

유박비료 시비가 수수류의 생육특성 및 건물수량에 미치는 영향

박만호[†], 김기수

전라남도농업기술원 축산연구소

Effects of Growth Characteristics and Dry Matter Yield of Organic Mixed Expeller Cake Fertilizer in Sorghum-Sudangrass Hybrids

Man-Ho Park[†], Ki-Soo Kim

Livestock Institute, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Kangjin 57147, Korea

(Received: Dec. 4, 2017 / Revised: Dec. 12, 2017 / Accepted: Dec. 13, 2017)

ABSTRACT: This experiment was carried out to compare the productivity and feed value between standard cultivation and organic mixed expeller cake fertilizer cultivation to develop organic cultivation technology except from standard cultivation using chemical fertilizers in the field of forage production. This study was conducted in the rice field of Livestock Research Institute Jacheon-myeon, Gangjin-gun Jeollanam-do. Organic mixed expeller cake fertilizer consists of 4.0% nitrogen, 65% castor, 30% seeds and 5% fish meal. Sorghum-Sudangrass Hybrids(SX17) was sowed 40kg per hectare on May 25. Test group formation was consisted of a standard group and test treatment. The standard group(Con.) was fertilized chemical fertilizer according to the N-P-K kg/ha, 200-150-150 (basal 100kg, uptake 100kg). Test treatment was carried out organic fertilizer 100%(T1), organic fertilizer 150%(T2) and organic fertilizer 200%(T3) according to the nitrogen content of standard group(Con.). Plant height of harvest time depending on the treatment was that Con was 317cm, T1 was 252cm, T2 was 269cm and T3 was 293cm. Dry matter yield was that Con was 11,386kg/ha, T1 was 6,015kg/ha, T2 was 6,799kg/ha, T3 was 7,627kg/ha. In the test treatment, plant height and dry matter yield increased with increasing fertilizer. Crude protein was the height in Con(7.0%) and Crude protein of test treatment was T1(5.7%), T2(6.3%), and T3(5.1%). As a result of this study, T2 was recommended.

Keywords: Sorghum, Sudangrass, Mixed expeller cake fertilizer, Organic forage

초 록: 본 연구는 조사료 생산 분야에서 화학비료를 사용하는 관행농법에서 벗어나 유기재배 기술개발을 위하여 관행재배와 유기재배의 수량성, 사료가치 등을 비교 조사하였다. 시험은 전남 강진군 작천면 소재 축산연구소의 논에서 수행하였다. 유기질 비료로는 질소성분이 4.0% 함유된 유박비료를 이용하였으며, 시험구 편성은 대조구(Con)와 대조구 질소 함량 기준으로 환산하여 유박비료 100% 처리구(T1), 유박비료 150% 처리구(T2), 유박비료200% 처리구(T3)로 구성 하였다. 시험품종은 수수×수단그라스 교잡종(SX17)을 5월 25일에 ha당 40kg을 휴립세조파(조간 50cm)로 파종하였다. 수확기 처리구별 초장은 대조구 317cm, T1 252cm, T2 269cm, T3 293cm으로 대조구가 가장 우수하였고, 시비 처리구에 따른 시험구에서는 시비량의 증가에 따라 증가하였고, 건초량은 대조구 11.386kg/ha, T1 6.015kg/ha, T2 6.799kg/ha, T3 7.627kg/ha으로 초장의 생육과 동일한 경향을 보였다. 조단백질은 대조구 7.0%, T1 5.7%, T2 6.3%, T3 5.1%로 시험 처리구에서는 T2에서 가장 높았다. 이와 같은

[†] Corresponding author(e-mail : k7pmh@korea.kr)

결과로 유박비료를 대조구 시비량 질소 함량 대비 150% 시비에서 사료가치는 유의적 차이를 보이지 않았으나, 초장과 건조량이 증가가 이루어졌으므로 150% 기준으로 시비하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

주제어: 수수, 수단그라스, 유박비료, 유기조사료

1. 서론

최근 식품안전과 환경 등에 소비자 관심이 높아지면서 유기질 비료를 사용한 유기축산에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 전남지역은 초식가축의 사육두수 462천두(2017.6. 통계청)로 전국 2위를 차지하며 가축분뇨가 다량으로 발생될 뿐만 아니라 2012년 이후 부터는 가축분뇨의 해양투기가 전면 금지됨에 따라 가축 분뇨 처리를 위한 다각적인 해결방안이 연구되고 있다.

화학비료의 과다 사용으로 인한 토양의 산성화, 호질소 잡초발생의 증가, 용탈과 더불어 지하수 오염 또는 경제적 손실 등 많은 문제점이 발생되고 있다(Jo et al., 2004). 이러한 문제점들은 친환경적으로 발효된 가축분뇨와 같은 유기질 비료를 사용하여 토양 미생물 활동으로 토양입자를 입단화 시켜 보수성, 보비력 등 토양의 물리·화학적 성질을 개선 시키며(Denef, 2001; Reynolds et al., 2002), 화학비료를 연용하여 작물을 재배해 오던 토양에도 작물의 생육이 향상된다는 보고(Recel, 1994)도 있으므로 가축분뇨를 재사용한 경축순환농법으로 유기 조사료를 생산하는 유기 축산을 정착시켜야 한다.

일반적으로 유기 조사료 생산을 실천하는 농가에서 토양양분관리는 풋거름이나 가축분퇴비를 비롯한 부산물 비료를 이용하여 양분을 공급하고 있다(Kim et al, 2016).

우리나라 비료공정규격에서 정한 부산물비료 가운데 취급하기가 비교적 용이한 유박비료를 시비하여 적정 시비량을 구명하고자 본 연구를 추진했다. 유박비료는 일반 가축분퇴비보다 질소비료 성분이

높고, 지속적인 비료효과가 있어서 과용시 부작용이 우려되기도 하므로 비료성분과 토양양분을 고려하여 사용할 필요가 있다.

유기조사료작물 재배를 위해서 다양한 유박비료와 가축분뇨 시비에 따른 사료가치에 대한 연구(Jo et al., 2004; Jo et al., 2007; Choi et al, 2012; Hwang et al., 2013)가 수행되었다.

전남 지역은 조사료 재배지에 적합한 온난한 기후로 건조와 사일리지 생산 모두에 이용이 가능한 수수×수단그라스 교잡종을 재배한다(Kim, 1983, Underlander, 2003).

따라서 본 연구에서는 유박비료를 시용하여 수수×수단그라스 교잡종(SX17)의 생산성과 사료가치를 평가함으로써 유박비료의 적정 시비량을 구명하여 지속적인 고품질의 유기 조사료 생산 기술 확립으로 유기축산을 영위하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 전남 강진군 작천면에 위치한 전남농업기술원 축산연구소 시험포장에서 2015년 5월부터 2015년 9월 까지 수행되었다. 시험포장 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

공시품종은 수수×수단그라스 교잡종(SX17)을 대상으로 하였다. 파종은 2015년 5월 25일에 파종량 40kg/ha을 파종하였고, 시험구 면적 12㎡(3m×4m)으로 난괴법 3반복으로 조성하여 조건 50cm간격으로 6월 세조파 하였다. 시험포장의 처리구는 화학비료 처리구(대조구), 무시비구, 유박비료 처리구로 유박

Table 1. Chemical Characteristics of Upland Soil

Item	pH (1:5H ₂ O)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	EC (ds/m)	Ex. Cation(cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
Measured value	5.4	32.3	186.0	0.8	0.8	4.4	1.4

Table 2. Composition of Organic mixed Expeller Cake Fertilizer

Item	Nitrogen	Castor	Seeds	Fish meal
Measured value	4.0%	65.0%	30.0%	5.0%

비료 처리구는 관행 화학비료 시비량(N-P-K,kg/ha 200-150-150) 질소 성분량의 100%, 150%, 200%로 처리 하였다. 공시된 유박비료의 성분은 Table 2와 같다.

혼합유박비료는 전량 기비로 시비하였고 화학비료는 인산과 칼리를 각각 ha당 150kg씩 파종당일에 기비로서 전량 시비하였고 질소는 요소를 2회 분할 시비하였다.

도복 측정은 수수류가 지표면에 넘어지는 정도를 달관조사하여 측정하였다. 1~9까지 표시하며 1은 가장우수함을 나타내며 9는 가장약함을 나타낸다.

당도는 수확 시에 반복구당 5개체를 선택하여 기부에서 5번째 마디의 누침을 당도계(Hand Refractometer No 507-I; Nippon Optiaml Works Co. japan)를 이용하여 측정하였다.

수수×수단그라스 교잡종(SX17)의 생초수량을 얻기 위해서 수확일 9월 2일에 지상에서 5 cm 높이로 예취하여 측정하였고, 건물함량은 각 구마다 2주를 선발하여 65℃ 순환 열풍건조기에서 72시간 건조시킨 다음 건물률을 계산하고 이를 기준으로 하여 단위 면적당의 건물 수량을 산출하였다. Wiley mill로

건조된 시료를 분쇄하여 A.O.A.C.법(1990)으로 켈달 장치(Kjeltec TM 2400 Autosampler System)를 이용하여 조단백질 함량을 분석하였고, 산성세제불용성 섬유소(Acid detergent fiber; ADF) 와 중성세제불용성 섬유소(Neutral detergent fiber; NDF) 함량은 Goering and Van soest(1970)법에서 사용되어지는 시약을 이용하여 Ankom fiber analyzer(Ankom technology)로 분석하였다.

사료가치는 화학적 성분 조사에서 얻어진 ADF와 NDF 값을 이용하여 총가소화 영양분(Total digestible nutrients; TDN)을 $88.9 - (0.79 \times ADF)$ 의 계산식으로부터 산출하였고(Holland et al., 1990), 상대적 사료가치(relative feed value; RFV)는 $DDM(Digestible Dry Matter) \times DMI(Dry Matter Intake) / 1.29$ 계산식으로 산출하였다.

본 실험에서 얻어진 모든 자료들의 통계분석은 SAS(Statical Package Program, 2014)에 의하여 파종량과 생육기간 및 유기질 시비량과 생육기간에 따른 수량성을 이원분산분석으로 실시하고 처리구간에 평균값의 유의성검정은 Duncan's multiple range-test 를 이용하여 5% 수준에서 검정하였다.

한편 실험이 실시되었던 기상조건을 Table3 에 나타내었는데, 30년 평균 기온과 강수량을 비교해 볼 때 2015년도의 월 평균 기온은 거의 30년 평균기온과 비슷하였고, 2015년 월 강수량(생육기간 전체 709.7mm)은 30년 평균의 강수량(생육기간 전체 1,133.3mm)보다 62% 적은 양을 기록하였다.

Table 3. Monthly meteorological Data the experimental Periods in Gangjin

Month	Year	Mean temp. (°C)	Mean Sunshine (hr.)	Mean Precipitation (mm)
May	2015	18.3	272.1	121.5
	30 years ¹⁾	17.0	217.3	125.2
June	2015	21.1	158.6	125.9
	30 years	21.1	169.5	219.0
July	2015	24.4	173.2	203.0
	30 years	24.6	145.6	290.9
August	2015	24.9	199.4	166.2
	30 years	25.4	179.0	306.5
September	2015	20.8	214.7	93.1
	30 years	20.9	166.7	191.7

¹⁾ 30 years : 1981~2010

3. 결과 및 고찰

3.1. 화학비료와 유박비료 시비에 따른 생육특성

화학비료와 유박비료 투입량에 따른 수수×수단그라스 교잡종(SX17)의 생육기 및 수확기 생육특성은 Table 4와 같이 나타났다. 질소 함량 기준의 100%, 150%, 200%로 시비시 출수기는 대조구가 8월 9일로 유박비료 시비 시험구에 비해 5~6일 빠르고, 무시비구 보다는 7일이나 빨랐다. 유박비료 시비량이 증가 할수록 출수기도 빠른 경향을 나타냈는데, 유박비료 200% 시험구가 유박비료 100%와 150% 시험구 보다 1일 빨랐다. 초장은 대조구 317cm, 유박비료 200% 시험구에 293cm, 유박비료 150% 시험구 269cm, 100%시험구 252cm, 무시비구 236cm으로 나타났다. 수수×수단그라스 교잡종(SX17)에서도 질소 시비량이 증가할수록 초장이 증가하는 경향과 도복의 경향이 있는 것에는 이전의 연구와 차이가 없었

다.(Kim et al., 1988). 줄기직경은 유박비료 200% 시비 시험구가 11.8mm로 가장 컸고, 다음으로 유박비료 150%와 100% 시비 시험구가 동일하게 10.8mm를 나타냈고 무시비구가 9.6mm로 가장 적게 나타났다. 엽수는 대조구가 10.2장으로 가장많게 나타냈고, 유박비료 시비량 200% 시험구 8.5장, 150% 시험구 8.4장, 100% 시험구 7.8장 무시비구 7.3장 순으로 나타났다. 당도도 관행 6.3 °Brix 가장 높게 나타냈고, 유박비료 시비량 150% 5.2 °Brix, 시비량 200% 4.5 °Brix, 시비량 100% 3.9 °Brix 무시비구가 5.1 °Brix를 나타냈다. 도복은 화학비료를 시비한 대조구에서 도복이 4.5로 유의적으로 높게 나타났고(P < 0.05), 유박비료 시비 시험구와 무시비구는 1.0을 나타냈다.

3.2. 화학비료와 유박비료 시비에 따른 수량성

유박비료 시비에 따른 수량성은 Table 5에서 보는 바와 같다. 건물량은 대조구가 11,386kg/ha, 유박비

Table 4. Effects of Mixed Expeller Cake Fertilizer Rates on Growth Characteristic of Growing and Harvest

Treatment	Heading Date	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of Leafs (No.)	Sugar content (°Brix)	Logging resistance (1-9) ⁵⁾
Con. ¹⁾	Aug. 9	317.1 ^{ab)}	10.7 ^{ab)}	10.2 ^{ab)}	6.3 ^{a)}	4.5 ^{a)}
No fertilizer	Aug.16	236.7 ^{c)}	9.6 ^{b)}	7.3 ^{b)}	5.1 ^{b)}	1.0 ^{b)}
T1 ²⁾	Aug.15	252.6 ^{bc)}	10.8 ^{ab)}	7.8 ^{ab)}	3.9 ^{c)}	1.0 ^{b)}
T2 ³⁾	Aug.15	269.5 ^{b)}	10.8 ^{ab)}	8.4 ^{ab)}	5.2 ^{b)}	1.0 ^{b)}
T3 ⁴⁾	Aug.15	293.3 ^{b)}	11.8 ^{a)}	8.5 ^{a)}	4.5 ^{bc)}	1.0 ^{b)}
Avg.	Aug.14	276.2	11.3	8.6	4.9	1.7

¹⁾ Con : Chemical fertilizer 200kgN-150kgP₂O₅-150kgK₂O/ha

²⁾ T1 : Mixed expeller cake fertilizer 100%, ³⁾ T2 : Mixed expeller cake fertilizer 150%

⁴⁾ T3 : Mixed expeller cake fertilizer 200%, ⁵⁾ (1~9) : 1=Excellent(Strong), 9=Worst(Weak)

⁶⁾ n=3, DMRT(P<0.05)

Table 5. Effects of Mixed Expeller Cake Fertilizer Rates on Yield of whole Crop

Treatment	FM ²⁾ yield (kg/ha)	DM ³⁾ (%)	DM yield (kg/ha)	TDN ⁴⁾ (kg/ha)
Con.	49,842 ^{a1)}	22.8 ^{a)}	11,386 ^{a)}	5,951 ^{a)}
No fertilizer	37,400 ^{b)}	19.1 ^{b)}	3,482 ^{d)}	3,969 ^{d)}
T1	33,437 ^{d)}	17.9 ^{b)}	6,015 ^{c)}	3,284 ^{c)}
T2	36,998 ^{bc)}	18.4 ^{b)}	6,799 ^{bc)}	3,594 ^{bc)}
T3	39,633 ^{b)}	19.2 ^{b)}	7,627 ^{b)}	4,094 ^{b)}

¹⁾ n=4, DMRT(P<0.05), ²⁾ FM : Fresh matter, ³⁾ DM : Dry matter, ⁴⁾ TDN : Total digestible nutrients

료 시비량 200%(T3)처리구 7,627kg/ha, 시비량 150%(T2)처리구 6,799kg/ha, 시비량 100%(T1)처리구 6,015kg/ha순으로 나타났고 이는 건물량은 질소 시비 수준이 높아질수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). TDN량도 화학비료 시비 시험구에서 5,951(kg/ha)로 유의적으로 높은 경향을 보였고($p < 0.05$), 유박비료 시비량 증가에 따른 TDN량도 유의적으로 높은 경향을 보였다($p < 0.05$).

3.3. 화학비료와 유박비료 시비에 따른 사료가치 및 토양 변화

화학비료와 유박비료의 시비에 따른 사료가치는 Table 6에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 대조구에서 7.02%로 가장 높게 나타났고, 유박비료 시비량 150%(T2) 처리구에서 6.25%로 높은 경향을 보여

주었다.

ADF 및 NDF 함량은 질소 시비량이 높아짐에 따라 증가 되었으나, TDN함량은 감소되는 결과를 보여주었다. 질소 시비량이 많아지면 ADF 및 NDF 함량이 감소되는 것이 일반적이거나 본 시험에서는 반대의 결과가 나타났다. 이는 생육시기에 따른 차이에 기인된 것으로 판단된다. TDN 함량은 큰 차이가 없었지만 무시비구와 유박비료 100%(T1) 처리구에서 높게 나타났다.

화학비료와 유박비료 시비량에 따른 토양 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 시험 전과 시험 후의 pH 과 유기물 함량의 변화가 거의 없었으며, 유효인산은 시험전과 무시비 시험구에서 높게 나타났으며 유박비료 시비 시험구에서는 낮은 수준으로 거의 동일하게 나타났다(Jo et al., 2011).

Table 6. Effects of Mixed Expeller Cake Fertilizer Rates on Feed Value

Treatment	CP(%) ¹⁾	ADF(%) ²⁾	NDF(%) ³⁾	TDN(%) ⁴⁾	RFV ⁵⁾
Con.	7.02	46.41	66.65	52.24	73.63
No fertilizer	5.88	43.21	65.99	54.77	77.90
T1	5.69	43.59	67.23	54.47	76.06
T2	6.25	45.55	68.06	52.92	73.09
T3	5.07	44.58	66.23	53.68	76.09
Avg.	5.98	44.67	66.83	53.61	75.34

¹⁾ CP : Crude protein, ²⁾ ADF : Acid detergent fiber, ³⁾ NDF : Neutral detergent fiber, ⁴⁾ TDN : Total digestible nutrients
⁵⁾ RFV : Relative feed value

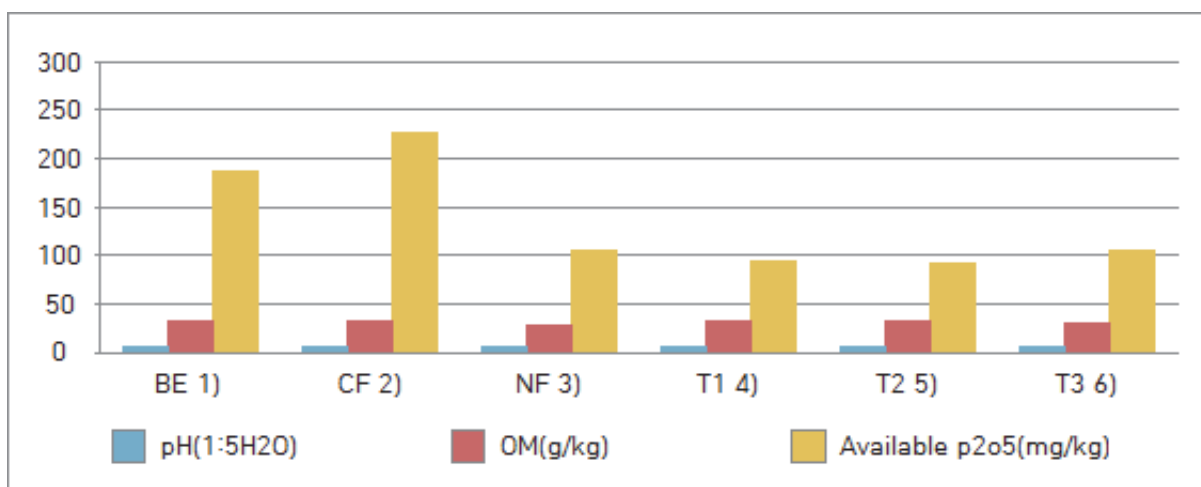


Fig. 1. Effect of mixed expeller cake fertilizer on chemical characteristics of soil at experimental field.

¹⁾ BE : Before experiment, ²⁾ CF : Chemical fertilizer, ³⁾ NF : No fertilizer, ⁴⁾ T1 : Mixed expeller cake fertilizer 100%,
⁵⁾ T2 : Mixed expeller cake fertilizer 150%, ⁶⁾ T3 : Mixed expeller cake fertilizer 200%

4. 결론

본 시험은 수수×수단그라스 교잡종(SX17) 유기 조사료를 생산하기 위하여 유박비료의 시비 수준을 달리하여 수행되었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수수×수단그라스 교잡종(SX17)의 건조량은 유박비료 200% 시비 시험구가 ha당 7,627kg으로 대조구 ha당 11,386kg과 비해 79.5%정도 되었고, 유박비료 시험구중 가장 높았다. 가소화 양분(TDN) 수량도 유박비료 200% 시비 시험구가 ha당 4,094kg으로 대조구 ha당 5,951kg의 68.3%정도 되었다. 유박비료 시비량이 화학비료 질소 함량 기준의 100%, 150%, 200%와 같이 증가할수록 건조량과 가소화 양분(TDN) 수량은 증가 경향이 있었다.

2. 조단백질 함량은 대조구에 비해서 유박비료 시비는 낮은 경향을 보였으나 유박비료 150% 시비 시험구에서 6.3%로 유박비료 시험구중 가장 높게 나타났다. ADF와 NDF함량은 질소 시비량이 높아짐에 따라 증가 되었으며, TDN함량은 감소되는 결과를 보여주었다.(Jo et al., 2011).

이상의 결과를 요약해보면, 사료작물 재배시 화학비료 질소 함량 기준 유박비료 150% 시비는 사료작물의 생산성 및 사료가치 측면에서 양호한 결과를 보이기 때문에 향후 가축분뇨재활용을 통한 경축순환농업의 확립에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 전라남도농업기술원축산연구소의 지원에 의해 이루어진 것임

References

1. AOAC, Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. (1990).

2. Goering, H.K. and Van Soest, P.J., Forage fiber analysis. Ag. Handbook. No. 379. ARS, USDA: Washington DC. (1970).

3. Choi, Hyun-Sug, Lee, Youn, Jung, Jung-Ah, Jee, Hyeong-Jin, Lee, Sang-Min, Kuk, Yong-In, Jung, Seok-Kyu, "Effects of Organic Materials and Precipitation on Nitrogen Uptake Efficiency in Sorghum × Sudangrass Hybrid", Korean J. Organic Agri., 20(3), pp. 357~368. (2012).

4. Kim, Dae-Ho, Kang, Dal-Soon, Moon, Jin-Young, Shin, Hyun-Yui, Shon, Gil-Man, Rho, Chi-Woong, Kim, Jung-Gon, "Study on Cropping System and Nitrogen Fertilizers of Whole Crop Barley and Leguminous Crop for Production of Good Quality Forage". Korean J. Organic Agri., 29(3), pp. 197~210. (2009).

5. Choi, Gi-Jun, Lee, Sang-Hoon, Lee, Ki-Won, Ji, Hee-Chung, Hwang, Tae-Young, Kim, Ki-Young, "Comparison of Growth Characteristics, Productivity and Feed Values between Varieties of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass Hybrids", Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science, 37(1), pp. 92~99. (2017).

6. Kim, Jong Geun, Park, Hyung Soo, Lee, Sang Hoon, Jung, Jeong Sung, Ko, Han Jong, "Effect of Seeding Methods and Nitrogen Fertilizer Rates on the Forage Quality and Productivity of Whole Crop Rice", Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science, 35(2), pp. 87~92. (2015).

7. Jo, Ik-Hwan, "Effects of Applying Livestock Manure on Productivity and Feed Value of Corn and Sorghum × Sorghum Hybrid". Korean J. Organic Agri., 16(1), pp. 115~125. (2008).

8. Jo, Ik-Hwan, "Estimation of Productivity and Organic Hanwoo Carrying Capacity per Unit Area of Whole Crop Wheat and Triticale by Application of Organic Fertilizer and Legumes-Mixed Sowing". Korean J. Organic Agri., 21(2), pp. 207~217. (2013).

9. Jo, Ik-Hwan, "The Effect of Application of Cattle

- Slurry on Dry Matter Yield and Feed Values of Tall Fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.) in Uncultivated Rice Paddy”. *Korean J. Organic Agri.*, 14(1), pp. 69~83. (2006).
10. Jo, Ik-Hwan. “Effects of Application Times and Dilution of Cattle Slurry with Water on Dry Matter Yield and Feed Values of Orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.)”. *Korean J. Organic Agri.*, 12(4), pp. 411~425. (2004).
 11. Kim, J.G., Seo, S. Chung, E.S., Lim, Y.C., Lee, J.K., Seo, J.H. and Park, G.J. “Effect of Planting and Harvest Dates on Quality and Productivity of Rye-Hairy Vetch Mixtuer”. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science.* 22, pp. 241 ~ 246. (2002)
 12. Moon, Young-Hun, Ahn, Byung-Koo, Lee, Gong-Joo, Seo, Kyoung-Won, Ko, Do-Young, Choi, Seon-Wu, Kim, Jin-Ho, Choi, In-Young, “Effects on Application Time of Mixed Expeller Cake fertilizer in Organic Farming Soil and Rice Yield”. *Korean J. Organic Agri.*, 25(2), pp. 475~487. (2017).
 13. Park, K. D, Park, C. Y. “The Effects on Soil and Research Direction of Resource Cycling Agriculture”, *The Korean Society for Livestock Housing and Environment*, 13(1), pp. 59~74. (2007).
 14. Ryu, I.S., Lim, S.J. “Effects of Animal Manure Application on Crop Yield and Reducing the Application Rate of Fertilizer”, *Korean J. Soil Sci.* 32, pp. 232 ~ 238.(1999)
 15. Song, T.H., Oh, Y.J., Kang, H.J., Park, T.I., Cheong, Y.K., Kim, Y.K and Kim, B.K. “Effect of Feed Value and Fermentative Quality According to Harvesting Time of Barley and Wheat Grain Silage”, *Korean J. Crop Sci.*, 60, pp. 174~179. (2015).
 16. Lee, Suk Soon, Choi, Sang Jib, Hong,Seung Beom, “Optimum Seeding Rate of Sorghum and Sorghum-Sudangrass Hybrids for Forage Production”, *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 11(2), pp. 116~120. (1991).
 17. Kim, Sung-Kook, Jung, Gun-Ho, Shin, Sung-Hyu, Kim, Min-Tae, Kim, Chung-Guk, Shim,Kang-Bo, “Effects of Green Manure on Soil Properties and Grain Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)”. *Korean J. Crop Sci.*, 61(4), pp. 290~296. (2016).