

사료용 옥수수수의 검은줄오갈병 전국 발생 실태

최기준 · 임영철 · 김기용 · 성병렬 · 김맹중 · 김원호 · 지희정 · 이종경 · 전병수 · 정민웅 · 이상훈 · 서 성

Actual Outbreak Status of Rice Black-streaked Dwarf Virus Disease in Forage Corn of Korea

Gi Jun Choi, Young Chul Lim, Ki-Yong Kim, Byung Ryul Seong, Meing Jooung Kim, Won Ho Kim, Hee Chung Ji, Joung Kyong Lee, Byoung Soo Jeon, Min Woong Jung, Sang-Hoon Lee and Sung Seo

ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the actual outbreak status of rice black-streaked dwarf virus (RBSDV) disease in forage corn for securing the basic data to control of the disease all over the country from 2006 to 2007. Outbreak of the disease showed a wide difference according to regions and was severe in Icheon, Gochang, Kimje, Youngkwang, Kimchun, Youngju, Cheonan, and Boroung provinces in Korea. Outbreak rate of the disease was effected by planting time of forage corn. Disease rate was lower in corns planted from Apr. 26 to May 15 than in those of planted from April 10 to 25 or after May 31. The corn fields planted from April 26 to May 15 showed lower disease rate than that of planted from April 10 to 25 or after May 31. Also the outbreak rate of the disease was some difference according to corn varieties but was not genuinely resistant varieties to RBSDV. Dry matter yield of forage corn was significantly decreased depending on disease rate, and was highly negative correlation to disease rate. The forage corn infected with RBSDV was lower 3.2%, 3.6% and 12% in IVDMD, TDN, and RFV, and higher 3.7% and 4.5% in NDF and ADF than those of the healthy plant, respectively.

(Key words : Forage corn, Rice black-streaked dwarf virus, Outbreak status)

I. 서 론

사료용 옥수수는 알곡과 경엽을 함께 이용하므로 농후사료와 조사료의 이점을 모두 갖고 있으며, 단위면적당 생산성도 우수하다. 또한 사료가치가 높고 초식가축의 기호성이 우수하여 우리나라 여름철 조사료 생산에 있어 매우 중요한 사료작물이다(이 등, 1992). 사료용 옥수수는 지온이 10℃ 이상이 되는 시기인 4월에

과중하여 8월에 수확 후 사일리지를 조제하여 저장 조사료로 이용하기 때문에 비교적 병충해의 피해를 받기 쉬운 시기에 재배가 되고 있는 실정이다. 옥수수수의 검은줄오갈병은 벼 애멸구가 매개하는 바이러스병으로서 한번 이 병에 걸리면 치료가 불가능하다. 따라서 애멸구의 발생 밀도가 낮은 시기에 유묘기를 경과할 수 있도록 과중시기를 조절하는 등 발병을 회피하는 것이 좋은 방제방법이 될 수 있다(이와 이,

축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 330-801, Korea)

Corresponding author : Ph. D. Gi Jun Choi, National Institute of Animal Science, Cheonan 330-801, Korea.

Tel: +82-41-580-6752, Fax: +82-41-580-6779, E-mail:choigj@rda.go.kr

1987a). 최근에 대표적인 옥수수 검은줄오갈병 발생피해 사례는 2005년도 전라북도 고창군 대산면 낙우회(42개 농가)에서 재배한 사료용 옥수수 50만평에 발생된 것으로서 옥수수의 수량이 40~50% 감소되었으며, 최근 전국적으로 발생이 더욱 심해지는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 옥수수 검은줄오갈병의 발생은 기후 온난화에 따른 기상 변화가 애벌구의 발생시기, 파종에서 출현까지의 소요기간 및 품종 특성 등에 영향을 미치는 것으로 본다. 따라서 최근 우리나라 조사료 생산을 위한 사료용 옥수수 포장에 발병이 심해지고 있는 옥수수 검은줄오갈병에 대한 농가포장에서의 발병상태 및 피해상황을 조사 분석하여 옥수수 검은줄오갈병의 방제기술 개발에 필요한 기초 자료를 확보하고자 본 시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

옥수수 검은줄오갈병 발병실태 조사는 제주도를 제외한 전국(경기, 강원, 전남북, 충남북, 경남북)을 대상으로 하였으며 도별로는 사료용 옥수수를 가장 많이 재배하는 2개 대표지역을 중심으로 2006년부터 2007년까지 2년간 실시하였다. 조사는 옥수수의 생육이 왕성한 시기인 7월 상순에서 8월 상순 사이에 옥수수의 생육과 검은줄오갈병 발생률을 1차 조사하고, 2차 조사는 사료용 옥수수 수확시기에 발병이 심한 농가의 포장에서 발병률을 조사하였다. 그리고 동시에 동일한 포장에서 정상적으로 생육한 구역과 발병한 구역의 수량을 발병률별로 조사하였다. 발병률은 옥수수 포장에서 일렬로 심어져 있는 옥수수를 연속적으로 100개체 씩 3반복으로 조사하여 병주의 수를 조사하여 계산하였다. 수량조사에서 생초수량은 전체 포장에서 발병률에 따라 건전주와 병주의 비율을 달리하여 조사하였다. 건물율 조사를 위해 건전주는 2주를 시료로 취하였고, 병주는 주수에 관계없이 시료무게가 500g 정도를 취하여, 70°C 환풍

건조기에서 4일 이상 건조 후 건물율을 산출하였다. 건물수량은 생초수량을 건물율로 환산하여 산출하였다.

주요 조사항목은 품종명, 파종시기, 시비량, 시비방법, 보리밭이나 논과의 거리, 밭둑의 관리상태, 잡초발생정도, 옥수수의 생육정도 등을 조사하였다. 옥수수 검은줄오갈병 발병에 따른 사료가치는 건물소화율, NDF, ADF, TDN, 조단백질 함량을 조사하였다. 식물체의 조단백질은 Kjeldahl법(Kjeltec™ 2400 Autosampler System)를 이용하여 AOAC(1995)으로 분석하였으며, total digestible nutrient(TDN)은 Menke 및 Huss(1980)의 방법을 이용하여 계산하였고, Cellulase에 의한 유기물소화율(Cellulase Digestible Organic Matter Digestibility, CDOMD)은 Aufrere(1982) 방법으로, NDF와 ADF는 NDF와 ADF는 Ankom Fiber Analyser(Ankom Technology 1998)를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 전국 지역별 사료용 옥수수 검은줄오갈병 발병양상

사료용 옥수수 검은줄오갈병의 발병은 Table 1에서 보는바와 같이 지역에 따라 차이가 많았으며, 심한 경우는 95% 이상 발병한 농가도 있었다. 발병이 심한 발병다발지역은 경기(이천), 전북(고창, 김제), 전남(영광), 경북(김천, 영주), 충남(천안, 보령)이었고, 발병이 경미한 발병경계지역은 전남(나주, 영암), 경북(상주) 지역이었으며, 거의 발병을 하지 않는 발병경미지역은 경기(양주), 강원(삼척, 평창), 경북(경산), 경남(고성, 하동, 산청), 충북(음성, 괴산), 충남(예산) 등이었다. 이러한 결과는 강원도(홍천, 진부)와 청주에서는 발병되지 않았고, 강원도(춘천), 경기도(수원, 화성, 안성) 충남(성환, 유성)에서는 발병은 있으나 이병률은 낮았다는 이등(1988a)의 보고와 유사한 경향이다. 발병다발

Table 1. Distribution of outbreak farms of rice black-streaked dwarf disease in forage corn from 2006 to 2007 according to region

(Unit : number of farm)

Province	Total Farms	Outbreak rate(%) of rice black-streaked dwarf disease in forage corn						Remarks
		0~5	6~10	11~20	21~30	31~40	41 over	
Kyeonggi	22	8	1	6	2	—	5	Icheon, Yangju
Kangwon	16	16	—	—	—	—	—	Samcheok, Peochang
Choungbuk	10	10	—	—	—	—	—	Umsung, Goesan
Choungnam	25	15	1	6	—	—	3	Cheonan, Yesan, Boryoung
Jeonbuk	21	5	5	4	4	1	2	Gochang, Kimje
Jeonnam	18	6	7	4	—	—	1	Youngam, Naju, Youngkwang
Kyeongbuk	19	11	3	3	1	1	—	Kyeongsan, Kimchun, Youngju
Kyeongnam	12	12	—	—	—	—	—	Gosung, Hadong
Total	143	83	17	23	7	2	11	

지역에서는 파종시기에 따라 발병에 차이가 많았고, 품종 간에도 약간의 차이가 있었으나, 시비량, 시비방법, 보리밭이나 논과의 거리, 포장의 잡초발생정도, 옥수수의 생육정도 등에 따라서는 일정한 경향이 없었다.

2. 파종시기에 따른 검은줄오갈병 발병 양상

사료용 옥수수 검은줄오갈병의 발생은 동일한 지역에서도 파종시기에 따라 발병에 차이가 많았다. 사료용 옥수수 검은줄오갈병의 발생이 심한 지역을 중심으로 파종시기에 따른 발병 양상은 Table 2와 같다. 옥수수의 파종을 4월 10일에서 25일 사이에 파종한 농가와 5월 31일 이후에 파종한 농가는 검은줄오갈병 발생율이 41% 이상인 농가가 많은 것으로 나타났다. 그러나 파종시기가 5월 1일부터 5월 20일까지 파종한 농가는 발병률이 20% 미만이었으며, 가장 발병이 적은 파종시기는 5월 6일에서 5월 10일 사이였다. 이러한 결과는 검은줄오갈병 발생이 큰 몇몇 품종은 4월에 파종한 것이 5월에 파종

한 것보다 발병률이 높고 발병정도도 심하였다는 이 등(1988a)의 보고와 유사한 경향이다. 검은줄오갈병을 매개하는 애멸구의 제1세대 최성기는 4월 하순에서 5월 상순이었고, 제 2세대 최성기는 6월 중순이었다는 보고(이 등, 1988a)와 5월은 애멸구의 발생이 극히 적었다는 보고(이와 이, 1987a)와 같이, 옥수수를 4월 하순부터 5월 상순에 파종하면, 5월 상순 또는 중순에 옥수수가 출현하기 때문에 옥수수의 유식물기를 애멸구의 밀도가 낮은 시기에 경과하게 되고 발병도 적은 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 최 등(1991)이 검은줄오갈병이 심한 지역의 파종시기별 이병률 조사에서 4월 29일 파종이 가장 발병이 적었다는 보고와 유사한 경향이다. 이와 이(1987a)는 옥수수 검은줄오갈병의 발생억제를 위해 남부지방의 옥수수 파종적기를 4월 1일부터 4월 말까지라고 하였으나, 본 연구의 결과에서는 4월 하순부터 5월 상순이 적합한 파종적기로 판단되고 있다. 최근 지구온난화현상에 의한 기상의 변화를 고려하면, 20년 전에는 4월 1일부터 일찍 파종하여

Table 2. Distribution of outbreak farms of rice black-streaked dwarf virus disease in forage corn in districts of high disease incidence from 2006 to 2007 according to seeding time

(Unit : number of farm)

Seeding times (M.D)	Total Farms	Rate (%) of RBSDV				
		0~10	11~20	21~30	31~40	41 over
4. 10~15	10	3	4	1	1	1
4. 16~20	17	6	4	2	—	5
4. 21~25	10	5	1	2	1	1
4. 26~30	9	6	2	—	—	1
5. 01~05	7	3	4	—	—	—
5. 06~10	9	7	2	—	—	—
5. 11~15	5	3	2	—	—	—
5. 16~20	6	5	—	1	—	—
After 5. 31	5	—	—	1	—	4
Total	78	38	19	7	2	12

도 최근보다는 지온이 낮아 옥수수 출현이 4월 30일경 또는 5월 상순에 되었으나, 최근에는 지구온난화현상으로 4월 상순에서 중순 사이에 파종하면, 출현에 소요되는 기간이 과거보다 짧아져 4월 중순에서 하순 사이에 출현하게 되므로, 애멸구 제1세대 최성기와 옥수수 유식물기가 일치하게 되어 발병이 많은 것으로 사료된다. 따라서 검은줄오갈병의 발생이 경미한 지역에서는 파종시기를 일찍 해도 상관없으나, 전북 고창이나 경기 이천 등과 같이 발병다발지역에서는 4월 하순~5월 상순 사이에 파종하는 것이 유리한데, 사료용 옥수수는 파종시기가 늦으면 건물수량의 감소가 크므로 4월 25일부터 5월 5일경에 파종하는 것이 가장 적합한 것으로 사료된다.

3. 품종에 따른 검은줄오갈병 발병양상

사료용 옥수수 검은줄오갈병의 발생은 동일한 지역에서 품종간의 차이는 다소 있으나 저

항성을 나타내는 품종은 없는 것으로 나타났다. 옥수수 품종 P3394는 어느 정도 저항성이 있는 것으로 평가되고 있으나, 2007년 이천지역의 농가포장에서 95% 이상 발병하는 경우도 있어, 저항성을 나타내는 품종은 없는 것으로 사료된다. 전국 옥수수 검은줄오갈병 발생 실태 조사에서 농가에서 재배하고 있는 품종들의 검은줄오갈병 발생양상은 Table 3과 같다. 옥수수 검은줄오갈병의 발생이 적은 품종은 국내 육성품종으로는 광평옥, 청안옥 등이었고, 도입 품종으로는 P3156, P32P75, P3394가 발병이 적은 편에 속하였다. 검은줄오갈병 발생이 많은 편에 속하는 품종은 DK697, DK689, DK729, NC+7117, GW6959 등이었다. 그러나 이러한 품종간의 차이는 매우 작은 것으로 나타났다. 이와 이(1987b)의 검은줄오갈병 다발지역 품종간 비교시험에서 ‘품종간의 차이는 있으나 완전히 저항성을 나타내는 품종은 없다’는 보고와 같이, 본 연구에서도 완전한 저항성 품종은 없는 것으로 사료되며, 동일한 품종이라도 재

Table 3. Distribution of outbreak farms of rice black-streaked dwarf virus disease in forage corn in districts of high disease incidence from 2006 to 2007 according to varieties
(Unit : number of farm)

Varieties	Total Farms	Outbreak rate (%) of RBSDV				
		0~10	11~20	21~30	31~40	41 이상
P32P75	15	7	2	4	—	2
P3156	7	3	3	1	—	—
P32J56	2	—	—	1	—	1
P3394	23	15	6	-	—	2
DK697	15	6	3	1	1	4
DK689	1	—	—	—	—	1
DK729	3	1	1	—	1	—
DK537	1	—	1	—	—	—
NC+7117	1	—	—	—	—	1
GW6959	4	1	2	—	—	1
Kwangpeyongok	2	1	1	—	—	—
Cheonganok	2	2	—	—	—	—
Suwon 19	2	2	—	—	—	—
Total	78	38	19	7	2	12

배년도와 파종시기 등 재배방법에 따라 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

4. 건물수량

사료용 옥수수 검은줄오갈병 발생률에 따른 건물수량은 Fig. 1과 같이 발병률이 높을수록 건물수량이 유의적으로 감소하였으며, 발병률과 옥수수 건물수량 간에는 고도의 부의상관($r=-0.86^{**}$)이 인정되었다. 따라서 검은줄오갈병 발생률에 따른 수량감소는 Table 4와 같이 10% 발병시 7%, 20% 발병시 15%, 30% 발병시 21%, 40% 발병시 28%, 50% 발병시 35%의 건물수량 감소가 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 검은줄오갈병 발병률보다는 수량감소의 폭이 적은 것은 이병주 발생에 따른 생육공간이 병주 옆의 건전주에 광조건과 토양양분조건

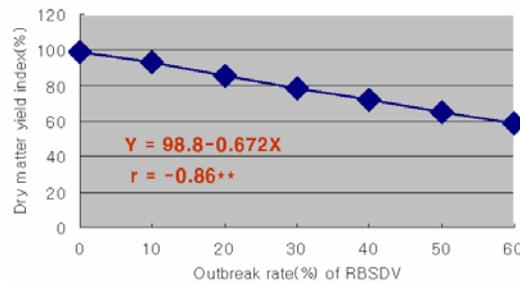


Fig. 1. Change of dry matter yield according to rate of RBSDV in forage corn from 2006 to 2007.

을 유리하도록 작용한 것으로 판단되고, 옥수수가 생육이 어릴 때 검은줄오갈병에 감염되면 더 이상 자라지 못하고 죽게 되지만, 어느 정도 성장한 생육후기에 발병증상이 나타나면, 그 때까지 성장한 옥수수는 조사료의 건물수량에 어느 정도 기여하기 때문에 사료된다.

이와 같이 옥수수가 검은줄오갈병에 감염되

Table 4. Dry matter yield index(DMYI) according to rate of RBSDV in forage corn in districts of high disease incidence from 2006 to 2007

(Unit : %)

Cropping types	Farms	Outbreak rate(%) of RBSDV					
		0	10	20	30	40	50
1st cropping	A	100	90	—	—	83	—
	B	100	95	—	—	—	—
	C	100	—	—	69	—	67
	D	100	—	—	—	84	71
	E	100	84	84	67	61	55
	F	100	—	64	—	64	—
	G	100	88	78	—	—	—
	H	100	91	—	—	—	—
	I	100	83	—	—	—	—
	J	100	92	81	77	—	—
	K	100	—	84	94	75	—
	L	100	105	86	80	—	—
	M	100	—	—	83	—	—
	N	100	91	—	—	—	—
O	100	—	85	—	—	—	
P	100	—	91	—	—	—	
	Mean	100	91	82	78	73	64
2nd cropping	A	100	95	94	—	—	—
	B	100	—	—	80	84	65
	C	100	—	—	77	72	79
	D	100	—	—	93	64	51
	E	100	—	69	—	—	—
	Mean	100	95	82	83	73	65
	Total mean	100	93	82	81	73	65

면 수량이 감소하게 되므로 파종시기를 조절하여 발병률을 줄여야 하는데, 옥수수 검은줄오갈병 다발지역에서는 4월 말에서 5월 5일경으로 파종시기를 조절하는 등 알맞은 재배기술이

필요한 것으로 사료된다. 이 등(1981)의 보고에서도 옥수수는 파종시기가 늦으면 사일리지의 수량 감소가 있으나 5월 10일까지는 수량의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 5. Change of feed value according to incidence of RBSDV in forage corn from 2006 to 2007

Division	CP (%)	CDOMD (%)	NDF (%)	ADF (%)	TDN (%)	RFV
Healthy plant	9.0	72.0	51.7	26.3	68.2	124
Infected plant	11.2	68.8	55.4	30.8	64.6	110

* TDN = 88.9 - (ADF x 0.79).

CDOMD : Cellulase Digestible Organic Matter Digestibility.

RFV : relative feed value.

5. 사료가치

검은줄오갈병에 감염된 옥수수의 사료가치는 Table 5와 같다. 검은줄오갈병으로 감염된 옥수수는 위축현상으로 키가 작고 엷은 매우 작아지고 농녹색으로 변화되는 등 형태적인 변화가 사료가치에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 검은줄오갈병에 감염된 옥수수는 건전주보다 조단백질 함량은 2.2% 많았으나, CDOMD 3.2%, TDN은 3.6%가 낮아 RFV는 12% 낮았으며, NDF와 ADF 함량은 각각 3.7, 4.5% 높아져 전체적으로 사료가치가 저하하는 결과로 나타났다. 이러한 결과는 옥수수 검은줄오갈병에 감염되면 조단백질 함량이 높아지고 조섬유의 함량은 증가한다는 이 등(1988b)의 보고와 유사한 경향이다. 이와 같이 사료용 옥수수가 검은줄오갈병에 감염되면 건물수량의 감소는 물론 사료가치의 저하를 초래하게 되므로 양질조 사료 생산의 양적인면은 물론 질적인 면에서도 많은 손실을 가져올 수 있다.

IV. 요약

본 시험은 사료용 옥수수 검은줄오갈병 피해 다발지역의 발병실태를 조사하여 종합적인 방제기술 개발에 필요한 기초 자료를 확보하고자, 2006년부터 2007년까지 제주도를 제외한 전국을 대상으로 수행하였다. 검은줄오갈병의

발생은 지역에 따라 차이가 많았으며, 발병이 심한 지역은 경기(이천), 전북(고창, 김제), 전남(영광), 경북(김천, 영주), 충남(천안, 보령)이었다. 옥수수 검은줄오갈병 다발지역에서 파종시기가 4월 26일~5월 15일까지 파종이 발병이 적었으며, 파종기가 4월 10일~20일 또는 5월 31일 이후에서 발병이 많았다. 검은줄오갈병의 발생은 옥수수 품종간의 차이는 다소 있으나 저항성을 나타내는 품종은 없었다. 옥수수 검은줄오갈병 감염에 따른 건물수량은 발병률이 높을수록 유의적으로 감소하였으며, 발병률과 옥수수 건물수량 간에는 고도의 부의상관($r = -0.86^{**}$)이 인정되었다. 검은줄오갈병에 감염된 옥수수는 건전한 옥수수보다 건물소화율은 3.2%, 가소화양분총량은 3.6%, RFV는 12% 낮았으며, NDF와 ADF 함량은 각각 3.7, 4.5% 높아져 전체적으로 사료가치가 낮아지는 것으로 나타났다.

V. 사 사

본 연구는 2006~2007년도 농촌진흥청 국책 과제예산으로 수행되었으며, 예산지원에 감사드립니다.

VI. 인 용 문 헌

1. 이석순, 박근룡, 정승근. 1981. 파종기가 종실 및 사일리지 옥수수의 생육기간 및 수량에 미치는 영향. 한작지 26(4):337-343.

2. 이석순, 이진모. 1987a. 흑조위축병 발생지역에서 파종기에 따른 Silage 옥수수의 생산성. 한작지 32(2):249-255.
 3. 이석순, 이진모. 1987b. 흑조위축병 다발지역에서 사일리지 옥수수 품종의 생산성. 한초지 7(3): 140-145.
 4. 이석순, 박근룡, 박승의, 이상석. 1988a. 지역별 애멸구 발생양상과 옥수수 흑조위축병 발생. 한작지 33(1):74-80.
 5. 이석순, 이진모, 최상집. 1988b. 흑조위축병에 이 병된 옥수수의 형질변화와 사료가치. 한작지 33(3):229-235.
 6. 이호진, 채제천, 이석순, 구자욱, 최진용. 1992. 신제 사료작물학. 향문사 pp. 162-173
 7. 최상집, 이석형, 백준호. 1991. 흑조위축병이 심한 지역에서 파종기에 따른 사일리지용 옥수수와 수수의 건물생산성. 한초지 11(2):129-136.
 8. Ankom, Technology Corporation. 1998. Method for determining Acid Detergent Fiber, Neutral Detergent Fiber and Crude Fiber, using the Ankom Fiber Analyser. Ankom Technology Corporation, 14 Turk Hill Park, Fairport New York 14450, USA.
 9. AOAC International. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. 16th edition. Arlington, VA, USA, Association of Analytical Communities.
 10. Aufrere J. and Michalet-Doreau B. 1998. Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. Anim. Feed Sci. Tech. 20:203-218.
 11. Menke, K.H. und W. Huss. 1980. Tierernaehrung und futtermittel-kunde. UTB Ulmer. pp. 38-41.
- (접수일: 2008년 7월 21일, 수정일 1차: 2008년 9월 5일, 수정일 2차 9월 16일, 게재확정일: 2008년 9월 18일)