

벼 무논골뿌림栽培時 播種量이 生育 및 收量에 미치는 影響

宋泳柱* · 高福來* · 黃昌周* · 朴建鎬**

Effect of Sowing Rates on Growth and Yield at Furrow Sowing of Rice in Paddy Field

Young Ju Song* · Bok Rae Ko* · Chang Ju Hwang* and Kon Ho Park**

ABSTRACT : This experiment was conducted to understand the response on sowing rates at furrow sowing of rice in paddy field.

As sowing rates was increased, the number of seedling stand per m² was increased, while panicle number per plant was decreased slightly. Leaf area at heading stage and effective tiller ratio were decreased with increasing of sowing rates, but heading date was not different among sowing rates. According to sowing rates was increased, culm length, panicle length, breaking strength, culm diameter were decreased, while lodging index was increased. Also, field lodging was observed in the higher sowing rates over 5kg /10a.

Although the panicle number per m² was increased with increasing of sowing rates, spikelet per panicle and percent of filled spikelet were decreased. According to the result from the path coefficient analysis, percent of filled spikelets well identified to be the most influential variables on the variability in rice yield, so that improving percent of filled spikelets by inhibition of field lodging was the important matter to increase the yield.

The optimal sowing rate and the number of seedling stand were estimated to be 4.5kg /10a and 105 per m² respectively.

Key word : Rice, Furrow sowing, Sowing rates, Yield

쌀의 국제 경쟁력 향상을 위해서는 벼의 省力栽培에 의한 生産費의 절감이 매우 중요하며, 그 방법으로서는 여러 방향에서의 접근이 있을수 있으나 勞動 生産性 향상을 위한 栽培技術 개선 측면에서 불매 育苗과 移秧勞力을 省略할수있는 直播栽培技術의 개발이 현재로서는 매우 중요한 과제로 인식되고 있다¹⁰⁾.

벼 直播栽培를 農作業의 省力化 效率面에서 考慮할때 궁극적인 방향은 播種作業이 간편한 表面直播栽培라 할 수 있다. 그러나 실제로 表面直播栽培를 통하여 省力效果를 얻기위해서는 大型 農機械의 投入을 위한 基盤造成 및 表面直播栽培에 적합한 播種機械의 開發, 良質이면서 倒伏抵抗性이 강한 품종개발 그리고 이에 알맞는 栽培法 確立등이

* 全北 農村振興院 (Chonbuk Provincial RDA, Iri, 570-140, Korea).

** 호남농업시험장(Hanam Agricultural Experiment Station, RDA, Iri 570-080, Korea)

〈94. 11. 8. 接受〉

선행되어야 하기 때문에 실용화 되어 技術 普及이 이루어 지기까지는 아직 많은 研究課題가 남아있다. 특히, 벼 表面直播 栽培時 가장 문제시 되는 것은 生育後期에 발생되어 쌀 收量에 크게 영향을 주는 倒伏으로, 이는 既存의 機械移秧 栽培時 倒伏發生의 機構가 품종간 耐倒伏性의 差異와 施肥, 물관리 등의 栽培方法, 그리고 土性 및 排水良否 등 논 의 土壤條件과, 風, 水害等의 氣象的 要因 등이 複合되어 발생하는 것으로 알려져 있는 일반적 현상 외에도, 灌水表面直播의 경우에는 종자가 地表面에 播種되기 때문에 뿌리의 분포가 대부분 表土가 사이에 분포되어지고 이로 인해 稈基部의 土壤 埋沒깊이가 알려져 登熟進展과 함께 稻體의 무게중심이 높아지는 경우 稻體의 支持力 弱화로 동일조건하에서도 他 栽培樣式에 비해 倒伏發生이 매우 容易한 것으로 보고되어지고 있다.^{3,14,15)}

'92년부터 본격적으로 연구되기 시작한 무논골뿌림栽培法은 耕耘 整地된 상태의 논에 일정 모형의 골을 작성하면서 종자를 播種하는 방법으로, 灌水 表面直播時 가장 문제가 되는 倒伏에 대한 輕減效果를 얻고자 하는데 있으며 실제 播種後 播種골의 埋沒로 인하여 生育中期의 줄기 埋沒程度가 기존의 移秧栽培와 비슷한 수준으로 이루어져 倒伏 輕減效果에 肯定的 평가를 받고 있으나 아직 栽培 技術에 대한 자세한 연구는 그리 많지 않다.^{13,16,26)}

벼에 있어서 單位面積當에 栽植되는 個體數, 즉 個體密度로 표현되는 栽植密度는 個體密度가 같아 하더라도 個體密度의 분포방법에 따라 密度의 효과가 다르게 나타나므로 기존의 移秧栽培에서 일정간격의 株間과 條間을 相互 變更해 가면서 이에 반응하는 source 및 sink의 변화를 解析했던 것과는 달리^{7,12,17,19)}, 무논골뿌림栽培와 같은 直播栽培의 경우는 條間은 一定間隔을 유지하지만 條間내의 個體間隔은 完全任意化 시킨 상태이므로 기존의 移秧栽培와는 相異한 密度效果를 가져올수있어 무논골뿌림 상태에서 最大 收量을 얻기위한 適正 個體密度를 檢討할 필요가 있다.

本報에서는 무논골뿌림栽培時 播種量의 변화가 벼의 生育 및 收量에 미치는 영향을 調査함과 동시에 適正 播種量을 究明코져 遂行한 結果를 報告코져한다.

材料 및 方法

本 試驗은 '92년에 全羅北道 農村振興院 水稻栽培圃場에서 實施하였으며, 供試品種으로는 1mm 程度로 催芽된 東津벼를 사용하였다. 播種을 원활히 하기 위하여 灌水狀態의 논을 耕耘 整地한후 落水하여 4일정도 굳혀서 115g의 金屬 圓錐管 入深이 7cm정도가 되도록 하였으며, 播種作業은 6條式 골뿌림 播種機를 利用하였다. 播種量은 10a當 3kg에서 11kg까지 2kg의 間隔으로 5處理로 하여 5월 16일에 파종 하였다. 播種後 播種 골에만 灌水하고, 물이 자연 감소하게하여 立毛에 支障이 없도록 하였으며 中間落水 過程을 거쳐 本葉이 3枚 以上일 때 부터는 一般栽培와 同一하게 관리하였다.

施肥量은 질소-인산-칼리를 10a 11-7-8kg의 수준으로, 窒素 分施比率은 基肥, 分蘖肥, 穗肥로 각각 40,30,30%씩 施用 하였고, 인산은 全量基肥로, 칼리는 基肥, 穗肥에 80,20%로 分施하였다. 全試驗圃場에 대한 雜草防除는 耨레질후 13일경에 두베논을 처리하고, 다시 35일경에 밧사그란피를 撒布하여 雜草防除를 철저히 하였다.

調査項目으로는 播種量別 立毛率 및 生育形質과 生育後期 倒伏 및 收量構成要素를 調査하였는데, 出穗期 莖當 葉面積은 自動 葉面積計(Hh-735, japan)를 이용, 圃場에서 生育이 中庸인 地點의 샘플을 採取 測定하였다. 倒伏形質은 出穗 20일에 생육이 中庸인 20個體를 選定 調査하였는데, 挫折重은 自動 Digital 引張強度計(DPSII, Imada, Japan)를 利用 4 節稈을 測定하였으며, 기타 生育 및 收量關聯 形質의 경우 農村 振興廳 試驗研究 調査基準에 의하여 調査하였다.

結果 및 考察

1. 立毛數 및 生育特性

무논골뿌림栽培時 播種量 변화에 따른 生育特性의 변화 조사는 播種量間의 모 個體數는 차이가 있지만 동일한 播種量내에서의 일정한 면적의 個體密度는 同一 해야한다는 것을 전제하기 때문에 먼저 播種量 증가에 따른 個體數의 差異, 즉 파종량

에 따른 一定 面積에서의 立毛數 차이에대한 有意性與否와 處理內的 個體密度의 均等性을 조사하였던바, 表1에서 보느냐와 같이 播種量 間에는 高度의 有意性이 인정되었으나, 播種量내의 條間들의 個體分布量은 차이를 보이지 않아서 機械播種이었음에도 불구하고 精밀한 처리가 이루어져 있음을 알수있었다.

播種量 증가에 따른 생육특성을 보면 立毛數는 播種量 증가에 따라 그림 1과 같이 직선적으로 증가하여 다른 直播栽培 樣式과 같은 경향을 보였으며^{4,20,21,24)}, m²當의 莖數도 播種量에 비례하여 最高分蘗期에 측정한 分蘗數가 最高 1,229개까지 증가되었으나 이와반대로 有效莖 比率은 播種量이 증가될수록 현저히 떨어지는 경향이였다. 또한 出穗期에 測定한 莖當 葉面積 역시 播種量 증가와 함께 적어지는 경향임을 알수있었으며(표 2), 個體當 穗數도 2차函數的으로 緩慢하게 적어지는것을 볼수

Table 1. Analysis of variance for Seedling Stand in different sowing rates at furrow sowing of rice in paddy field

Source	D F	S S	M S	F
				**
Treatment	4	200650.4	50162.6	404.2
				ns
Replication	5	1198.5	239.7	1.93
Error	20	2481.9	124.0	
Total	29	204330.9		

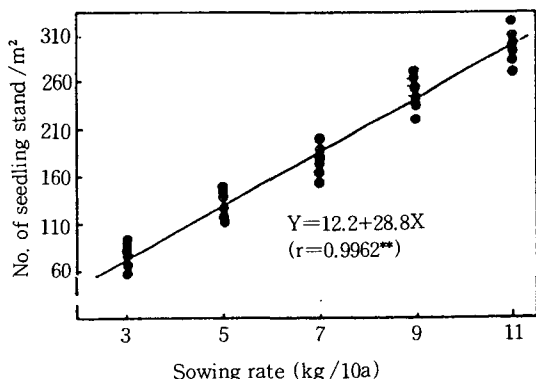


Fig. 1. The relationship between sowing rate and seedling stand per m² at furrow sowing of rice in paddy field.

있었다(그림 2). 이러한 현상은, 일반적으로 單位面積當의 個體密度가 높아지는 경우 莖數나 穗數는 비례적으로 증가하게되는 반면, 1 개체當의 穗數는 密植에의해 상대적으로 小數의 分蘗芽가 발육 되거나 또는 分蘗芽의 生長抑制作用에의해 감소하게되며^{6,8,9)}, 단위면적當의 葉면적은 생육 초기에는 光과 無機養分에대한 개체間의 競爭이 적어 個體數 증가에 따라 커지나 穗孕期 이후에는 高密度 일수록 過繁茂가 되기 쉽고 下葉이 枯死되어 個體當의 葉面積이 적어지고 有效莖 比率역시 낮아지는것으로 알려져 있는 기존의 移秧栽培密度 효과와 거의 일치하는 경향이었고^{5,11,18)}, 다른 直播樣式에서의 보고와도 유사한 결과여서^{20,21,25)}, 密植에 의한 효과가 土壤型, 地域, 播種期, 栽培樣式, 品種

Table 2. The agronomic characteristics as affected by the different sowing rates at furrow sowing of rice in paddy field

Sowing rates (kg/10a)	No. of maximum tiller per m ²	Ratio of effective tiller per m ²	Leaf area (cm ² /plant)	Heading date
3	529	78.2	87.7	8.24
5	584	75.3	77.5	8.24
7	832	55.5	70.0	8.24
9	1066	46.3	69.7	8.23
11	1229	43.6	61.1	8.23

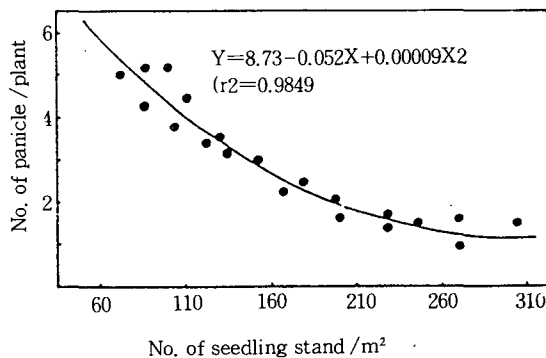


Fig. 2. The relationship between number of panicle per plant and number of seedling stand per m² at furrow sowing of rice in paddy field.

에 의해서 그 정도가 달라진다 하더라도 栽培樣式 변화의 경우 一定한 生長期間동안 받는 形態의 密度 효과는 대부분 비슷하다는 것을 의미하는 것으로 이해된다.

2. 倒伏 및 倒伏關聯形質의 變化

出穗後 20일에 조사한 倒伏 및 倒伏關聯 形質을 보면 표3과 같이 稈長과 穗長은 播種量이 증가됨에 따라 점차 작아지는 경향이였으며, 倒伏과 관련이 깊은 挫折重 및 줄기 굵기도 播種량 증가에 따라서 감소되었다. 倒伏指數의 경우 播種량 3kg/10a에서 134정도였으나 播種량 증가에 따라 점차 증가하여 11kg/10a의 경우 155를 나타내었다. 또한 실제 圃場倒伏에 있어서도 7kg/10a에서는 倒伏程度 4 이상의 심한 倒伏이 발생되어 播種량이 증가함에 따라 m²당 立毛數는 많아지지만, 그와 반대로 倒伏 발생이 용이한 방향으로 전환되어 결국 圃場倒伏이 발생됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는 李等²¹⁾이 乾畚表面細條播 栽培에서 播種량이 증가할수록 稈長이 길어졌으며 挫折重이 감소하고 倒伏指數가 증가하여 6kg/10a 이상에서 圃場倒伏이 크게 발생되었다고 보고한 결과와 비교할 때 播種량 증가에 따른 간장차이를 제외하곤 거의 일치되는 경향이 나, 畦立乾畚直播시 出穗後 30일에 조사한 倒伏關聯形質에 있어 播種量間 전혀 차이가 없었으며, 실제 圃場倒伏도 발생되지 않았다는 보고²⁰⁾와는 相異한 結果였다.

벼에 있어서 倒伏 抵抗性은 倒伏과 關聯되는 몇 가지 稈形質의 實測值 및 物理的數值의 強弱과 稈을 構成하는 化學的 構成成分의 高低로서 표시하고 있으나, 物理化學的 變化가 실제 圃場倒伏 정도와 연결되어지는 것은 아니다. 왜냐하면 倒伏에 關聯되는 形質의 측정값은 品種, 栽培時期, 播種方法, 施肥體系等과 같은 조건에 따라 달라지는 것은 사실이지만 變화된 形質의 동일한 관측값내에서도 栽培方法의 변화에 따라 倒伏 발생의 有無가 매우 심하기 때문이다^{1,22)}. 따라서, 播種量 증가에 따라 倒伏形質의 變化가 있었던 것은 乾畚直播栽培나 무논 골뿌림栽培 모두 마찬가지이나, 變화된 경향이 실사 비슷하다 하더라도 倒伏發生의 정도가 달랐던 것은 乾畚直播와 무논 골 뿌림 栽培로서 서로 다르고 播

Table 3. Internode length and lodging characters of rice as affected by different sowing rates at furrow sowing of rice in paddy field

Sowing rates (kg/10a)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Breaking strength (g)	Culm diameter (mm)	Lodging index	Field lodging (0~9)
3	82.6 a*	19.6 a	758 a	3.67 a	134 d	0
5	78.2 b	19.3 a	680 b	3.49 b	134 cd	2
7	77.3 b	19.3 a	655 c	3.45 bc	140 cb	4
9	75.3 c	17.8 b	639 d	3.41 bc	144 b	6
11	74.3 c	16.0 c	600 e	3.36 c	155 a	7

* Means within a row for given factor followed by the some letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

種方法이 다른에서 基因된 것으로 思料된다.

3. 收量 및 收量構成要素 變化 와 適正播種量 및 立毛數 推定

播種量 증가에 따른 收量構成要素 및 收量 변화는 表 4와 같다. m²當의 穗數는 播種量 증가와 함께 有意하게 증가하는 반면, 그림2에서 언급한 것처럼 개체당 穗數는 1.7~5.5개 범위로서 播種量 증가에 따라서 緩慢하게 減少하는 경향을 보여 穗數는 播種量에 따라서 크게 영향을 받았음을 알 수 있었다. 穗當粒數는 57.0~82.7개로서 비교적 큰 範圍를 보였으며, 播種量 증가와 함께 역시 有意적으로 減少하였는데, 이는 移秧栽培時 密度 증가에 따른 穗當粒數 減少幅 보다는 약간 큰 傾向이나 直播栽培時의 密度效果에 따른 穗當粒數 減少幅 과는 비슷한 경향이였다. 그러나, 李等²⁰⁾이 乾畚畦立直播에서, 金等⁴⁾이 湛水表面直播에서 播種量 증가에 따른 處理間 穗當粒數 差異가 크지 않았다는 보고와는 다른 결과였는데 이는 直播樣式이 서로 다르고 10a당 播種量的 범위가 다르기 때문에 얻어진 結果로 思料된다. 登熟比率는 60.8~81.7%의 水準을 보였으며 播種量 差異는 圃場倒伏이 비교적 甚하게 發生되었던 7kg/10a 이상에서 有意한 수준 차이를 보였는데 金等²⁾ 과 李等²²⁾도 비슷한 보고를 한바있다. 10a당 收量은 5kg 播種區에서 最大收量을 보였으며 播種량이 많을수록 점차 減少하는 傾

向이었다.

한편, 收量構成要素가 收量에 미치는 影響을 살펴보기위하여 경로분석을 한 결과, 그림 3에서 보는바와 같이 등숙비율과 m²당 수수 순으로 직접 영향을 미쳤음을 알수있었다. 이것은 직파재배시는 무엇보다 초기 입모율을 높여 충분한 수수를 확보하는 것이 매우 중요하나, 지나친 穗數의 확보는 登熟 後期에 倒伏을 誘發하기 쉽고, 倒伏이 발생되는 경우 결국 登熟比率이 낮아져 收量低下의 원인이 되므로 適正한 穗數의 확보가 收量安定성에 절

Table 4. Comparison of the yield and yield component under different sowing rates at furrowing of rice in paddy field.

Sowing No. of rates (kg / 10a)	No. of Panicle per m ²	No. of spikelet m ² panicle	percent of ripened grains (%)	1000 grain weight (g)	Yield (kg / 10a)	
3	414 a*	34,237	82.7 a	81.7 a	24.0 a	566 b
5	440 b	31,988	72.7 b	82.9 a	23.9 a	585 a
7	462 c	31,185	67.5 c	77.0 b	24.3 a	560 b
9	494 d	28,849	58.4 d	73.0 c	22.7 b	499 c
11	536 e	30,552	57.0 e	60.8 d	21.9 c	460 d

* Means within a row for given factor followed by the some letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

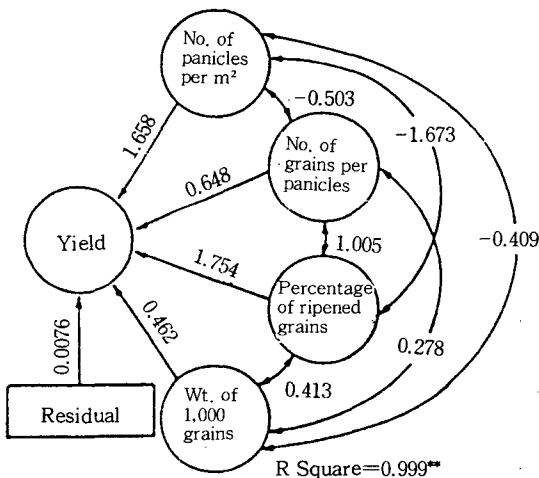


Fig. 3. Path coefficient of yield components to grain yield of rice.

대적임을 暗示하고 있다. 따라서 收量 생산에 영향을 미치는 m²당 穗數 확보와 관련이 깊은 適正播種량을 설정함과 동시에 立毛數를 推定하기위해 播種량에 따른 收量反應의 변화를 2차 函數式에 의해 표시하고 이 曲線의 변화로 適正值를 設定하면 그림 4 와 같이 播種량의 경우 10a당 4.3kg 程度, 이때의 m²당 立毛數는 105개 정도가 適當한것으로 推定되었다.

m² 當의 適立立毛數 範圍는 栽培地域 및 直播樣式에 따라 다소 차이가 있으나, 日本의 경우 80~120個²⁸⁾, 表面直播 栽培를 주로하고있는 美國의 경우 130~150個 정도로 알려져 있으며²⁷⁾, 國內에서도 品種 및 直播樣式에 따라 80~150個程度가 適切하고 이때의 播種量은 4~6kg / 10a 範圍인것으로 報告하고 있다^{1,23,24)}. 그러나, 品種에 따른 千粒重의 差異등을 고려할때 10a當 播種되는 種子量이 多少 달라질수 있으므로 播種량의 設定보다는 m²當에 確報되는 立毛數가 실제 더 중요하다고 할수있다. 이것은 直播栽培를 시도하는 農民의 입장에서 볼때도 매우 중요한 요소이다. 왜냐하면 실제 適切한 播種量으로 推薦되는 種子量을 撒布하였다 하더라도 栽培上의 管理에 따라 圃場에 確保되는 m²當의 立毛數가 크게 차이가 날수있기때문에 적어도 m²當 몇개程度의 立毛數가 확보되어야 再播하거나 또는 다른 栽培樣式으로 轉換하는 防止할수있는지에 대한 기준선, 즉 收量에 지장이 없는

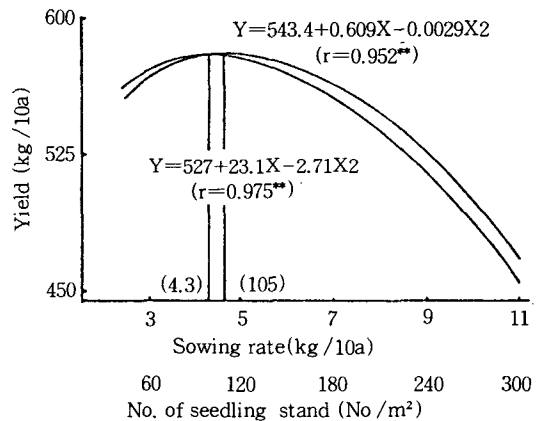


Fig 4. Estimation of the sowing rate and No. of seedling stand to maximum rice yield at furrow sowing in paddy field.

限界 立毛數를 제시할 필요가 있기 때문이다. 특히 播種前 土壤의 굳힘 정도에 따라 立毛確保에 影響을 많이 받는 무논골뿌림 栽培의 경우 立毛數는 더욱 중요한 요소가 된다고 볼수있다. 이런 觀點에서 무논골뿌림 栽培의 경우 m^2 當의 立毛數가 적어도 100~110個 水準이면 收量에 支障이 없는 限界水準이 되리라 생각되며 이때의 播種量은 理論的 計算值인 $4.3kg/10a$ 보다 약간많은 $4.5\sim 5kg/10a$ 水準이 바람직 할것으로 생각된다.

이상의 結果를 綜合하여볼때, 무논골뿌림 栽培時 播種量에 따른 生育特性的 變化는 既存의 報告들과 거의 類似하였으며, 播種密度的 효과가 일차적으로 單位面積當 穗數에 影響을 미쳐 密播될수록 穗數가 증가하였다 하더라도 限界 播種量을 넘게 되면 倒伏이 발생되기 쉽게되고 결국 登熟比率 低下로 收量에 影響을 주게되므로 m^2 當의 適正 立毛數 設定이 매우 중요하다는 것을 알수있다.

摘 要

벼 省力 直播栽培樣式으로 最近에 개발 보급된 무논골뿌림 栽培의 播種 技術體系確立의 一環으로 播種量에 따른 生育 및 收量反應을 檢討하고자 시험을 실시하였던바, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 播種量이 增加할수록 m^2 當 立毛數는 直線的으로 增加하였으나, 個體當 穗數는 立毛數 增加에 따라 緩慢하게 減少하는 傾向이었다.
2. 有效莖 比率 및 出穗期 莖當葉面積은 播種量이 증가함에 따라 減少하였으며 出穗期는 큰差異가 없었다.
3. 倒伏關聯 形質中 稈長, 穗長, 挫折重, 줄기굵기 등이 播種量 증가와 함께 감소하는 傾向이었고, $10a$ 當 $7kg$ 이상에서는 圃場倒伏이 甚하게 發生되었다.
4. m^2 當의 穗數增加에 따라 穗當粒數와 登熟比率가 減少하였으며, 收量은 $10a$ 當 $5kg$ 을 起點으로하여 점차 減少하는 傾向이었다.
5. 收量에 대한 收量構成要素의 經路係數 分析結果에 의하면 登熟比率의 直接效果가 가장 컸으

며, 最大收量을 얻기위한 m^2 當 立毛數는 105個 程度, 이때의 $10a$ 當 播種量은 $4.5kg$ 水準이었다.

引用 文 獻

1. 金純哲, 黃東容, 朴成泰, 田炳泰, 李壽寬, 1992. 南部地域 벼 乾畚直播 播種量 究明. 農試論文集(水稻篇) 34(1):39-48.
2. 金泳皓, 金竝炫, 金熙東, 金裁哲, 李東佑, 1987. 中部地方 벼 湛水表面直播 栽培에 관한 研究 1. 湛水表面 直播 栽培에서의 水稻 主要品種들의 生育 特性 및 收量. 農試 論文集 29(1):92-98.
3. 金宰圭, 李文熙, 吳潤鎮, 1993. 벼 湛水表面 直播 栽培와 손 移秧 栽培의 倒伏 發生 樣相. 韓作誌, 38(3) 219-227.
4. 金鶴鎮, 林俊澤, 權炳善, 1992. 窒素水準 pp333 處理 및 播種量이 湛水 表面直播 栽培 벼의 倒伏과 收量에 미치는 影響. 韓作誌, 37(1):9-15.
5. 吉良龍夫, 1961. 作物의 收量과 栽植密度. 農業과 園藝 36:1101-1106.
6. Kieby E. J. M. and D. G. faris, 1972. The of plant density on tiller growth and Morphelegy in barley. J. Agric. Sci. Camb. 78:281-288.
7. Kanda, M and Y. Kakizaki, 1957. Studie on the spacing deusity of rice plant. Part 1. Density effects on yield and Intra-specific competition. Res. Inst. Tohoku univ. D8:107-126.
8. Kenji Akita and Naomichi Tanaka 1992. Effects of Planting density and planting of young seedlings Transplanting on the Growth and yeld of rice plant. Jpn. T. Crop. Sci 61(1):80-86.
9. Nishikawa, G. and K. Hanada 1959. Studies on branching habits in Crop plan