

무경운과 경운에서 콩 재배를 위한 녹비와 화학비료, 돈분액비의 생육특성 및 수량비교

유장환¹ · 정현진¹ · 정해룡¹ · 박형준¹ · 권수정¹ · Swapan Kumar Roy¹ · 오은지² · 김숙진³ · 정근욱² · 김홍식¹ · 우선희^{1,†}

Compare Growth Characteristics and Yield of Green Manure, Chemical Fertilizer and Livestock Manure for Soybean Cultivation in Conventional-Tillage and No-Tillage

Jang-Hwan Yoo¹, Hyun-Jin Jung¹, Hae-Ryoung Jung¹, Hyung-Jun Park¹, Soo-Jeong Kwon¹, Swapan Kumar Roy¹, Eun-Ji Oh², Suk-Jin Kim³, Keun-Yook Chung², Hong-Sig Kim¹, and Sun-Hee Woo^{1,†}

ABSTRACT This study was conducted to establish the type and method of fertilization for no-tillage during the third year of No-tillage (NT) and Conventional-tillage (CT) practices, towards different kinds of fertilizers. In this experiment, the livestock manure showed higher in response to fertilizer effects of no-tillage. Comparing growth characteristics and yield in NT and CT. Regarding yield, there is no significant between livestock fertilizer and chemical fertilizer, but between livestock fertilizer and chemical fertilizer in conventional fertilization has significant differences. Based on the result, livestock fertilizer is effective way on the quantity of the crop. Nitrogen absorption of plant in livestock of no-tillage is more effective than conventional fertilization. In case of the phosphorus absorption and potassium absorption of plant, fertilizer effect has no significant. Nitrogen is highly absorbed in livestock fertilization of NT. Absorption of phosphorus and potassium are similar.

Keywords : chemical fertilizer, green manure, livestock manure, no-tillage, soybean

지구온난화에 영향을 미치는 대기 중 온실가스의 농도가 점차 증가함에 따라 지구의 평균기온과 해수면 온도가 상승하는 등 전 세계적으로 다양한 문제에 직면 하고 있다 (Bryden *et al.*, 2005). 지구상의 온실효과를 유발하는 물질인 수증기(H₂O), 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄) 등이 있으며, 산업화 이후에 급속하게 증가하였다(Cho, 2001). 지난 20년 동안 이산화탄소(CO₂)는 1.5 ppm (0.4%) 증가하였는데, 해마다 증가된 양은 0.9~2.8 ppm의 범위였다. 이러한 연차간 큰 차이는 바다와 육지에서 이산화탄소를 흡수하고 배출하는 양이 달라진 것이 원인으로 지적되었고, 메탄(CH₄)은 1,760 ppb (151%)로 증가하고, 아산화질소(N₂O)는 17% (46 ppb)가 증가하여 316 ppb까지 도달했다. 아산화질소 배출의 1/3은 농경지, 축사 등이 포함되어 있다(Yun *et al.*, 2001). 지

구온난화를 촉진시키는 여러 요인들 중 농업생산활동에서 발생하는 온실가스들은 아산화질소(N₂O), 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄)이며, 아산화질소와 메탄의 경우 이산화탄소보다 지구온난화를 촉진시키는 정도가 빠르기 때문에 농업생산활동에 있어서는 이 두가지 온실가스 발생을 줄이는 것이 핵심이다(IPCC, 1996). 온실가스를 줄이기 위해서는 토양의 온실가스 배출을 억제하거나, 자연자원의 순환 및 재활용을 극대화하여 기존의 온실가스 배출요인을 제거 또는 최소화하여 녹색농업기술을 적용하는 것인데(Lee *et al.*, 2012), 녹색농업기술 중 하나인 무경운 재배를 통해 경운을 하지 않거나 종자의 배열 및 발아를 위해 특정부분만 최소한으로 경운하는 농업(Phillips *et al.*, 1980)을 연구하였다. 논에서의 무경운은 잡초 발생량을 조절하고 벼 뿌리의 활성

¹충북대학교 식물자원학과 (Department of Crop Science, Chungbuk National University, Cheong-ju 28644, Korea)

²충북대학교 환경생명화학과 (Department of Environmental & Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheong-ju 28644, Korea)

³국립식량과학원 중부작물부 (National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 16613, Korea)

[†]Corresponding author: Sun-Hee Woo; (Phone) +82-43-261-2515; (E-mail) shwoo@chungbuk.ac.kr

<Received 31 October, 2017; Revised 22 November, 2017; Accepted 24 November, 2017>

을 증대 시키는 것이 도복을 방지하고 수량확보에 있어서 중요한 요인이 된다(Lee *et al.*, 2009). 하지만 주식이 쌀인 우리나라농업에서 온실가스 발생을 줄이는 무경운 재배법에 대한 연구는 거의 벼재배에 한정되어 있으며, 발작물의 경우 제한된 작목과 지역 등 단발적인 조사에만 치우쳐져 있는 것이 문제점으로 지적된다. 일본의 경우 무경운재배를 한 콩(무경운 콩)의 수량에 관한 일부 보고가 있으며 답전순환답에 있어서 무경운 콩의 수량은 경운재배를 한 콩(경운 콩)과 동등이상이라고 보고가 있다(Oyanagi *et al.*, 1998). 또한, 밭에서의 무경운콩의 건물생산과정과 균락의 성장속도가 수량과 관련이 있다고 하였다(Yusuf *et al.*, 1999; Pedersen & Lauer, 2004). 그러나 우리나라에서 무경운 콩의 건물생산과정과 균락의 성장속도에 관한 연구는 전무이다. 앞으로, 무경운재배에 의하여 단위면적당 높은 수량을 얻는 것은 수량성립에 관련하는 생육특성을 해명하는 것이 필요하다고 생각한다. 일반적으로 콩의 파종부터 개화기까지의 강수량이 평년보다 많은 경우는 개화기의 콩의 주경장과 엽신질소함유율이 작고, 자실수량이 감소한다는 보고가 있다(Furuhata *et al.*, 2011). 또한 무경운 재배는 지역적 특성의 영향을 크게 받기 때문에 국내에 적용시키기 위해서는 경운강도를 세분화 시켜 연구할 필요가 있으며, 경작지별·작물별 경운 강도에 따른 최적의 경운 시스템을 구축하면, 경제성과 환경보전을 동시에 고려 할 수 있다고 하였다(Kang *et al.*, 2013). 따라서, 본 연구는 기후 변화 대응 탄소 저감을 위한 목적으로 콩을 무경운 재배함으로써 밭토양에서 무경운 재배법을 확립하고자 한다.

재료 및 방법

시험구의 구성 및 토양의 화학성

본 실험은 충북대학교 부속농장에서 시행되었으며, 시험구는 난괴법 3반복으로 진행되었다. 콩 파종전 실험포장의 임의지점 3곳을 선정하여 토양샘플을 채취하여 토성분석을

실시하였다. 토성분석결과는 Table 1과 같으며, 시험토양의 토성은 모래 78.6%, 미사 17.4%, 점토 4%로 이루어진 양질사토이다.

공시재료 및 처리내용

공시품종은 대원콩(*Glycine max* (L.) Merrill)을 사용하였고, 2016년 5월 30일에 재식거리 75×20 cm로 직파하였다. 처리구는 경운과 무경운으로 나눈후, 추비종류를 기준으로 시험구를 세분화하여 각시험구당 면적은 125 m², 난괴법 3반복으로 진행하였다. 시비방법은 농촌진흥청에서 제시한 작물별 시비처방기준(RDA, 1999)에 따라 표준시비방법 3-3-3.4 (N-P-K) kg/10a를 기준으로 하였다. 비료처리는 경운, 무경운에 각 대조구(관행시비), 돈분액비, 화학비료와 풋거름 총 4가지 비료종류를 토양에 공급하였으며, 풋거름처리구를 제외한 나머지 처리구는 화학비료로 기비처리 하였고, 추비의 경우 돈액처리구와 화학비료처리구에만 각각 돈분액비와 화학비료를 처리하였다. 풋거름은 헤어리베치(Common 콩)를 6 kg/10a 수준으로 산파하여 화학비료처리와 동시에 예취를 하여 생체중으로 약 130 kg정도를 환원시켰다. 가축분뇨는 유기질 비료인 액체 돈분 퇴비를 이용하였으며 이천양돈영농조합에서 공급받았다. 돈액비료 1 L당 성분비는 Table 2와 같다.

생육기간중의 생육특성

무경운, 경운간 기비종류에 따른 콩의 생육특성은 1주간격(7일)으로 처리구별 초장 및 엽색도(SPAD-502plus, KONICA MINOLTA, JAPAN)를 조사하였으며, 초장은 파종 후 개화기에 도달하기 까지 약 2달간 조사하였고, 엽색도는 파종 후 콩 수확 전까지 조사하였다.

콩의 지상부의 생육특성 및 수량의 조사

엽면시비로 추비시 수량구성요소, 수량 및 종실의 질소(N), 인(P), 칼륨(K)량을 분석하였다. 질소(N)는 Kjeldhal법,

Table 1. Soil analysis of experimental field before experiment.

Component	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil Texture
Content	78.6	17.4	4	Loamy Sand

Table 2. Component of the livestock fertilizer.

Component	N	P ₂ O ₄	K ₂ O	Degree of decomposition	Ammonia (ppm)	Hydrogen sulfide
	----- (%) -----					
Content	0.027	0.021	0.052	Perfect decomposition	3	Not detected

인(P)은 Vanadate법, 칼륨(K)은 ICP를 이용한 원자흡광분석법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

무경운, 경운간 기비종류에 따른 생육특성

생육조사는 파종후 약 20일 후 자엽이 떨어진후 6월 20일부터 측정하였다. 처리구별로 영양생장기의 초장을 조사하였다(Table 3). 초장측정 마지막날인 8월 1일의 생육조사 결과 비료종류차이에 따라 관행경운은 화학추비구(94.4 cm), 돈액추비구(92.4 cm), 대조구(89.7 cm), 풋거름(84.3 cm) 순으로 초장이 높았으며, 무경운에서도 화학추비구(89.5 cm), 돈액추비구(86.2 cm), 대조구(85.8 cm), 풋거름(81.7 cm) 순으로 초장이 높았다. 귀리의 무경운 재배의 경우 화학비

료가 72 cm로 초장이 가장 길었으며, 단경기 작물로 화학비료가 초장에 영향을 미쳐 화학비료의 귀리가 다른 처리구보다 높은 것으로 판단하였으며(Kim *et al.*, 2006), 헤어리베치를 이용하여 부분경운에 의한 수수의 생육 및 수량 조사에서도 관행에 비해 헤어리베치 처리구의 초장이 비교적 낮았다(Hwang *et al.*, 2014). 관행경운과 무경운간의 전체적인 비교에서는 관행경운이 화학추비구(4.9 cm), 돈액추비구(6.2 cm), 대조구(3.9 cm), 풋거름(2.6 cm)로 무경운의 콩 생육보다 더 높았고, 유의적인 차이를 보였다.

초장 측정시작 일자를 기준으로 SPADvalue 측정값을 그래프로 정리해놓은 것은 Fig. 1과 같다. 기비종류가 다른 관행경운과 무경운의 풋거름과 화학비료에 따른 엽색도의 변화 경향을 나타낸 것이다. 엽색도의변화 경향은 큰 차이가 없이 비슷한 양상을 보였고, 생식생장기간에서는 전체

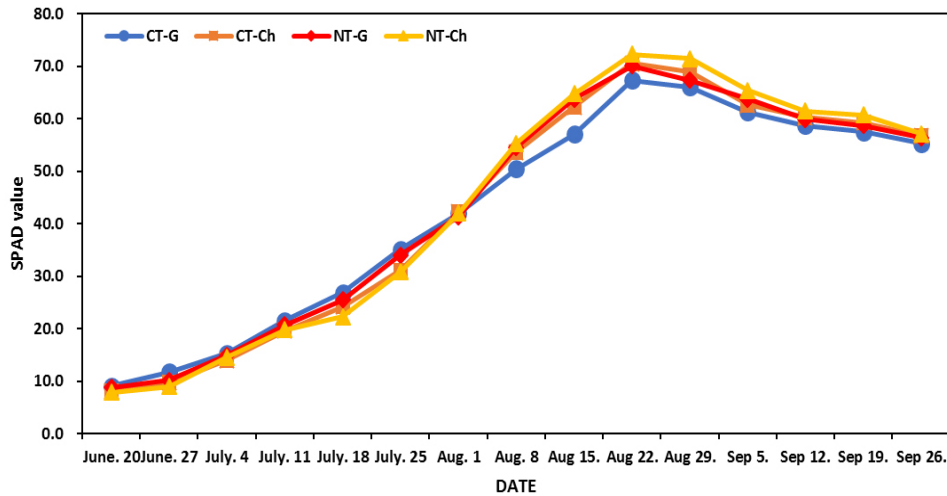


Fig. 1. SPAD value according to method of fertilization in vegetative growth stage of soybean (CT : Conventional-Tillage, NT : No-Tillage, G : Green -manure, Ch : Chemical fertilizer).

Table 3. Plant height according to method of fertilization in vegetative growth stage of soybean.

Treatments	Conventional-Tillage				No-Tillage			
	C	Li	Ch	G	C	Li	Ch	G
June. 20	17.3 ^{b1)}	18.2 ^b	21.9 ^a	12.0 ^d	11.8 ^d	12.5 ^d	15.3 ^c	5.4 ^e
June. 27	28.8 ^b	29.6 ^b	31.3 ^a	18.4 ^f	21.7 ^e	23.9 ^d	25.6 ^c	14.6 ^g
July. 4	39.5 ^a	39.2 ^a	40.4 ^a	31.4 ^c	32.9 ^d	34.8 ^c	37.5 ^b	28.7 ^f
July. 11	48.7 ^c	50.8 ^b	52.4 ^a	43.5 ^d	39.2 ^{ef}	40.4 ^e	44.1 ^d	37.8 ^f
July. 18	59.1 ^b	60.1 ^{ab}	61.4 ^a	52.5 ^d	50.3 ^e	52.7 ^d	55.3 ^c	43.6 ^f
July. 25	73.8 ^c	75.7 ^b	77.8 ^a	66.3 ^e	67.1 ^e	69.9 ^d	71.4 ^d	61.3 ^f
Aug. 1	89.7 ^c	92.4 ^b	94.4 ^a	84.3 ^e	85.8 ^{de}	86.2 ^d	89.5 ^c	81.7 ^f

¹⁾Means within a column followed by identical letter are not significantly different, based on Duncan's tests (P < 0.05). (C : Control, Li : Livestock fertilizer, Ch : Chemical fertilizer, G : Green manure)

적으로 감소하는 추세를 보였다. 풋거름 종류에 따른 벼 수량조사의 경우, 풋거름처리구가 화학처리구 보다 엽색도 감소추세가 약간 더 높은 경향을 나타냈고, 헤어리베치를 풋거름으로 이용한 처리구에서 관행구를 이용한 처리구보다 엽색도가 높거나 같았다(Cho *et al.*, 2011). 본 연구에서도 풋거름처리구가 관행구보다 높았으나 생식생장기 이후에는 이보다 약간 낮았다.

무경운, 경운간 비료종류에 따른 수량구성요소

처리구별로 수량구성요소를 측정된 후 수량을 도출하여 Table 4에 나타내었다. 전체적으로 관행경운이 무경운에 비해 생장은 좋았었지만, 수량의 경우 각 처리구별 차이가 유의한 차이를 보였다. 경운유무의 상관없이 평균 처리시 경운 시험구에서 보다 높은 수량을 보였다. Won *et al.* (2012)은 경운과 무경운에서 풋거름작물이 고추 생육과 수량에 미치는 영향에 대해 조사한 결과 전체적으로 무경운보다 경운에서의 수량관련 특성이 양호하다고 하였으며, 본 연구에서도 풋거름으로 헤어리베치를 사용하였을 때 무경운보다 경운에서의 콩 수량특성이 비교적 높았다. 무경운-가축분노처리구에서는 수량구성요소 모든 항목에 관하여 가장 높은 수치를 보였으며, 경운 유무와 상관없이 가축분노를 엽면시비에 대해 수량성에서 유의성이 있는 수준으로 증대하였다. Kim *et al.* (2006)이 수행한 논 콩재배시 무경운 재배에 따른 콩 생육분석에 따르면, 무경운과 경운 재배에 따른 수량구성요소와 수량은 개체당 협수, 협당 립수 및 100립중은 통계적 유의차가 없었던 반면에 수량은 무경운 재배가 경운 재배에 비해 품종에 따라 6~24% (평균13%) 정도 많았다. 하지만 본 실험에서 협당 립수는 유의적인 차이가 없었으나 개체당 협수와 백립중은 유의적인 차이를 보였으며 돈분액비에서의 수치가 가장 높았다. 충북 진천과 강원도 횡성에서 각각 액상분뇨원액, 여과액비, 화학비료처리구와 액상분뇨추비, 액상분뇨기비, 화학비료추비, 화학비료 기비

처리구에서 벼의 생육과 수량을 비교실험을 해본결과, 수량구성요소측면에서는 각각 해당요소마다 높은 결과를 보이는 실험구가 상이하였으며, 수량은 충북진천에서 시행된 여과액비 실험구에서 가장 높게 나왔다(Ryoo & Hong, 2004). 또한, 산국의 재배에서 돈분퇴비를 10a당 0, 2000, 4000, 6000, 8000,12000 kg 각각 다르게 처리하였을 경우, 산국의 질소흡수량을 측정한 결과 돈분퇴비의 사용량이 증가할수록 수확기의 산국의 질소함량이 증가하는 경향을 보였다(Lee & Yang, 2003). 이에 따라 돈액비료를 사용하고 그 사용량이 늘어날수록 작물생육에 긍정적인 영향을 미치며 수량성이 증대되는 것으로 판단하였다.

콩 종실의 질소, 인, 칼륨 정량분석

Kjeldhal법을 이용하여 처리구별 수확된 콩 종실내의 질소함량을 측정된 값은 Fig. 2와 같다. 측정은 실험구별로 3반복으로 시행하였으며, 콩 수확 후 경운과 무경운에 따른

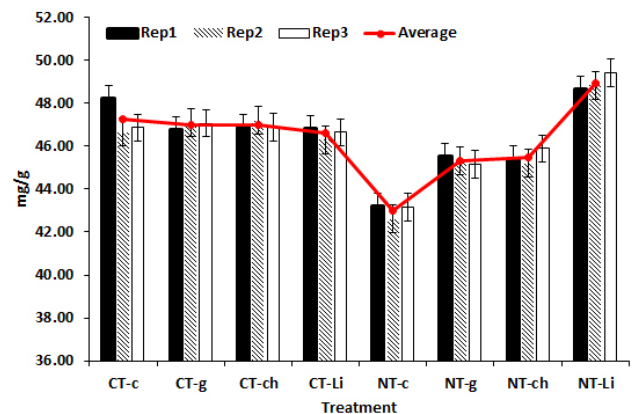


Fig. 2. Measurement of nitrogen concentration of seed according to type of fertilizer in conventional-tillage and no-tillage using Kjeldhal method (CT : Conventional-Tillage, NT : No-Tillage, C : Control, Li : Livestock fertilizer, Ch : Chemical fertilizer, G : Green manure).

Table 4. Analysis of a yield component according to type of fertilizer in conventional-tillage, no-tillage.

	Conventional-Tillage				No-Tillage			
	C	Li	Ch	G	C	Li	Ch	G
Populateion per 10a (EA)	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
No. of pod	98.0d	121.0a	107.7b	105.3bc	92.0e	124.3a	103.3c	99.0d
No. of seed	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
100 seeds weight (g)	24.1d	29.2a	27.6b	25.6c	25.1c	29.6a	27.5b	25.1c
Yield (kg/10a)	169.8ef	254.0b	214.2c	194.2d	166.5f	265.2a	204.2cd	179.2e

Means with the same latter within a column are not significantly different at 5% level by DMRT. C : control, Ch : chemical, Li : Livestock manure, G : green manure

비료 처리구별 질소의 함유량을 측정하기위해 종실 1 g에 존재하는 질소의 양을 mg으로 계산하였다. 경운의 경우 각 처리구별로 질소의 함량이 비슷하였지만, 무경운의 경우 돈액비료처리구에서 질소의 함량이 상대적으로 높게 나타났다. 비료별 효율성을 비교해보면 동일한 양으로 시비하였을 때 돈액비료를 이용하였을 때 시비의 효율을 높일 수 있다고 사료된다.

Vanadate법을 이용하여 처리구별 수확된 콩 종실 0.5 g의 인함량과 ICP를 이용한 원자흡광분석법으로 측정된 콩 종실 0.5 g의 칼륨함량을 측정된 값은 각각 Fig. 3과 Fig. 4와 같다. 질소와 마찬가지로 인과 칼륨모두 3반복으로 진

행되었다. 인산의 경우는 각 처리구별 비료의 종류에 상관없이 인산의 함량이 비슷하게 측정되었으며, 칼륨 또한 인산과 비슷한 양상으로 나타났다. 경운과 무경운에서 처리구별 인과 칼륨을 비교하였을 때 이들 원소는 서로 다른 방식의 비료를 주어도 종류에 상관없이 대등한 함유량을 나타낸 것으로 보아 무경운 재배법개발을 위해서는 인과 칼륨보다는 질소공급방안과 재배환경 및 기술적으로 접근해야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 무경운 재배법을 확립하고자 비료종류와 시비 방법에 따라 콩의 생육 및 수량을 조사하였으며, 주요 결과는 다음과 같다.

1. 경운과 무경운 처리구에서 풋거름, 돈분액비, 화학비료의 비료종류에 따라 콩의 생육이 각각 달랐다. 경운과 무경운 모두 화학비료처리구에서 콩의 생육이 높았으며, 경운유무에 따라서는 경운에서의 생육이 가장 높았다.
2. 엽색도 조사에서는 비슷한 양상으로 증가하였는데 엽색도 함량이 최고에 달했을 때를 비교해보면 무경운-화학비료처리구에서 가장 높았으며, 상대적으로 경운-풋거름처리구에서 엽색도가 낮은 수치를 나타냈다.
3. 콩 종실 1 g 및 0.5 g의 질소, 인, 칼륨의 성분량을 분석했을 때 인과 칼륨의 경우 경운과 무경운 모두 큰 차이를 두지 않고 비슷한 함량을 나타내었으며, 질소는 이와 다르게 돈액비료처리구에서 질소의 함량이 가장 높게 나왔다.
4. 콩 종실의 수량조사에서는 생육조사와는 다르게 무경운-돈분액비에서 수량이 가장 높았고, 상대적으로 무경운-관행처리구에서 수량이 가장 낮았다. 무처리구를 제외하고 풋거름처리구의 경우 경운, 무경운 모두 생육양상이 저조함에 따라 콩의 수량도 낮았다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명:밭토양 식량작물 무경운 작물재배법 개발, 세부과제번호:PJ01005505)의 지원에 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

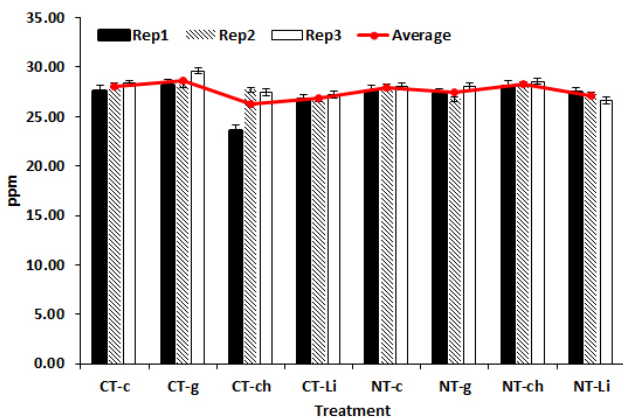


Fig. 3. Measurement of phosphorus concentration of seed according to type of fertilizer in conventional-tillage and no-tillage using vanadate method (CT : Conventional-Tillage, NT : No-Tillage, C : Control, Li : Livestock fertilizer, Ch : Chemical fertilizer, G : Green manure).

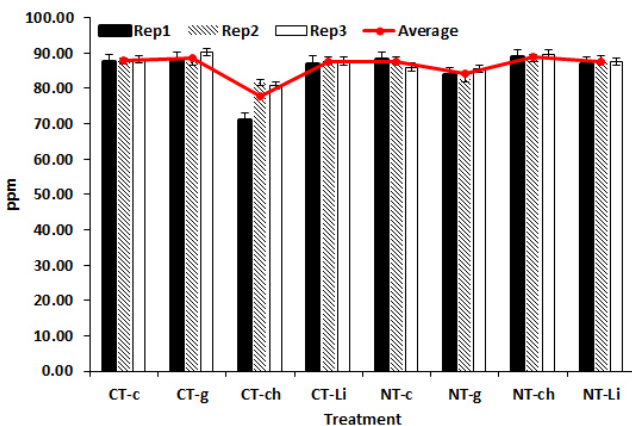


Fig. 4. Measurement of potassium concentration of seed according to type of fertilizer in conventional-tillage and no-tillage using Atomic absorption spectrometry (CT : Conventional-Tillage, NT : No-Tillage, C : Control, Li : Livestock fertilizer, Ch : Chemical fertilizer, G : Green manure).

인용문헌(REFERENCES)

- Bryden, H. L., H. R., Longworth, and S. A. Cynningham. 2005. Slowing of the Atlantic Meridional Overturning Circulation at 25° N. *Nature*. 438(7068) : 655-657.
- Cho, H. S., W. Y. Park, W. T. Jeon, K. Y. Seong, C. G. Kim, T. S. Park, and J. D. Kim. 2011. Effect of Green Manure Barley and Hairy Vetch on Soil Characteristics and Rice Yield in Paddy. *Korean J. Agric. Sci.* 38(4) : 703-709.
- Cho, J. R. 2001. A Study on the Trends and Environment Impact Assessment for Global Warming. *J. Korean Soc. Qual. Manag.* 2(2) : 61-70.
- Furuhata, M., K. Adachi, and S. Ohono. 2011. Influence of Field Drainage on Dry Matter and Seed Production of Soybean in the Hokuriku District of Japan. *Jpn. J. Crop Sci.* 80(1) : 65-72.
- Hwang, J. B., K. Y. Jung, E. S. Yun, Y. D. Choi, N. J. Hyun, J. T. Yun, I. S. Oh, and B. M. Lee. 2014. Weed Occurrences, Growth and Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor*) by Hairy Vetch and Partial-Width Tillage. *Korean J. Weed Sci.* 3(4) : 318-322.
- IPCC. 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. Lim, K. Treanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D. J. Griggs and B. A. Callender eds.). UK Meteorological Office. Brackbell, UK.
- Kang, H. W., M. T. Kim, K. S. Kim, W. T. Jeon, J. H. Ryu, and K. Y. Seong. 2013. No-till Farming System : Research Direction and Outlook in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fertil.* 36(3) : 143-152
- Kim, D. K., S. U. Chon, and B. G. Heo. 2006. Effect of No-Tillage on Soybean Yield and Weed Emergence in Drained Paddy Field Condition in Jeonnam Province. *Korean J. Community Living Sci.* 17(3) : 89-97.
- Kim, J. D., S. G. Kim, S. H. Chae, and C. H. Kwon. 2006. Effect of Livestock Manure and Chemical Fertilizer on the Forage Yield and Quality of Oat at No-till Cropping System. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 26(3) : 127-132.
- Lee, G. Z., Y. S. Choi, S. K. Yang, J. H. Lee, and S. Y. Yoon. 2012. Analysis of Consumption of Homemade Organically Processed Food Analysis of The Carbon Emission Reduction Effect from No-Tillage in Pepper (*Capsicum annum L.*) Cultivation. *Korean J. Organic Agric.* 20(4) : 503-518.
- Lee, K. D. and M. S. Yang. 2003. Effects of Pig Manure Application on Nitrogen Uptake, Yield and Active Components of Chrysanthemum Boreale M. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 11(5) : 371-376
- Lee, Y. H., D. Son, and Z. R. Choe. 2009. Effects of Rice-Winter Cover Crops Cropping Systems on the Rice Yield and Quality in No-tillage Paddy Field. *Korean J. Environ. Agric.* 28(1) : 53-58
- Oyanagi, A., T. Nanseki, S. Tsuchida, and H. Naganuma. 1998. Analyses of the Verticla Distribution of Roots in Wheat, Soybean and Rice in Tilled and Non-Tilled Multipurpose Paddy Fields. *Jpn. J. Crop Sci.* 67(1) : 49-55
- Pedersen, P. and J. G. Lauer. (2004). Soybean growth and development in various management systems and planting dates. *Crop Sci.* 44(2):508-515.
- Phillips, R. E., R. L. Blevins, G. W. Thomas, W. W. Frye, and S. H. Phillips. 1980. No Tillage Agriculture. *Science*. 208(4448) : 1108-1113.
- Ryoo, J. W. and M. J. Hong. 2004. Effect of Application Methods for Liquid Pig Slurry on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa L.*). *J. Anim. Environ. Sci.* 10(2) : 75-80.
- Won, J. G., K. S. Jang, J. E. Hwang, O. H. Kwon, T. Y. Kwon, and J. R. Cho. 2012. Effect of Tillage and No-Tillage of Winter Green Manure Crops on Yield of Red Pepper in Plastic Film House. *Korean J. Weed Sci.* 1(4) : 18-23.
- Yun, S. H., J. N. Im, J. T. Lee, K. M. Shim, and K. H. Hwang. 2001. Climate Change and Coping with Vulnerability of Agricultural Productivity. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 3(4) : 220-237.
- Yusuf, R. I., J. C. Siemens, and D. G. Bullock. 1999. Growth Analysis of Soybean Under No-Tillage and Conventional Tillage Systems. *Agron. J.* 91(6) : 928-933.