

간척지에서 유기물 투입 형태에 따른 케나프의 생육반응

강찬호^{1,†} · 이인석¹ · 고도영¹ · 김효진¹ · 나영은¹

The Growth and Yield Differences in Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in Reclaimed Land Based on the Physical Types of Organic Materials

Chan Ho Kang^{1,†}, In Sok Lee¹, Do Young Go¹, Hyo Jin Kim¹, and Young Eun Na¹

ABSTRACT To improve the soil of reclaimed land, we added organic materials at a level of 3,000 kg/10 a. As a result, the electrical conductivity (EC) value of reclaimed soil decreased by 58%, the organic material content increased from 6.7 to 16.0 g/kg, the porosity increased from 1.57 to 1.31%, the soil hardness decreased from 20.2 to 17.9 mm and the plow layer was deepened from 19.8 to 26.8 cm. After these physiochemical improvements to the reclaimed soil, the growth phase of crops was improved compared to that of non-treatment crops. The height of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) cultivated in the reclaimed land containing organic materials was increased by 18.8%. Especially, the improvement effects of pellet type manure compost and rice straw on kenaf were more preferable than those of other organic materials. When the kenaf was cultivated in the reclaimed land containing organic materials, the yield increased. The average yield of the treatment crops was 9,218 kg/10 a, 2.1 times higher than that of non-treatment crops. The most effective treatments to increase the yields were pellet type manure compost (10,848 kg/10 a, 148% increase), rice straw (120% increase) and chopped kenaf (95% increase). To increase the physicochemical enhancements to the reclaimed land soil and most improve yields, the most effective type of organic materials was the pellet. The organic material types that maintained a better growth phase and most increased the yield were the liquid and pellet types. When we used pellet type organic material, the plant height of kenaf was increased by 41% in comparison with that of the non-treatment crops and yield was increased by more than 122%. Additionally liquid type organic material improved the yield (by 127%).

Keywords : Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), organic material, pellet type manure compost, reclaimed land

현재 우리나라 간척지 면적은 새만금 포함 총 135,100 ha로서 국내 경지면적의 9%에 해당할 정도로 넓은 면적이다. 그러나 간척지 토양은 대부분 양질사토 내지 미사질 식양토로서 토양구조가 발달되지 않아 투수성과 통기성이 불량하고 지내력이 약하다(Son, 1994). 전라북도농업기술원에서 2012년 배수로 조성 등 인위적인 개발이 이루어지지 않은 간척지 노출부지의 염 농도 변화를 년차별로 조사한 결과 노출 7년경과 후에도 0.9~1.2%로 크게 변화하지 않고 있어 농업개발을 위해서는 반드시 토양개량이 필요하다. 간척지 개발 초기 토양은 일반적으로 가용성 염류와 치환성 나트륨이 과다하게 함유되어 있기 때문에 염분농도가 대단히 높으며 일반 토양에 비해 자연 비옥도가 낮아 작물의 생

산량을 저하시키게 된다. 그러므로 간척지를 효율적으로 활용하기 위해서는 고염도 간척지 토양에 대한 제염이 선행되어야 하고 토양 물리성이 개선되어야 한다. 제염 방법은 물리적 방법과 화학적 방법을 사용하고 있는데 물리적 방법은 암거배수나 개거로 투수속도를 빠르게 한 후 환수를 하여 작토면의 염류를 용탈시키고 화학적 방법은 개량제로 석고, 석회, 유황, 유기물, 생고, 규산, 용인 등을 투입하여 Na^{2+} 의 용해도를 높여 제염 속도를 빠르게 하는 방법이다. 간척지에 유기물을 투입하는 것은 단기적으로는 절대적으로 부족한 유기물을 토양에 공급하는 역할을 하고 장기적으로는 입단 형성 등을 통하여 토양 물리성을 개선하는 양측의 효과를 가져오게 된다(Chaney & Swift, 1986;

¹전라북도농업기술원 (Jeonllabukdo Agricultural Research & Extension Services Iksan 54968, Korea)

[†]Corresponding author: Chan Ho Kang; (Phone) +82-63-290-6034; (E-mail) kangho68@korea.kr

<Received 16 October, 2017; Revised 13 December, 2017; Accepted 17 December, 2017>

Tisdal & Oades, 1982; Waters & Oades, 1991). 전라북도농업기술원 시험결과 실제로 새만금간척지에 왕겨+유기물퇴비를 토양개량제로 처리 하면 토양 중 용적밀도가 낮아지고 공극률은 높아지는 경향을 보였고 고상은 낮아졌지만 액상이나 기상은 높아져 통기가 자유롭고 수분의 이동이 용이해져 투입 2년 경과 후 토양 염농도는 0.63%에서 0.28%로 떨어졌고 물리성 개선에 의한 생육 촉진으로 발아율 60% 향상과 성장량 3배 증가 효과가 있었다. 농촌진흥청 보고에 의하면 간척지에 돈분 SCB 액비 45,000 kg/ha을 사용하는 것은 화학비료 11,700 kg/ha 시용과 거의 유사한 효과를 보였고, 가축분뇨 퇴액비 사용시 비료절감 및 조기 숙전화로 ha당 65만원의 화학비료 절감 효과가 나타났다.

케나프는 높은 생산성과 양호한 사료가치를 보유하고 있어 대체 조사료 자원으로써 사용 가능성이 높아지고 있다 (Bhardwaj *et al.*, 1995; Dao *et al.*, 1989; Hollowell *et al.*, 1996). 1990년 대 중반부터 사료화에 대한 연구가 진행되었는데 평균 수확량이 생체로는 7,000~9,000 kg/10a/년, 건중으로는 3,000~4,000 kg/10a/년에 이를 정도로 수량이 많아 충분한 생산물 확보가 가능하고, 줄기나 잎은 조단백질 함량이 높아 잎의 조단백질 함량은 14~34% (Killinger, 1969; Suriyajantratong *et al.*, 1973; Swingle *et al.*, 1978; Weber, 1993) 줄기는 2~12% (Weber, 1993)로 전식물체에 6~23%의 조단백질을 함유하고 있으며 건물 소화율은 53~58%, 조단백질 소화율은 59~71% (Wing, 1967)로 높은 사료적 가치를 가지고 있는 것으로 보고되고 있다. 케나프 전초로 새끼 양을 사육한 결과 사육 효율이 우수하여 반추동물의 사양에 우수한 사료원임이 확인(Swingle *et al.*, 1978) 되었고 케나프의 소화율은 비두과 건초와 비슷하다고 보고되고 있다(Phillips *et al.*, 1995). 우리나라에서는 2000년 이후 사료작물로서의 도입 가능성, 신규 품종육성, 사료가치와 적정 재배기술에 대한 연구가 진행되고 있다(Cheng *et al.*, 2007; Cho^a *et al.*, 2001; Cho^b *et al.*, 2001; Hwang *et al.*, 2002; Lim *et al.*, 2011). 2007년 462만톤 이었던 조사료 수요가 2012년 643만톤으로 지속적으로 늘어나고 있는 상황에서 수요 충족과, 자급을 향상, 그리고, 가격 경쟁력 강화를 위해서는 간척지에서의 대면적 재배가 매우 효율적이다. 그러나 간척지는 일정 수준의 생산성 확보를 위해 토양 개량 과정이 반드시 요구된다. 따라서 간척지 토양 개량을 위해 가장 효율적인 유기물원과 투입방식 등을 구명하여 유망 사료자원인 케나프의 생산성 향상 정도를 확인하는 시험을 진행하였기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험포장 특성 및 케나프의 생육반응

시험은 김제시 만경읍 화포리 새만금 간척지 만경강 수변 노출지역과 원내(대조구)에서 2015년에서 2016년 2년에 걸쳐 수행하였다. 시험포장의 토양 염농도는 0.09~0.16% 범위에 있었으며 시험전 토양 유기물 농도는 0.9%로 기준인 2.5%에 비해 부족하였다. 유효인산은 48~76 mg/kg으로 낮았고 토양 공극율은 40.9% 이었다. 케나프 품종은 만기 개화종인 홍마 300을 사용하였다. 시험 토양 개량 효과를 확인하기 위하여 유기물을 3,000 kg/10a 기준으로 투입하고 4월 상순 쟁기를 이용하여 심경하였으며 파종 1주일 전 토양 살충제를 살포하여 경운하고, 관리기를 이용하여 너비 120 cm, 배수로 40 cm의 이랑을 만든 후 시험처리 하였다. 파종은 5월 1일에 트랙터 부착 황금파종기를 이용하여 점파 하였는데 조간 20 cm 주간 20 cm로 시험구당 4열로 처리하였다. 처리 후 벼과 잡초가 3~5엽기에 이르렀을 때 Fluazipof-p-butyl계 제초제를 사용하여 제초하였고 파종 후 30일 단위로 생육 조사하였으며 수확은 파종 120일 경과일인 9월 1일 옥수수수확기 캠퍼 1200을 120마력 트랙터에 장착하여 실시하였다. 수량은 처리 내용이 충실하게 반영된 2 m×2 m로 구획을 4반복으로 지정하여 측정 후 10a 면적으로 환산하였으며 건물중은 80℃로 72시간 건조기로 건조시킨 후 측정하였다.

유기물원 투입 형태

유기물원 종류에 따른 간척지 토양특성 변화를 관찰하기 위하여 4종의 유기물원을 10a당 3,000 kg씩 투입하였다. 팽연왕겨와 벧짚은 시중에서 판매하는 제품을 구매하여 사용하였으며 펠릿퇴비는 충분히 부숙시킨 돈분 퇴비를 펠릿전문 생산업체에 의뢰하여 조성하여 사용하였다. 분쇄 케나프는 2014년 세절길이 4 cm 이내로 수확하여 평균 수분 함량 40%로 건조시킨 케나프를 사용 하였으며 대조구로 화학비료 N-P₂O₅-K₂O (15-15-10 kg/ha) 시용구와 무투입 처리구를 두었다. 유기물 투입 형태는 3가지 형태를 시험하였는데 일반적으로 쓰이는 형태인 분말형과 일반형 액비 그리고 펠릿형 퇴비를 질소 함유량 기준으로 적량하여 투입하고 케나프 생육과 수량 그리고 간척지 토양 이화학적에 미치는 효과 등을 조사하였다.

시험지 토양 분석

토양 삼상은 자연토양에 시료채취기로 core 시료를 채취한 후 토양수분이 마르지 않도록 tape로 밀봉하여 실험실

내로 운반한 후 용적밀도와 입자밀도를 구하여 측정하였는데 고상(%)은 (용적밀도/입자밀도)×100으로 액상(%)은 중량수분함량(%)×용적밀도로 기상(%)은 100에서 고상과 액상을 제하여 계산하였다. 토양 화학성은 한 개의 시험구내에서 균일하게 10개소를 지정하여 측정 하였는데 작토층 30 cm 깊이까지 오거를 이용하여 토양을 채취한 후 온도 20~25℃와 습도 20~60%가 유지되는 실내에서 건조 시킨 후 모래나 자갈이 깨어지지 않도록 토양분쇄기를 사용하여 분쇄하여 사용하였다. 분쇄된 시료는 2 mm 체를 통과시켜서 사용 하였는데 T-N 분석 등의 시료는 2 mm 체를 통과한 토양을 유발로 갈아서 0.5 mm 체를 전량 통과시켜 사용 하였다. 토양 pH 및 전기전도도(EC)는 토양시료 5 g에 증류수 25 mL을 넣어 1:5로 희석하여 저어주면서 1시간 방치 후 pH meter 및 conductivity meter로 측정하였고 유기물은 Tyurin법에 의하였는데 0.5 mm 체를 통과한 시료 1.0 g에 0.068 M (0.4 N) 중크롬산칼리 황산혼합 용액 10 mL를 넣어 200℃ 전열판에서 기포발생 후 5분간 반응시킨 후 분해액에 약 150 mL의 증류수와 5 mL의 85% H₃PO₄ 및 5~6방울의 지시약을 넣고, 0.2 M (0.2 N) FeSO₄(NH₄)₂SO₄ 용액으로 적정하여 측정하였다. T-N은 비색법으로 분석하였는데 토양시료 5 g에 농황산 25 mL을 넣은 후 분해 촉진제 혼합분말(K₂SO₄ : CuSO₄ = 9 : 1) 5 g을 넣어 400℃에서 4시간 분해한 뒤 증류수로 100 mL를 맞추고, 이 중 1 mL

를 시험관에 옮겨 phenol-sodium nitroprusside-EDTA 혼합용액 3 mL를 넣고 37℃에서 5분간 반응시킨후 phosphate-sodium hypochlorite 혼합액 5 mL를 넣고 잘 흔들어 20분간 30℃에서 항온시킨 후 665 nm에서 비색 정량하였다. 유효인산은 Lancaster법에 의하였는데 토양시료 5 g에 pH 4.25의 lancaster 침출액 20 mL을 넣은 후 10분간 진탕 침출하여 여과한후 ammonium molybdate를 발색(청색)시켜 비색 정량하였다. 양이온치환용량(C.E.C.)은 1 M CH₃COONH₄ (pH 7.0) 50 mL로 12시간동안 포화시키면서 토양교질에 NH₄⁺을 흡착시킨 후 암모니아성 질소법으로 정량하였다.

결과 및 고찰

간척지 토양 이화학성 개선을 위한 유기물원 선발 및 투입 효과

간척지 토양에 2015년 유기물원 4종을 투입하고 2015년과 2016년 2년에 걸쳐 토양 이화학성을 조사하여 평균하였다. 토양 염농도는 유기물 투입에 따라 전반적으로 감소하였는데 유기물 투입시 평균 0.82 dS/m으로 비투입에 비해 51.5% 감소하였다. 가장 높은 개선 효과를 보인 유기물원은 벧짚이었는데 무투입의 1.7 dS/m에 비해 64.7% 감소한 0.6 dS/m 이었고 분쇄 케나프(0.8 dS/m), 펠릿퇴비(0.9 dS/m), 팽연왕겨(1.0 dS/m) 순이었다. 유기물원 투입에 따라 토양

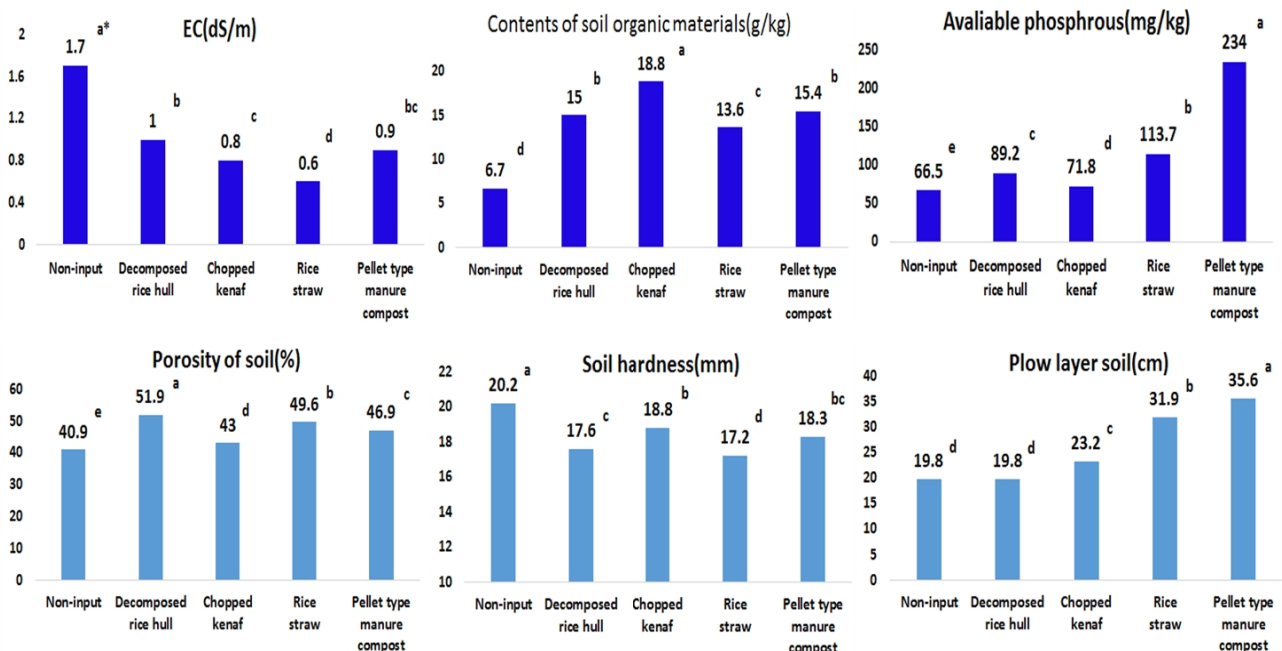


Fig. 1. The change in physiochemical properties as a result of the addition of organic materials to the reclaimed land (Saemangeum).
* The same letters in each property are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test (DMRT).

내 유기물원 농도도 변화 하였는데 아무런 유기물원을 투입하지 않았던 무투입 처리에서 6.7 g/kg 이었던 토양 유기물 농도가 유기물원 투입 4처리 에서는 평균 15.7 g/kg으로 134% 증가하였다(Fig. 1).

가장 높은 토양 유기물 증가 효과를 보인 유기물원은 절단 케나프 이었는데 기관 구조상 기공 구조가 발달하여 수분과 공기 보유력이 높아 상대적으로 토양 내에서 빨리 분해되어(Data not shown) 유기물화 한 것으로 해석되었다. 절단 케나프의 토양 유기물 증가율은 180% 이었고 펠릿퇴비는 129.8%, 팽연왕겨는 123.9%, 벧짚은 103% 이었다. 유효 인산 함량 증가는 비분변성 유기물원인 팽연왕겨, 절단 케나프, 벧짚에서는 상대적으로 크지 않았으나 분변성 유기물원인 펠릿퇴비에서는 높게 나타나 비투입의 66.5 mg/kg 의 3.5배인 234 mg/kg 까지 증가하였다. 유기물 투입에 따라 간척지 토양의 물리성도 변화하였는데 토양 공극은 높아지고 경도는 감소하였으며 작토심은 깊어졌다. 토양 공극을 보면 유기물 투입시 비투입에 비해 공극율이 평균 17.0% 높아졌는데 가장 크게 높아진 유기물원은 팽연왕겨로 26.9% 였고 벧짚, 펠릿퇴비 절단 케나프 순으로 향상되었다. 토양 공극은 토양 속에서 유기물원이 차지하는 공간 확보 능력에 따라 영향을 받는데 토양 속에서 분해되는데 상대적으로 많은 시간이 소요되고 수분 흡수를 통한 팽창과 공간 확보가 용이한 유기물원인 팽연왕겨나 벧짚 등이 단기간 토양 공극률을 확보하는 데는 유리한 것으로 해석되었으나 충분한 분해 시간이 확보되는 장기간 투입 효과에 대해서는 추가적인 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 투입된 펠릿퇴비가 토양 물리성에 미치는 영향을 분석한 결과 딱딱하게 뭉쳐진 형태의 유기물원인 펠릿퇴비가 토양 속에 투입된 후 강우 등의 영향으로 수분 흡수가 이루어지면 부풀어 오르게 되고 부풀어 오르면서 작물 생산에 필요한 공기나 수분 등을 확보하는 공간이 만들어져 공극을 증가나

토양 경도의 감소 효과 등을 일으키는 것으로 해석되고 있다. 농업인이 고령화되고 경작지 면적이 대형화되는 추세에서 분말형 퇴비를 사용하는데 어려움이 발생하고 있다. 압축화된 형태로 부피를 줄이고 기계화 살포를 용이하게 함으로서 소요되는 인력과 시간을 줄일 수 있는 퇴비 펠릿화 방안은 적극적으로 검토되어야 할 것으로 보이고 특히 토양 유실이 상대적으로 빠른 간척지에서 지속력이 강한 압축화된 펠릿퇴비를 사용하여 유실억제 및 완료 지속 효과가 있는지를 추가로 검토할 필요성이 있다. 간척지 토양은 대부분 양질사토 내지 미사질식 양토로서 토양구조가 발달되지 않아 투수성과 통기성이 불량하고 지내력이 약하다. 밀착된 토양 구조로 인하여 토양 경도가 완속 토양에 비하여 높게 유지되는 경향을 띄게 된다. 다량의 유기물이나 석회와 같은 토양개량제 투입을 통하여 제염과 토양물리성 개선을 위한 입단형성에 대한 연구가 필요한데 투여기간이 짧아 입단형성에 대한 부분은 확인되지 않았으나 간척지 유기물 투입을 통한 토양 정도 완화 효과는 확인되었다. 가장 높은 완화 효과를 보인 유기물원은 벧짚과 팽연왕겨 이었는데 벧짚의 경우 유기물이 투입되지 않았을 경우 20.2 mm 이었던 토양 경도가 17.2 mm까지 떨어졌으며 팽연왕겨는 17.6 mm였다. 토양경도 역시 토양공극 확보와 비슷한 경향을 보였는데 빠르게 분해되는 특성을 가진(Data not shown) 절단 케나프나 펠릿퇴비 보다는 토양 속에서 분해되는데 상대적으로 많은 시간이 소요되는 팽연왕겨나 벧짚에서 높은 효과를 보였다. 식물이 뿌리 내리기 용이한 깊이를 의미하는 작토심에서는 약간 상이한 결과가 나타났다. 펠릿퇴비가 가장 깊은 작토심 35.6 cm로 비투입의 19.8 cm에 비해 0.8배 더 깊어졌으며 벧짚은 31.9 cm, 절단 케나프는 23.2 cm 이었다. 이는 토양 물리성과 함께 유효인산을 포함한 간척지 토양 화학성이 개선되어 작물의 뿌리 발달이 좀 더 깊이까지 활발히 이루어져 만들어진 결과로

Table 1. The growth state of kenaf based on the addition of various organic materials to the reclaimed land.

Organic materials	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf		
			No. (EA/Plant)	Length (cm)	Width (cm)
Non-input	219.7 c	17.5 d	37.3 c	11.5 c	11.1 d
Decomposed rice hull	257.0 b	19.7 c	32.0 d	11.3 c	13.8 c
Chopped Kenaf	262.0 b	20.2 b	44.2 b	11.5 c	13.5 c
Rice straw	264.7 b	20.2 b	37.2 c	13.4 b	14.9 b
Pellet type manure compost	299.0 b	23.5 a	73.0 a	14.3 a	17.3 a
Chemical fertilizer	258.0 a	18.7 cd	38.8 c	11.9 c	12.4 cd

* The same letters in each property are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test (DMRT).

해석된다. 실제로 케나프를 새만금 간척 노출지에서 유기물원을 달리 투입하고 생육과 수량성을 분석한 결과 초장, 경태, 엽수, 엽장, 엽폭 등 대부분의 생육 요소에서 펠릿퇴비 투입구가 가장 우수한 결과를 나타내었다. 초장은 299.0 cm로 무투입 처리에 비해 36% 더 컸고 경태도 34.3% 더 굵었으며 엽수는 96% 더 많았다. 투입된 유기물원 별로는 펠릿퇴비에 볏짚 > 절단케나프 > 팽연왕겨 순으로 생육이 양호하였다(Table 1).

간척지 토양 유기물원 투입으로 토양 화학성과 물리성이 개선됨에 따라 전체적으로 수량성이 향상되었는데 유기물 처리구 평균 수량이 9,173 kg/10a로 무투입 4,368 kg/10a에 비해 110% 증가 하였으며 N 15-P 10-K 10 kg/10a 간척지 화학비료 처리(9,397 kg/10a)와는 유사한 수량을 나타내었다 (Fig. 2). 간척지에서 케나프를 재배할 때 수량 증가에 가장 적합한 유기물원은 펠릿퇴비 이었는데 10a당 수량이 10,848 kg/10a으로 무투입에 비해서는 148% 증가하였고 간척지 화학비료 처리에 비해서도 15.4% 높은 수량이었다. 이는 펠

릿퇴비의 물리성과 유효인산 증가 등 화학성 개선의 2중 효과가 작용된 결과로 볼 수 있는데 이는 비간척 일반지에서 화학비료를 투입하고 재배한 케나프 수량 12,414 kg/10a에 대해서도 87%에 달하는 수준으로 적절한 유기물원 투입만으로도 불리한 간척지 생육 환경을 개선시키는데 상당한 효과가 나타날 수 있음을 알 수 있다. 이는 낙동강 하류 을숙도의 염해지 사토 작물재배에서 퇴비와 가리의 시용이 대두의 발아와 생육 및 수량에 큰 효과가 있었다는 보고와 간척지에서 수수류를 돈분 SCB 액비 45 톤/ha를 사용한 결과 건물 수량 8.5 톤/ha로 증수되었음. 그리고 간척지에서 퇴액비 투입 후 청보리+IRG+귀리로 혼파 할 경우 화학비료 청보리 단파 대비 22~27% 증수되었다는 보고와 거의 일치하는 결과이다. 비 분변성 유기물원에서는 볏짚(비투입 대비 120% ↑), 절단 케나프(95% ↑), 팽연왕겨(76% ↑) 순으로 수량성 개선 효과가 있었는데 유기물원 별로 분해 속도가 달라서 오는 특징들이 수량에 미치는 장기적 효과 등은 추후 검토되어야 할 필요성이 있다.

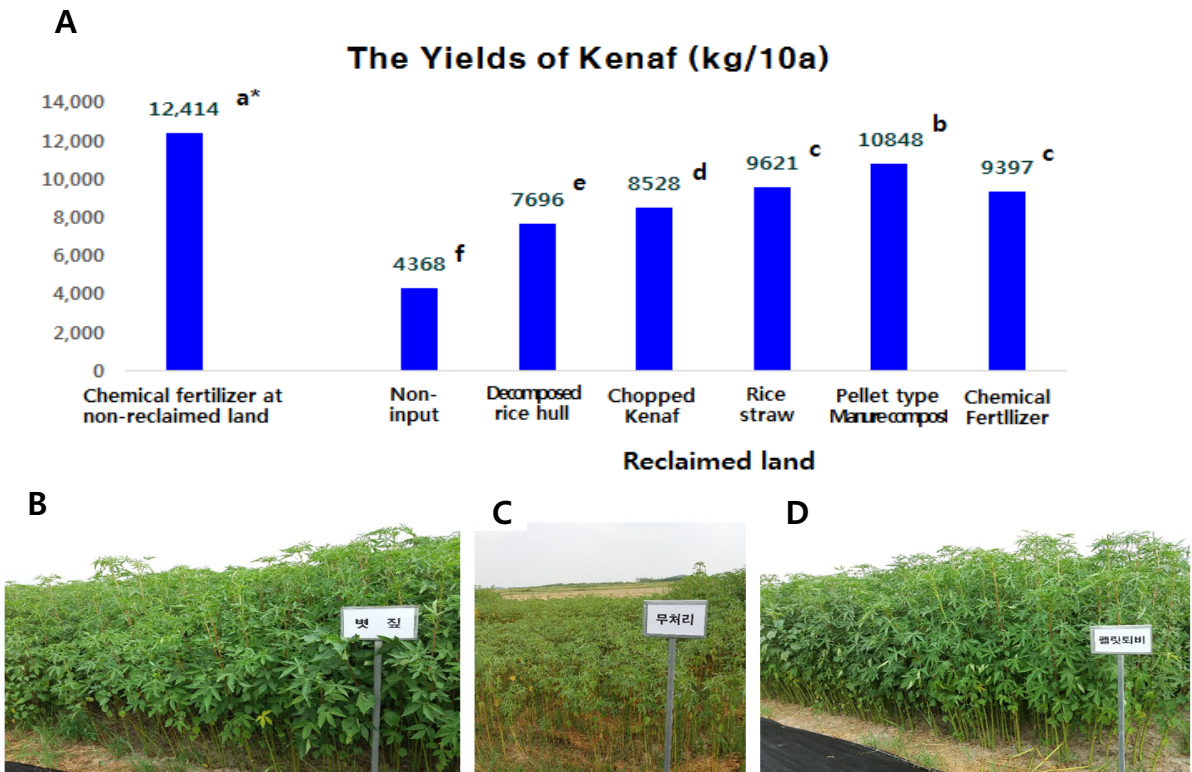


Fig. 2. The differences in yield of kenaf (kg/10 a) based on the addition of various organic materials to the reclaimed land.
 A : Yields of kenaf based on the addition of various organic materials
 B : The state of kenaf growth based on the addition of rice straw
 C : The state of kenaf growth with no added of organic materials
 D : The state of kenaf growth based on the addition of pellet type manure compost
 * The same letters in each property are not significantly different at the 5% level by Duncan’s multiple range test (DMRT).

축분퇴비 투입 형태별 간척지 토양 이화학성 개선 효과

간척지를 밭으로 이용하는 경우 토양구조의 미성숙으로 다량의 강우에 의해 흐르는 물이나 건조기에 부는 강한 바람 등에 의해 토양 구조가 붕괴되고 토양에 투입된 퇴비 등의 유실 가능성이 커서 이에 대한 대책이 필요하다. 또한 토양에 흡수되지 못하고 비점 오염원으로 작용 할 수 있는 부작용을 줄이고 간척지 토양 내에서 퇴비 투여 효과를 최대한 지속시키기 위해서 퇴비 투입 형태에 대한 개선이 필요하다. 이에 축분 혼합 퇴비를 기존의 분말형과 압축 성형한 펠릿퇴비 형태 그리고 액비형으로 나누어서 간척지 토양에 살포하고 간척지 토양 이화학성 개선 효과와 투입에 따른 케나프의 생육 및 수량 변화를 조사하였다. 펠릿형과 분말형 퇴비 투입이 간척지 토양 화학성에 미치는 영향은 토양 유효인산 함량을 빼고는 비슷하였는데 토양 유기물 함량은 무투입 대비 170~193% 증가하였고 염농도(전기전도도)는 50~58% 수준으로 감소하였다(Table 2). 액비형은 질소 함유량 기준으로 분말형 퇴비와 유사한 수준으로 (9,000 kg/10a) 투입 하였으나 성분 함량이 상대적으로 부족하여 유기물 함량과 유효인산의 증가 효과는 다소 적었으나 수분 투여량이 많아 염농도를 낮추는데는 효과적이었다. 토양 유효인산 증가는 펠릿형에서 높게 나타났는데 압축된 형태의 퇴비가 투입되어 단위 구역에 미치는 영향이 분산 투여 보다는 높게 나타나는 것으로 유추되었다.

이미 고찰 하였듯이 토양 속에 투입된 펠릿형 퇴비는 함수에 따른 부풀어 오름으로 토양 내 공간발생을 유도하여 토양 물리성을 개선하는 효과가 뛰어나다. 퇴비 투입 형태 간에서도 물리성 개선효과가 상대적으로 높게 나타났는데 토양 3상중 기상 비율이 11.4%로 가장 높고 고상 비율이 낮아짐에 따라 토양 공극율도 46.9%로 무처리에 비해 14.7%p 증가하였다. 토양 경도는 퇴비 처리구 전체에서 감소하는 경향이었고 작토심은 펠릿형에서 가장 깊었는데 이는 물리성과 함께 유효인산을 포함하여 토양 화학성 개선이 작물 생육을 촉진하여 뿌리 발달 등이 좀 더 깊이까지 활발히 이루어져 작토심을 깊게 만드는 것으로 해석되었다.

전반적인 토양 이화학성 개선 효과가 작물 생육을 향상시키는 효과로 나타났는데 케나프 초장은 펠릿형에서 328.4 cm 까지 성장하여 비투입에 비하여 41% 더 컸으며 액비형은 37.9% 분말형은 27.4% 더 성장하였다. 줄기 직경도 이와 유사한 경향을 나타내었는데 펠릿형과 액비형 투입시 줄기 직경이 23.5 cm와 23.2 cm로 비투입에 비해서 각각 4 cm와 3.7 cm 더 굵었다. 엽수는 액비형이 오히려 펠릿형 보다 많았는데 주당 엽수 74.8개로 비투입에 비해 40.6개 이상 많이 달렸으며 펠릿형도 71.6개로 2배 이상 많았다(Table 3). 생육 개선에 따라 케나프 수량도 변화하였는데 액비형과 펠릿형의 수량 증가가 가장 높게 나타났다. 펠릿형은 개체 생중이 654 g/주 까지 성장하여 10a당 수량이 10,464 kg을 기

Table 2. The physiochemical properties of the reclaimed soil based on the addition of different types of manure compost.

Types of manure compost	pH (1:5)	O.M (g/kg)	E.C (dS/m)	Avail P ₂ O ₅ (mg/kg)	Porosity of soil (%)	Phase (%)			Soil hardness (mm)	Plow layer soil (cm)
						Solid	Liquid	Air		
Non-input	7.8	6.7 d	1.2 a	80.8 c	40.9 c	59.1	33.6	7.3	20.2 a	19.8 c
Pellet type	7.6	19.6 a	0.6 b	248.1 a	46.9 a	53.1	35.5	11.4	18.3 b	35.6 a
Powdered type	7.5	18.1 b	0.5 bc	138.3 b	44.2 b	55.8	37.2	7.0	18.0 b	25.6 b
Liquid type	7.7	11.4 c	0.4 c	80.7 c	42.9 b	57.1	38.8	4.1	17.3 b	24.4 b

* The same letters in each property are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test (DMRT).

Table 3. The growth state of kenaf based on the addition of different types of manure compost.

Type of manure compost	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf		
			No. (EA/Plant)	Length (cm)	Width (cm)
Non-input	232.6 c	19.5 c	34.2 c	11.3 c	13.6 bc
Pellet type	328.4 a	23.5 a	71.6 ab	13.6 a	16.0 a
Powdered type	296.4 b	20.8 b	54.2 b	12.8 b	13.9 bc
Liquid type	320.8 a	23.2 a	74.8 a	12.7 b	14.3 b

* The same letters in each property are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test (DMRT).

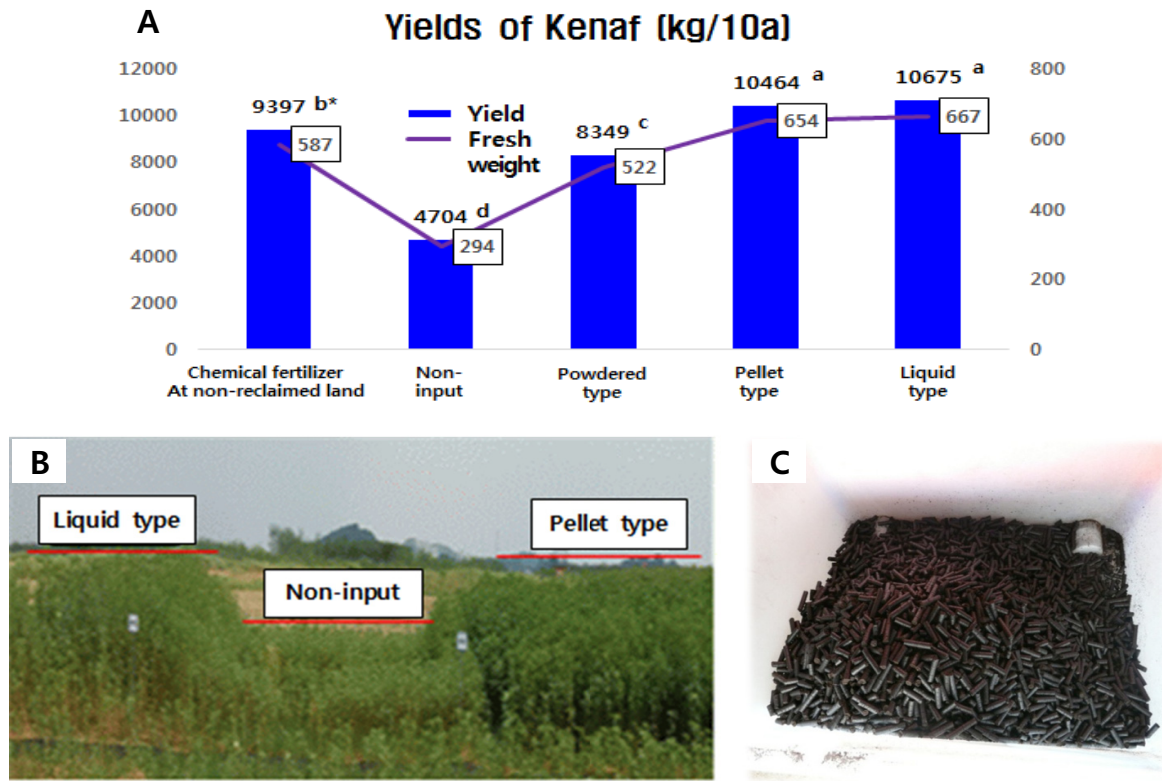


Fig. 3. The yield difference of kenaf based on the addition of different types of manure compost.

A : Yield and fresh weight of kenaf based on the addition of different types of manure compost.

B : Difference of kenaf growth based on the addition of different types of manure compost.

C : The shape of the pellet type manure compost

* The same letters in each property are not significantly different at the 5% level by Duncan’s multiple range test (DMRT).

록하였는데 이는 비투입 처리에 비해서는 122% 증가한 수량이며 비간척 일반지에서 화학비료를 투입한 처리에 비해 11.4% 높은 수치여서 상당히 높은 증수 효과를 보이는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 액비형 처리는 펠릿형 처리보다 더 높게 수량이 증가 하였는데 10a 당 수량이 10,675 kg로 무투입 처리에 비해서는 1.27배 높은 수량이었고 펠릿형 보다도 2% 높았다. 이는 단기간에 빨리 성장하는 케나프 작물의 특성이 반영된 결과로 해석 할 수 있는데 급속하게 성장하는 시기에 분해시키는데 많은 시간이 소요되는 분말형이나 펠릿형 퇴비 보다는 직접 흡수가 용이한 액체형의 퇴비가 생장 촉진 효과가 훨씬 효율적이었던 것으로 해석되는데 작물의 생장에 미치는 단기 효과는 클 수 있으나 간척지 토양 개선에 미치는 장기 효과는 적을 것으로 예측되어 시간 경과에 따른 투입 효과의 변화 경향은 추후 검토되어야 할 필요성이 있다.

적 요

간척지 토양 환경을 개선하기 위하여 절단케나프, 평연 왕겨, 볏짚, 펠릿퇴비 등 유기물원을 10a당 3,000 kg씩 투입하였다. 투입 결과 간척지 토양 염농도(EC)는 1.2 dS/m에서 0.5 dS/m로 58%로 감소하였으며 토양 유기물 함량은 6.7 g/kg에서 16.0 g/kg으로 1.4배 증가하였다. 토양 공극은 유기물 투입 평균 47.9%로 비투입에 비해 10.2%p 증가하였다. 토양 경도는 20.2 mm에서 17.9 mm로 11.4% 감소하였으며 작토심은 19.8 cm에서 26.8 cm로 35% 깊어졌다. 간척지 토양 이화학적 개선 효과에 의하여 작물 생육이 향상되었는데 간척지에 유기물을 투입하고 재배한 케나프의 초장이 비투입 처리에 비해 18.8% 더 성장하였으며 펠릿퇴비와 볏짚 처리에서의 성장 효과가 뚜렷하였다. 생육 향상에 의해 수량도 증가하였는데 간척지에서 유기물을 투입하고 케나프를 재배한 결과 평균 수량이 9,218 kg/10a로 무투입 4,368 kg/10a의 2.1배 까지 증가하였다. 수량 증가를 위해

가장 적절한 유기물원은 펠릿퇴비이었는데 10a당 수량이 10,848 kg/10a로 무투입 대비 148% 높았으며, 볏짚(120%↑), 절단케나프(95%↑) 순으로 수량 증가 효과가 있었다. 간척지 토양 이화학적 개선 효과를 강화시키기 위하여 펠릿형, 분말형, 액비형태로 퇴비 투입 형태를 달리하여 처리한 결과 토양 이화학적 개선에 가장 효과적인 형태는 펠릿형이었다. 퇴비 투입 형태중 케나프 생육 및 수량 향상에 적합한 퇴비 형태는 액비형과 펠릿형 이었는데 펠릿형 처리시 케나프 초장은 41% 커지고 수량은 122% 증가하였으며 액비형은 38%의 생육 촉진과 무투입 대비 127% 수량 증가 효과를 나타내었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 농촌진흥청 어젠다사업(과제번호 : PJ011968)의 지원에 의해 이루어진 연구결과임.

인용문헌(REFERENCES)

- Bhardwaj, H. L., M. Rangappa, and C. L. Webber, III. 1995. Potential of kenaf as a forage. Proc. Int. Kenaf Assoc. Vonf. Irving, TX. 7 : 95-103.
- Chaney, K. and R. S. Swift. 1986. Studies on aggregates stability. Re-formation of soil aggregates. J. Soil Sci. 37 : 329-335.
- Cheng, W. J., H. J. Park, S. H. Eom, B. W. Kim, K. I. Sung, and D. H. Cho. 2007. Physiological characteristics of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). J. Korean Grassl. Sci. 27(2) : 79-84.
- Cho, N. K., C. K. Song, Y. I. Cho, and J. B. Ko. 2001. Effect of seeding date on forage yield and chemical composition of kenaf in Jeju. Kreaan J. Crop Sci. 46(6) : 439-442.
- Cho, N. K., C. K. Song, Y. I. Cho, and J. B. Ko. 2001. Effect of nitrogen rate on agronomic characteristics, forage yield and chemical composition of Kenaf on Jeju island. J. Korean Grassl. Sci. 21 : 59-66.
- Dao, T. H., W. Lonkerd, S. Rao, R. Meyer, and L. Pellack. 1989. Kenaf in a semi-arid environment and forage quality in Oklahoma. Argon, Abstr. p. 130.
- Hollowell, J. E., B. S. Baldwin, and D. L. Lang. 1996. Evaluation of kenafs a potential forage for the southern Unite States. Proc. 8th Ann. Inter. Kenaf Vonf. 34-38.
- Hwang, K. J., M. C. Kim, S. Y. Kang, J. G. Yu, S. T. Song, N. G. Park, and J. H. Kim. 2002, Study on adaption, dry matter yield and nutrient value of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) on Jeju province. J. Korean Grassl. Sci. 22(4) : 287-296.
- Killinger, G. B. 1969, Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) a multi-use crop. Argon. J. 61 : 734-736.
- Lim, J. I., D. H. Kim, J. J. Lee, D. K. Kim, H. J. Lee, W. K. Min, D. J. Park, M. R. Huh, H. H. Chang, P. J. Kim, and S. Kim. 2011. Studies on the evaluation of kenaf as a bulking agent in livestock composting. J. Agri. & Life Sci. 45(2) : 21-28.
- Phillips, W. A., S. Rao, and T. Dao. 1989. Nutritive value of immature whole plant kenaf and mature kenaf tops for growing rummints. Proc. Assoc. Advancement of industrial Crops. Peoria, IL. p. 17-22.
- Son, J. G. 1994. Soil Salt Prediction Modeling for the Estimation of Irrigation Water Requirements for Dry Field Crops in Reclaimed Tidelands. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 36(2) : 96-110.
- Suriyajantratong, W., R. E. Tucker, R. E. Sigafus, and G. E. Mitchell, Jr. 1973. Kenaf and rice straw for sheep. J. Anim. Sci. 37 : 1251-1254.
- Swingle, R. S., A. R. Urias, J. C. Doyle, and R. L. Voigt. 1978. Chemical composition of kenaf forage and its digestibility by lambs and in vitro. J. Anim. Sci. 46 : 1346-1350.
- Tisdal, J. M. and J. M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregate in soil. J. Soil. Sci. 33 : 141-163.
- Waters, A. G. and J. M. Oades. 1991. Organic matter and water-stable aggregates. p. 163-175. In W. S. Wilson(ed.). Advanced in soil organic matter research. The impact on agriculture and the environment. Roy. Soc. Chem. Cambridge. UK.
- Webber, C. L. III and Bledsoe. 1993. Kenaf : Production, harvesting, processing and products. p. 416-421. New crops. Wiley, New York.
- Wing, J. M. 1967. Ensilability, acceptability and digestibility of kenaf. Feedstuffs 39 : 26.