

벼 깨씨무늬병 발병정도에 따른 논토양, 벼알 및 볏짚에서의 무기성분 비교

예완해* · 박양호¹ · 김이열¹ · 탁정순² · 남영주 · 심홍식² · 김용기³ · 연병렬⁴

국립농업과학원 유해생물과, ¹국립농업과학원 토양비료관리과
²국립농업과학원 농업미생물과, ³국립농업과학원 유기농업과, ⁴국립원예특작과학원 인삼과

Comparisons of Inorganic Amounts in Paddy Field Soil, Rice Straw and Grain with Severity of Brown Spot Caused by *Cochliobolus miyabeanus*

Wan-Hae Yeh*, Yang-Ho Park¹, Lee-Yul Kim¹, Jung-Soon Taik², Young-Ju Nam, Hong-Sik Shim²,
Yong-Ki Kim³ and Byeong-Yeol Yeon⁴

Microbial Safety Division, National Academy of Agricultural Science (NAAS),
Rural Development Administration(RDA), Suwon 441-707, Korea

¹Soil and Fertilizer Management Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Agricultural Microbiology Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

³Organic Agriculture Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

⁴Ginseng Division, National Academy of Horticulture and Herbal Science, RDA, Eumseong, Chungbuk 369-873, Korea

(Received on March 5, 2009)

In order to study a relationship between soil nutrients and rice brown spot occurrence, paddy field soils, rice grains and straws collected from different paddy fields with different disease degrees of brown spots were analyzed for inorganic nutrients. Brown spot was prevalent in the rice grown in nutrient-deficient soils, which is especially low in macronutrient elements (phosphoric acid, potassium, silicic acids) and micronutrients (calcium, magnesium). The soil, however, was high in sodium while organic nutrients and pH level were similar to others. The rice straws with severe brown spot were low in inorganics such as ferrous, copper, T-N, and P₂O₅, while the rice grains with brown spot were low in ferrous, MgO, Zn, and Mn. In the analysis of field type and nitrogen level, the highest disease severity was found in sandy-type field soil, followed by salty-type field soil and disease severity decreased as application level of nitrogen fertilizer increased. As a summary, the most important factor for effective brown spot control in rice is maintenance of proper nutrients in sandy-type field and control of sodium level in salty-type field soil.

Keywords : *Cochliobolus miyabeanus*, Rice, Inorganic Nutrient, Paddy Field, Soil

벼 깨씨무늬병은 Breda de Haan(1900)이 최초로 보고한 이래 세계 벼 재배지역에서 가장 큰 피해를 주는 병 중의 하나이다. 특히 1942년에는 벤갈지방에 깨씨무늬병이 대발생하여 40~90%의 수량감수를 가져와 벤갈지방의 대기근을 초래하였으며, 벼 생산에 가장 큰 장애요인이 되는 병 중의 하나이다. 명 등(2006)에 의하면 2005년도 우리나라 전국 평균발병필지율은 25.7%이었으며 충남에서는 평균발병필지율이 60%를 초과하였다고 한다.

깨씨무늬병이 일찍 발생하면 이삭수, 총영양수가 감소하여 수량저하의 직접적인 원인이 되며, 출수 후는 등숙 비율을 저하시키고, 정현미중의 감소 이외에 현미의 광택이 나빠지고 청미나, 갈변미가 많아져 쌀 품질이 저하되는 가장 큰 원인이 되고 있다(渡邊 등, 1986).

깨씨무늬병은 이미 보고된 바와 같이 건강한 식물체에 비하여 영양의 불균형 및 결핍에서 야기되는 비정상적인 생리현상으로 인하여 쉽게 감염되는 병으로 알려져 있다. 양분이 유실되기 쉬운 모래땅의 논, 토양이 환원되어 황화수소의 발생이 심한 논, 낮은 CEC(Cation-exchange capacity) 값을 가진 토양의 논, 질소, 가리, 철, 마그네슘, 망간 등 무기성분이 용탈한 노후답, 양분 보지력이 적고

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0449, Fax) +82-31-290-0407

E-mail) why0626@rda.go.kr

작도가 얇은 척박한 토양 등에서 많이 발생한다(Baba 등, 1965; Tanaka 등, 1970).

최근 우리나라에서는 조기이앙, 기계이앙에 의한 식부 본수의 증가, 생산비 절감을 위한 생력재배, 사회적인 요구에 의한 저투입 환경 친화적인 재배에 의한 비질, 고품질미 선호 분위기 등에 의한 감수성품종 재배와 감비, 지역특화 지정 단일품종의 연속적인 대면적 재배로 인하여 깨씨무늬병 발생이 증대될 수 있는 가장 호적한 환경이 조성되고 있다. 그러므로 깨씨무늬병을 효율적이고, 합리적으로 방제하기 위해서는 병발생에 미치는 기주의 저항성 및 병원균의 발생생태와 발병환경을 이해하는 것이 선행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 기주 즉 벼식물체의 무기성분의 함량과 병발생과는 어떠한 영향이 있는지를 구명하기 위하여 병발생이 심한 포장과 주변의 경미한 포장을 선정하여 벼 식물체와 토양을 채취하였다. 그리고 벼식물체는 벼와 벼짚으로 구분하였다. 병발생이 심한 포장과 경미한 포장에서의 벼와 벼짚 그리고 토양에서 무기성분의 함량이 얼마나 차이가 있는지를 비교분석하여 얻어진 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

발병조사 및 시료채취. 벼 깨씨무늬병의 발생 정도와 토체의 무기성분 그리고 벼가 자라는 논토양의 무기성분 함량과 어떠한 관계가 있는지 조사하기 위하여 충북청원 등 5개 지역의 깨씨무늬병 발생이 심한 포장(7.5-40.0% 병반면적율)을 선정하고 다시 발병정도에 따라 High, Middle 그리고 Low로 구분하여 20주씩 병반면적율을 조사하고 토양과 식물체를 시료로 채취하였으며, 대조로서 병이 극히 적은 같은 지역의 인근포장(0.2-2.0% 병반면적율)의 식

물체도 20주씩 병반면적율을 조사하고 전향과 같은 방법으로 시료를 채취하였다(Table 1). 병든 식물체들은 벼짚과 벼알로 구분하였으며, 병든 식물체의 근권토양은 채취하여 그늘에서 풍건하였다.

토양시료분석. 토양은 국립농업과학원 토양화학분석법(조 등, 2000)에 준하여 pH, EC, 유기물, 유효인산과 유효규산 및 치환성양이온을 분석하였다.

토양 pH와 EC는 시료 대 증류수를 1:5비율로 혼합하여 분석하였고, 토양유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였으며, 유효규산은 1N-NaOAc(pH4.0) 침출법으로 치환성양이온은 1N-NH₄OAc로 침출하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Labtam 8440)로 측정하였다.

식물체시료 분석. 식물체시료는 벼짚과 벼알로 구분하여 각각 건조한 후 시료분쇄기에서 40 mesh로 분쇄한 후 시료 0.5 g에 conc. H₂SO₄ 1 ml와 50%의 HClO₄ 10 ml를 가하여 분해한 후 여과하여 분석하였다. 전 질소함량은 Indophenol-blue법(조 등, 2000), 인산은 Vanadate법(조 등, 2000)으로 측정하였으며 K₂O, CaO, MgO과 미량성분은 ICP(Inductively Coupled Plasma)로 측정하였고 SiO₂는 분해잔사물을 600°C의 전기로에서 6시간 동안 태워 중량법으로 조규산함량을 정량하였다.

논유형 및 질소시비량별 발생정도 조사. 국립농업과학원 토양비료관리과에서 논유형 및 질소시비량별 벼 수량과 미질에 미치는 영향 시험구에서 벼 깨씨무늬병을 조사하였는데, 논유형을 보통답, 미숙답, 사질답, 습답, 염해답으로 하였으며, 질소시비량은 무질소, 토양검정 0.5배량, 토양검정량, 토양검정 1.5배량 그리고 대조로서 표준시비와 농가관행으로 처리하였다. 벼 깨씨무늬병은 구당 20주씩 병반면적율을 조사하여 평균치를 구하였다.

Table 1. Sampling regions and sample information

Region	Field location	Soil texture	Cultivar	Growth status ^a	Average of diseased leaf area (%)	No. of samples
Cheongweon	Valley	Sandy loam	Dongjinbyeo	-	20.0	3
Cheongweon	Valley	Sandy loam	Dongjinbyeo	+	0.2	1
Gunsan	Valley	Sandy loam	Nampyeonbyeo	-	16.7	3
Gunsan	Valley	Sandy loam	Nampyeonbyeo	+	0.5	1
Boryeong	Plain	Sand	Daejinbyeo	-	40.0	3
Boryeong	Plain	Sandy loam	Daejinbyeo	+	1.0	1
Tae'an	Semi-Plain	Sand, Sandy loam	Daesanbyeo	-	7.5	3
Tae'an	Semi-Plain	Sand, Sandy loam	Daesanbyeo	++	0.2	1
Hwaseong	Plain	Sandy loam	Daeanbyeo	-	15.8	3
Hwaseong	Plain	Sandy loam	Daeanbyeo	++	2.0	1

^aNote: -, poor; +, moderate; ++, good.

결과 및 고찰

병이 다발생한 포장(발병주율 4.4~37.0%)과 경미한 포장(0.8%)의 토양을 분석한 결과 병이 다발생한 포장에서 유효인산, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘, 유효규산의 함량이 현저히 낮은 경향이였다(Table 2). 더욱이 유효인산의 함량은 다발생한 포장이 경미한 포장의 58%에 불과하며, EC값은 78%, 유효규산은 79%, 치환성칼륨은 81%, 칼슘과 마그네슘은 87% 수준이었다. 그러나 나트륨의 함량은 1.2배로 높았으며, pH 값이나 유기물 함량은 거의 유사한 수준이었다.

이 결과는 타 연구자들의 보고(赤井 등, 1962), 大畑(1974)와 유사한 결과로 칼리를 많이 사용한 벼의 기동세포내로의 균의 침입은 적고 균사는 가늘고 발육도 불량하다고 하였으며, 칼슘, 마그네슘 등의 무기성분의 결핍은 발병을 조장하는 것으로 보고하였다. 규산은 병원균

의 침입을 억제하고, 출수기 벼 성엽에 대한 저항성을 증대시키고 생리작용에 좋은 영향을 주는 것으로 알려졌다(赤井, 1953; 淺田, 1954).

식물체 중에서 벚짚의 무기성분을 분석한 결과 깨씨무늬병이 많이 발생한 포장의 벚짚은 적은 포장의 벚짚에 비하여 Fe, Cu, T-N, P₂O₅의 함량이 현저히 낮은 경향이였으며(Table 3), 병이 많이 발생한 포장의 벚짚은 경미한 포장의 벚짚에 비하여 Fe함량은 24%, Cu는 63%, T-N는 72%, P₂O₅은 80% 수준에 불과하였다. 이 결과는 堀野 등(1966)이 병원균이 기동세포에 침입할 때 세포의 과립상 변성이 주요하다고 하였는데, T-N, K₂O 과잉구에서는 과립상 변성이 현저하게 높고, T-N, K₂O 결핍구에서는 적다는 점에서 세포의 저항성, 감수성과 일치하는 결과를 얻었다. 이 결과는 질소를 많이 사용한 경우 잎의 병반은 확대되지 않고 갈점으로 그쳐 대형병반은 적다고 한 黑崎(1957), 大畑 등(1972), 島田(1956)의 보고와

Table 2. Influence of pH, exchangeable cation, organic matters, and inorganic nutrients on the soils with rice brown spot

Diseased leaf area (%)	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (mg kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation (cmol _c kg ⁻¹)				Av. SiO ₂ (mg kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg	Na	
High (37.0)	6.0	0.81	28	55	0.21	4.0	1.3	0.43	54
Middle (15.0)	6.0	0.62	26	65	0.19	4.0	1.2	0.32	42
Low (4.4)	5.9	0.63	25	65	0.20	4.3	1.2	0.30	58
Very low (0.8)	6.1	1.04	25	94	0.26	4.6	1.5	0.36	68

^a Values are average of 5 replications

Table 3. Influence of inorganic nutrients on rice straws with brown spot

Diseased leaf area (%)	%						mg kg ⁻¹					
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	Fe	Mn	Cu	Zn	
High (37.0)	0.55	0.33	0.42	0.09	0.17	0.04	5.6	162	57	2.12	38	
Middle (15.0)	0.49	0.32	0.39	0.08	0.16	0.04	5.3	197	58	1.13	37	
Low (4.4)	0.57	0.33	0.40	0.08	0.16	0.03	6.1	287	61	1.67	36	
Very low (0.8)	0.76	0.41	0.42	0.08	0.16	0.03	6.0	662	57	3.36	40	

^a Values are average of 5 replications.

Table 4. Influence of inorganic nutrients on rice grains with brown spot

Diseased leaf area (%)	%						mg kg ⁻¹					
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	Fe	Mn	Cu	Zn	
High (37.0)	0.84	0.60	3.93	0.62	0.22	0.27	2.5	157	575	2.56	40	
Middle (15.0)	0.79	0.57	1.97	0.59	0.20	0.19	2.3	166	611	4.06	42	
Low (4.4)	0.84	0.53	2.21	0.57	0.22	0.15	2.6	181	809	2.35	48	
Very low (0.8)	0.84	0.53	2.51	0.61	0.30	0.18	2.1	227	675	1.67	47	

^a Values are average of 5 replications.

일치하는 경향이였다. 무질소처리구에서의 엽신에서 전 질소, 단백태질소 및 비단백태질소의 함량이 낮았다(大畑 등, 1972). 식물체중에서 벼알의 무기성분을 분석한 결과 병이 다발생한 포장의 벼알은 적은 포장의 벼알에 비하여 MgO, Fe, Mn, Zn의 함량이 낮은 것으로 나타났다(Table 4). 많이 발생한 포장의 벼알은 경미한 포장에 비하여 Fe은 69%, MgO은 73%, Zn은 85%, Mn은 85%로 벼짚에서 보다는 차이가 적은 경향을 보였다. 특히 Fe은 다른 무기성분에 비하여 병발생이 적은 식물체에서 현저히 많음을 알 수 있었다. 그러나 K₂O, Cu, Na₂O는 다발생한 벼알이 경미하게 발생한 벼알에 비하여 1.5배 이상 많았으며, SiO₂은 1.2배 P₂O₅은 1.1배 정도 많았으며 T-N와 CaO는 거의 유사한 수준이었다.

논유형 및 질소시비량별 발병정도를 조사한 결과 논유형에 따라 병발생에 큰 차이가 있었는데 사질답에서 평균병반면적율이 0.57%로 병발생이 가장 많았으며, 다음으로는 염해답이 0.31%이었으며 보통답과 배수불량답은 0.16%와 0.13%이었으며, 미숙답은 0.04%로 병발생이 가장 적었다(Table 5). 이 결과는 横木(1946)이 적토를 개토하면 무개토에 비해 발병은 반감하고, 같은 량의 사토를 개토하였을 때는 병발생이 40% 증가하였다는 사실과 거의 일치하고 있다.

질소시비량별 병발생을 보면, 질소시비량이 적을 수록 병발생이 많아 무질소구가 병반면적율 0.43%로 가장 병발생이 많았으며 다음으로는 토양검정량의 0.5배, 토양검정량의 1.0배, 표준시비량처리가 각각 0.32%, 0.30%, 0.20%로 병 발생이 많았으며, 질소시비량이 가장 많은 토양검정량 1.5배량과 농가관행구에서는 무질소구에 비하여 병발생이 유의한 수준으로 가장 적었다. 大畑 등(1972)은 질소의 무시용, 기비로서의 질소의 과다사용에 의한 생육후기의 비절, 출수 후 일수의 경과, 엽신의 노령화

등은 모두 단백질 합성을 억제하거나, 단백질 분해를 촉진함으로써 이러한 조건하에서는 언제나 병반의 확대는 촉진된다고 보고하였는데 본 시험에서 질소시비량이 적을 수록 병 발생정도가 높았던 사실과 잘 일치하는 것으로 볼 수 있었다.

요 약

벼 깨씨무늬병 발병정도가 토양의 무기성분과 어떠한 관계가 있는지를 구명하기 위하여 깨씨무늬병 발생이 많은 포장과 적은 포장의 식물체와 토양의 무기성분을 분석하였다. 깨씨무늬병이 많이 발생한 포장 토양은 적게 발생한 포장의 토양에 비하여 유효인산, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘, 유효규산의 함량이 현저히 낮았다. 그러나 나트륨의 함량은 높았으며, pH 값이나 유기물함량은 거의 유사한 수준이었다. 병발생이 많은 포장의 벼짚은 적은 포장의 벼짚에 비하여 Fe, Cu, T-N 및 P₂O₅의 함량이 낮았다. 병 발생이 많은 포장의 벼알은 경미한 포장의 벼알에 비하여 Fe, MgO, Zn 및 Mn의 함량이 적었다. 논유형별 발병정도는 사질답, 염해답 순으로 발병이 많았으며, 미숙답이 가장 발병이 적었으며, 보통답과 배수불량답은 중간수준이었다. 질소시비수준별 발병정도는 무질소구가 가장 발병이 심하였고, 토양검정량 1.5배량과 농가관행구에서는 병발생이 유의한 수준으로 적었으며, 토양검정량의 0.5배, 토양검정량의 1.0배, 표준시비량처리가 중간수준으로 병이 발생하였다. 이상의 결과를 종합적으로 고찰하면 사질답등 작토층이 얇고 척박한 토양에서는 질소, 인산, 가리, 철 등 무기성분이 부족되지 않도록 균형시비하고 간척지답 등에서는 염분의 농도가 증가되지 않도록 관리하는 것이 깨씨무늬병을 가장 효율적으로 방제할 수 있는 방안이라 사료되었다.

Table 5. Disease incidence of brown spot in different rice paddy fields by application level of nitrogen and field type

Application level of Nitrogen	Percentage of diseased leaf area in					Mean
	IPF ^a	IDPF	NPF	SALPF	SANPF	
Nitrogen free	0.07 ^b	0.23	0.23	0.41	1.23	0.43 a
Soil testing × 0.5	0.07	0.18	0.11	0.47	0.79	0.32 ab
Soil testing × 1.0	0.01	0.18	0.20	0.40	0.72	0.30 ab
Soil testing × 1.5	0.01	0.01	0.11	0.24	0.19	0.11 b
Standard amount of fertilizer	0.07	0.07	0.20	0.24	0.44	0.20 ab
Formhold conventional fertilization	0	0.11	0.10	0.11	0.07	0.08 b
Mean	0.04(C)	0.13(BC)	0.16(BC)	0.31(B)	0.57(A)	

^a IPF : immature paddy field, IDPF : ill-drained paddy field, NPF : normal paddy field, SALPF : salt paddy field, SANPF : sandy paddy field.

^b The mean values are average of three fields. The values followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$) by DMRT.

참고문헌

- Baba, L. 1965. Physiological injury. in : *Theory and Practice of Growing Rice* (Eds. Matsubayashi, M., Ito, R, Nomoto, T., Takase, T., Yamada, N.), Fuji Publishing Co. Ltd., Tokyo. pp. 149-158.
- Breda de Haan, J. 1900. Vorläufige Beschreibung von Pilzen, bei tropischen Kulturpflanzen beobachtet. *Bulletin de l'Institut Botanique de Buitenzorg* 6: 11-13.
- 조인상, 박무언, 김이열, 송관철, 연병열, 정석재, 김유학, 홍석영. 2000. 토양 및 식물체 분석법, 농촌진흥청, 농업과학기술원, 202 pp.
- Dhingra, O. D. and Sinclair, J. B. 1985. Basic plant pathology methods. 354 pp.
- Din, C., Mehdi, S. M., Sarraz, M., Hassan, G and Sadiq, M. 2001. Comparative efficiency of foliar and soil application of K on salt tolerance in rice. *Pakistan J. of Biological Sci.* 4: 815-817.
- 명인식, 홍성기, 이영기, 최효원, 심홍식, 박진우, 박경석, 이상엽, 이승돈, 이수현, 최홍수, 김용기, 신동범, 나동수, 예완해, 한성숙, 조원대. 2005년 주요농작물 병해발생 개황. *식물병연구* 12: 153-157.
- Percich, J. A., Nyvall, R. F., Malvick, D. K. and Kohls, C. L. 1997. Interaction of temperature and moisture on infection of wild rice by *Bipolaris oryzae* in the growth chamber. *Plant Dis.* 81: 1193-1195.
- Prabhu, A. S. and Santos, A. B. 1988. Disease management. *IRRN* 13: 19-20.
- Tanaka, A. and Yoshida, S. 1970. Nutritional disorders of rice plant in Asia. *Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull.*, No.10.
- 赤井 重恭. 1953. 稻胡麻葉故病に關する研究 VII 水滔に對する 硅酸施用と胡麻葉故病竝に稻熱病との關係について. *日植病報* 17: 109-112.
- 赤井 重恭・篩山 慈孝・堀野 修. 1962. 加里施用とイネ胡麻葉故病の發生. *關西病蟲研會報* 4: 51.
- 淺田 泰次・赤井 重恭. 1954. 稻胡麻葉故病發生に對する硅酸鹽 施用の效果. *日植病報* 18: 109-112.
- 堀野 修・赤井 重恭. 1966. 窒素およびカリ施用がイネこま葉故 病菌の寄主侵入に及ぼす影響. *日植病報* 32: 10-13.
- 黑崎 郎男. 1957. イネゴマハガレ病における病班の大きさの分 布と抵抗性. *日植病報* 22: 251-256.
- 大畑 貫一. 1974. こま葉故病菌によるイネ穂枯れの發生生態と 防除. *植物防疫* 28: 262-265.
- 大畑 貫一・久千冬・木谷 清美. 1972. こま葉故病に對するイネ の感受性の變動とイネの生理との關係. *四國農試報告* 25: 1- 19.
- 島田 尙光. 1956. 稻ゴマハガレ病に於ける窒素肥料と發病及び 被害との關係. *北陵病害蟲研會報* 34: 5-7.
- 渡邊 信夫・平田 元彦・石田 一男. 1986. イネこま葉枯病が收 量におよぼす影. *北陵病害蟲研會報* 34: 5-7.
- 安 正純・柿崎 正・深津 量榮・島田 常光. 1962. 稻胡麻葉故病 に關する研究. 指定試驗(病害蟲)11-229.
- 橫木 國臣. 1946. 客土と 胡麻葉枯病の防除. *農業及園藝*. 21: 1- 11.
- 예완해, 이훈섭, 김용기, 심홍식, 지형진, 남기웅. 2004. 벼 깨씨 무늬병균의 월동과 발병조건에 관한 연구. *식물병연구* 10: 112-116.