

논에서 이탈리아 라이그라스의 파종방법이 월동, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향

김맹중 · 최기준 · 육완방* · 임영철 · 윤세형 · 김종근 · 박형수** · 서 성

Effects of Seeding Method on the Winter Survival, Dry Matter Yield and Nutrient Value of Italian Ryegrass in Paddy Field

Meing Jooung Kim, Gi Jun Choi, Wan Bang Yook*, Young Chul Lim, Sei Hyung Yoon, Jong Geun Kim, Hyung Soo Park** and Sung Seo

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine the effect of seeding method on winter survival and dry matter yield of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. "Kospeed") in paddy field for two years. The experiment was arranged in randomized complete block design with three replications. The treatment consisted of four different seeding methods, R-LS-P (rotary-line sowing-packing), R-BS-P (rotary-broadcast seeding-packing), R-BS (rotary-broadcast seeding), R-BS-TR (rotary-broadcast seeding-trifling rotary), BS-TR (broadcast seeding-trifling rotary). The emergence ratio of broadcast was decreased by 12% and winter survival was decreased by 17% compared with line sowing. The R-BS-TR treatment which was practical seeding method of rye was decreased seeding stand ratio by 65.2% and winter survival by 6.7% compared with others seeding methods. Dry matter yield of line sowing (8,151 kg/ha) was higher than that of broadcast (6,281 kg/ha) and R-BS-P treatment was the highest DM yield as 7,166 kg/ha. There was not found significant difference among seeding method in forage quality. The results of this experiment indicated that R-BS-P (rotary-broadcast seeding-packing) was recommendable the best seeding method after harvested whole crop rice in paddy field.

(Key words : Italian ryegrass, Seeding methods, Winter survival, Broadcast Seeding)

I. 서 론

이탈리안 라이그라스 (*Lolium multiflorum* Lam.)는 내습성이 강하여 논에서 호밀, 보리보다 재배하기 쉬우나 겨울철 추위에 약하여 주로 우리나라의 남부지방에서 답리작으로 많이 재배되고 있으며(김 등, 1987), 이탈리아 라이그라스의 안전재배지역을 중북부지방까지 확대하기

위해 내한성 품종으로 육성된 "화산 101호" "Kospeed" "Kogreen" 등은 1월 최저 평균기온이 -9°C 에서도 월동이 가능한 품종으로 재배면적이 증가하고 있다(최 등, 2006). 우리나라의 연간 이탈리아 라이그라스 종자 도입량은 400여톤으로 약 10,000 ha에 재배되고 있으며 내한성 품종으로 육성된 화산 101호는 40톤을 해외에서 증식하여 1,000 ha에 재배되고 있다.

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

* 건국대학교 축산대학(Collage of Animal Husbandry, Kon-kuk Univ. Seoul 143-701, Korea)

** 난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture, RDA)

Corresponding author : Meing Jooung Kim, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 330-801, Korea

Tel : 041-580-6774, Fax : 041-580-6769, E-mail : mj@rda.go.kr

이탈리안 라이그라스는 다습한 지중해 지방이 원산지로 보리나 호밀 보다 내습성이 강하기 때문에 논에서 재배하는 것이 바람직하며 월년생 사료작물로 기축이 고온 스트레스를 심하게 받는 6~8월에 급여할 수 있는 양질의 사료작물이다. 그러나 논에서는 적기파종을 위해서 입모 중 파종을 해야 하며 조생종 계통의 벼를 재배하거나 벼 대체작물(옥수수, 수단그라스류, 총채 벼 등)을 재배해야 한다. 또한 호밀과 보리 파종량 160~200 kg/ha에 비해 40 kg/ha을 파종해야 하며 종자가 가볍고 작아 깊게 묻히는 파종작업으로 발아율이 낮아지는 원인이 되고 있다. 월동 사료작물로 재배하고 있는 보리, 호밀의 파종법은 휴립광산파 또는 로타리-산파-가벼운 로타리로 파종하는데 이탈리안 라이그라스를 동일한 방법으로 파종하므로 출현율이 불량한 원인이 되고 있다. 따라서 본 시험은 이탈리안 라이그라스의 출현율 향상과 월동율을 높여 건물생산량을 증대시킬 수 있는 파종방법을 구명하여 중부지방 논에서 이탈리안 라이그라스 재배확대에 기여하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 축산과학원에서 이탈리안 라이그라스 내한 다수성 품종으로 육성한 조생종 "Kospeed"를 공시품종으로 하여 2003년부터 2005년까지 농촌진흥청 축산과학원 조사료지원과 수원포장에서 수행하였다.

총채 벼를 수확한 논에서 벗짚을 수거 한 후 이탈리안 라이그라스 종자파종은 각 파종방법 별로 조파는 토양 로타리 후 20cm 휴폭으로 줄뿌림하였고, 산파는 로타리-산파-진압, 로타리-산파, 로타리-산파-가벼운 로타리, 산파-가벼운 로타리 등 4처리를 난괴법 3반복으로 하였으며 시험구당 면적은 12m²로 처리하였다. 논에서 로타리 쇄토한 후 진압은 롤러로 눌렀고, 가벼운 로타리는 로타리 날을 1/2로 줄이고 얇게 로타리 하였다. 파종량은 40 kg/ha으로 하였고, 파종일은 중부지방에서 알맞은 9월 25일에 파종하였다. 시비량은 성분량으로 N-P₂O₅-K₂O = 140-150-150 kg/ha을 질소는 기비 40%, 이른 봄 생육개시기에 60%로 분시 하였으며 김 등(1991)과 같이 인산과 칼리는 기비와 이른 봄 생육개시기에 각각 50%씩 분시 하였다.

파종방법별 출현율은 파종 30일 후에 900cm² 방형틀을 이용하여 제1본엽이 출현된 것을 전수 조사하였다. 내한성 조사는 월동 전(12월 10일)과 월동 후(3월 15일) 이른 봄에 동사 주를 전수 조사하였다. 수확기는 5월 17일로 출수기에 전구를 수확하여 조사하였다. 식물체의 조단백질은 AOAC법(1990)으로 분석하였으며, total digestible nutrient (TDN)은 Menke 및 Huss (1980)의 방법을 이용하여 계산하였고, *in vitro* 소화율 (IVDMD)은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore (1970)가 수정한 방법으로, Acid detergent fiber (ADF)와 neutral detergent fiber (NDF)는 Goering 및 Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. 시험 전 토양은 Table 1에서 보

Table 1. Chemical characteristics of experimental field

pH (1:5H ₂ O)	T-N (%)	OM (%)	Avg.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)				CEC (cmol ⁺ /kg)
				Ca	K	Mg	Na	
5.74	0.13	0.9	140	4.68	0.94	1.06	0.27	6.73

Table 2. Climate conditions during the experimental period (2003~2005)

Area	Atmosphere temperature(°C)			Total rainfall(mm)	Duration of sunshine(hr.)
	Min.	Max.	Mean		
Suwon	2.6	14.5	7.0	265	1,502
	(0.4)	(12.2)	(6.0)	(297)	(1,397)

() Data in the normal years.

는바와 같이 점토함량이 높은 pH 5.74의 미숙 토양이며 총 질소 함량 및 유기물 함량이 기준 함량에 미치지 못하였고 인산 함량도 140 mg/kg으로 낮은 편이었다.

III. 결과 및 고찰

1. 파종방법별 입모율과 생육특성

파종방법별 입모율과 분얼수, 초장, 월동생육 상태를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 출현수에 있어서 조파구 689개/m²로 산파구 평균 606개/m²에 비해 12% 출현율이 높았다. 이와 같이 산파는 조파에 비해 종자가 균일하게 파종되지 않을 뿐만 아니라 파종깊이도 불균일하게 되므로 출현수가 감소하였다. 특히 산파구의 “로타리-산파-가벼운 로타리” 파종방법은 출현율이 가장 저조하였는데 이 파종방법은 보리나 호밀을 파종할 때 사용하는 관행 산파방법으로 이탈리아 라이그라스 종자가 로타리 복토작업으로 깊이 묻히게 되므로 출현율이 저조한 것으로 나타났다. 산파 방법 중 종자가 가장 얇게 묻히는 “로타리-산파” 파종법은 관행 파종방법인 “로타리-산파-가벼운 로타리”에 비해 출현율 36% 증가하고 분얼수도 0.2개/주 증가하게 되는데 이것은 종자가 깊게 묻히므로 발아에 영향을 주는 것으로 사료된다. 답리작 이탈리아 라이그라스의 파종은 동력 살 분무기를 이용하여 산포하면 종자가 균일하게 뿌려지고 토양 진압을 하므로 출현수와 월동율을 높일

수 있다. 김 등(1995)도 이탈리아 라이그라스의 입모율 향상을 위해 동력 살 분무기를 이용하여 종자가 균일하게 산포되어야 한다고 하였다. 논에서 토양수분이 충분할 때 파종 후 입모일수는 8.5일이 소요되었으며 월동 전 12월 10일에 조사한 분얼수는 주당 평균 2.4개로 월동에 알맞은 분얼수는 2~3개로 판단되었다. 또한 종자가 깊게 묻히는 “로타리-산파-가벼운 로타리” 파종구는 분얼수가 주당 평균 2.2개로 분얼수도 감소하는 경향이였다. 파종 후 이탈리아 라이그라스의 출현율은 유 등(1985), 진 등(1985), 제 등(1984)이 보고한 것과 같이 종자가 땅에 깊게 묻히므로 이탈리아 라이그라스의 출현율이 떨어지는 것을 알 수 있다. 한편 논에서 월동 사료작물의 파종방법으로 고 등(1991)은 보리 파종법으로 사용하고 있는 휴립광산파를 이탈리아 라이그라스 파종법으로 제시하였는데 이 파종법은 출현율이 감소하여 현재는 사용하는 농가가 거의 없으며 논에서는 입모중 파종법을 많이 사용하고 있다. 이와 같이 이탈리아 라이그라스는 g당 250~300립으로 가볍고 작아 산파 시 분산이 잘되도록 종자를 뿌려야 하고 종자가 토양에 얇게 묻혀야 출현율을 높일 수 있었다.

월동 전(12월 10일) 생육조사 결과 “로타리-산파-진압” 파종구의 경수는 1,657개/m², “로타리-산파-가벼운 로타리” 파종구의 경수가 953개/m²로 “로타리-산파-진압” 파종구의 경수가 45% 증가하는데 이것은 출현율과 분얼경수가 증가한 것으로 “로타리-산파-가벼운

Table 3. Effect of seeding method on growth characteristics of Italian ryegrass in paddy field(2003~2005)

Seeding method	Emergence (No./m ²)	No. of stem (No./m ²)	No. of tiller (No./plant)	Plant height(cm)	Dead leaf (1-9*)
R-LS-P**	689	1,654	2.4	16.8	6.5
R-BS-P	644	1,737	2.7	17.2	7.0
R-BS	678	1,627	2.4	15.7	7.2
R-BS-TR	433	953	2.2	12.3	7.0
BS-TR	670	1,608	2.4	16.5	7.1

* 1 : strong or excellent, 9 : weak or worst.

** R-LS-P=Rotary-Line owing-Packing, R-BS-P=Rotary-Broadcast Seeding-Packing, R-BS=Rotary-Broadcast Seeding, R-BS-TR=Rotary-Broadcast Seeding-Trifling Rotary, BS-TR=Broadcast Seeding-Trifling Rotary.

Table 4. Effect of seeding method on winter survival, heading date, plant height, lodging tolerance and disease resistance of Italian ryegrass in paddy field(2003~2005)

Seeding method	Winter survival(%)	Heading date	Plant*** height(cm)	Lodging tolerance (1-9*)	Disease resistance (1-9)
R-LS-P **	94	5 May	83	1	1
R-BS-P	81	5 May	80	1	1
R-BS	75	6 May	80	1	1
R-BS-TR	74	6 May	80	1	1
BS-TR	82	5 May	81	1	1

* 1 : strong or excellent, 9 : weak or worst.

** R-LS-P=Rotary-Line Sowing-Packing, R-BS-P=Rotary-Broadcast Seeding-Packing, R-BS=Rotary-Broadcast Seeding, R-BS-TR=Rotary-Broadcast Seeding-Trifling Rotary, BS-TR=Broadcast Seeding-Trifling Rotary.

*** harvest at 17 May.

로타리” 파종구는 종자가 깊게 묻히므로 출현 수와 분얼수가 증가하지 못하는 원인으로 분석된다. 월동 전 초장은 모든 처리구에서 12.3~17.2cm를 나타냈으며 월동 후 고엽이 심하게 발생하였고 줄기와 생장점 부분만 겨우 생존하는 상태로 월동이 불량하였다. 이와 같은 결과는 고 등(1991)의 진주, 김 등(1992)의 익산지역에서 파종한 결과 고엽율이 10% 미만인 것과 비교할 때 지역별로 월동력이 다른 것을 알 수 있다. 그러나 고엽율이 많은 개체도 이른 봄 생육 재생기에는 분얼이 왕성하고 생육상태도 회복되었다.

2. 내한성과 생육특성

이탈리안 라이그라스는 월동기간 중 기상환경에 많은 영향을 받으며 특히 내한성이 강한 품종이 요구되고 있다. 최 등(2000)은 겨울이 추운지역에서 월동력 강한 이탈리안 라이그라스 내한성 품종은 1월 최저 평균기온이 -9℃ 이하 지역에서 재배가 가능하다고 하였다. 수원지역에서 1월 최저기온이 -9℃ 이하로 떨어지는 기간은 9일 이었고, 파종방법에 따른 월동율은 조파가 94%로 가장 안전하게 월동하였으며 산파는 78%로 월동율이 조파에 비해 떨어지는 경향을 보였다. 조파는 산파에 비해 출현개체가 집단을 이루게 되므로 월동율이 증가하는데 이는 월동전에 분얼경이 많아 집단을 형성하는 것이 월동율을 높이게 되었다.

월동율에 있어서 최 등(2007; 2006)은 “Kospeed”

“Kogreen” 품종이 제주와 익산에서 월동율은 100%, 수원과 영주 등에서는 60~90%의 월동율을 나타낸 것과 같이 중북부 지방은 남부지방에 비해 월동율이 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 김 등(1998)은 중북부 서해안지대(경기수원)에서 월동지수가 7로 불량한 상태로 보고한 바 년차별 차이가 심한 것으로 나타났다. 파종방법별 출수일은 5월 5일로 동일한 생육을 보였다. 5월 18일 수확 시는 개화기로 초장이 81cm로 나타났는데 최 등(2007)의 코스피드 수확기 초장 85cm 보다 4cm 짧았다. 또한 만생종인 화산 101호에 비해서 초장이 13cm 짧아 조생종의 건물수량이 감소하는 것으로 판단된다. 그러나 초장이 짧은 조생종은 도북에는 강한 특성을 나타내었으며 병충해도 발생하지 않았다. 월동율의 차이는 토양 서릿발 형성으로 뿌리가 들떠 동사하는 개체가 답압하지 않은 파종방법에서 많았으며 논에서 “무경운 산파-가벼운 로타리” 파종구의 월동율은 82% “로타리-산파” 파종구는 75%로 토양경운에 의해 월동율이 낮아지는 경향을 나타내었다. 수확시기는 출수 후 12일 경과 된 5월 18일 수확하였으며 중부지방의 답리작 작부체제로 볼 때 모 내기는 5월 20일~5월 25일경이 적당할 것으로 판단된다.

3. 파종방법별 수량성

파종방법별 생초수량과 건물수량은 5월 17일에 전구를 수확하여 조사한 결과 생초량과 건

물수량은 조파방법에서 8,151 kg/ha으로 가장 많은 것으로 나타났으며 파종방법별 유의성이 인정되었다(p<0.05). 산파방법에서도 Table 5에서 보는 바와 같이 “로타리-산파-진압” 방법이 7,166 kg/ha로 가장 높았으며, “산파-가벼운 로타리”, “로타리-산파”, “로타리-산파-가벼운 로타리” 순으로 많았다. 또한 산파는 조파에 비해 68~88%의 낮은 수량을 보여 산파보다 조파가 건물생산량이 우수하였다. 파종방법에 따른 월동력은 건물수량에 영향을 미치게 되므로 월동력이 우수한 파종방법이 건물수량도 많다는 것을 알 수 있다. 김 등(1998)은 경기 수원에서 건물 생산량의 년차별 차이는 월동율에 따라 차이가 있는 것으로 본 시험에서도 같은 결론을 얻었다. 중부지방에서 답리작 이탈리아 라이그라스의 산파재배 파종방법 중 “로타리-산파-진압” 방법이 가장 건물수량이 높았으며, 인력과 작업시간을 고려할 때 “무경

운 산파-가벼운 로타리” 파종법도 작업효율을 높일 수 있는 파종방법이었다.

4. 사료가치

이탈리안 라이그라스 답리작재배 파종방법별 조사료의 사료가치는 Table 6과 같다. 내한 조숙성 ‘코스피드’의 조단백질 함량은 11.8%로 최 등(2007)의 사료가치 분석 14.9% 보다 3.1% 낮았다. 이와 같이 조숙성 품종은 출수-개화 기간이 짧아 수확시기에 따라 조단백질 함량 및 소화율에 영향을 받게 된다. 또한 IVDMD는 58.0%로 조생종이 소화율에서 다소 낮은 결과를 얻었으며 조숙종의 수확시기를 출수전기로 앞당기는 것이 사료가치를 높이는 방법으로 사료된다. 파종방법별 사료가치는 조지방과 NDF의 함량이 김 등(1998)이 보고한 것보다 다소 높았으며 품종별 수확시기에 따라 차이가

Table 5. Effect of seeding method on yield composition of Italian ryegrass in paddy field (2003~2005)

Seeding method	Fresh yield* (kg/ha)	DM (%)	DM yield (kg/ha)	TDN yield (kg/ha)
R-LS-P **	42,417	19.3	8,151	5,184
R-BS-P	34,519	20.7	7,166	4,644
R-BS	31,222	19.5	6,090	3,848
R-BS-TR	30,546	18.2	5,549	3,485
BS-TR	33,621	18.8	6,319	4,101
LSD (0.05)	6,427		1,497	
C.V	16.2		19.6	

* 1 : strong or excellent, 9 : weak or worst.

** R-LS-P=Rotary-Line Sowing-Packing, R-BS-P=Rotary-Broadcast Seeding-Packing, R-BS=Rotary-Broadcast Seeding, R-BS-TR=Rotary-Broadcast Seeding-Trifling Rotary, BS-TR=Broadcast Seeding-Trifling Rotary.

Table 6. Effect of seeding method on chemical composition, quality of Italian ryegrass in paddy field (2004~2005)

Seeding method	Crude protein	Ether extract	Crude ash	NDF	ADF	IVDMD
 %					
R-LS-P *	12.7	3.8	10.5	61.4	33.7	55.9
R-BS-P	11.7	3.2	8.8	61.5	32.2	57.7
R-BS	10.1	2.8	8.4	63.0	34.3	58.7
R-BS-TR	10.5	3.0	8.2	64.4	34.8	54.4
BS-TR	14.2	3.6	9.0	58.8	32.1	63.3

* R-LS-P=Rotary-Line Sowing-Packing, R-BS-P=Rotary-Broadcast Seeding-Packing, R-BS=Rotary-Broadcast Seeding, R-BS-TR=Rotary-Broadcast Seeding-Trifling Rotary, BS-TR=Broadcast Seeding-Trifling Rotary.

있을 것으로 사료된다. 따라서 수확시기를 출수전기에 수확하는 것이 사료가치를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 논에서 월동사료작물로 재배되고 있는 내한성 이탈리아인 라이그라스(*Lolium multiflorum* Kospeed)의 입모율 향상과 건물수량 증대를 위해 우리나라 중부지역에 알맞은 파종방법을 구명하고자 본시험을 수행하였다. 파종시기는 총체벼 수확 후 9월 25일에 파종하였으며 파종방법은 로타리-조파-진압, 로타리-산파-진압, 로타리-산파, 로타리-산파-가벼운 로타리, 무경운산파-가벼운 로타리) 5처리를 난피법 3반복으로 수행하였다. 파종방법별 입모율은 조파에 비해 산파는 12.0% 감소하며, 월동율에 있어서도 17.0% 감소하였다. 특히 관행 호밀 파종법으로 사용하는 로타리-산파-가벼운 로타리 파종법은 다른 산파방법 보다 입모율이 65.2% 수준으로 낮아지며, 월동율도 6.7% 감소하였다. 파종방법별 건물수량에서 산파는 6,281 kg/ha로 조파 8,151 kg/ha에 비해 71% 수준으로 낮게 나타났다($p < 0.05$), 산파방법 중 “로타리-산파-진압” 파종방법은 7,166 kg/ha로 조파 대비 87.9% 건물수량을 높일 수 있는 파종방법이었다. 그러나 관행 파종법인 “로타리-산파-가벼운 로타리” 파종방법은 조파에 비해 건물수량이 68% 수준으로 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 그러나 사료가치에서 파종방법별 유의성은 없었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 총체벼 후작으로 이탈리아인 라이그라스 재배시 “로타리-산파-진압” 파종방법이 가장 적합한 방법으로 추천된다.

V. 인용 문헌

1. 강정훈, 박희철, 이남중, 박병훈. 1988. 이탈리아인 라이그라스의 파종기와 파종량이 종실수량에 미치는 영향. 농시논문집(축산편) 30(2):48-53.
2. 고영두, 정길영, 유영우, 이두환, 김재황. 1991. 파종시기와 파종방법이 답리작 Italian ryegrass의 월동력과 수량에 미치는 영향. 한국초지학회지 11(1):30-37.
3. 김영두, 박태일, 채재석, 장영선, 박근룡. 1992. 답리작 이탈리아인 라이그라스의 생육특성과 건물 및 양분축적. 한국초지학회지 34(2):39-44.
4. 김영두, 박태일, 채재석, 장영선. 1995. 이탈리아인 라이그라스와 호밀의 혼파비율이 생육특성 및 수량에 미치는 영향. 한국초지학회지 37(1):473-480.
5. 김정태, 서득용, 서형수, 김용철, 허충효. 1991. 벼 입모중 이탈리아인 라이그라스 파종 및 질소추비에 관한 연구. 한국초지학회지 33(3):54-58.
6. 김동암, 김문철, 전우복, 신정남, 권찬호, 금종성, 임상훈. 1998. 목초 및 사료작물 정부장려품종의 지역적응성 평가. V. 이탈리아인 라이그라스의 사초수량과 사료가치. 한국초지학회지 18(1):11-18.
7. 류 정, 김영노, 채재석. 1985. 논뒷그루 사료작물 재배에 관한 연구. 사료작물 재배한계 지대조사. 이리농업시험장 연구보고서 pp. 557-559.
8. 진성계. 1985. 논뒷그루 사료작물 재배에 관한 연구. 사료작물 파종방법 시험. 이리농업시험장 시험연구보고서 pp. 186-188.
9. 채재석, 김영노, 류 정, 김정근. 1984. 논뒷그루 사료작물 재배에 관한 연구. 사료작물 파종적기 및 파종방법시험. 이리농업시험장 시험연구보고서 pp. 450-452.
10. 최기준, 임용우, 김기용, 최순호, 성병렬, 김원호, 신동은, 임영철. 2000. 내한 다수성 이탈리아인 라이그라스 신품종 “화산 101호”. 한국초지학회지 20(1):1-6.
11. 최기준, 임영철, 성병렬, 김기용, 이종경, 임근발, 박형수, 서 성, 지희정. 2007. 내한 조숙성 이탈리아인 라이그라스 신품종 코스피드. 한국초지학회지 27(3):145-150.
12. 최기준, 임영철, 임용우, 성병렬, 김맹중, 김기용, 서 성. 2006. 내한 조숙성 이탈리아인 라이그라스 신품종 코그린. 한국초지학회지 26(1):9-14.
13. AOAC. 1990. Official method of analysis(15th ed.) Association & Official Analytical chemists, Washington DC.
14. Goring, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Ag. Handbook No. 379, ARS. USDA. Washington DC.
15. Menke, K.H. und W. Huss. 1980. Tierernaehrung und Futtermittel-kunde. UTB Ulmer, pp. 38-41.
16. Moore. J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida. Department of Animal Science.
17. Tilley, J.A.M. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestibility of forage crops. J. Brit. Grassl. Sci. 18:104-111.