

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 툐 페스큐의 endophyte 감염율, 수량 및 사료가치에 미치는 영향

이종경 · 김동암* · 이성철** · 최기춘 · 정종원 · 정재록***

Effect of the Mixed Rates of Endophyte-free and -infected Seed on the Endophyte Frequency, Dry Matter Yield and Forage Quality of Tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.)

Joung Kyong Lee, Dong Am Kim*, Sung Cheol Lee**, Ki Chun Choi, Jong Won Chung
and Jae Rok Chung***

Summary

This experiment was carried out to investigate the effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on the endophyte frequency, dry matter yield and forage quality of tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.) at the Experimental Field of Grassland and Forage Crops Division, National Livestock Research Institute, Suweon, from 1993 to 1994.

The results obtained are summarized as follows:

Endophyte frequency was increased with mixed rates of higher endophyte-infected seed, however, it was not different between mixed rates of endophyte-free and -infected seed.

DM yield of tall fescue was not different between mixed rates of endophyte-free and -infected seed, and CP, NDF, ADF and IVDMD contents of forage quality were not influenced by mixed rates of endophyte-free and -infected seed.

However, the weed contents were slightly increased with high level of endophyte-free seed.

The results demonstrated that endophyte-free tall fescue did not seem to be greatly weak under poor conditions, if the weed contents were slightly increased.

I. 서 론

목초가 endophyte에 감염되면 내병성과 내충성 등 불량환경에 대한 적응력이 커지고 다른 목초보다 경합력이 증가하며(Hill 등, 1991), 예취 후 빠른 재생

등 많은 장점들을 나타낸다(Arachevaleta 등, 1989). 그러나 가축의 기호성은 떨어지고(Santen, 1992), 일당 증체량 등 가축의 생산성은 감소한다(Ball 등, 1991). 외국에서는 endophyte 감염 문제를 해결하기 위하여 제조제나 살균제 처리, 두과 목초나 무감염

축산기술연구소(National Livestock Research Institute, Suweon 441-350, Korea)

* 서울대학교 농생대(Seoul National University, Suweon 441-744, Korea)

** 우석대학교 동물자원학과(Woosuk University, Wanju 565-800, Korea)

*** 공주대학교 산업과학대(Kongju National University, Yesan 340-800, Korea)

화분과 목초와 혼파하여 독성을 희석(Fribourg 등, 1988) 및 이삭이 나오기 전에 강방목으로 이삭을 제거하는 등 다양한 방법들이 사용되고 있다. 그러나 우리나라에서는 endophyte에 대한 정보도 부족하고 연구도 안되어 있는 실정이다. 따라서 본 시험은 endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐의 엔도파이트 감염율, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향을 구명하여 endophyte 감염 목초가 가축 생산성에 미치는 기초 자료로 사용하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 축산기술연구소 초지사료과의 시험포장에서 1993년 9월 7일부터 1994년 10월까지 실시하였다. 시험포장은 전에 목초가 재배되던 곳으로 시험포장의 토양 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다. 토양은 식양토로서 토양의 pH, 유기물 및 총 질소함량은 중 정도였으며, 유효 인산 함량도 톨 페스큐의 생육에 충분하였다. 또한 치환성 Ca를 제외하고 Na, Mg과 K는 약간 낮은 함량이었다.

본 시험은 endophyte 감염과 무감염 종자의 비율을 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100의 7 처리로 하여 난괴법 3반복으로 시험 설계하였다. 파종은 International Seeds, INC.에서 구입한 Ky 31 톨 페스큐로 endophyte 감염종자(>85% 감염)와 endophyte 무감염종자(<2% 감염)를 각각 혼파비율에 따라 ha당 35kg을 걸쭉립 산파하였다. 3요소 시비량 및 시비방법은 기비로 ha당 질소 80, 인산 200, 칼리 70kg을 파종 당일 전량 시용하였고, 추비는 연간

ha당 질소 280, 인산 200, 칼리 240kg을 질소와 칼리는 때 예취 후 균등 분시하였으며, 인산은 이른 봄과 가을에 마지막 예취 후 2회 분시하였다. 석회는 알카리도 60%인 소석회 분말을 석회 요구량 조사 후 파종전 살포하였다.

톨 페스큐의 수확은 각각 4회(5월 23일, 7월 8일, 8월 22일, 10월 18일) 하였으며 시료는 지상 6cm 높이로 수확하여 청초수량을 측정하였고, 각 구별로 300g 정도의 시료를 채취한 다음 75°C의 순환식 송풍건조기(dry oven) 내에서 72시간 이상 충분히 건조시킨 후 건물수량을 계산하였다. 또한 잡초율은 때 예취마다 조사하였다.

NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF(acid detergent fiber) 함량은 Goering 및 Van Soest법(1970)으로, 조단백질 함량은 AOAC법(1984)으로 분석하였으며, *In vitro* 건물 소화율의 측정은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였다.

그리고 토양 pH는 pH meter를 사용하였고 토양 유기물 분석 방법은 Tyurin법, 유효태 인산함량은 Bray No. 1 방법 그리고 Kjeldahl 법에 의하여 분석하였다.

Endophyte 감염율은 봄, 여름과 가을 3회로 나누어 조사하였는데, 구당 20개체의 엽초를 채취하여 ethanol 75%, chloroform 25%와 trichloroacetic acid 0.15%에 보존하였다가 lactic acid 1: glycerol 2: 증류수 1과 aniline blue 0.05%의 용액으로 염색한 후 배율 400~600배의 현미경으로 검정하였다(Christensen, 1992). 기타 조사방법은 농촌진흥청 관행방법에 준하였다.

Table 1. Chemical properties of the soil at the experimental field.

| pH (1:5) | OM (%) | Available P ₂ O ₅ (ppm) | Total N (%) | Exchangeable (mg/100g) | | | |
|-------------|-----------|--|----------------|------------------------|------|-----|------|
| | | | | Na | Ca | Mg | K |
| 6.0 | 1.7 | 156.7 | 0.1 | 0.07 | 5.17 | 0.4 | 0.09 |

III. 결과 및 고찰

1. 톨 페스큐의 endophyte 감염율

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐의 endophyte 감염율에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되어 얻어진 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

혼파 비율에 따른 endophyte 감염율은 endophyte 감염과 무감염 종자를 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100의 비율로 혼파하였을 때 평균 감염율이 각각 15.6, 13.3, 15.0, 6.7, 0.0, 0.0 및 0.0%이었다. 즉 endophyte 감염율은 endophyte 감염종자의 혼파 비율이 높을수록 증가하였는데, Shelby와 Dalrymple(1993)의 높은 endophyte 감염 수준은 혼파

시 감염 목적의 높은 생존율 때문이라고 한 보고와 일치하였다. 또한 Shelby와 Dalrymple(1993)은 무감염 톨 페스큐 초지에서도 endophyte 수준은 매년 4%씩 증가된다고 하였으나 본 시험은 감염종자의 비율이 50% 이하 혼파시에서는 endophyte 감염율은 0%로 나타나지 않았으며 처리간에 유의적인 차이도 없었다.

또한 계절별로는 봄에 1.9%, 여름에 8.6%와 가을에 5.7%로 여름이 가장 높았다. Endophyte에 감염된 페스큐의 독성은 평균 온도가 30℃ 이상일 때 더욱 심해진다고 하였는데(Hemken 등, 1981), endophyte 감염 수준이 여름에 높아 심해진 것이 아닌가 생각된다. 그러나 Hoveland 등(1980)은 토양에 따라서도 endophyte의 감염율은 차이를 보인다고 하였다.

Table 2. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on the endophyte frequency of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | Endophyte frequency | | | |
|--------------------------|---------------------|--------|------|------|
| | Spring | Summer | Fall | Ave. |
| % | % | | | |
| 100:0 | 6.7 | 33.3 | 6.7 | 15.6 |
| 80:20 | 0.0 | 20.0 | 20.0 | 13.3 |
| 60:40 | 6.7 | 0.0 | 13.3 | 15.0 |
| 50:50 | 0.0 | 6.7 | 0.0 | 6.7 |
| 40:60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 20:80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0:100 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ave. | 1.9 | 8.6 | 5.7 | 5.4 |
| LSD (0.05) | NS | NS | NS | NS |

2. 톨 페스큐의 건물수량

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐의 건물수량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되어 얻어진 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

혼파 비율에 따른 톨 페스큐의 건물수량은 endophyte 감염과 무감염의 비율을 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100으로 혼파하였을 때

총 건물수량은 각각 9,261, 9,263, 8,637, 8,505, 8,573, 9,551 및 8,562kg으로 톨 페스큐의 건물수량은 처리간에 유의적인 차이는 없었다. 또한 예취 회수별로는 1차 이용시가 가장 높았고 2차 이용시에 크게 감소하였다가 이후에 점점 증가하였으며 처리간에 예취 회수별로도 유의적인 차이는 없었다.

Bouton 등(1993)은 온실 시험에서 endophyte 감염 톨 페스큐는 무감염 톨 페스큐보다 보통 많은 DM 생산, 분얼 및 뿌리 성장 증가를 하며 포장에서도 경

Table 3. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on DM yield of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | Dry matter yield | | | | |
|--------------------------|------------------|-----|-------|-------|-------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Total |
| % | kg/ha | | | | |
| 100:0 | 5,436 | 921 | 1,381 | 1,523 | 9,261 |
| 80:20 | 5,623 | 912 | 1,321 | 1,407 | 9,263 |
| 60:40 | 5,302 | 810 | 1,282 | 1,243 | 8,637 |
| 50:50 | 5,289 | 957 | 1,099 | 1,160 | 8,505 |
| 40:60 | 5,038 | 983 | 1,264 | 1,288 | 8,573 |
| 20:80 | 6,005 | 846 | 1,477 | 1,223 | 9,551 |
| 0:100 | 5,234 | 919 | 1,181 | 1,228 | 8,562 |
| LSD (0.05) | NS | NS | NS | NS | NS |

합력이 강하다고 하였으며, Hill 등(1991)도 endophyte 감염 톨 페스큐는 초장이 더 길고 무감염 톨 페스큐 품종과 혼파시 경합력이 크다고 하여 본 시험의 결과와 일치하고 있다.

3. 톨 페스큐의 사료가치

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐의 조단백질 함량과 수량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되어 얻어진 결과는 Table 4와 5에서 보는 바와 같다.

혼파 비율에 따른 톨 페스큐의 조단백질 함량은 endophyte 감염과 무감염 종자를 100:0, 80:20, 60:40,

50:50, 40:60, 20:80, 0:100의 비율로 혼파하였을 때 평균이 각각 16.3, 15.5, 16.4, 15.4, 14.7, 15.6 및 18.2 %로 처리간에 유의적인 차이는 없었다. 예취 회수 별 조단백질 함량은 3차 이용시가 가장 높았으며 처리간에 유의적인 차이는 없었다. Steen 등(1979)의 보고에 의하면 톨 페스큐 품종 Ky31, G1-306, G1-307 및 Kenhy의 조단백질 함량은 각각 17.6, 18.4, 16.8 및 16.7%였다고 하여 본 시험의 결과와 비슷한 함량을 나타내고 있다.

또한 혼파 비율에 따른 평균 조단백질 수량은 각각 1,451, 1,351, 1,290, 1,262, 1,216, 1,432 및 1,454kg/ha으로 조단백질 함량과 마찬가지로 처리간에 유의

Table 4. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on CP contents of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | Crude protein contents | | | | |
|--------------------------|------------------------|------|------|------|------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Ave. |
| % | % | | | | |
| 100:0 | 15.1 | 16.7 | 20.7 | 12.5 | 16.3 |
| 80:20 | 13.5 | 14.8 | 22.1 | 11.7 | 15.5 |
| 60:40 | 13.2 | 15.7 | 23.3 | 13.2 | 16.4 |
| 50:50 | 14.3 | 14.7 | 20.0 | 12.5 | 15.4 |
| 40:60 | 13.7 | 16.1 | 18.4 | 10.4 | 14.7 |
| 20:80 | 14.4 | 17.5 | 19.0 | 11.3 | 15.6 |
| 0:100 | 15.7 | 19.5 | 21.2 | 16.4 | 18.2 |
| Ave. | 14.1 | 16.4 | 20.7 | 12.6 | 16.0 |

Table 5. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on CP yield of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | Crude protein yield | | | | |
|--------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Total |
| % | kg/ha | | | | |
| 100:0 | 821 | 154 | 286 | 190 | 1,451 |
| 80:20 | 759 | 135 | 292 | 165 | 1,351 |
| 60:40 | 700 | 127 | 299 | 164 | 1,290 |
| 50:50 | 756 | 141 | 220 | 145 | 1,262 |
| 40:60 | 690 | 159 | 233 | 134 | 1,216 |
| 20:80 | 865 | 148 | 281 | 138 | 1,432 |
| 0:100 | 822 | 180 | 250 | 202 | 1,454 |
| LSD (0.05) | NS | NS | NS | NS | NS |

적인 차이는 없었다. 예취 회수별 조단백질 수량 변화는 건물수량과 마찬가지로 1차 예취시에 가장 높았으며, 2차에 크게 감소하였다가 그 후에 약간 증가하였으며 처리간에 유의적인 차이는 없었다.

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐의 NDF와 ADF 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되어 얻어진 결과는 Table 6과 7에서 보는 바와 같다.

혼파 비율에 따른 톨 페스큐의 NDF와 ADF 함량은 endophyte 감염과 무감염 종자를 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100의 비율로 혼파하였을 때 NDF 함량의 평균은 각각 59.8, 60.8, 62.2, 61.8,

61.6, 61.0 및 60.3%로 처리간에 큰 차이는 없었다.

또한 ADF 함량도 NDF 함량과 마찬가지로 평균이 각각 31.7, 32.8, 33.1, 32.0, 32.2, 33.1 및 32.0%로 처리간에 큰 차이가 없었다.

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐의 IVDMD 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되어 얻어진 결과는 Table 8에서 보는 바와 같다.

혼파 비율에 따른 톨 페스큐의 IVDMD 함량은 endophyte 감염과 무감염 종자를 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100의 비율로 혼파하였을 때 평균은 각각 71.5, 68.9, 68.9, 68.4, 69.0, 67.7 및 69.9

Table 6. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on NDF contents of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | NDF contents | | | | |
|--------------------------|--------------|------|------|------|------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Ave. |
| % | % | | | | |
| 100:0 | 64.5 | 62.3 | 56.5 | 55.7 | 59.8 |
| 80:20 | 62.8 | 62.6 | 59.3 | 58.6 | 60.8 |
| 60:40 | 64.1 | 64.6 | 60.3 | 59.7 | 62.2 |
| 50:50 | 61.7 | 62.5 | 61.6 | 61.3 | 61.8 |
| 40:60 | 63.4 | 63.8 | 60.4 | 58.6 | 61.6 |
| 20:80 | 61.4 | 63.9 | 60.5 | 58.1 | 61.0 |
| 0:100 | 62.8 | 62.4 | 60.4 | 55.4 | 60.3 |
| Ave. | 63.0 | 63.2 | 59.9 | 58.2 | 61.1 |

Table 7. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on ADF contents of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | ADF contents | | | | |
|--------------------------|--------------|------|------|------|------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Ave. |
| % | % | | | | |
| 100:0 | 35.6 | 33.6 | 29.0 | 28.7 | 31.7 |
| 80:20 | 35.1 | 35.6 | 29.2 | 31.4 | 32.8 |
| 60:40 | 37.0 | 35.8 | 29.9 | 29.5 | 33.1 |
| 50:50 | 33.9 | 33.9 | 30.6 | 29.6 | 32.0 |
| 40:60 | 33.4 | 33.6 | 30.5 | 31.4 | 32.2 |
| 20:80 | 33.3 | 36.2 | 31.6 | 31.1 | 33.1 |
| 0:100 | 34.1 | 33.7 | 29.6 | 30.4 | 32.0 |
| Ave. | 34.6 | 34.6 | 30.1 | 30.3 | 32.4 |

Table 8. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on IVDMD contents of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | IVDMD contents | | | | |
|--------------------------|----------------|------|------|------|------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Ave. |
| % | % | | | | |
| 100:0 | 63.3 | 74.9 | 69.9 | 77.9 | 71.5 |
| 80:20 | 67.8 | 74.0 | 66.9 | 66.7 | 68.9 |
| 60:40 | 66.1 | 73.0 | 69.7 | 66.9 | 68.9 |
| 50:50 | 62.3 | 75.4 | 62.4 | 73.5 | 68.4 |
| 40:60 | 68.3 | 69.0 | 64.0 | 75.8 | 69.0 |
| 20:80 | 65.1 | 71.9 | 63.8 | 69.9 | 67.7 |
| 0:100 | 68.2 | 73.6 | 67.6 | 70.0 | 69.9 |
| Ave. | 65.9 | 73.1 | 66.0 | 71.5 | 69.0 |

%로 처리간에 큰 차이는 없었다.

Lacefield 등(1994)은 endophyte 감염 톨 페스큐는 무감염 톨 페스큐에 비해 사료가치가 약간 낮아진다고 하였으나, Howard 등(1992)은 감염에 의해 사료가치는 큰 차이가 나지 않는다고 하였다. 또한 Jackson 등(1984)도 조단백질, ADF, NDF와 IVDMD 함량 등 목초의 사료가치는 엔도파이트 감염과 무감염간에 큰 차이가 없다고 하여 본 시험의 결과와 일치하고 있다.

4. 톨 페스큐 초지의 잡초율

Endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 톨 페스큐 초지의 잡초율에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되어 얻어진 결과는 Table 9에서 보는 바와 같다.

Endophyte 감염과 무감염 종자를 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100의 비율로 혼파하였을 때 평균 잡초율은 각각 10, 13, 11, 14, 13, 12 및 15%로 endophyte 무감염 종자의 비율이 많을 때 잡

Table 9. Effect of the mixed rates of endophyte-free and -infected seed on weed contents of tall fescue.

| Mixture ratio (+ : -) | Weed contents | | | | |
|--------------------------|---------------|-----|-----|-----|------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | Ave. |
| % | % | | | | |
| 100:0 | 7 | 13 | 10 | 10 | 10 |
| 80:20 | 4 | 15 | 15 | 16 | 13 |
| 60:40 | 7 | 17 | 9 | 12 | 11 |
| 50:50 | 3 | 12 | 18 | 23 | 14 |
| 40:60 | 4 | 15 | 16 | 16 | 13 |
| 20:80 | 4 | 20 | 11 | 14 | 12 |
| 0:100 | 4 | 12 | 27 | 17 | 15 |
| Ave. | 4 | 15 | 15 | 15 | 13 |
| LSD (0.05) | NS | NS | NS | NS | NS |

초율은 약간 증가하였으나 처리간에 유의적인 차이는 없었다. 또한 예취 회수별로는 1차 이용시가 평균 4%로 낮았으며, 2차 이용 후 부터 15%로 처리간에 유의적인 차이는 없었다.

IV. 적 요

본 연구는 endophyte 감염과 무감염 종자의 혼파 비율이 엔도파이트 감염율, 톨 페스큐의 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향을 구명하고자 1993년부터 1994년까지 1년간 축산기술연구소 초지사료과 시험포장에서 수행되었다. 처리 내용은 endophyte 감염과 무감염 종자의 비율을 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100으로 하여 난괴법 3반복으로 시험설계 배치하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

Endophyte 감염율은 감염종자의 혼파비율이 높을수록 증가하였으나 처리간에 유의적인 차이는 없었다. 톨 페스큐의 건물수량도 처리간에 유의적인 차이는 없었고, 사료가치인 조단백질, NDF, ADF 및 IVDMD 함량은 처리간에 큰 차이가 없었다.

톨 페스큐 초지의 잡초율은 무감염 종자의 혼파 비율이 높을수록 약간 증가하였으나 처리간에 유의적인 차이는 없었다.

따라서 endophyte 감염율은 감염종자의 혼파 비율이 높을수록 증가하였고 톨 페스큐의 건물수량과 사료가치는 차이가 없었다. 또한 무감염 종자의 혼파 비율이 높을수록 잡초율이 약간 증가하였으나 무감염 품종이 환경에 대한 적응력에 있어서 현저하게 약한 것으로 나타나지는 않았다.

V. 인용 문헌

1. A. O. A. C. 1984. Official method of analysis. 14th ed. AOAC, Washington, DC.
2. Arachevaleta, M., C.W. Bacon, C.S. Hoveland, and D.E. Radcliffe. 1989. Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress. *Agron. J.* 81:83-90.
3. Ball, D.M., C.S. Hoveland, and G.D. Lacefield. 1991. Southern forages: Fescue toxicity. Williams Printing Company, Atlanta, Georgia, USA. pp 169-174.
4. Bouton, J.H., R.N. Gates, D.P. Belesky, and M. Owsley. 1993. Yield and persistence of tall fescue in the southeastern coastal plain after removal of its endophyte. *Agron. J.* 85:52-55.
5. Christensen, M.J. 1992. *Acremonium* endophytes

- of grasses. Personal Report 1-5.
6. Fribourg, H.A., S.R. Wilkinson, and G.N. Rhodes Jr. 1988. Switching from fungus-infected to fungus-free tall fescue. *J. Prod. Agric.* 1:122-127.
 7. Goering, H.L., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agr. Handbook No. 379*. USDA.
 8. Hemken, R.W., J.A. Boling, L.S. Bull, R.H. Hatton, R.C. Buckner, and L.P. Bush. 1981. Interaction of environmental temperature and anti-quality factors on the severity of summer fescue toxicosis. *J. Anim. Sci.* 52:710-714.
 9. Hill, N.S., D.P. Belesky, and W.C. Stringer. 1991. Competitiveness of tall fescue as influenced by *Acremonium coenophialum*. *Crop Sci.* 31:185-190.
 10. Hoveland, C.S., R.L. Haaland, C.C. King, Jr., W.B. Anthony, E.M. Clark, J.A. McGuire, L.A. Smith, H.W. Grimes, and J.L. Holliman. 1980. Association of *Epichloe typhina* fungus and steer performance on tall fescue pasture. *Agron. J.* 72:1064-1065.
 11. Howard, M.D., R.B. Muntifering, N.W. Bradley, G. E. Mitchell, Jr., and S.R. Lowry. 1992. Voluntary intake and ingestive behavior of steers grazing Johnstone or endophyte-infected Kentucky-31 tall fescue. *J. Anim. Sci.* 70:1227-1237.
 12. Jackson, J.A., Jr., R.W. Hemken, J.A. Boling, R.J. Harmon, R.C. Buckner, and L.P. Bush. 1984. Loline alkaloids in tall fescue hay and seed and their relationship to summer fescue toxicosis in cattle. *J. Dairy Sci.* 67:104-109.
 13. Lacefield, G.D., C.S. Hoveland, and D.M. Ball. 1994. Tall fescue hay. *Oregon Tall Fescue Commission*. pp. 7-8.
 14. Moore, J.E. 1970. *In vitro* dry matter or organic matter digestion. *Nutri. Res. Techn.* 1:5001-5005.
 15. Santen, E. van. 1992. Animal preference of tall fescue during reproductive growth in the spring. *Agron. J.* 84:979-982.
 16. Shelby, R.A. and L.W. Dalrymple. 1993. Long-term changes of endophyte infection in tall fescue stands. *Grass and Forage Sci.* 48:356-361.
 17. Steen, W.W., N. Gay, J.A. Boling, G. Lacefield, L. P. Bush, and R.C. Buckner. 1979. Evaluation of Kentucky 31, G1-306, G1-307 and Kenhy tall fescue as pasture for yearling steers. I. Forage composition. *J. Anim. Sci.* 48(3):607-617.