 11 : 4$, Fericare, Yara, Norway)을 시험에 이용하였다(Table 1). 각각의 비료는 1차 시험에서 2015년 12월 11일부터 2016년 1월 14일까지 2-5일 간격으로 500-1,000배, 2차 시험은 2018년 10월 17일부터 5일 간격으로 11월 16일까지 1,000배로 희석하여 주당 100 mL씩 관주 처리하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 2-3반복으로 처리당 24주를 이용하였다. 잿빛곰팡이병 이병과율은 2016년 2월 12일과 2018년 11월 22일에 조사하였으며, tipburn 발생율은 2016년 2월 12일과 2월 22일에 조사하였다. 토양분석은 2차 시험 전인 2018년 10월 16일과 시험 중인 2018년 11월 1일에 토양을 채취하여 실시하였다. 시험토양의 토성은 사양토로 토양은 표토 15 cm 깊이까지 채취한 후 풍건하여 2 mm체를 통과시켜 분석시료로 이용하였다. 또한 식물체 잎의 무기함량 분석은 1차 시험에서 2016년 1월 18일, 2차 시험은 2018년 11월 1일에 식물체의 3번째 잎을 채취하여 건조 시킨 후 완전히 분쇄하여 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양과 식물체 분석법에 준하여 분석하였다(NIAST, 2000). 식물체 무기성

Table 1. Composition of nutrient solution applied to strawberry plants.

Fertilizer	Macro-element concentration (%)				
	T-N	P	K	Mg	Ca
Calcium nitrate tetrahydrate	12	-	-	-	23
Calcium nitrate decahydrate	15.5	-	-	-	26
Ammonium sulfate	20	-	-	-	-
Commercial fertilizer 213	16	8	24	2	-
NHRS	16.8	7.0	27.6	5.9	16.9

NHRS, National Horticultural Research Station in Japan.

분은 유도결합 플라즈마분광분석기(Inductively coupled Plasma Spectroscopy, GBC Integra, XL, Braeside, Australia)를 이용하여 분석하였으며 처리간 비교는 Tukey's HSD test (0.05)로 실시하였다.

수경재배에서 배양액의 EC농도에 의한 잿빛곰팡이병 발생

배양액의 EC농도에 따른 잿빛곰팡이병 발생에 미치는 영향을 조사하기 위해 '설향'을 시험품종으로 이용하였다. 1차 시험의 자묘는 딸기전용상토(코코피트 : 피트모스 : 펄라이트 = 65 : 17 : 10, Purumi, Eumseong, Korea)가 충진된 플라워 박스(57 cm × 18 cm, Cheongun, Korea)에 박스당 5주씩 2016년 10월 4일 정식하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 처리당 45주를 시험에 이용하였다. 2차 시험의 자묘는 딸기전용상토(피트모스 : 펄라이트, BM 6, Berger, Canada)가 충진된 멀티컵베드(C형, 680 cm × 215 cm × 135 cm, Hwasung, Okcheon, Korea)에 베드당 8주씩 2018년 9월 6일에 정식하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 처리당 32주를 시험에 이용하였다. 시험에 사용된 배양액은 일본원시 조성액 (Table 1)으로 EC는 0.5, 0.8, 1.0, 1.5 ds · m⁻¹로 설정하였으며 배양액 공급은 1차 시험에서 2016년 10월 10일부터 4분/2회/1일 공급하였으며, 2차 시험은 2018년 9월 14일부터 3분/1회/1일 공급하였다. 처리간 식물체 생육은 2차 시험에서 조사하였으며 농촌진흥청의 딸기 신품종 육성을 위한 특성조사 표준매뉴얼에 따라 조사하였다. 잿빛곰팡이병 이병과율 조사는 1차 시험에서 2017년 1월 4일과 20일, 2차 시험은 2018년 11월 22일였으며, 식물체 분석은 1차 시험에서 2017년 1월 18일, 2차 시험은 2018년 11월 2일에 처리 별 잎을 채취하여 위와 동일한 방법으로 조사하였다.

Results and Discussion

토경재배에서 질소비료별 잿빛곰팡이병 발생을 조사

딸기 토경재배에서 질소비료별 잿빛곰팡이병 발생률과 식물체 질소함량은 1차 시험에서 질산칼슘 4수염이 다른 질소비료보다 낮은 이병과율과 식물체 질소 함량을 나타내었으며 황산암모늄 처리는 다른 처리보다 이병과율과 식물체 질소 함량이 높은 경향을 보였다(Fig. 1A). 2차 시험에서 질소형태별 잿빛곰팡이병 발생률과 식물체 질소함량은 질소형태별 큰

Table 2. Nutrient status of strawberry leaves grown in nitrogen types of 'Seolhyang' strawberry plants in soil culture^z.

Treatment	P	K	Ca	Mg	B	Fe
	%				mg/kg	
1 st Trial						
Calcium nitrate tetrahydrate	0.32	2.06	1.90	0.61	27	168
Calcium nitrate decahydrate	0.38	2.23	1.83	0.61	35	168
Ammonium sulfate	0.52	1.79	1.58	0.56	29	106
Commercial fertilizer 213	0.52	1.85	1.44	0.52	31	96
Non-treated control	0.37	2.05	1.57	0.56	33	85
2 nd Trial						
Calcium nitrate tetrahydrate	0.54ns	2.02ns	1.03ns	0.53ns	32ns	128ns
Calcium nitrate decahydrate	0.56	2.54	1.14	0.64	37	120
Ammonium sulfate	0.49	2.49	1.01	0.52	27	93
Commercial fertilizer 213	0.56	2.75	1.17	0.65	37	117
Non-treated control	0.55	2.10	1.00	0.53	38	124

ns, not significant.

^zSampling date: 18 Jan. 2016 (1st trial), 1 Nov. 2018 (2nd trial).

차이를 보이지 않았으며 무처리보다는 높은 이병과율과 질소함량을 보였다(Fig. 1B). 질소형태별 처리간 식물체의 무기 성분 함량은 1차와 2차 시험에서 차이를 보이지 않았다(Table 2). 또한 시험 전과 시험 중 토양분석에서 인산, 칼슘 등 무기 성분 함량도 처리간 유의성을 보이지 않았다(Data not shown).

위의 결과로 잿빛곰팡이병 발생은 식물체내 질소함량이 높을수록 증가하는 경향을 보였는데 *B. cinerea*에 의한 포도 bunch rot (Mundy and Beresford, 2007; Mundy, 2008; Lecompte et al., 2010; Abro et al., 2013; Thomidis et al., 2016)과 딸기의 잿빛곰팡이병(Cooley et al., 1996; Daugaard, 1999)에서도 비슷한 결과를 보였다. Walter et al. (2008)에 의하면 질소종류에 따른 딸기 잿빛곰팡이병 병반은 질산암모늄 > 황산암모늄 > 질산칼슘 순으로 증가하므로 암모늄비료가 병 발생을 촉진하는 것으로 보고하였다. 반면, 높은 질소농도는 *B. cinerea*에 대한 토마토의 감수성을 감소시킨다고 하여(Verhoeff, 1968; Hoffland et al., 1999) *B. cinerea*는 작물에 따라 체내질소에 대한 반응이 다른 경향을 보이는 것으로 사료된다. 위의 결과에서 토양 내 무기성분 함량은 처리간 차이가 없었는데 이는 토양의 완충력 및 식물체의 양분 흡수 등에 의한 것으로 사료된다. 또한 토양의 무기성분 함량보다도 잎의 질소함량에서는 처리간 차이를 보여 토양시험에서 식물체 분석이 처리간 비교를 하는데 좋을 것으로 판단된다.

토경재배에서 질소비료별 tipburn에 미치는 영향

딸기 토경재배에서 질소비료별 tipburn 발생은 황산암모늄 처리구가 다른 처리보다 높았으며 213비료와 질산칼슘 10수염도 높은 발생율을 보였으나 질산칼슘 4수염처리는 무처리와 비슷하게 낮은 발생율을 보였다(Fig. 2).

딸기에 발생하는 tipburn은 칼슘과 붕소가 결핍되어 발생하는 증상(Mason and Guttridge, 1974; Ku et al., 2017)으로 높은 질소(Brumm and Schenk, 1993)와 칼륨시비(San Bautista et al., 2009), K/Ca, K/Mg의 비율이 높은 영양 불균형(Lieten, 2006; Palencia et al., 2010), 높은 양분(Bradfield and Guttridge, 1979), 낮은 야간 습도와 같은 환경적인 요인(Melis et al., 2014) 등에 의해 발생된다. 특히 배추에 발생하는 tipburn은 암모늄태 질소 시비가 요소시비보다 높은 발생율을 보였으며 과도한 암모늄태 질소시비는 tipburn발생을 증가시켜(Imai, 1990; Vavrina et al., 1993) 위의 결과와 비슷한 양상을 보였다. 따라서 딸기의 tipburn 발생 증가에 암모늄태 질소가 중요한 역할을 할 것으로 사료되며 추후 이에 대한 자세한 연구가 필요하다.

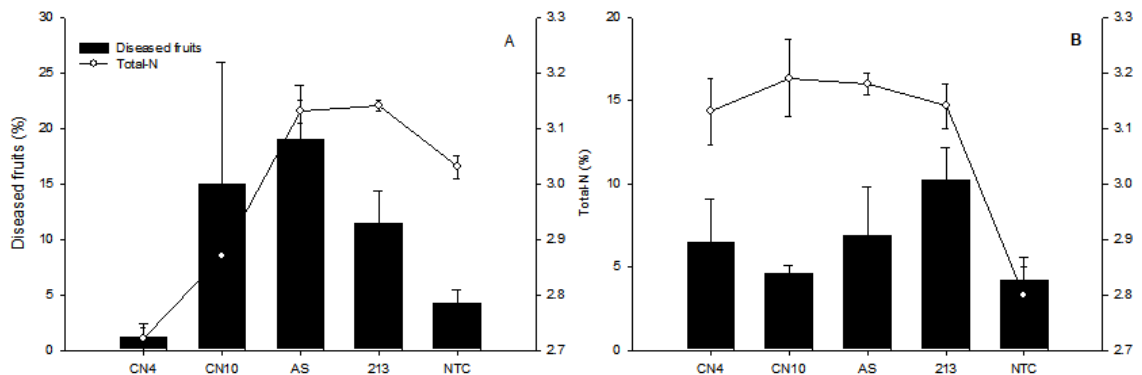


Fig. 1. Diseased fruit rate of gray mold in 1st trial (A) and 2nd trial (B) of 'Seolhyang' strawberry plants by nitrogen types in soil culture. CN4, calcium nitrate tetrahydrate; CN10, calcium nitrate decahydrate; AS, ammonium sulfate; 213, commercial fertilizer; NTC, non-treated control.

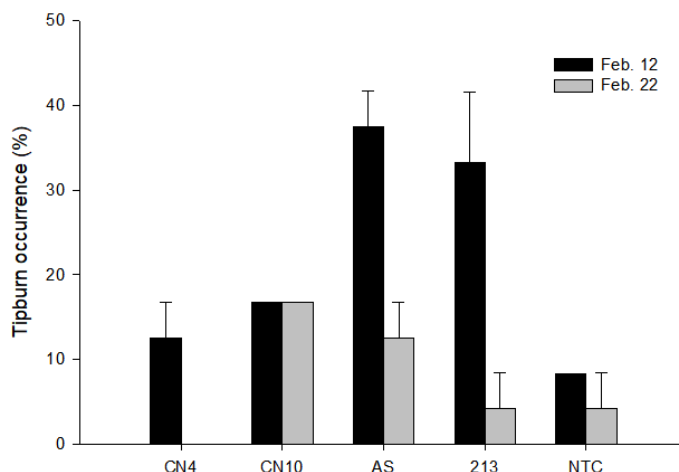


Fig. 2. Tip-burn occurrence of 'Seolhyang' strawberry plants by nitrogen types in soil culture. CN4, calcium nitrate tetrahydrate; CN10, calcium nitrate decahydrate; AS, ammonium sulfate; 213, commercial fertilizer; NTC, non-treated control.

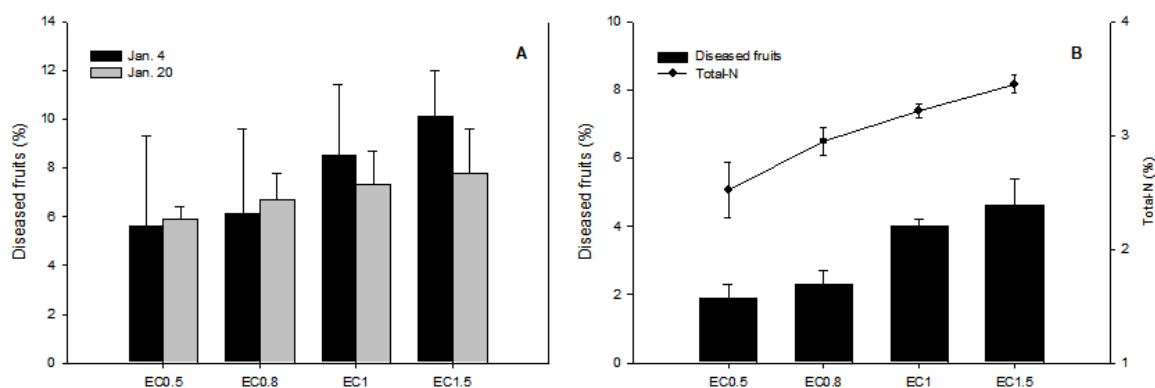


Fig. 3. The incidence of gray mold in 1st trial (A) and 2nd trial (B) by electrical conductivity (EC) levels of nutrition solution in hydroponic culture of 'Seolhyang' strawberry.

Table 3. Nutrient status of strawberry leaves grown in electrical conductivity (EC) of nutrition solution in hydroponic culture of 'Seolhyang' strawberry plants².

EC (dS · m ⁻¹)	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	B	Fe	Zn	Cu
	%				mg/kg					
1 st Trial										
0.5	0.18b	1.30ns	0.45ns	0.20ab	103ns	103ns	18b	35b	57b	2ns
0.8	0.20b	1.25	0.45	0.19ab	92	102	21ab	38b	58b	2
1.0	0.23b	1.49	0.39	0.18b	97	74	20b	40b	61ab	2
1.5	0.32a	1.21	0.42	0.21a	104	70	28a	59a	63a	3
2 nd Trial										
0.5	0.33c	2.64ns	0.93ns	0.74ns	116a	247ns	44ns	244a	55ns	3ns
0.8	0.44bc	3.29	0.89	0.70	106ab	210	46	115b	53	2
1.0	0.54b	2.75	0.87	0.71	83b	200	42	65b	38	2
1.5	0.74a	3.44	0.91	0.77	83b	203	39	148ab	40	3

ns, not significant.

²Sampling date: 18 Jun, 2017 (1st trial), 2 Nov. 2018 (2nd trial).

a - c: Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test (p = 0.05).

Table 4. Effect of electrical conductivity (EC) levels of nutrition solution in hydroponic culture on the growth of 'Seolhyang' strawberry plantlet.

EC (dS·m ⁻¹)	Plant height ² (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Diameter of crown (mm)
0.5	17.8c	7.8c	7.7c	5.9a	12.2b
0.8	21.6b	9.1b	8.5bc	6.2a	12.8ab
1.0	26.6a	10.4a	9.5a	6.3a	13.7a
1.5	25.1a	10.0a	9.2ab	6.3a	12.8ab

²Survey date: 10 November, 2018.

a - c: Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test.

수경재배에서 배양액 EC농도별 딸기 잿빛곰팡이병 발생

EC농도에 따른 잿빛곰팡이병 발생은 1차와 2차 시험 모두 EC농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 식물체의 질소함량도 EC농도가 높아질수록 증가하였다(Fig. 3). 또한 EC농도별 식물체분석 결과 1차와 2차 시험에서 EC농도 증가에 따라 인산 함량도 높아졌으며 그 외 원소는 EC농도 증가에 따른 뚜렷한 차이는 보이지 않았다(Table 3). EC농도 별 식물체 생육은 EC 1.0 dS·m⁻¹ 에서 0.5, 0.8, 1.5 dS·m⁻¹ 보다 초장, 엽장, 엽폭, 관부직경이 가장 우수하였다(Table 4).

*B. cinerea*에 의한 병발생과 EC농도는 작물에 따라 차이를 보이는데 토마토에 발생하는 *B. cinerea*는 whey compost-tea의 EC농도 증가와 높은 정의상관을 보인 반면(Pane et al., 2012) 오이에 발생하는 *B. cinerea*는 EC농도 증가와 부의 상관을 보인다고 하였다(Segarra et al., 2007). Nam et al. (2018)은 딸기 수경재배에서 EC농도가 증가할수록 시들음병 발생과 식물체 내 질소함량이 증가하며, 오이에 발생하는 *B. cinerea* 경우 인산농도가 증가할수록 병 발생도 높다고 하였다(Akutsu et al., 1987). 따라서 EC농도에 따른 잿빛곰팡이병 발생은 작물에 따라 차이를 보이며, 특히 딸기의 경우 식물체 내 질소와 인산이 잿빛곰팡이병 발생과 관련이 있을 것으로 보여 추후 이에 대한 자세한 연구가 되어야 할 것으로 사료된다.

딸기 수경재배에서 배양액의 EC농도에 따라 생육에 영향을 보이는데 '설향' 품종의 경우 배양액의 EC 1.0 dS·m⁻¹ 처리구가 0.5나 2.0 dS·m⁻¹ 처리구보다 엽병중, 지상부 건물중 등 생육이 가장 우수하다고 하여(Jun et al., 2011). 위의 결과와 비슷한 경향을 보였다. 특히 질소비료가 잿빛곰팡이병 발생을 증가시키는 원인은 포도에 발생하는 bunch rot의 경우 식물체 생육이 왕성해 canopy 밀도가 증가함에 따라 *B. cinerea*의 발달에 더 좋은 미 기상 조건이 되기 때문이라 한다(Gubler et al., 1987; Mundy and Beresford, 2007; Williamson et al., 2007). 딸기의 경우에도 배양액의 EC가 높을수록 식물체의 생육도 왕성해짐에 따라 처리간 미기상에도 변화가 있을 것으로 사료되며 이에 대한 분석도 이루어져야 할 것으로 보인다.

Conclusion

*Botrytis cinerea*에 의해 발생하는 잿빛곰팡이병은 딸기재배에서 경제적으로 중요한 병해이다. 잿빛곰팡이병은 특히 수경재배포장에서 12월부터 2월까지 수확기간 동안 발생이 높다. 이 연구는 '설향' 품종에서 잿빛곰팡이병 발생에 대한 토양재배에서 질소형태 시비와 수경재배에서 EC농도에 따른 효과를 검토하고자 수행하였다. 잿빛곰팡이병 발생에 대한 질소형태는 질산칼슘 4수염(calcium nitrate tetrahydrate, CN4), 질산칼슘 10수염(calcium nitrate decahydrate, CN10), 황산암모늄(ammonium sulfate, AS), 복합비료(commercial fertilizer 213, 213)를 처리하였고, EC효과는 0.5, 0.8, 1.0, 1.5 dS·m⁻¹ 농도로 조사하였다. 질소형태별 잿빛곰팡이병 발생률과 식물체 내 질소농도는 무처리보다 높았다. AS처리는 tipbun과 잿빛곰팡이병 발생이 가장 높았다. EC농도가 증가할수록 잿빛곰팡이병 발생과 잎의 질소와 인산 함량은 증가하였다. 이런 결과로 딸기에 발생하는 잿빛곰팡이병은 식물체 잎의 질소와 배양액의 EC농도가 관련 있는 것으로 사료된다.

Authors Information

Myeong hyeon Nam, Strawberry Research Institute, Chungnam ARES, Researcher

Hee chul Lee, Ginseng and Medicinal Plant Research Institute, Chungnam ARES, Researcher

Tae il Kim, Strawberry Research Institute, Chungnam ARES, Senior Researcher

References

- Abro MA, Lecompte F, Bryone F, Nicot PC. 2013. Nitrogen fertilization of the host plant influences production and pathogenicity of *Botrytis cinerea* secondary inoculum. *Phytopathology* 103:261-267.
- Akutsu K, Takatsu Y, Sakiyama H, Okuyama S. 1987. Stimulative effect of potassium phosphate on infection of cucumber leaves by conidia of *Botrytis cinerea*. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 53:175-181.
- Bradfield EG, Guttridge CG. 1979. The dependence of calcium transport and leaf tipburn in strawberry on relative humidity and nutrient solution concentration. *Annals of Botany* 43:363-372.
- Brumm I, Schenk M. 1993. Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. *Acta Horticulture* 339:125-136.
- Cooley DR, Wilcox WF, Kovach J, Schloemann SG. 1996. Integrated pest management programs for strawberries in the Northeastern United States. *Plant Disease* 80:228-237.
- Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM. 2007. Mineral nutrition and plant disease. APS Press, St. Paul, USA.
- Daugaard H. 1999. Cultural methods for controlling *Botrytis cinerea* Pers. in strawberry. *Biological Agriculture and Horticulture* 16:351-361.
- Gubler WD, Marois JJ, Bledsoe AM, Bettiga LJ. 1987. Control of *Botrytis* bunch rot of grape with canopy management. *Plant Disease* 71:599-601.
- Hoffland E, van Beusichem ML, Jeger MJ. 1999. Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to *Botrytis cinerea*. *Plant and Soil* 210:263-272.
- Imai H. 1990. Alleviation of occurrence of tipburn and internal rot in tropical Chinese cabbage (*Brassica campestris*). *Tropical Agriculture Research Series* 23:203-217.
- Jun HJ, Byun MS, Liu SS, Jang MS. 2011. Effect of nutrient solution strength on pH of drainage solution and root activity of strawberry 'Sulhyang' in hydroponics. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 29:23-28. [in Korean]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2017. Agriculture and forestry production index. Accessed in <http://www.kosis.kr> on 1 July 2018.
- Ku YG, Chung GC, Lee JH. 2017. Tipburn incidence in strawberry leaves in relation to calcium concentration. *Horticultural Science and Technology* 35:534-543.
- Lecompte F, Abro MA, Nicot PC. 2010. Contrasted responses of *Botrytis cinerea* isolates developing on tomato plants grown under different nitrogen nutrition regimes. *Plant Pathology* 59:891-899.

- Legard DE, Xiao CL, Mertely JC, Chandler CK. 2000. Effects of plant spacing and cultivar on the incidence of *Botrytis* fruit rot in annual strawberry. *Plant Disease* 84:531-538.
- Lieten P. 2006. Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of 'Elsanta' strawberries crown on peat. *Acta Horticulture* 708:397-400.
- Mason GF, Guttridge CG. 1974. The role of calcium, boron and some divalent ions in leaf tipburn of strawberry. *Scientia Horticulturae* 2:299-308.
- Mass JL. 1998. *Compendium of strawberry diseases* 2nd edition. APS Press, St. Paul, USA.
- Melis P, Van Delm T, Stoffels K, Baets W. 2014. Preventing tipburn on strawberry cultivar 'Clery'. *Acta Horticulture* 1049:483-487.
- Mertely JC, Chandler CK, Xiao CL, Legard DE. 2000. Comparison of sanitation and fungicides for management of *Botrytis* fruit rot of strawberry. *Plant Disease* 84:1197-1202.
- Mertely JC, MacKenzie SJ, Legard DE. 2002. Timing of fungicide applications for *Botrytis cinerea* based on development stage of strawberry flowers and fruit. *Plant Disease* 86:1019-1024.
- Mundy DC, Beresford RM. 2007. Susceptibility of grapes to *Botrytis cinerea* in relation to berry nitrogen and sugar concentration. *New Zealand Plant Protection* 60:123-127.
- Mundy DC. 2008. A review of the direct and indirect effects of nitrogen on *Botrytis* bunch rot in wine grapes. *New Zealand Plant Protection* 61:306-310.
- Nam MH, Jeong SK, Lee YS, Choi HM, Kim HG. 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. *Plant Pathology* 55:246-249.
- Nam MH, Kim HS, Lee WK, Gleason ML, Kim HG. 2011. Control efficacy of gray mold on strawberry fruits by timing of chemical and microbial fungicide applications. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 29:151-155. [in Korean]
- Nam MH, Lee HC, Kim TI, Lee EM, Yoon HS. 2018. Effect of nutrition solution pH and electrical conductivity on Fusarium wilt on strawberry plants in hydroponic culture. *Research in Plant Disease* 24:26-32. [in Korean]
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. *Methods of soil and plant analysis*. NIAS, Suwon, Korea.
- Palencia P, Martinez F, Ribeiro E, Pestana M, Gama F, Saavedra T, de Varennes A, Correia PJ. 2010. Relationship between tipburn and leaf mineral composition in strawberry. *Scientia Horticulturae* 126:242-246.
- Pane C, Celano G, Vilecco D, Zaccardelli M. 2012. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection* 38:80-86.
- Pitchay DS, Frantz JM, Locke JC, Krause CR, Fernandez GCJ. 2007. Impact of applied nitrogen concentration on growth of elatior begonia and new guinea impatiens and susceptibility of begonia to *Botrytis cinerea*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132:193-201.
- San Bautista A, López-Galarza S, Martínez A, Pascual B, Maroto JV. 2009. Influence of cation proportions

- of the nutrient solution on tipburn incidence in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 32:1527-1539.
- Segarra G, Casanova E, Borrero C, Avilés M, Trillas I. 2007. The suppressive effects of composts used as growth media against *Botrytis cinerea* in cucumber plants. *European Journal of Plant Pathology* 117:393-402.
- Smith BJ. 2009. Nitrogen fertilizer affects the severity of anthracnose crown rot disease of greenhouse grown strawberries. *Online Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2009-0609-01-RS.
- Strand LL. 1994. Integrated pest management for strawberries. University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, Publ. 3351. Oakland, USA.
- Thomidis T, Zioziou E, Koundouras S, Karagiannidis C, Navrozidis I, Nikolaou N. 2016. Effects of nitrogen and irrigation on the quality of grapes and the susceptibility to *Botrytis* bunch rot. *Scientia Horticulturae* 212:60-68.
- Vavrina CS, Obreza TA, Cornell J. 1993. Response of Chinese cabbage to nitrogen rate and source in sequential plantings. *HortScience* 28:1164-1165.
- Verhoeff K. 1968. Studies on *Botrytis cinerea* in tomatoes. Effect of soil nitrogen level and of methods of deleafing upon the occurrence of *B. cinerea* under commercial conditions. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 74:184-192.
- Walter M, Braithwaite B, Smith BJ, Langford GI. 2008. Nutrient nitrogen management for disease control in strawberry. *New Zealand Plant Protection* 61:70-79.
- Williamson B, Tudzynski B, Tudzynski P, Van Kan JAL. 2007. *Botrytis cinerea*: The cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology* 8:561-580.
- Xu XM, Robinson J, Else MA. 2013. Effect of nitrogen input and deficit irrigation within the commercial acceptable range on susceptibility of strawberry leaves to powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology* 135:695-701.
- Yermiyahu U, Shamai I, Peleg R, Dudai N, Shtienberg D. 2006. Reduction of *Botrytis cinerea* sporulation in sweet basil by altering the concentrations of nitrogen and calcium in the irrigation solution. *Plant Pathology* 55:544-552.