

土性別 耕耘方法이 벼 收量과 土壤特性에 미치는 영향

許 奉 九*

Effect of Tillage Methods on Rice Yield and Soil Properties under Different Soil Textures

Bong Koo Hur*

ABSTRACT : To evaluate rice yield and changes of soil properties, 3 tillage methods including no tillage was tested in different soil textures, such as silty clay, sandy loam and silt loam fields. Hwaseongbyeon was transplanted by machine at May 28.

Water and soil temperature of no tillage were lower than other plots, but differences of temperature were not larger in different treatments.

Mean water requirement in depth of sandy loam field was larger than other textures, but that of silty clay field was smaller. The water requirement in depth of no tillage was larger by 1.4~2.2mm/day than the other plots.

In the silty clay field, mineral contents, except Na₂O content, of rice plant of no tillage plot at the harvesting stage was higher than the other treatments.

The rice yields in the no tillage plot were decreased by 18% in sandy loam, by 7% in silty clay and by 1% in silt loam respectively than the power tiller plots.

水稻를 本畝에 이앙하기 위한 耕耘, 整地作業은 잡초除去, 移秧容易, 透水性減少, 根의 活着率 向上과 地面을 均平하게 하기 위해서 필수적이거나 최근 노동력의 감소에 따른 영농기계화의 영향으로 경운을 생략한 로타리耕이 일부 이모작지대나 습답에서 행해지고 있다.

따라서 최근에는 생산비 절감에 의한 국제 경쟁력을 높이기 위하여 벼 어린모 기계이앙, 直播栽培 및 最少耕耘과 無耕耘 栽培에 관한 연구가 활발해지고 있다^{1,3,7,10)}.

일반 논土壤에서는 無耕耘 栽培時 水稻 재배기간중의 用水量 증가, 有機物 混入 곤란, 수량감소, 잡초발생 증가등^{2,4,8)}으로 無耕耘을 기피하는 경향이 있었으며 일부 습답에서 이앙전에 빈번한 강우로 耕耘이 不可能했을 때에만 실시되었다. 無耕耘 栽培를 하더라도 수도수량이나 토양비옥도를 적정 수준으로 유지시킬려면 適品種 選拔, 耕種方法과 作付體系 改善, 灌溉施設과 施肥 및 管理方法 등의 개선이 필요한데 아직도 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

* 農村振興廳 試驗局(Research Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea) <93. 6. 2 接受>

본 연구는 논토양에서 경운방법에 따른 수도수량 반응과 토양의 물리화학적 변화를 구명하므로서 수량의 減收를 초래하지 않고 경운에너지를 절감시킬 수 있는 最少耕耘方法을 모색코자 포장시험을 실시하였다.

材料 및 方法

試驗圃場은 水原市 西屯洞의 華東統인 微砂質 埴土(Fine, mixed, mesic family of Aquic Hapludalfs), 華城郡 台安邑의 江西統인 砂壤土(Coarse loamy, mixed, nonacid, mesic family of Aquic Fluventic Eutrochrepts), 華城郡 松山面의 浦升統인 微砂質壤土(Fine silty, mixed, nonacid, mesic family of Typic Haplaquents)에서 시험하였으며 華東統에서는 1989년부터 3年間, 江西統은 '90年, 浦升統은 '91年에 각각 1年間씩 시험하였다.

시험전 토양의 물리화학적성은 表1과 같이 토양의 容積密度는 排水不良한 浦升統에서 가장 낮았으며 3토양통 모두 土深이 깊어질수록 粘土의 함량은 많았다. 酸度, 有機物含量, 磷酸等은 耕水不良한 浦升統에서 가장 높고 陽이온치환용량은 華東統에서, 浦升統은 表土에서 磷酸含量이 높은 토양을 사용했다.

處理內容은 耕耘方法을 1) 無耕耘 2) 耕耘機 耕耘+로타리 3) 트랙타 耕耘+로타리등 3개 처리와 施肥量은 堆肥 15ton/ha과 시험전 作土의 分析値를 代入한 農土培養處方書에 의하였다. 華東統의 N-P₂O₅-K₂O는 130-150-140kg/ha('

90), 130-150-120kg/ha('91)이었고 江西統은 130-140-130kg/ha, 浦升統은 120-120-100kg/ha이었는데 栽培時 基肥와 追肥로 分施하였다. 供試品種은 花成벼로 栽植距離 15cm×26cm로 坪當 85株를 매년 5月 28日 기계이앙하여 9月 30日 수확하였다. 경운작업에는 8ps경운기와 47ps트랙타를 사용하였다.

減水深 調査는 관개수를 차단한 圓筒속에 hook gauge를 사용하여 水位差를 측정하였으며 地溫은 地中 5cm와 10cm의 溫度를 測定하기 위하여 自體製作(極東硝子 Co.)한 直視溫度計를 設置하고 午前 10時에 조사하였고 뿌리의 乾物重 조사는 이앙시 30×30×40cm의 鋤망을 무경운구를 포함한 全區에 설치하고 수확기에 들어내어 水洗, 乾燥, 坪量하였다.

生育 및 收量調査는 農村振興廳의 農事試驗研究 調査基準¹¹⁾에 의하였고, 食물체 的 無機成分 含量 분석을 위하여 수확기에 시료를 채취하여 조제한 다음 全窒素含量은 Kjeldahl법, P₂O₅는 Vanadate법, K₂O, MgO, CaO 및 Na₂O는 原子吸光分光分析法, SiO₂는 重量法으로 분석하였다. 土壤物理性 中 土性은 Hydrometer법, 粒團은 濕式篩別法, 容積密度는 乾土重量法으로 분석하였고⁶⁾ 土壤化學性 분석은 農業技術研究所의 土壤化學分析法¹²⁾에 의하였다.

結果 및 考察

土性 및 경운방법과 생육시기별 水溫과 地溫의 變化를 表 2에서 보면 無耕耘區의 수온과 지온은

Table 1. Physico-chemical properties of experimental soil

Soil texture	Soil depth	B.D. (g/cc)	Clay (%)	pH (1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. cation(me/100g)				CEC (me/100g)
							K	Ca	Mg	Na	
Silty clay	Top	1.21	43.6	5.4	1.4	14	0.23	4.43	1.97	0.02	15.5
	Sub	1.38	44.0	6.0	0.7	7	0.20	5.20	2.79	0.01	15.3
Sandy loam	Top	1.28	10.6	6.0	2.1	14	0.57	4.77	0.84	0.79	7.2
	Sub	1.32	10.8	6.3	1.7	14	0.29	5.75	0.91	0.45	7.3
Silt loam	Top	0.96	26.4	7.1	2.8	112	0.30	7.70	2.32	0.52	11.5
	Sub	1.06	28.2	7.0	2.8	82	0.30	7.62	2.60	0.51	11.8

Table 2. Changes of water and soil temperature by different growing stages and soil textures

Soil texture	Tillage method	Rooting stage			Panicle formation stage		
		Water temp.	Soil temp.		Water temp.	Soil temp.	
			5cm	10cm		5cm	10cm
(°C)							
Silty clay	No tillage	32.2	23.7	22.2	30.7	27.5	26.1
	Power tiller	33.8	26.2	23.5	32.5	28.9	27.5
	Tractor	33.9	26.4	23.7	32.4	28.7	27.2
Sandy loam	No tillage	32.2	23.6	22.1	31.3	27.6	25.6
	Power tiller	33.8	24.7	24.9	31.5	27.7	25.7
	Tractor	33.8	24.5	24.8	31.5	27.8	25.7
Silt loam	No tillage	32.3	23.8	22.6	31.0	27.4	25.8
	Power tiller	33.3	25.2	23.9	31.5	27.6	25.9
	Tractor	33.4	25.2	24.0	31.6	27.7	26.0

Table 3. Changes of physico-chemical properties of soil by different soil textures and tillage methods

Item	Silty clay			Sandy loam			Silt loam		
	No till.	Power tiller	Tractor	No till.	Power tiller	Tractor	No till.	Power tiller	Tractor
Water requirement in depth(mm/day)	6.7	4.5	5.0	7.4	6.0	6.2	6.9	5.4	5.6
Workability(hr/ha)	—	22.3	5.7	—	18.5	4.7	—	20.3	5.0
Bulk density(g/cc)	1.33	1.29	1.27	1.22	1.19	1.14	1.09	1.00	1.01
Aggregates(>1mm, %)	29.6	29.3	29.2	24.9	22.0	23.6	14.2	13.1	13.3
pH(1:5)	6.5	6.5	6.5	6.0	5.8	5.9	6.6	6.5	6.6
OM(%)	1.9	1.8	1.8	2.3	2.2	2.2	3.0	2.9	2.9

토성이나 생육시기에 관계없이 제일 낮았으나 차이는 크지 않았다. 活着期の水温은 幼穗形成期보다 높았으나 地温은 낮았는데 이는 유수형성기의 氣温이 높고 수도체의 왕성한 光合成과 증발산량의 증가에 따른 빈번한 관개에 의해서 활착기의 湛水되어 있는 水温에 비하여 상대적으로 수온이 낮아진 것으로 생각된다. 활착기의 5cm와 10cm의 지온차이는 미사질식토에서 가장 컸고 유수형성기는 사양토가 가장 컸다.

表 3은 토성별 경운방법에 따른 토양의 물리화학성을 나타낸 것인데 平均減水深은 砂壤土에서 가장 크고 微砂質壤土에서 가장 낮았으며 無耕耘區의 감수심이 다른 처리구보다 1.4~2.2mm/日 많았다. 벼 재배기간중 논관개에 소요되는 수분의 총량인 用水量은 대체로 900~1,440mm라고 알려져 있는데⁵⁾ 이는 수도 재배기간중 무경운구의 용

수량이 ha당 1,000kl 이상 더 소요될 것으로 추산되므로 관개에 유의해야 함을 알수 있다. Tabuchi 等¹⁵⁾은 경운시의 透水率은 1.7cm/日이었으나, 無耕耘時는 4.5cm/日로 증가하였고 同一 시험구라도 중앙부는 0.6cm/日, 주위부는 7.8cm/日로 차이가 있었다고 보고한바 있으며 山村¹⁶⁾도 토성에 따라서 透水率이 달라진다고 보고한바 있다. 作業能率은 사양토의 트랙터 경운구가 가장 높았다. 수확후의 容積密度는 濕畷인 미사질양토에서 1.00~1.09g/cc로 제일 낮았으며 1mm이상의 粒團化度는 경운을 하지 않은 무경운구가 컸으나 처리간에는 큰 차이가 없었는데 이는 무경운에 의해서 입단의 파괴가 적었음을 의미한다. 경운작업에 있어서 가장 효과적인 크기는 0.25~3.0mm라고 Sukh & Dhingra¹⁴⁾는 보고하였다. 토양酸度나 有機物含量은 처리간에 비슷했으나 有機物分

解가 늦은 습답인 미사질양토에서 2.9~3.0%로 가장 높았다.

表 4는 수확기 때 水稻體中の 無機含量을 나타낸 것으로 무경운구의 무기함량은 다른 처리구에 비하여 미사질식토에서는 Na₂O 함량을 제외하고 가장 높았으나 다른 土性에서는 P₂O₅, Na₂O, SiO₂ 含量을 제외하고는 제일 낮았다. 사양토의 무기성분이 미사질양토보다 Na₂O, SiO₂ 함량을 제외하고는 모두 높았으나 土性間에는 일정한 경향이 없었다. Moore等⁹⁾은 질소 흡수양상은 乾物生産量과 비슷하였고 수확기때 活性組織, 死組織, 再生産組織에는 總窒素含量의 23%, 28%, 49%가 있었다고 보고한바 있다.

表 5는 경운방법 및 토성별 收量構成要素와 收量을 나타낸 것인데 同一 토양 종류별 경운방법의

수량을 비교해보면 무경운구의 수량은 토성별로는 微砂質壤土에서 5.92ton/ha로 제일 많았으나 경운기 경운에 비하여 7% 減收되었다. 무경운구의 減收率은 砂壤土에서 18%로 가장 컸고, 微砂質壤土에서는 1% 減收로 가장 적었다. 이는 미사질양토에서의 무경운 재배시 缺株率이 낮아 m²當株數를 충분히 확보하여 수량구성요소가 다른 경운방법과 비슷했기 때문이라 생각된다. 立苗率의 確保가 용이했던 것은 濕畚이었기때문에 年中 湛水狀態가 오래 持續되었고 分散率이 높은 微砂의 함량이 많았기 때문으로 보여진다. 경운방법별로는 收量面에서 경운기 경운과 트랙터 경운이 비슷했으며 전체적으로 경운기 경운에 비해 무경운구의 수량은 1~18% 減收되었다. Qiguo¹³⁾는 1970年代 아프리카, 인도, 中國等地에서의 무경운 재배

Table 4. Comparison of mineral content at the harvesting stage by different tillage methods and soil textures

Tillage method	Soil texture	T-N	P ₂ O ₅	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂
		(%)						
No tillage	Silty clay	0.54	0.55	0.36	0.99	0.20	0.08	7.0
	Sandy loam	0.71	0.67	0.33	1.15	0.17	0.08	4.0
	Silt loam	0.32	0.40	0.32	0.82	0.13	0.11	6.6
Power tiller	Silty clay	0.45	0.43	0.29	0.85	0.14	0.09	6.9
	Sandy loam	0.92	0.60	0.50	1.25	0.22	0.05	3.6
	Silt loam	0.40	0.53	0.37	0.93	0.16	0.11	6.9
Tractor	Silty clay	0.44	0.36	0.28	0.85	0.12	0.08	6.0
	Sandy loam	1.01	0.67	0.38	1.72	0.25	0.06	5.4
	Silt loam	0.38	0.54	0.36	0.95	0.17	0.11	6.8

Table 5. Grain yield of rice and yield components by different soil textures and tillage methods

Tillage method	Soil texture	Panicle (No. /m ²)	Spikelets (No. /m ²)	Ripen. rate(%)	10 ³ grain wt. (g)	Dry wt. (g /plant)		Grain yield (ton /ha)
						Straw	Root	
No tillage	SiC	400	33,704	86.1	22.1	29.0	3.57	5.92(93)
	SL	380	32,019	86.2	22.2	28.9	3.56	5.16(82)
	SiL	381	32,004	87.0	22.7	28.6	3.52	5.49(99)
Power tiller	SiC	430	35,904	86.2	22.4	31.1	3.58	6.34(100)
	SL	420	35,069	86.6	22.4	30.4	3.58	6.27(100)
	SiL	386	32,917	86.6	22.5	28.0	3.54	5.55(100)
Tractor	SiC	416	35,448	86.4	21.9	30.4	3.60	6.26(99)
	SL	431	36,726	86.6	22.0	30.8	3.60	6.36(101)
	SiL	383	32,902	86.7	22.6	28.3	3.54	5.53(100)

() : Yield index.

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

는 관행경운에 비해 水稻收量은 큰 차이를 보이지 않았다고 보고한바 있다.

실제 포장에서 水稻재배시 토성에 따라서는 경운을 省略한 로타리만으로도 높은 收量을 낼 수 있다는 것이 實證되었으며, 무경운 재배는 수량감소가 적은 미사질양토 포장에서는 안전할 것으로 보이며 다른 토성에서는 관개시설이나 肥沃度 증진과 잡초발생 輕減對策 등이 마련된다면 약간의 수량감수를 감안하더라도 無耕耘 栽培面積은 擴大될 것으로 보인다.

摘 要

水稻 無耕耘 機械移秧 재배시 水稻收量과 토양 특성 변화를 구명하기 위하여 무경운을 포함한 논 토양 특성에 맞는 最少耕耘 方法을 확립코자 미사질식토, 사양토, 미사질양토의 3개 포장에서 경운 방법을 달리하여 花成벼를 재배하면서 수도 수량과 토양특성을 조사, 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 無耕耘區의 水溫과 地溫은 제일 낮았으나 處理間에 온도차이는 크지 않았다.

2. 土性別 平均減水深은 사양토에서 가장 많았고 미사질식토에서 가장 적었는데 무경운구의 감수심이 다른 처리구보다 1.4~2.2mm/日 많았다.

3. 수확기때 水稻體의 無機含量은 無耕耘時 다른 처리구에 비하여 미사질식토에서는 Na_2O 함량을 제외하고는 가장 높았다.

4. 무경운구의 收量減收는 경운기 경운+로타리구에 비하여 사양토에서 18%, 미사질식토에서 7%, 미사질양토에서 1% 감수되었다.

引 用 文 獻

1. 崔忠惇, 金純哲, 李壽冠. 1992. 벼 畦立乾畚 直播栽培時 播種方法과 播種量이 生育과 倒伏에 미치는 影響. 農試論文集 34(2) : 62-68.
2. 畑中哲哉. 1987. 寒地畑作における簡易耕の 意義と 效果. 日農業技術 42(6) : 251-256.

3. 許奉九, 趙仁相, 嚴基泰. 1991. 土壤環境의 特性和 벼 어린모의 生育. 韓土肥誌 24(1) : 55-60.
4. _____, 姜恒遠, 李昌雨. 1993. 畚土壤 特性別 最少耕耘 基準設定에 관한 研究. 1. 微砂質埴土 圃場. 農業論文集 35(1) : 252-263.
5. 鄭夏禹, 權純國, 朴承禹, 張秉郁, 金成俊. 1986. 畚에서의 有效雨量에 관한 研究. 서울대 農學研究 11(1) : 19-27
6. Klute, A. 1986. Methods soil analysis : Part 1, physical and mineralogical methods. Amer. Soc. Agro. Inc. Madison USA. pp. 1188.
7. 李錫淳, 洪承範, 白俊鎬. 1992. 耕耘과 無耕耘 條件에서 벼 乾畚畦立直播栽培의 窒素分施比率. 韓作誌 37(5) : 405-412.
8. 丸山利輔. 1976. 水田の水收支. 土壤の物理性 32 : 11-15.
9. Moore, P.A., J.T. Gilmour, B.R. Wells. 1981. Seasonal patterns of growth and soil nitrogen uptake by rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 45 : 875-879.
10. 長峰司, 和田學. 1982. 水の稻の晩期乾田直播栽培における 品種の適應性. 日作紀 52(2) : 190-195.
11. 農村振興廳. 1983. 農事試驗研究調查基準. 水原. pp. 453.
12. 農業技術研究所. 1988. 土壤化學分析法. 水原. pp. 450.
13. Qiguo, Z. 1990. Soil water management in farming systems with flooded rice. Transactions 14th International Congress of Soil Science. Kyoto, Japan. Aug. 17. 13-29.
14. Sukh, D.N. and L.R.Dhingra. 1947. Some characteristics of soil aggregates in cultivated soils of Panjub, India. Soil Sci. Soc. Ame. Proc. 11 : 39-43.
15. Tabuchi, T., I. Yamafuji and Kuroda. 1990. Effects of puddling on percolation rate and nitrogen concentration in percolating wat-

er. Transactions 14th International Congress of Soil Science. Kyoto, Japan, Aug. 17. p.287-288.

16. 山村善洋. 1978. 土壤の保水性, 耕水性と透水性について, 土壤の物理性 37: 39-46.