Journal of Environmental Science International
29(10); 997~1002; October 2020

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2020.29.10.997

ORIGINAL ARTICLE

바이오 황의 노지 감귤 검은점무늬병 및 귤응애에 대한 효과

오명협 · 박원표[1] · 현해남[1]*

제주특별자치도 농업기술원, [1]제주대학교 식물자원환경전공

Effects of Using Bio-Sulfur on Open Field Citrus Melanose (*Diaporthe citri*) and *Panonychus citri*

Myung-Hyup Oh, Won-Pyo Park[1], Hae-Nam Hyun[1]*

Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research and Extension Services, Seogwipo 63556, Korea
[1]Major Plant Resoures and Environment, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Abstract

In this study, we investigated the effects of the eco-friendly chemical bio-sulfur, on the citrus melanose-causing pathogen, *Diaporthe citri*, and on the pest, *Panonychus citri*. In an open field experiment with a plot-scale application of the chemicals: Mancozeb, lime sulfur, lime sulfur + machine oil, and bio-sulfur, the control group showed 70.6% disease severity compared with 10.3% for the Mancozeb-treated group. Among the eco-friendly treatments, disease severity was the lowest for the group treated with lime sulfur + machine oil (32.2%) and was 53.9%, 58.8%, and 58.1% following treatment with lime sulfur, and bio-sulfur diluted 500 and 1000 times, respectively. The proportion of diseased fruit showed similar results, suggesting that bio-sulfur is an effective alternative to lime sulfur. Three days after treatment acaricidal effects on *P. citri* showed a 197.6% control survival rate whereas the machine oil, and bio-sulfur diluted 500 and 1000 times treatments showed rates of 2.9%, 5.8%, and 9.0%, respectively. After three days, the control value for bio-sulfur diluted 1000 times was 73.2% compared with the values for the machine oil (96.4%) and bio-sulfur diluted 500 times (94.6%) treatments. Therefore, we suggest that additional research is needed on the combined application of bio-sulfur and oils to enhance the additive control effect on citrus melanose and *Panonychus citri*.

Key words : Bio-sulfur, Citrus melanose, *Diaporthe citri*, lime sulfur, Mancozeb, *Panonychus citri*

1. 서 론

최근에는 화학 농약 및 비료의 과다사용으로 환경친화적 농업으로의 전환이 중요한 과제로 대두되면서 소비자들도 안전한 친환경농산물에 대한 요구가 점차 커짐에 따라 잔류의 위험성이 없으면서 환경에 대한 피해가 적은 유기농업자재에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Ko, 2008; Park et al., 2014).

제주도의 대표 과일인 감귤에서 가장 심한 피해를 주는 병해는 검은점무늬병(*Diaporthe citri*)으로 무방제구인 경우 피해과율이 95% 이상인 것으로 조사되었으며(Koh et al., 1996), 노지 감귤의 약 8.5%가 검은점무늬병에 감염되어 비상품이 되는데, 이는 다른 병이나 해충에 의한 피해보다 훨씬 많은 수준이며, 주로 발생하는

Received 25 September, 2020; **Revised** 13 October, 2020;
Accepted 14 October, 2020
***Corresponding author**: Hae-Nam Hyun, Major Plant Resoures and Environment, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Phone : +82-64-754-3345
E-mail : hnhyun@jejunu.ac.kr

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
ⓒⓒ 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.

Table 1. Water-soluble chemical components of the bio-sulfur suspension used in this experiment

pH	EC	SO_4	NO_3	K	Ca	Mg	Na	Cl
	$dS \cdot m^{-1}$	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
8.05	42.7	2.29	1.32	0.92	1.16	0.76	6.55	1.42

시기는 6월 하순부터 8월 상중순 경이다(Hyun et al., 2013).

감귤에 가장 중요한 해충인 귤응애(*Panonychus citri* McGregor)는 응애목(Acarina) 전기문아목(Trombidiformes) 잎응애과(Tetranychidae)에 속한 해충으로 세계적으로 오렌지, 레몬, 감귤 등에 큰 피해를 일으키는 주요 해충의 하나로 알려져 있다(McMurtry, 1985). 이 해충은 약충과 성충이 주로 잎을 흡즙하여 조직 내의 세포액이나 엽록소를 흡수하기 때문에 엽록소가 파괴되어 동화작용이 저하되고 심한 경우에는 잎이 백화되면서 조기낙엽을 초래하고, 과실에 피해를 받게 되면 착색이 불량해지거나 퇴색되어 상품가치를 저하시킨다(Jeppson et al., 1975).

귤응애 방제는 대부분 유기합성 농약에 의존하고 있어 귤응애의 약제저항성 증가, 천적의 감소, 환경오염, 생태계 교란 등과 같은 부작용이 발생해 효율적인 방제가 매우 어려운 실정이다(Kim et al., 2003; Kim et al., 2006; Yang, 2011). 농가에서는 연간 3-5회 약제 방제를 실시하고 있으며, 연간 총 농약 비용의 25% 이상을 차지하고 있다(Song et al., 2001).

인천 서구에 위치한 수도권 매립지는 수도권 3개 광역자치단체에서 배출되는 쓰레기를 반입 및 매립하며 이 과정에서 가스가 발생하게 된다. 매립가스에 함유된 황화수소(H_2S)를 제거하기 위해 탈황과정이 수반되는데 이때 다량의 바이오 황(Bio-S, bio-sulfur)이 부산물로 생산된다(Lee, 2018). 기존의 대표적인 유황 제품인 석회유황합제와 황토유황은 pH 12 내외로 다른 자재와 혼합이 어렵지만 바이오황은 입자 2-10 ㎛, pH 8 내외로 비료와의 혼합 등 농업적 이용 가치가 높다(Lee, 2019). 국내에서는 바이오 황을 이용한 연구가 일부 진행되고 있지만 감귤에 대한 연구는 미비한 실정이며(Eom, 2016; Lee, 2018; Ko, 2019; Lee, 2019), 최근 바이오 황을 이용하여 기내에서 감귤 검은점무늬병의 생장을 억제시켰으며(Shin et al., 2019), 기내에서 감귤 더뎅이병의 발아관 생장을 억제시키고 노지 실험에서도 발병을 억제시켰다고 보고하였다(Oh et al., 2020). 친환경 농업인들이 바이오 황을 병해충 방제에 사용하고 있으나 관련 연구는 미비하다.

따라서 본 연구에서는 환경친화적 자재인 바이오 황을 이용하여 감귤의 주요 병해충인 검은점무늬병과 귤응애에 대한 노지에서의 방제 효과를 알아보고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

실험에 사용된 바이오 황(Bio-S, bio-sulfur)은 ㈜에코바이오에서 제공받았으며, pH 8.05이며(Lee, 2019), 끈적끈적한 바이오 황 입자가 침강되는 것을 방지하기 위하여 완전히 저어준 후에 사용하였다(Table 1).

2.2. 시험장소

바이오 황을 이용한 감귤 검은점무늬병과 귤응애의 방제 효과를 시험하기 위하여 감귤 검은점무늬병과 귤응애가 자연발생한 제주특별자치도 서귀포시 남원읍에 위치한 농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤연구소 시험포장에서 실시하였다.

2.3. 노지 감귤 검은점무늬병 발병 억제 효과

바이오 황에 의한 감귤 검은점무늬병 발병 억제 효과를 비교하기 위하여 약제를 살포하지 않은 무처리구(Non-treatment), 일반농가에서 사용하는 살균제 만코제브 수화제(Mnacozeb, 다이센엠45, (주)경농) 500배(물 500배 희석), 친환경농가에서 사용하는 석회유황합제(Sulfur lime; 석회황, 인바이오) 100배, 석회유황합제 100배+기계유 유제 150배와 Bio-S 500배, Bio-S 1,000배를 선정하였다. 약제는 충전식분무기(대성, 20 L)를 이용하여 나무당 10 L 정도 약제를 수관 전체에 골고루 살포하였다. 시험은 완전임의 배치법으로 3회 반복 실시하여 2017년 6월 16일부터 15일 간격으로 8회 살포하였다.

Table 2. Control effect of bio-sulfur on *Diaporthe citri* in open field

Treatment	Disease severity (%) of fruits	Fruits infected (%)
Non-treatment	70.6±6.8a*	89.9±3.9a
Mnacozeb	10.3±0.3d	0.6±0.4d
Bio-S ×500	58.8±5.0b	78.2±9.1ab
Bio-S ×1,000	58.1±6.8b	80.7±8.0ab
Sulfur lime ×100 + Machine oil ×150	32.2±6.4c	33.0±8.2c
Sulfur lime ×100	53.9±3.7b	72.5±10.7b

* Ducan's multiple range test (P<0.05). Means with the same letter are not significantly different

과실 발병도는 1주당 동서남북 방향의 25과씩 100과실을 조사하였고, 병든과율은 실험구 전체 과실을 대상으로 2017년 11월 10일 조사하여 산출하였다.

Degree of disease incidence (%) on fruits

$$= \frac{(1\times A)+(3\times B)+(5\times C)+(7\times D)+(9\times E)}{(\text{No. of total survey} \times 9)} \times 100$$

* A; 발병면적 1% 미만, B; 1～5% 이하, C; 6～25% 이하, D; 26～50%이하, E; 51% 이상

Rate of diseased fruits (%)
= (No. of fruit infected /
No. of total surveyed fruits) × 100

2.4. 귤응애 살비 효과

바이오 황에 의한 귤응애 살비 효과를 비교하기 위하여 약제를 살포하지 않은 무처리구(Non-treatment), 일반농가와 친환경농가에서 주로 사용하는 살비제인 기계유 유제(Machine oil) 100배와 Bio-S(500배, 1,000배)을 선정하였다. 약제는 충전식분무기(대성, 20 L)를 이용하여 엽당 2-3마리 발생한 나무에 주당 5 L을 잎 전체에 골고루 살포하였다. 시험은 완전임의 배치법으로 3회 반복 실시하였고 2017년 10월 15일 약제를 살포하여 3일, 7일 14일, 21일 후 1주당 동서남북 방향의 25잎씩 100잎에 대한 귤응애를 조사한 후 20잎으로 환산하고 생충율과 방제가를 산출하여 방제 전, 후를 비교하였다.

Surviving rate (%)
= (Density of after treatment /
density of before treatment) × 100

Control value (%)
= (Non-treatment plot no. 20 leaves^{-1}
- Treatment plot no. 20 leaves^{-1})
/ Non-treatment plot no. 20 leaves^{-1} × 100

* 공시재료 : 하례조생(5년생, 수관용적 2.5 m^3)

2.5. 결과 및 통계분석

바이오 황에 의한 감귤 검은점무늬병의 발아관 억제 및 이병율 등에 대한 통계분석은 SAS Institute, version 9.0(Statistical Anaysis System)을 이용 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 노지 감귤 검은점무늬병 발병 억제 효과

감귤 과실에 대한 검은점무늬병의 발병 억제 효과를 알아보기 위하여 포장에서 약제를 살포한 결과, 무처리구 과실 발병도 70.6%, 화학농약인 만코제브 수화제 10.3%로 가장 낮았고, 친환경 자제 중에서는 석회유황합제 + 기계유 유제 32.2%로 가장 낮았으며, 석회유황합제, 바이오황 500배, 1,000배는 각각 53.9%, 58.8%, 58.1%로 비슷한 발병도로 조사되어 병든과율 비슷한 결과로 조사되었다(Table 2).

Park et al.(2014)은 유자 검은점무늬병 방제를 위한 유기농업자재의 효과 시험결과 유자 검은점무늬병에 대한 무처리구 이병엽율은 평균 23.0%이었고, 공시자재인 석회보르도액은 6.3%, 유황과 천매암의 혼합제형은 7.0%로 보고하였다. 하지만, 감귤나무에는 구리제에 의한 약해가 발생할 수 있으며 피해증상들로는 잎이나 과실에 검은 점이 생성되며 새순이 괴사하고 오래된 잎이 낙엽화되는 증상이 나타나며(Setsuo, 1991; Schutte et al.,

Fruit

Leaf

Fig. 1. Typical symptoms of citrus melanose on fruit and leaves.

Table 3. Control effects of bio-sulfur on *Panonychus citri*

Treatment	Mite density on day before treatment*	Surviving rate (%)			Control value (%)		
		3 dat**	7 dat	14 dat	3 dat	7 dat	14 dat
Non-treatment	56	197.6±3.0b***	166.4±2.0b	289.3±4.0c	-	-	-
Machine oil×100	46	2.9±1.3a	12.2±2.6a	12.5±3.8a	96.4	93.7	94.4
Bio-S×500	36	5.8±2.4a	16.4±4.3a	23.2±4.6a	94.6	89.9	92.9
Bio-S×1,000	52	9.0±3.0a	17.0±4.0a	117.1±2.0b	73.2	65.8	59.5

* Mite density on day before treatment : no. 20 leaves^{-1}
** dat: days after treatment
*** Ducan's multiple range test ($P<0.05$). Means with the same letter are not significantly different

1997), 구리제와 함께 살포되는 석회에 의해서 증산이 촉진되고 잎이 빨리 경화되며 잎 성장이 저해되고 광합성이 감소된다(Horsfall and Harrison, 1939). 특히, 자가 제조된 보르도액에서 약해가 많이 발생하였고 새순이 어릴수록 구리피해 정도가 심하였고 구리제에 기계유 유제를 혼용하여 살포할 경우 구리피해가 감소되었다고 보고하였다(Huyn et al., 2005). 따라서 약해와 약효 등에서 문제가 없는 다른 친환경자재 발굴이 필요하다.

Yi et al.(2014)은 인공강우 조건에서 만코제브 성분의 고착성 증진 효과를 알아보기 위해 실험한 결과 살포 직후는 만코제브 단독 처리구에서 가장 많은 부착량을 보였고 강우 처리 10시간 후에는 만코제브 + 파라핀유 0.1% 혼용처리구에서 과실 표면에 부착된 만코제브 함량이 7.43 μg/cm^{2}로 가장 많았다고 보고하였으며, 만코제브 등의 농약에 오일이나 라텍스 등의 보조제를 혼용하여 살포하면 내우성이 훨씬 증가한다고 보고되었다(Bruhn et al., 1982; van Bruggen et al., 1986; Kudsk et al., 1991; Fife and Nokes, 2002). 본 실험에서도 석회유황합제와 기계유 유제를 혼합하여 살포한 시험구에서 기계유 유제에 의해 내우성이 증가된 것으로 생각된다.

3.2. 귤응애 살비 효과

귤응애에 대한 바이오 황의 살비 효과를 시험한 결과, 약제 처리 3일 후 무처리구 생충율은 197.6%이며, 기계유 유제 2.9%, 바이오 황 500배 5.8%, 바이오 황 1,000배 9.0%로 효과가 비슷하였다. 방제가는 약제 처리 3일 후 바이오 황 1,000배는 73.2%로 가장 낮았고, 기계유 유제와 바이오 황 500배는 각각 96.4%, 94.6%로 높은 방제율로 조사되었다(Table 3). Yang(1997)은 4년 동안 유황을 살포하여 귤응애를 방제할 수 있으며 부가적으로

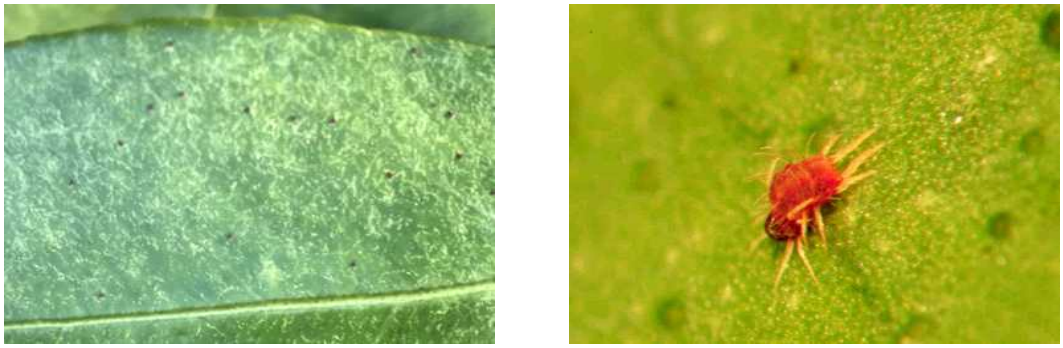

Fig. 2. Photo of *Panonychus citri*.

유황을 살포하여 과일의 색깔을 높이는데 효과가 있다고 보고하였다. Wang et al.(1996)은 유제의 독성이 성충에 작용할 때 수화제보다 18배 더 효과가 있다고 보고하였다. 따라서, 감귤 검은점무늬병과 귤응애의 동시방제와 효과를 높이기 위한 바이오 황과 오일류의 혼합 살포에 대한 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 환경친화적 자재인 바이오 황을 이용하여 노지 감귤의 주요 병해충인 검은점무늬병과 귤응애에 대한 효과를 알아보고자 수행되었다. 과실에 대한 무처리구 발병도 70.6%로 가장 높았고, 화학농약인 만코제브 수화제 10.3%로 가장 낮았으며, 친환경 자제 중에서는 석회유황합제 + 기계유 유제 32.2%로 가장 낮았다. 석회유황합제, 바이오황 500배, 1,000배는 각각 53.9%, 58.8%, 58.1%로 비슷한 발병도로 조사되었으며, 병든 과율 역시 비슷한 결과로 조사되어 석회유황합제와 병행하여 사용 가능할 것으로 생각된다. 감귤 귤응애에 대한 바이오 황의 살비 효과를 시험한 결과, 약제 처리 3일 후 무처리구 생충율은 197.6%이며, 기계유 유제 2.9%, 바이오 황 500배 5.8%, 바이오 황 1,000배 9.0%로 효과가 비슷하였다. 방제가는 약제 처리 3일 후 바이오 황 1,000배는 73.2%로 가장 낮았으며, 기계유 유제와 바이오 황 500배는 각각 96.4%, 94.6%로 높은 방제율을 보였다. 따라서, 감귤 검은점무늬병과 귤응애의 동시방제와 효과를 높이기 위한 바이오 황과 오일류의 혼합 살포에 대한 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호 117015-02)의 지원으로 이루어졌습니다.

REFERENCE

Bruhn, J. A., Fry, W. E., 1982, A Mathematical model of the spatial and temporal dynamics of chlorothalonil residues on potato foliage, Phytopathology, 72, 1306-1312.

Eom, W. H., 2016, A Study on performance of sulfur concrete using bio sulfur, M.S. Thesis, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea.

Fife, J. P., Nokes, S. E., 2002, Evaluation of the effect of rainfall intensity and duration on the persistence of chlorothalonil on processing tomato foliage, Crop Prot., 21, 733-740.

Horsfall, J. G., Harrison, A. L., 1939, Effects of bordeaux mixture and its various elements on transpiration, J. Agr. Res., 58, 423-443.

Hyun, J. W., Ko, S. W., Kim, D. H., Han, S. G., Kim, K. S., Kwon, H. M., Lim, H. C., 2005, Effective usage of copper fungicides for environment-friendly control of citrus diseases, Kor. Res. Plant Dis., 11, 115-121.

Hyun, J. W., Yi, P. H., Hwang, R. Y., Moon, K. H., 2013, Aspect of incidence of the major citrus diseases recently, Kor. Res. Plant Dis., 19, 1-6.

Jeppson, L. R., Baker, E. W., Keifer, H. H., 1975, Mite injurious to economical plants, University of California press, Berkeley, CA, p. 614.

Kim, D. H., Kim, K. S., Hyun, J. W., Lim, H. C., 2003, Release level of *Amblyseius fallacies* Garman (Acarina:

Phytoseiidae) for biological control of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) on citrus, Korean J. Appl. Entomol., 42, 233-240.

Kim, D. H., Kim, S. S., Kim, K. S., Hyun, J. W., 2006, Characteristics of predation of *Neoseiulus fallacies* (Acarina: Phytoseiidae) on *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae), Korean J. Appl. Entomol., 45, 145-152.

Ko, E. J., 2019, Disease suppression by pre-treatment with bio-sulfur on cucumber leaves inoculated with *Colletotrichum orbiculare*, M.S. Thesis, Jeju National University, Jeju, Korea.

Ko, S. B., 2008, An Analysis of consumer's consumption behavior of environmental friendly mandarin and attributes of mandarin in Korea, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 16, 189-204.

Koh, Y. J., Song, J. H., Kwon, H. M., Moon, D. Y., Moon, D. K., Han., H. R., 1996, Current status of the occurrence of mandarins in Korea, Kor. j. plant pathol., 12, 466-470.

Kudsk, P., Mathiassen, S. K., Kirknel, E., 1991, Influence of formulations and adjuvants on the rainfastness of maneb and mancozeb on pea and potato, Pest. Sci., 33, 57-71.

Lee, J. G., 2018, Development of soil remedial amendment using the bio-sulfur, M.S. Thesis, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.

Lee, K. H., 2019, Effect of foliar fertilization of bio-sulfur suspension that was mixed with calcium chloride on pepper growth and quality, M.S. Thesis, Jeju National University, Jeju, Korea.

McMurtry, J. A., 1985, Citrus. In W. Helle & W. Sabelis (eds.) Spider mites: Their biology, natural enemies and control, vol. 1B, Elsevier, Amsterdam, 339-347.

Oh, M. H., Hyun, J. W., Park, W. P., Hyun, H. N., 2020, Suppressive effects of bio-sulfur on citrus scab, Kor. J. Organic Agri., 28, 223-233.

Park, J. S., Cho, W. J., Kim, W. S., 2014, Selection and control effect of environmental friendly organic materials for controlling the main disease of Yuzu(*Citrus junos* Sieb), Kor. J. Organic Agri., 22, 115-127.

Schutte, G. C., Beeton, K. V., Kotzé, J. M., 1997, Rind stippling on valencia oranges by copper fungicides used for control of citrus black spot in South Africa, Plant Dis., 81, 851-854.

Setsuo, S., 1991, Studies on the epidemiology of citrus canker and its chemical control, Ph. D. thesis, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

Shin, Y. H., Ko, E. J., Kim, S. J., Hyun, H. N., Jeun, Y. C., 2019, Suppression of melanose caused by *Diaporthe citri* on citrus leaves pretreated with bio-sulfur, Plant Pathol. J., 35, 417-424.

Song, J. H., Lee, C. H., Kang, S. H., Kim, D. H., Kang, S. Y., Riu, K. Z., 2001, Dispersion indices and sequential sampling plan for the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on satsuma mandarin on Jeju island. Korean J. Appl. Entomol., 40, 105-109.

van Bruggen, A. H. C., Osmeloski, J. F., Jacobson, J. S., 1986, Effects of simulated acidic rain on wash-off of fungicides and control of late blight on potato leaves, Phytopathology, 76, 800-804.

Wang, Q. A., Xu, H., Wang, Q. A., Xu, H., 1996, A Comparison of effect on citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor, between two formulations of pyridaben, Acta Agriculturae Zhejiangensis, 8, 294-297.

Yang, J. Y., 2011, Life table parameters of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on citrus leaves and a matrix model for the population projection, M.S. Thesis, Jeju National University, Jeju, Korea.

Yang, Y. Z., 1997, Sulphur colloid suspension an effective insecticide for control of citrus red spider mite, South China Fruits, 26, 26.

Yi, P. H., Hyun, J. W., Hwang, R. Y., Kim, K. S., 2014, Improvement of control efficacy of mancozeb wettable powder against citrus melanose by mixing with paraffin oil, Res. Plant Dis., 20, 196-200.

• Researcher. Myung-Hyup Oh
Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research and Extension Services
myunghyup@daum.net
• Postdoctoral researcher. Won-Pyo Park
Major Plant Resoures and Environment, Jeju National University
oneticket@daum.net
• Professor. Hae-Nam Hyun
Major Plant Resoures and Environment, Jeju National University
hnhyun@jejunu.ac.kr