

병원성 사상균에 의한 Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)의 수량 손실과 길항 미생물에 의한 그 방제

최기춘 · 송채은 · 이종경* · 김종현** · 이영환** · 윤 창***

Yield Decrease of Tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.) by Pathogenic Fungi and Its Control by Antagonistic Bacteria

Ki Chun Choi, Chae Eun Song, Joung Kyong Lee*, Jong Hyun Kim**,

Young Hwan Rhee** and Chang Youn***

Summary

This study was conducted to investigate the effects of antagonistic bacteria and pathogenic fungi on the growth of tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.) in continuous cropping soil(CCS) and non-continuous cropping soil(NCCS). Tall fescue was established by seeding into pots of 11 cm in diameter and 9 cm in depth containing 1:1 mixture of soil and vermiculite, and cultivated at pots with antagonistic bacteria and pathogenic fungi in a vinyl house. The bacteria used in this study were *Bacillus subtilis* and fusants. *B. subtilis* was isolated and identified from forage rhizosphere soil and fusants were isolated through cell fusion from *B. subtilis* and *B. thuringiensis*. *B. subtilis* was named as *B. subtilis* 101 and fusants were named as F-3, F-7 and F-8.

In dark culture experiment, tall fescue inoculated with the antagonistic bacteria lived longer than that of control in both CCS and NCCS. However, tall fescue of CCS lived shorter than that of NCCS. Dry weight of tall fescue inoculated with the antagonistic bacteria was higher than that of tall fescue inoculated with pathogenic fungi in both CCS and NCCS($P < 0.05$), and the antagonistic bacteria showed positive effects on the growth of tall fescue. However, Dry weight of tall fescue was decreased by the inoculation of the pathogenic fungi in both CCS and NCCS($P < 0.05$).

(**Key words:** *Bacillus subtilis*, Tall fescue, Fungi, Continuous cropping soil)

전남대학교 농업과학기술연구소(Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Kwang ju 500-757, Korea)

* 축산기술연구소(National Livestock Research Institute, Suwon 441-390, Korea)

** 전남대학교 농과대학(Dept. of Horticulture Science, Chonnam National University, Kwang ju 500-757, Korea)

*** 이리농공전문대학(Iri National College of Agriculture and Technology, Iri 570-110, Korea)

I. 서 론

우리나라의 축우 사양형태는 양축농가와 축산관계자들의 편협된 사고로 인하여 조사료 보다는 농후사료 위주의 사양체계를 유지하였는데, 근래 수입조사료와 국제 곡물가격의 급상승으로 인한 농가생산비의 상승은 양축농가에 큰 어려움을 주었을 뿐만 아니라 축산업을 기피하는 상황까지 야기하고 있는 실정이다. 그리고 대부분 국내 양축농가들은 축산업이 위기에 직면하게 된 것은 값 비싼 수입 곡류사료에 의존했기 때문이라고 인식하고 축산을 선진축산으로 발전시키기 위해서는 양질의 조사료 증산계획을 마련해야 하고 특히 수입조사료의 의존도를 낮추고 국내외 부존 조사료자원의 개발, 목초 및 사료작물 재배를 위한 우량 종자공급체계 확립, 조사료 생산 기계화로 인한 인력난 해소, 초지 및 조사료 관련제도 개선 등을 마련함으로써 국내 축산업을 건전하게 유지 발전시킬 수 있다고 하였다.

Tall fescue는 북방형 목초로써 직근은 짧으나 이른 봄 생육이 빠르고 줄기가 굵기 때문에 예취나 방목에 잘 적응하여 연간 방목기간이 길고 환경적응성이 뛰어나며 가뭄이나 염해지역에 저항성이 강한 특성을 가지고 있는 목초로 알려져 있다(Mott 등, 1971; Van Keuren, 1970). 그러나 다른 작물에 비해 숙기가 진행됨에 따라 줄기가 굵어지고 조악해져 기호성이 다소 떨어지기 때문에 이용성에 제한요인이 되고 있다. 또한 endophyte(*Acremonium coenophialum* Morgan-Jones 및 Gams)에 감염된 tall fescue를 섭취하면 가축의 생산성이 감소되고 심하면 발굽이 빠지거나 폐사한다고 알려져 있다(Ball 등, 1991; Bacon 등, 1977). 그러나 연구자들은 endophyte에 감염된 tall fescue와 무감염된 tall fescue의 비교시험을 통해서 기호성과 사료가치를 향상시킬 수 있음을 시사하였으며(Santen, 1992; Hoveland 등, 1990), 이 등(1997)은 무감염 품종이 감염 품종보다 기호성이 증가되었고 예취빈도가 높을 때 사료가치는 증가 된다고 하였다.

지금까지 많은 연구자들은 tall fescue의 품종선발, 시비방법, 예취시기 및 예취횟수 등 재배기술에 관

한 연구를 수행하여 목초의 사료가치 향상 및 생산량 증가를 가져왔으나 이들 목초의 지속적인 재배와 다량의 화학비료 사용은 토양의 물리·화학적 악화, 토양전염성 병원균의 증가 등 토양환경을 변화시켜 목초의 생육에 좋지 않은 영향을 주고 있다. 특히 병원성 사상균인 *Pythium* 속, *Fusarium* 속, *Colletotrichum* 속 및 *Rhizoctonia solani*는 fescue류에 병해를 일으켜 유식물의 생육에 불리하게 하고 수량을 감소시키는 데. Handelsman 등(1990) 및 Rothrock와 Gottlieb(1981)는 목초에 병해를 일으키는 토양병원균을 효율적으로 방제하기 위해 근권미생물을 이용한 생물학적 방제방법을 시도했으며 근래에는 토양병원균 사상균의 활성을 감소시키고 작물의 생육을 촉진하는 미생물에 많은 관심이 이루어지고 있는 실정이다(Phae, 1992; Tuner와 Bakman, 1991; Handelsman 등, 1990). 이처럼 병원성 사상균에 길항력을 갖는 미생물을 이용하면 토양 생태계의 균형유지, 목초 병해방제 등 토양환경의 변화를 최소화 시킴으로써 조사료 생산을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구는 목초병해를 일으키는 토양전염성 사상균에 길항작용을 가지고 있는 *Bacillus subtilis*를 목초의 근권에서 직접 분리하여 tall fescue의 생산성에 미치는 효과를 구명하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시품종

Tall fescue 품종 중 Fawn을 공시품종으로 사용하였다.

2. 공시균주

목초병해를 일으키는 토양전염성 사상균인 *R. solani*와 *F. oxysporum*에 길항 작용을 가지고 있고 목초의 생육을 촉진하는 것으로 알려져 있는 미생물을 목초연작지의 근권토양에서 직접 분리하여 The prokaryotes(Starr 등, 1981), Bergey's manual of

systematic bacteriology(Krieg와 Holt, 1984), Microbiological method(Collins와 Lyne, 1984)에 기술된 방법에 따라 형태 및 생리·생화학적 성질을 조사한 결과 *Bacillus subtilis*(*B. subtilis* 101)로 동정하였으며 또한 이 균주를 이용하여 융합균주(*B. subtilis* × *B. thuringiensis*)인 F-3, F-7, F-8을 분리 선발하였다. 이들 세균은 병원성 사상균의 균사 사이에 형성된 저지력(길항력)이 강하게 나타났다(Choi 등, 1995). 그리고 병원성 사상균인 *R. solani*와 *F. oxysporum*은 농업과학기술연구소에서 분양받아 이용하였다.

3. 공시균주 접종액 조제 및 접종량

각각의 길항 미생물을 10 ml LB broth에 접종하여 37°C shaking incubator에서 overnight 시킨 다음, 그 배양액 3 ml를 100 fresh LB broth에 재접종하여 37°C shaking incubator에서 24시간 동안 배양하고 다시 1,000ml LB broth에 재접종하여 대수 증식기 말기까지 증식시킨 다음 원심분리(Beckman JA20-1 Roter, 10,000rpm, 20min.)하여 상등액을 제거한 다음 균체를 멸균수로 2~3회 세척하고 동량의 멸균수로 희석한 후 현탁액을 조제하였다.

병원성 사상균인 *F. oxysporum* 및 *R. solani*를 각각의 PD(potato dextrose) 한천배지에 접종하여 26°C incubator에서 5일 동안 배양시킨 후 가로 × 세로 10mm로 절개한 다음 3100ml PD broth에 접종하여 26°C shaking incubator에서 3일간 배양하고 다시 1,200ml PD broth에 재접종하여 26°C shaking incubator에서 4일간 배양하였다. 이 배양액을 원심분리하여 상등액을 제거한 다음 균체를 멸균수로 세척하고 homogenizer로 15초 동안 균질화 한 다음 동량의 멸균수로 희석한 후 병원성 사상균 접종액을 조제하였다. 그리고 상기의 접종액을 각각의 pot에 길항 미생물은 25 ml, 병원성 사상균은 20ml를 공시균주의 접종량으로 하였다.

4. 암소배양

암소배양은鈴木 등(1971)의 방법에 따라 실시하였다. 즉, 500 ml tall beaker에 각각 연작 및 비연작토양 30 g을 넣은 다음 상기의 길항 미생물 조제액을

2ml와 멸균수를 일정량 주입하고 살균 처리한 tall fescue 종자 20립을 파종하여 25°C의 암소 incubator에서 성장시킨 다음 고사주수를 경시적으로 관찰하였다. 살균종자는 미지근한 멸균수에 20분 동안 침지시킨 후 70% ethanol로 약 3분간 처리하고 다시 0.1 % HgCl₂ 용액으로 3분간 처리한 다음 멸균수로 수회 세척하여 준비하였다.

5. 생육시험 및 재배관리

본 시험은 tall fescue을 이용하여 전남대학교 농과대학 부속동물 사육장 시험포장내 vinyl house에서 pot(직경 11cm, 높이 9cm)로 수행하였으며, 시험토양은 tall fescue 연작 및 비연작지의 양토와 vermiculite를 각각 1/2씩 혼합하여 사용하였다. Tall fescue 종자는 pot당 20~30립씩 점파하고 유식물이 정착한 후 3회에 걸쳐 슈아 내어 pot당 5개체씩 가꾸어 조사하였으며 수시로 제초작업을 하였고, 관수는 시험초기에 토양내에 수분 함량이 최대 용수량의 45%가 되게 계산하여 pot 중량을 측정한 후 수분이 부족하지 않도록 하였다. 그리고 파종당일, 파종 후 30일과 50일에 각각 길항 미생물과 병원성 사상균을 접종하였으며, 파종 후 46, 56 및 66일에 지상부와 지하부의 건물중을 조사하였다. 연작토양은 약 5년 동안 계속해서 tall fescue를 재배했던 토양(pH 5.3, 유기물 함량 1.97%, P₂O₅ 29.2ppm, K 2.46me/100g, Ca 4.92me/100g, Mg 3.09me/100g, CEC 11.6me/100g)을 이용하였고, 비연작토양은 tall fescue를 재배하지 않는 일반토양(pH 5.2, 유기물 함량 0.58%, P₂O₅ 13.5 ppm, K 1.59me/100g, Ca 4.02me/100g, Mg 2.80me/100g, CEC 9.5me/100g)을 이용하였다.

6. 통계분석

본 시험에서 얻은 모든 결과는 SPSS/PC+ 통계 package를 이용하여 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 암소배양

Tall fescue의 암소배양 결과는 Table 1과 같다. 연

작 및 비연작토양에서 길항 미생물 접종구는 무접종구보다 시간이 경과됨에 따라 고사주수의 발생빈도가 낮아지는 경향을 보였으나, 무접종구에서는 시험 초기부터 tall fescue의 고사주수의 발생이 현저하게 증가되었다. 그리고 길항 미생물 접종구간에는 생육기간의 연장효과는 나타나지 않았다. 토양간의 생육기간을 비교해 보면 비연작토양은 연작토양보다 목초의 생육기간이 현저하게 연장되었다.

이상의 암소배양의 결과를 요약해 보면 연작 및 비연작토양에 길항 미생물을 접종함으로써 tall fescue 생육이 연장됨을 알 수 있었으며, 비연작토양은 연작토양보다 생육기간이 연장되었는데 이러한 현상은 연작토양내에 유해물질 및 목초 전염성 병원균 등의 증가가 목초의 생육에 좋지 않은 영향을 미친데 기인된 것으로 생각된다.

Table 1. Inoculation effects of antagonistic bacteria on autolysis of tall fescue in the dark culture.

Treatment	Percentage of autolyzed tall fescue on days after sowing										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Control	28	38	63	81	93	100					
<i>B. subtilis</i>	8	15	20	40	62	78	85	100			
CCS*	F-3	8	28	48	57	77	83	86	100		
	F-7	12	32	43	58	72	83	98	100		
	F-8	8	12	18	53	70	77	83	100		
Control			20	33	45	62	82	98	100		
<i>B. subtilis</i>			2	12	23	45	67	70	87	100	
NCCS**	F-3		15	23	35	45	52	73	87	100	
	F-7		15	30	42	50	62	62	90	100	
	F-8		2	22	42	53	62	67	80	100	

* CCS : Continuous cropping soil. ** NCCS : Non-continuous cropping soil.

2. 지상부와 지하부의 건물중

연작 및 비연작토양에서 tall fescue의 지상부와 지하부 건물중은 파종 후 46일, 56일 및 66일째에 조사하였는데 그 결과는 Table 2, 3 및 4와 같다.

Table 2는 연작 및 비연작토양에서 파종 후 46일째에 지상부와 지하부의 건물중을 조사한 결과로써 길항 미생물을 접종하지 않았을 때, 연작토양에서는 병원성 사상균 접종구가 무접종구에 비하여 지상부와 지하부의 건물중은 감소하는 경향을 보였다 ($P < 0.05$). 비연작토양의 지상부 건물중에서는 병원성 사상균 단독 접종구가 무접종구에 비하여 건물중이 감소되었으나 유의차는 나타나지 않았다. 그러나

지하부의 건물중에서는 *R. solani* 단독 접종구가 무접종구에 비하여 유의적으로 감소되었고 ($P < 0.05$), *F. oxysporum* 단독접종구는 무접종구에 비하여 감소하는 경향을 보였으나 유의차는 나타나지 않았다. 길항 미생물을 접종했을 때는 길항 미생물 단독 접종구의 건물중이 길항 미생물과 병원성 사상균 혼합 접종구보다 현저하게 증가하였다 ($P < 0.05$).

Table 3은 파종 후 56일째에 건물중을 조사한 결과인데 길항 미생물을 접종하지 않았을 때, 연작 및 비연작토양에서 병원성 사상균 접종구는 무접종구에 비하여 지상부와 지하부의 건물중이 유의적으로 감소하였으나 ($P < 0.05$), 비연작토양의 지하부 건물중에서는 병원성 사상균 접종구가 무접종구에 비하

Table 2. Effects of antagonistic bacteria and pathogenic fungi on dry weight of tall fescue at 46 days after sowing.

(g/5 plants/pot)

Treatment	Antagonistic bacteria					Mean	
	Control	<i>B. subtilis</i>	F-3	F-7	F-8		
S h o o t CCS*	None	0.146 ± 0.010 _a	0.183 ± 0.010 _a	0.172 ± 0.009 _a	0.173 ± 0.010 _a	0.173 ± 0.007 _a	0.169 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.121 ± 0.006 _b	0.163 ± 0.020 _{ab}	0.141 ± 0.015 _b	0.153 ± 0.008 _b	0.155 ± 0.010 _b	0.147 _b
	<i>R. solani</i>	0.101 ± 0.003 _c	0.137 ± 0.002 _b	0.133 ± 0.011 _b	0.131 ± 0.004 _c	0.136 ± 0.022 _b	0.128 _c
	Mean	0.123 ^b	0.161 ^a	0.149 ^a	0.153 ^a	0.154 ^a	
NCCS**	None	0.297 ± 0.012 _a	0.344 ± 0.009 _a	0.320 ± 0.018 _a	0.344 ± 0.018 _a	0.340 ± 0.021 _a	0.329 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.277 ± 0.024 _a	0.328 ± 0.013 _{ab}	0.285 ± 0.024 _{ab}	0.305 ± 0.010 _b	0.321 ± 0.031 _{ab}	0.303 _b
	<i>R. solani</i>	0.269 ± 0.003 _a	0.298 ± 0.020 _b	0.271 ± 0.016 _b	0.282 ± 0.023 _b	0.291 ± 0.017 _b	0.282 _b
	Mean	0.281 ^c	0.323 ^a	0.292 ^{bc}	0.310 ^{ab}	0.317 ^{ab}	
R o o t CCS	None	0.116 ± 0.005 _a	0.156 ± 0.009 _a	0.155 ± 0.007 _a	0.157 ± 0.014 _a	0.159 ± 0.010 _a	0.148 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.095 ± 0.005 _b	0.132 ± 0.018 _{ab}	0.112 ± 0.010 _b	0.131 ± 0.009 _b	0.132 ± 0.011 _b	0.120 _b
	<i>R. solani</i>	0.091 ± 0.011 _b	0.110 ± 0.018 _b	0.108 ± 0.006 _b	0.116 ± 0.009 _b	0.119 ± 0.002 _b	0.109 _b
	Mean	0.101 ^b	0.133 ^a	0.125 ^a	0.134 ^a	0.137 ^a	
NCCS	None	0.235 ± 0.031 _a	0.302 ± 0.016 _a	0.291 ± 0.022 _a	0.309 ± 0.016 _a	0.308 ± 0.016 _a	0.289 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.208 ± 0.007 _{ab}	0.256 ± 0.006 _{ab}	0.246 ± 0.016 _{ab}	0.252 ± 0.008 _b	0.251 ± 0.010 _b	0.242 _b
	<i>R. solani</i>	0.193 ± 0.014 _b	0.225 ± 0.060 _b	0.235 ± 0.031 _b	0.243 ± 0.019 _b	0.241 ± 0.010 _b	0.227 _b
	Mean	0.212 ^b	0.261 ^a	0.257 ^a	0.268 ^a	0.266 ^a	

Mean ± SE.

* CCS : Continuous cropping soil.

** NCCS : Non-continuous cropping soil.

^{a, b} and ^c ; Values with different letters in the same column are significantly different (P < 0.05).

여 감소하는 경향을 보였으나 유의차는 나타나지 않았다. 길항 미생물을 접종했을 때는 파종 후 46일째의 결과와 유사하게 나타났는데 길항 미생물 단독 접종구의 건물중이 길항 미생물과 병원성 사상균 혼합 접종구보다 현저하게 증가하였다(P < 0.05).

Table 4는 연작 및 비연작토양에서 파종 후 66일째에 지상부와 지하부의 건물중을 조사한 결과인데 길항 미생물을 접종하지 않았을 때, 병원성 사상균 접종구의 건물중은 무접종구에 비하여 유의적으로

감소하였고(P < 0.05), 길항 미생물을 접종했을 때는 길항 미생물 단독 접종구의 건물중이 길항 미생물과 병원성 사상균 혼합 접종구보다 유의적으로 증가하는 경향이 나타났다(P < 0.05).

시험기간동안(파종 후 46, 56 및 66일) tall fescue의 연작 및 비연작토양 모두 병원성 사상균 단독 접종구는 길항 미생물 단독접종구, 길항 미생물과 병원성 사상균 혼합 접종구보다 건물중의 감소가 현저하게 나타났다. 통계분석결과 연작 및 비연작토양에서

Table 3. Effects of antagonistic bacteria and pathogenic fungi on dry weight of tall fescue at 56 days after sowing

(g/5 plants/pot)

Treatment	Antagonistic bacteria					Mean	
	Control	<i>B. subtilis</i>	F-3	F-7	F-8		
S h o o t C C S*	None	0.254 ± 0.005 _a	0.291 ± 0.012 _a	0.283 ± 0.012 _a	0.296 ± 0.008 _a	0.292 ± 0.014 _a	0.283 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.229 ± 0.001 _b	0.274 ± 0.007 _{ab}	0.258 ± 0.006 _b	0.262 ± 0.014 _b	0.259 ± 0.023 _b	0.256 _b
	<i>R. solani</i>	0.212 ± 0.009 _c	0.252 ± 0.019 _b	0.235 ± 0.013 _c	0.237 ± 0.005 _c	0.249 ± 0.006 _b	0.237 _c
	Mean	0.232 ^b	0.272 ^a	0.259 ^a	0.265 ^a	0.267 ^a	
N C C S**	None	0.474 ± 0.019 _a	0.553 ± 0.034 _a	0.505 ± 0.035 _a	0.526 ± 0.020 _a	0.554 ± 0.018 _a	0.522 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.432 ± 0.018 _b	0.498 ± 0.032 _{ab}	0.464 ± 0.036 _{ab}	0.487 ± 0.016 _b	0.496 ± 0.015 _b	0.475 _b
	<i>R. solani</i>	0.409 ± 0.019 _b	0.455 ± 0.012 _b	0.434 ± 0.052 _b	0.463 ± 0.019 _b	0.460 ± 0.022 _b	0.444 _c
	Mean	0.438 ^b	0.502 ^a	0.468 ^{ab}	0.492 ^a	0.503 ^a	
R o o t C C S	None	0.264 ± 0.008 _a	0.312 ± 0.018 _a	0.301 ± 0.014 _a	0.307 ± 0.014 _a	0.308 ± 0.017 _a	0.298 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.239 ± 0.011 _b	0.274 ± 0.005 _b	0.278 ± 0.015 _{ab}	0.263 ± 0.014 _b	0.268 ± 0.003 _b	0.264 _b
	<i>R. solani</i>	0.222 ± 0.004 _b	0.259 ± 0.009 _b	0.245 ± 0.017 _b	0.257 ± 0.013 _b	0.249 ± 0.015 _b	0.246 _c
	Mean	0.242 ^b	0.281 ^a	0.275 ^a	0.276 ^a	0.275 ^a	
R o o t N C C S	None	0.302 ± 0.011 _a	0.352 ± 0.011 _a	0.343 ± 0.023 _a	0.353 ± 0.013 _a	0.357 ± 0.007 _a	0.341 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.285 ± 0.031 _a	0.337 ± 0.017 _b	0.301 ± 0.009 _a	0.324 ± 0.009 _b	0.323 ± 0.012 _b	0.314 _b
	<i>R. solani</i>	0.283 ± 0.011 _a	0.304 ± 0.006 _b	0.311 ± 0.029 _a	0.315 ± 0.008 _b	0.318 ± 0.023 _b	0.306 _b
	Mean	0.290 ^b	0.331 ^a	0.318 ^a	0.331 ^a	0.333 ^a	

Mean ± SE.

* CCS : Continuous cropping soil.

** NCCS : Non-continuous cropping soil.

^{a, b} and ^c ; Values with different letters in the same column are significantly different (P < 0.05).

길항 미생물 접종효과는 현저하게 나타났으나(P < 0.05), 길항 미생물간에 차이가 나타나지 않았다. 그리고 병원성 사상균을 접종함으로써 지상부와 지하부의 건물중은 현저하게 감소되는 현상이 나타났다(P < 0.05). 토양간의 건물중을 비교해 보면 비연작토양에서 재배된 목초의 건물중은 연작토양보다 현저하게 증가하였으며 길항 미생물 접종효과도 연작토양보다 비연작토양에서 좋은 경향을 나타냈다. 그리고 병원성 사상균 접종구의 건물중도 연작토양에서

보다 비연작토양에서 증가되는 경향을 나타냈다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 tall fescue의 연작 및 비연작토양에서 길항 미생물 접종구는 병원성 사상균 접종구보다 건물중이 증가하였는데 이는 tall fescue의 근권에 정착된 길항 미생물이 생산하는 물질에 의해 목초의 생육을 촉진시키고 병원성 사상균을 효과적으로 억제시킨데 기인된 것으로 생각되며, 병원성 사상균을 접종했을 때는 비연작토양보다 연작토양에서 건물중의 감소가 현저하게 나타났는데

Table 4. Effects of antagonistic bacteria and pathogenic fungi on dry weight of tall fescue at 66 days after sowing.

(g/5 plants/pot)

Treatment	Antagonistic bacteria					Mean	
	Control	<i>B. subtilis</i>	F-3	F-7	F-8		
Shooting	None	0.286 ± 0.007 _a	0.345 ± 0.008 _a	0.331 ± 0.105 _a	0.339 ± 0.013 _a	0.341 ± 0.013 _a	0.328 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.264 ± 0.006 _{ab}	0.318 ± 0.008 _b	0.311 ± 0.138 _{ab}	0.309 ± 0.011 _b	0.308 ± 0.023 _b	0.302 _b
	<i>R. solani</i>	0.260 ± 0.014 _b	0.295 ± 0.018 _b	0.292 ± 0.099 _b	0.297 ± 0.011 _b	0.302 ± 0.007 _b	0.289 _b
	Mean	0.270 ^b	0.319 ^a	0.311 ^a	0.315 ^a	0.316 ^a	
Rot	None	0.567 ± 0.040 _a	0.657 ± 0.049 _a	0.627 ± 0.028 _a	0.630 ± 0.017 _a	0.633 ± 0.021 _a	0.623 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.487 ± 0.010 _b	0.592 ± 0.023 _b	0.555 ± 0.027 _b	0.565 ± 0.027 _b	0.570 ± 0.008 _b	0.554 _b
	<i>R. solani</i>	0.468 ± 0.017 _b	0.569 ± 0.012 _b	0.555 ± 0.053 _b	0.552 ± 0.041 _b	0.562 ± 0.018 _b	0.541 _b
	Mean	0.507 ^b	0.606 ^a	0.579 ^a	0.582 ^a	0.588 ^a	
Rot	None	0.304 ± 0.012 _a	0.345 ± 0.009 _a	0.343 ± 0.015 _a	0.345 ± 0.020 _a	0.344 ± 0.009 _a	0.336 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.274 ± 0.010 _b	0.314 ± 0.014 _b	0.313 ± 0.028 _b	0.313 ± 0.007 _b	0.307 ± 0.014 _b	0.304 _b
	<i>R. solani</i>	0.262 ± 0.011 _b	0.294 ± 0.006 _b	0.271 ± 0.011 _b	0.297 ± 0.011 _b	0.302 ± 0.017 _b	0.285 _c
	Mean	0.280 ^b	0.318 ^a	0.309 ^a	0.318 ^a	0.318 ^a	
Rot	None	0.425 ± 0.006 _a	0.533 ± 0.005 _a	0.510 ± 0.066 _a	0.514 ± 0.023 _a	0.527 ± 0.015 _a	0.502 _a
	<i>F. oxysporum</i>	0.392 ± 0.025 _{ab}	0.484 ± 0.020 _b	0.462 ± 0.015 _b	0.460 ± 0.027 _b	0.474 ± 0.012 _b	0.454 _b
	<i>R. solani</i>	0.385 ± 0.022 _b	0.463 ± 0.028 _b	0.448 ± 0.033 _b	0.431 ± 0.029 _b	0.459 ± 0.010 _b	0.437 _b
	Mean	0.401 ^b	0.493 ^a	0.473 ^a	0.469 ^a	0.487 ^a	

Mean ± SE.

* CCS : Continuous cropping soil.

** NCCS : Non-continuous cropping soil.

^{a, b} and ^c ; Values with different letters in the same column are significantly different (P < 0.05).

이는 연작토양내의 물리·화학적 특성 악화로 인한 유해물질 축적 및 토양 병원성 병원균에 영향을 받은 것으로 생각된다. 그리고 tall fescue의 출현율과 유식물기의 생육상태를 육안으로 조사한 결과에서도 병원성 사상균 단독 접종구에서는 출현율이 현저하게 저조하였으며 출현이 정상적으로 된 경우에도 생육기간이 경과됨에 따라 고사되는 목초가 관찰되었다. 연작토양에서 무접종구의 출현율은 병원성 사상균 단독 접종구보다 양호한 결과를 보였으나 생육

이 진행됨에 따라 고사되는 목초가 나타났다. 그러나 비연작토양의 무접종구에서는 목초의 출현율이 정상적으로 나타났으며 목초활력도 양호한 상태를 보여주었다. 또한 길항 미생물 접종함으로써 목초의 출현율과 활력은 비연작토양의 무접종구와 비슷한 양상을 나타냈다(data not shown).

대표적인 토양 병원성 사상균으로는 *Fusarium* 속, *Pythium* 속, *Phoma* 속, *Rhizoctonia* 속 등이 알려져 있는데 이들 사상균은 화분과 사료작물에 병해를 일

으며 유식물의 정착, 수량감소 및 품질을 저하시킨다(Hanson 등, 1988; 김 등, 1987; Falloon, 1987; Falloon와 Fletcher, 1983; Falloon, 1980). 또한 이들 사상균은 토양속에 장기간 생존하면서 병해를 일으키는데, Falloon(1985)은 *Fusarium* 속, *Pythium* 속, *Chaetomium* 속 등에 의해 perennial ryegrass의 유식물이 병해를 받아 ryegrass의 생육이 저해되었다고 하였다. 본 시험에서도 병원성 사상균을 접종함으로써 tall fescue의 생육이 좋지 않은 결과를 나타냈다. 또한 연구자들은 목초의 영양생장기 활력은 생식생장기의 활력과 밀접한 관계를 가지고 있으므로 유식물의 활력을 증가시킬 수 있도록 병해를 최소화해야 한다고 하였다(Falloon, 1987; Hampton, 1986; Falloon, 1980). 근래에는 이러한 병원성 사상균에 의한 병해를 최소화하고 작물의 생육을 증가시킬 수 있는 미생물을 이용한 생물학적 방제에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있는데 Phae 등(1992)은 *B. subtilis* NB22를 이용하여 병원성 사상균에 의한 병해를 효과적으로 억제하여 토마토의 생육을 촉진시켰다고 하였으며, Turner와 Backman(1991)도 *B. subtilis*를 종자에 처리함으로써 땅콩의 발아, 출현이 향상되었고 *R. solani*에 의한 뿌리질병을 감소시켰다고 보고하였다. 한편 Handelsman 등(1990)은 *B. cereus* UW85를 이용하여 *Phytophthora megasperma* f. sp. *medicaginis*에 의해 발생된 alfalfa 뿌리병해를 방제할 수 있다고 언급하였으며 Liu와 Sinclair(1991, 1990, 1989)은 대두의 연구보고에서 *B. megaterium* Strain B153-2-2는 *R. solani*에 발생된 뿌리병해를 효과적으로 감소시켰을 뿐만 아니라 뿌리의 생육을 증가시켰다고 하면서 생물학적 방제제로써 이용가능성이 높다고 보고 하였다. 본 시험에서도 병원성 사상균을 접종했을 때는 tall fescue의 생육이 좋지 않았으나 길항 미생물을 접종함으로써 현저하게 증가되었다.

이상의 결과를 종합해 보면 길항 미생물을 접종함으로써 tall fescue의 생장은 무접종구보다 현저하게 증가 하였으며 연작토양에서 보다 비연작토양에서 유리하게 작용하였다. 그리고 병원성 사상균을 접종했을 때는 비연작토양에서 보다 연작토양에서 현저

하게 감소되었다.

IV. 적 요

본 연구는 길항 미생물과 병원성 사상균이 tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.)의 생장에 미치는 영향을 조사하고자 목초근권에서 분리한 *B. subtilis* 101과 융합균주(*B. subtilis* 101 × *B. thuringiensis*)인 F-3, F-7, F-8을 이용하여 전남대학교 농과대학 부속 동물사육장내 vinyl house에서 pot(11 × 9 cm)로 수행하였다. 암소 배양시험에서 연작 및 비연작토양에 길항미생물을 접종함으로써 tall fescue의 생육기간이 연장됨을 알 수 있었으며, 비연작토양은 연작토양보다 생육기간이 현저하게 연장되었다. 연작 및 비연작토양에서 tall fescue의 지상부와 지하부의 건물중은 길항 미생물 접종구가 병원성 사상균 접종구보다 증가하였으나(P < 0.05), 병원성 사상균을 접종함으로써 건물중은 현저하게 감소되었다(P < 0.05). 그리고 비연작토양은 연작토양에서 보다 건물중이 현저하게 증가하였으며 길항 미생물 접종효과도 연작토양보다 비연작토양에서 좋은 경향을 나타냈다.

V. 인용 문헌

1. Bacon, C.W., J.K. Porter, J.D. Robbins, and E.S. Luttrell. 1977. *Epichloe typhina* from toxic tall fescue grasses. Appl. Environ. Microbiol. 34:576-581.
2. Ball, D.M., C.S. Hoveland, and G.D. Lacefield. 1991. Southern forages; Fescue toxicity. Williams Printing Company, Atlanta, Georgia, USA pp. 169-174.
3. Choi, K.C., Y.H. Rhee, and W.B. Chun. 1995. Studies on development of antagonistic microorganism by cell fusion.-Biological control of forage disease-JKGS 15(1):1-12.
4. Collins, C.H., and P.M. Lyne. 1984. Microbiological method(5th ed), Butterworths, London.

5. Falloon, R.E. 1980. Seeding emergence responses in ryegrass(*Lolium* spp.) to fungicide seed treatments. N.Z.J. Agric. Res. 23:385-391.
6. Falloon, R.E. 1985. Temperature and seedling age affect susceptibility of perennial ryegrass seedling to pathogenic fungi. Plant and Soil 86:87-93.
7. Falloon, R.E. 1987. Fungicide seed treatments increase growth perennial ryegrass. Plant and Soil 101:197-203.
8. Falloon, R.E., and R.H. Fletcher. 1983. Increased herbage production from perennial ryegrass following fungicide seed treatment. N.Z.J. Agric. Res. 26:1-5.
9. Hampton, J.G. 1986. The effect of seed and seedlot thousand seed weight on vegetative and reproductive yields of 'Grasslands Moata' tetraploid Italian ryegrass(*Lolium multiflorum* Lam.). N.Z.J. Exp. Agric. 14(in press).
10. Handelsman, J., S. Raffel, E.H. Mester, L. Wunderlich, and C.R. Grau. 1990. Biological control of damping-off of alfalfa seeding with *Bacillus cereus* UW85. Appl. Environ. Microbiol. 56(3):713-718.
11. Hanson, A.A., D.K. Barnes, and R.R. Hill, Jr. 1988. Alfalfa and alfalfa improvement, SAS, CSSA, SSSA, Madison Wisconsin, USA. p. 244.
12. Hoveland, C.S., R.G. Durham, M.D. Richardson, and T.H. Terrill. 1990. Cutting management of endophyte-free tall.fescue. Pro. Forage and Grassl. Conf. Blacksburg, Virginia. 125-128.
13. Krieg, N.R., and J.G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology, Williams and Wilkins, Baltimore.
14. Liu, Z.L., and J.B. Sinclair. 1989. A primary study of biological control of Rhizoctonia damping-off, root and crown decay of soybeans.(Abstr.) J. Cell Biochem. Suppl. 13A:177.
15. Liu, Z.L., and J.B. Sinclair. 1990. Enhanced soybean root growth and nodulation by *Bradyrhizobium* in the presence of strains of *Bacillus megaterium* B153-2-2 in soybean rhizosphere soil.(Abstr.) Phytopathol. 81:1179.
16. Liu, Z.L., and J.B. Sinclair. 1991. Effects of seed coating by *Bacillus* spp. on suppression of Rhizoctonia damping-off, root and stem rot of soybeans. Biol. Cult. Tests 6:62.
17. Mott, G.O., C.J. Kaiser, R.C. Peterson, R. Peterson, Jr., and C.L. Rhykerd. 1971. Supplemental feeding of steers on *Festuca arundinacea* Schreb. pastures fertilizers at three levels of N. Agron. J. 63:751-754.
18. Phae, C.G., M. Shoda, and N. Kita. 1992. Biological control of crown and root rot and bacterial wilt of tomato by *Bacillus subtilis* NB22. Ann. Phytopath. Soc. 58:329-339.
19. Rothrock, C.S., and D. Gottlieb. 1981. Importance of antibiotic production in antagonism of selected Streptomyces species to two soil-borne plant pathogens. J. Antibiot. 34: 830-835.
20. Santen, E. van. 1992. Animal preference of tall fescue during reproductive growth in the spring. Agron. J. 84:979-982.
21. Starr, M.P., H. Stolp, H.G. Truper, and H.G. Schlegel. 1981. The prokaryotes : A handbook and identification of bacteria. Springer-Verag, Berlin, Heidelberg, New York.
22. Turner, J.T., and P.A. Backman. 1991. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. Plant Dis. 75:347-353.
23. Van Keuren, R.W. 1970. Symposium on pasture methods for maximum production in beef cattle

- production in Ohio. *J. Anim. Sci.* 30:138-142.
24. 領木達彦, 久保田勝. 1971. 暗所培養による連作障害の判定法. *日本土壤肥料學會誌.* 42:126-127.
25. 김동암 외 15인. 1987. 초지학총론. 선진문화사. pp. 325-331.
26. 이종경, 김동암, 김종덕, 이성철. 1996. Tall fescue의 endophyte 감염과 예취횟수에 관한 연구. II. 사료가치에 미치는 영향. *한초지* 16(1):17-26.