ISSN 0367-6315
Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5), 744-748 (2012)
http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2012.45.5.744

보문

# 수수×수단그라스 재배시 녹비작물 혼입에 따른 새만금간척지 토양환경 개선 효과

양창휴* · 이장희 · 백남현 · 정재혁 · 조광민 · 이상복 · 이경보

농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

# Incorporation Effect of Green Manure Crops on Improvement of Soil Environment on Saemangeum Reclaimed Land during Sorghum×Sudangrass Hybrid Cultivation

**Chang-Hyu Yang*, Jang-Hee Lee, Nan-Hyun Baek, Jae-Hyeok Jeong, Kwang-Min Cho, Sang-Bok Lee, and Gyeong-Bo Lee**

*Department of Rice and Winter Cereal crops, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea*

**This study was carried out to investigate the incorporation effect of green manure crops (GMC) such as the hairy vetch on improvement of soil environment in reclaimed land during sorghum×sudangrass hybrid (SSH) cultivation over the past three years from 2009 to 2011. Plots consisted of conventional fertilization (CF) and incorporation of GMC were divided by rates of additional nitrogen fertilizer (100 kg ha$^{-1}$) and decreased percentage of 30·50·70·100 fertilization in addition to non nitrogen fertilization (NNF). Soil physico-chemical properties, growth and yield potential were examined. The results were as follows. The testing soil was showed strong alkaline saline soil with low organic matter contents and less available phosphate while exchangeable sodium and magnesium were higher. Soil salinity was increased during cultivation of summer crop. However, SSH was not affected by salt content. The fresh weight of GMC at incorporation time was 18,345 kg ha$^{-1}$. Content of total nitrogen at incorporation time was 3.09% and the C/N ratio was 12.8. Fresh and dry matter yield of SSH were higher in the order of 30%, CF, N50%, N70%d, N100%, and NNF. Fresh and dry matter yield of SSH increased in the order of CF (55,050 kg ha$^{-1}$, 16,250 kg ha$^{-1}$), N contents from 30% to 9%. Soil physical properties, such as bulk density were decrease with incoporation of GMC, while porosity was increased. Soil chemical properties, such as pH was decreased while content of exchangeable calcium, available phosphate, and organic matter were increased. Also contents of exchangeable sodium and potassium were decreased with incorporation of GMC than those before experiment. Thus, we assumed that incorporation of hairy vetch was more effective that can lead to reduce chemical nitrogen fertilizer and to improve soil environment in cultivating SSH on Saemangeum reclaimed land.**

**Key words:** Green manure crop, Incorporation, Soil environment, Reclaimed land

## 서 언

녹비작물은 토양에 유기물을 공급함으로서 지력을 향상시켜 시비질소를 절감할 수 있는데 특히 두과녹비작물은 근류균에 의해 고정된 질소를 토양에 공급할 수 있어 충분한 량의 질소비료 절감이 가능하다 (Yasue, 1991). 헤어리베치 (*Vicia villosa* Roth)는 두과녹비작물로서 내한성이 강하여 Winter vetch, Siberian vetch 등으로 불리우며 (Power and Zachariassen, 1993) 월동 후 재생속도가 빠르고 포복성으로 토양을 피복하는 능력이 다른 초종에 비해 훨씬 뛰어나 녹비 및 피복작물로 많이 재배된다. 최근 새만금 등 대규모 간척지의 준공에 따라 간척지농경지 활용의 극대화를 위한 이용기술의 개발이 필요한 실정이다. 신간척지는 동일 지구 내에서 염농도 분포가 다양하며 종합적인 제염 및 재염화 방지기술이 필요하며, 토양내 유기물함량이 1%이하로 매우 낮아서 균형적인 시비기술이 필요하다.

간척지를 논으로 이용할 때와는 달리 밭으로 이용할 경우, 지하수위 및 배수조건에 따라 토양표면의 염류분포가 불균일하여 재배작물의 생육에 많은 차이를 나타낸다. 특히 가뭄 시 관수 등 물관리가 중요하며 관개수에 의한 환수제염과 암거배수 등에 의해 제염과 숙전화 됨에 따라 토성에

접수 : 2012. 8. 27 수리 : 2012. 10. 8
*연락저자 : Phone: +82638402272
E-mail: ych1907@korea.kr

따라 차이가 있지만 밭작물의 도입이 가능하게 된다고 하였다 (Son et al., 1994).

새만금 간척지는 토성이 미사질양토~세사양토이고 점토는 대부분 5%이하로 매우 적으며 지하수위도 일반논과 달리 30~60 ㎝로 매우 높아서 수직배수가 불량하다. 용적밀도가 1.41~1.48 Mg $m^{-3}$으로 높고, 토양유기물이 1.7~8.6 g $kg^{-1}$으로 매우 낮아 (Hwang et al., 2012) 배수 기반조성 없이 강우에 의한 수직배수에만 의존하여 제염을 한다면 오랜 시간이 걸릴 것으로 생각된다

최근 들어 쌀 소비둔화와 재고량 증가로 재배면적을 축소조정 해야 하는 필요성이 대두되고 있으며 이와 관련하여 간척지에서 주요 여름사료작물의 건물생산성 및 사료가치 비교시 건물 수량은 사료용 피가 가장 높았으며 수수×수단그라스 그리고 옥수수 순으로 나타났다 (Shin et al., 2004).

Seo et al. (2001)은 일반밭에서 헤어리베치를 재배 환원시 옥수수 시비절감 효과를 양질 조사료 생산을 위한 청보리와 두과녹비작물의 작부체계를 제시하였다 (Kim et al., 2009).

본 시험은 새만금간척지에서 녹비작물로 헤어리베치를 재배 후 토양환원에 따른 토양환경 개선 및 후작물 재배시 녹비효과와 시비절감 효과를 검토하였다.

## 재료 및 방법

본시험은 2006년에 물막이 공사가 완공된 새만금간척지 계화지구 (문포통)에서 2009년 10월부터 2011년 10월까지 3년간 수행하였다. 시험 전 토양의 물리화학적 특성은 Table 1, 2와 같았다. 토성은 사양토로 토양경도 및 용적밀도가 일반농경지에 비해 높고 공극률이 낮은 배수불량의 염류토양이었다. 토양산도는 강알칼리성을 나타냈고 유기물, 유효인산 함량이 매우 적었으며 치환성 마그네슘 및 나트륨 함량이 많았다.

시험작물은 겨울 녹비작물로 헤어리베치 (청풍보라)를 여름 사료작물로 수수×수단그라스 (G7)를 재배하였다. 헤어리베치는 파종량 30 kg $ha^{-1}$를 10월 상순 인력산파 하였고 수수×수단그라스는 파종량 30kg $ha^{-1}$를 6월중순에 파종기를 이용 60×20 cm 간격으로 점파하였다. 처리내용은 관행시비 (NPK), 녹비혼입구는 질소 추비기준량 (100 kg $ha^{-1}$)의 30%·50%·70%·100%감비, 질소무시비 6처리로 시험구 면적은 40 $m^2$으로 난괴법 3반복으로 배치하였다. 헤어리베치는 무비재배 하였고 수수×수단그라스 시비량 ($N-P_2O_5-K_2O$)은 200 – 150 – 150 kg $ha^{-1}$로 질소는 밑거름 50%, 덧거름 50%, 인산과 가리는 전량기비로 시용하였고 비종은 유안, 용성인비 및 황산칼륨을 사용하였다.

토양물리성 중 3상 및 용적밀도는 Core법, 경도는 산중식 경도계 (Yamanaka)를 이용하여 지표경도를 측정한 후 절대경도를 아래의 식으로 산출하였다.

$$P(\text{Power Strength}) = 100X/0.7952(40-X)^2$$

X : Spring(Scale) compressive length

토양 화학성 분석은 작토층를 채취하여 건조·조제한 후 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 pH meter로 측정하였고, 토양유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1N-$NH_4OAc$ (pH 7.0)으로 침출하여 ICP (Liberty 110, Germany)로 측정하였다. 토양염농도는 토양시료를 채취하여 EC meter (Mettler Toledo, China)로 토양과 증류수를 1:5로 하여 EC를 측정하고 (NIAST, 2000) 이 측정값을 5배수하여 토양의 EC로 환산하였다.

식물체 분석은 채취한 시료를 세척하여 70℃에서 건조한 후 분쇄한 시료를 $H_2O_2-H_2SO_4$로 습식분해하여 무기성분 분석에 활용하였다. 총질소와 총탄소는 원소분석기 (Vario Max, Germany)를 이용 정량하였고, 인산은 Ammonium vanadate 법으로 비색정량 하였으며 양이온 함량은 ICP로 측정하였다.

생초수량은 4 $m^2$이상을 예취하여 ha당 수량으로 환산하였으며 건물수량은 각 처리구별로 1 kg의 생초를 취하여 65℃

**Table 1. Physical properties of soil used in this experiment.**

| Soil hardness | Bulk density | Porosity | Three phases | | | Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Solid | Liquid | Gaseous | |
| kg $cm^{-2}$ | Mg $m^{-3}$ | % | ---------- % ---------- | | | |
| 2.56 | 1.56 | 41.2 | 58.8 | 29.3 | 11.9 | SL |

**Table 2. Chemical properties of soil used in this experiment.**

| pH | OM† | Avail.$P_2O_5$ | Exch. cation | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | K | Ca | Mg | Na |
| 1:5 | g $kg^{-1}$ | mg $kg^{-1}$ | ---------- $cmol_c$ $kg^{-1}$ ---------- | | | |
| 8.0 | 1.8 | 26 | 2.04 | 0.8 | 2.3 | 2.70 |

†Organic matter

열풍순환 건조기에서 72시간 이상 건조 후 건물함량을 산출한 다음 ha당 수량으로 환산하였다. 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (2003)에 준하여 실시하였다.

통계분석은 SAS 9.2 버전을 이용하였다. 수량 및 수량구성요소 등은 5% 유의수준에서 Duncan's multiple test를 수행하였다.

## 결과 및 고찰

**녹비작물 생초중 및 생육특성** 전작조건에서 녹비작물 헤어리베치를 산파로 2년 동안 재배하여 개화성기 때 토양에 혼입한 녹비작물의 평균 생초중 및 질소생산성은 Table 3과 같다. 생초중은 18,340 kg $ha^{-1}$, 질소생산성은 98 kg $ha^{-1}$를 나타냈으며 질소 함량이 높아 탄질률이 12.9로 낮았다. 화본과 녹비작물에 비하여 질소 생산성이 높고 탄질률이 낮은 것은 답리작에서 부분경운 파종한 Jeon et al (2010)의 결과와 유사하였다.

헤어리베치 생육양상 (Fig. 1) 및 개화성기 무기양분 함량은 Table 4와 같다. 헤어리베치 개화성기 생초중은 18,340 kg $ha^{-1}$로 건물 중 무기성분 함량은 T-N 3.09%, $P_2O_5$ 0.43%, $K_2O$ 1.36%이었고 탄질율은 12.8를 나타냈으며 비료성분량으로 환산하면 99.6-13.9-43.9 kg $ha^{-1}$로 되었다.

**Table 3. Biomass, nitrogen production, and C/N ratio of green manure crop.**

| Fresh weight | Dry weight | Nitrogen productivity | C/N ratio |
|---|---|---|---|
| ---------- | kg $ha^{-1}$ | ---------- | |
| 18,345 | 3,225 | 98 | 12.8 |

**Fig. 1. Growth status of green manure crops.**

**Table 4. The mineral nutrients content of green manure crop.**

| T-C | T-N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | CaO | MgO | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ---------- | % | ---------- | | | | |
| 39.7 | 3.09 | 0.43 | 1.36 | 0.70 | 0.46 | 0.52 |

**염농도 변화** 동·하계작물 재배기간 동안 토양염농도 변화는 Table 5와 같이 2 dS $m^{-1}$이하로 염피해는 발생하지 않았다. 토양염농도는 봄철보다 여름철로 갈수록 높아져 생육이 왕성한 7월~8월에 가장 높았으며 하작물 수확기와 동작물 파종기에 다소 높아지는 경향을 나타냈다. 간척지 토양염농도는 포장의 기온과 강수량 등에 영향을 받기 때문에 비강우기인 동절기에는 약간 높게 유지되다 봄철 강우와 작목에 의한 피복률 증가에 따라 낮아진 것으로 생각된다.

**생육양상 및 수량성** 하계 사료작물 생육 및 수량은 Fig. 2, Table 6과 같다. 수수×수단그라스 초장은 녹비투입 30%감비구에 비하여 1~18% 짧아졌고 분지수는 처리간에 차이가 없었으나 녹비투입구에서 증가하는 경향을 나타냈다.

**Table 5. The change of surface soil salinity during winter-summer crops cultivation.**

| Oct. | Nov.~Feb. | Mar.~May. | Jun.~Aug. | Sep. |
|---|---|---|---|---|
| ---------- | dS $m^{-1}$ | ---------- | | |
| 0.84 | 0.57 | 0.43 | 1.16 | 0.26 |

**Fig. 2. Growth status of sorghum×sudangrass.**

**Table 6. Growth and yield potential of sorghum×sudangrass hybrid.**

| Treatments† | Plant height | No. of branch | Yield | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Fresh matter | Dry matter |
| | cm | ea $plant^{-1}$ | ------ kg $ha^{-1}$ ------ | |
| CF | 265a‡ | 4.8a | 55,050b | 16,255b |
| N30%Decrease | 268a | 5.3a | 58,690a | 17,695a |
| N50%Decrease | 258b | 4.9a | 47,885c | 13,805c |
| N70%Decrease | 255b | 4.7a | 44,540c | 12,705c |
| N100%Decrease | 247b | 4.2b | 41,610c | 11,475c |
| NNF | 220c | 3.2c | 23,225d | 7,160d |

†CF : Conventional fertilization, NNF : Nitrogen non fertilization
‡The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

**Table 7. The change of soil physical properties after experiment.**

| Treatments† | Soil hardness | Bulk density | Porosity | Three phases | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Solid | Liquid | Gaseous |
| | kg cm$^{-2}$ | Mg m$^{-3}$ | % | ---------- % ---------- | | |
| CF | 3.15 | 1.32 | 49.6 | 50.4 | 31.0 | 18.6 |
| N30%decrease | 3.11 | 1.33 | 49.8 | 50.2 | 32.1 | 17.7 |
| N50%decrease | 3.49 | 1.32 | 50.0 | 50.0 | 30.7 | 19.3 |
| N70%decrease | 3.60 | 1.33 | 49.7 | 50.3 | 31.7 | 18.0 |
| N100%decrease | 3.70 | 1.31 | 50.3 | 49.7 | 30.7 | 19.6 |
| NNF | 3.29 | 1.35 | 49.1 | 50.9 | 32.5 | 16.6 |

†CF : Conventional fertilization, NNF : Nitrogen non fertilization

**Table 8. The change of soil chemical properties after experiment.**

| Treatments† | pH | OM | Avail. $P_2O_5$ | exch. cation | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | K | Ca | Mg | Na |
| | 1:5 | g kg$^{-1}$ | mg kg$^{-1}$ | ---------- cmol$_c$ kg$^{-1}$ ---------- | | | |
| CF | 6.1 | 5.1 | 43 | 0.66 | 1.5 | 2.3 | 1.85 |
| N30%decrease | 6.3 | 5.0 | 54 | 0.62 | 1.4 | 2.3 | 1.60 |
| N50%decrease | 6.3 | 5.2 | 50 | 0.59 | 1.5 | 2.3 | 1.80 |
| N70%decrease | 6.6 | 4.9 | 57 | 0.71 | 1.4 | 2.3 | 2.05 |
| N100%decrease | 6.8 | 5.1 | 59 | 0.65 | 1.3 | 2.3 | 1.60 |
| NNF | 7.6 | 4.7 | 49 | 0.75 | 1.3 | 2.2 | 1.65 |

†CF : Conventional fertilization, NNF : Nitrogen non fertilization

생초수량 및 건물수량은 N30%감비 > 관행시비 > N50%감비 > N70%감비 > N100%감비 > N무시비 순으로 많았다.

생초수량성은 관행시비 (55,050 kg ha$^{-1}$)대비 N30%감비에서 7% 증수되었고, 건물수량성은 관행시비 (16,255 kg ha$^{-1}$)대비 N30%감비에서 9% 증수되었다. 신간척지에서 헤어리베치 혼입 후 수수×수단그라스 재배시 질소비료 30%를 절감할 수 있었다. N100%감비 건물수량은 석문간척지에서 돈분액비 (질소함량 : 1.16%)시용에 따른 Choi et al. (2011) 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

**토양물리화학성 변화** 녹비작물 재배 및 혼입에 따른 토양물리성 변화는 Table 7과 같이 토양경도는 0.55~1.14 kg cm$^{-2}$ 증가하는 경향을 나타냈고 용적밀도는 1.21~1.2.5 Mg m$^{-3}$로 감소하였으며 공극률은 8.5~9.1% 증가되었다. 헤어리베치 재배 및 환원으로 용적밀도가 낮아졌으며 공극률이 증가하여 물리성이 개선된 것은 Yang et al. (2002)의 결과와 유사하였다.

녹비작물 재배 및 혼입에 따른 토양화학성 변화는 Table 8과 같이 pH가 낮아졌고, 유기물, 유효인산 함량, 치환성칼슘 함량이 증가된 반면에 치환성칼륨·나트륨 함량은 감소되었으며 치환성마그네슘 함량은 변화가 없었다.

녹비작물이 비료로서 토양에 가해지면 토양 중의 유기물 함량 및 무기성분의 유효도를 증가시키고, 녹비가 분해되어 생성된 부식은 토양의 물리적·화학적 및 미생물적 성질을 개선시켜준다 (Yasue, 1991).

결론적으로 두과녹비작물과 사료작물 연계 재배시 수량성 향상 및 지력유지, 화학비료 절감 등 친환경 지속적농업을 위한 유망한 재배기술로 판단되었다.

## 적 요

본 연구는 새만금간척지에서 동계 녹비작물 헤어리베치를 재배하여 토양에 환원 후 관행시비 (NPK), 녹비혼입구는 질소 추비기준량 (100 kg ha$^{-1}$) 대비 30·50·70·100%감비, 질소무시비로 처리하여 사료용 수수×수단그라스 (G7) 재배시 토양이화학성, 토양염농도, 생육 및 수량성을 검토한 결과는 다음과 같다. 공시토양은 유기물, 유효인산 함량이 매우 적고 치환성마그네슘·나트륨 함량이 많은 강알칼리성 염류토양 이었다. 헤어리베치 혼입시 생체중 18,345 kg ha$^{-1}$, T-N 3.09% 및 탄질률 12.8를 나타냈다. 동계·하계작물 재배기간 동안 토양염농도는 0.1%이하로 염피해는 없었다. 수수×수단그라스 생초수량 및 건물수량은 N30%감비 〉 관행시비 〉 N50%감비 〉 N70%감비 〉 N100%감비 〉 N무시비 순으로 높았다. 생초 및 건물수량성은 관행시비 (55,050 kg

$ha^{-1}$, 16,250 kg $ha^{-1}$) 대비 N30%감비에서 7%, 9% 증수되었다. 시험 후 용적밀도가 낮아지고 공극률이 증대되었다. 또한 pH가 낮아졌고, 유기물, 유효인산 및 치환성칼슘 함량은 증가하였으며 치환성칼륨·나트륨 함량은 감소하였다. 따라서 새만금 간척지에서 수수x수단그라스 재배시 녹비직물 헤어리베치 토양환원으로 질소비료 질감 및 토양환경 개선 효과를 기대할 수 있었다.

## 인 용 문 헌


Choi, K.C., M.W. Jung, N.C. Cho, H.S. Park, S.H. Yoon, J.G. Kim, C.E. Song, E.M. Choi, C.M. Kim, and Y.C. Kim. 2011. Effect of application of swine slurry on productivity of sorghum×sorghum hybrid and soil environment in reclaimed land. Korean J. Grassl, Forage Sci. 31:159-166.

Hwang, S.W., J.G. Kang, K.D. Lee, K.B, Lee, K.H. Park, and D.Y. Chung. Division of soil properties in reclaimed land of the mangyeong and dongjin river basin and their agricultural engineering management. Korean J. Soil Sci. Fert. 45: 444-450.

Jeon, W.T., K.Y. Seoung, M.T. Kim, G.J. Oh, I.S. Oh, and U.G. Kang. 2010. Changes of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using different green manure crops in paddy. Korean J. Soil Sci. Fert. 43: 119-123.

Kim, D.H., D.S. Kang, J.Y. Moon, H.Y. Shin, G.M. Sohn, C.W. Rho, and J.G. Kim. 2009. Study on cropping system and nitrogen fertilizers of whole crop barley and leguminous crop for production of good quality forage. Korean J. Grassl Forage Sci. 29:197-210.

NIAST. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

Power, J.F. and J.A. Zacharissen. 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crop species at three soil temperatures. Agron. J. 85: 134-140.

RDA. 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration. Suwon. Korea.

Seo, J.H., H.J. Lee, and I.B. Huh. 2001. Effect of hairy vetch green manure on corn growth and yield cropping system of corn-oats/hairy vetch. 2001. Korean J. Crop Sci. 46:189-194.

Shin, J.S., W.H. Kim, S.H. Lee, S.H. Yoon, E.S. Chung, and Y.C. Lim. 2004. Comparison of dry matter and feed value of major summer forage crops in the reclaimed tidal land. Korean J. Grassl Sci. 24:335-340.

Son, J.G., J.W. Koo, and J.K. Choi. Soil salt prediction modeling for the estimation of irrigation water requirements for dry field crops in reclaimed tidelands. Korean J. Soc. Agr Eng. 36: 96-110.

Yang, C.H., C.H. Yoo, S.W, and S.S. Han. 2002. Effect of milk vetch utilization rice cultivation to reduce application amount of nitrogen at plowing time in paddy field. Korean J. Soil Sci. Fert. 35: 352-360.

Yasue Tasuke. 1991. The change of cultivation and utilization of chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) and the effect of fertilizer and soil fertility on paddy field as a green manure. Jpn. J. Crop Sci. 60: 583-592.