

질소 수준, PP333처리 및 파종량이 湛水表面 直播栽培 벼의 倒伏과 收量에 미치는 영향**

金 鶴鎮* · 林 俊澤* · 權 炳善*

Lodging and Yield of Direct Surface Seeded Rice as Influenced by N Levels, PP333 Treatments, and Seeding Rates**

Hak Jin Kim*, June Taeg Lim*, and Byung Sun Kwon*

ABSTRACT : To establish the method of direct seeding cultivation in rice (*Oryza sativa* L.), direct surface seeding with treatments of N application rate, application of growth regulator(PP333), and seeding rate were conducted from May to Oct., 1989 at the experimental field of Suncheon National University.

There were no significant differences among treatment means of N application rates, and seeding rates, which seemed to be due to severe occurrence of field lodging. Application of PP333 reduced culm length by 3-4m, but it did not affect the occurrence of lodging. The optimal seeding rate to maximize the number of spikelets per unit area was estimated to be 6kg seed/10a. To obtain stable yield in cultivation of direct surface seeded rice in submerged paddy field, it was necessary to reduce occurrence of field lodging through breeding of lodging resistance genotypes rather than cultural practices.

최근 농촌 노동력의 부족으로 수도작의 생력재배는 절실히 요구되고 있는 실정이다. 벼 담수표면 직파재배는 작업이 용이하고 재료를 절감하는 재배법으로 향후 그 이용 가능성이 높다. 그러나 벼의 湛水表面 直播栽培에 있어서 生産의 안정화를 위해서는 균일한 整地作業, 浮苗의 防止, 立毛時 鳥類나 鼠類에 의한 被害防止를 통한 고른 立毛確保.^{21, 1, 22)} 直播栽培에 있어서 倒伏은 收量不安定의 큰 要因으로^{7, 13, 5)} 재배 방법이나 내도복성 품종의 육종을 통한 도복의 억제는 해결되어야 할 중요한 과제이다.

穀實作物의 倒伏은 稈의 物理的 및 化學的 特性, 그리고 穗重에 의해 좌우되는데^{20, 19, 4)} 同一 品種內에서 이러한 특성들은 施肥條件이나 栽植密度 그리고 生長抑制劑 施用에 의해 影響을 받는다.^{4, 20, 10)} 湛水直播時 生長調節劑를 이용한 倒伏抑制試驗으로 李 등(1989)¹⁶⁾은 Uniconazole과 PP333을 이용하여 湛水表面直播에서 5-8% 증수하였으며, 송 등(1989)⁸⁾은 Paclobutrazol, Uniconazole 그리고 Kim-112을 出穗前 5, 10, 15, 20일 전에 施用하여 10-20% 증수하였음을 보고하였다.

本 研究에서는 湛水表面直播栽培에 있어서는 播

* 順天 大學校 農科大學(College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea)

** 本 論文은 韓國 科學財團 研究 支援金에 의해 研究遂行 되었음.

<접수일자 : '91. 8. 16>

種密度, 窒素施肥水準 그리고 倒伏輕減劑의 處理에 따른 倒伏率 및 收量性의 變異를 조사하였던 바 몇가지 結果를 얻었기에 보고하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗은 1989년에 順天大學 畜作圃場에서 실시하였으며 供試品種은 남부지방에 적합한 대청벼로 하였다. 播種 3일전 耕耘, 쇄토후 圃場을 잘 고른 다음 5월 11일에 窒素施肥量 3水準, 5, 10, 15Kg N/10g를 主區로, 倒伏輕減劑 PP333의 處理(出穗 15일전 25ppm 葉面撒布)와 無處理를 細區로, 그리고 播種量 4水準, 6g/m²(20cm × 2cm), 3g/m²(20cm × 4cm), 3.6g/m²(30cm × 2cm), 1.8g/m²(30cm × 4cm)를 細細區로한 3 × 2 × 4 要因實驗을 細細區配置法 3반복으로 실시하였으며 각 實驗單位 면적은 10m²으로 하였다. 窒素質 肥料는 요소를 播種時, 6월 18일, 7월 25일에 4 : 3 : 3으로 分施하였고 磷酸質 肥料와 加里質 肥料는 용성인비와 염화가리를 P₂O₅-K₂O = 7-8Kg/10a水準으로 全量基肥로 施用하였다. 雜草防除로는 播種후 2일에 피라졸粒劑를 3Kg/10a水準으로 施用하였으며 그 후의 雜草防除는 손으로 하였다.

結果 및 考察

立毛數 및 m²당 穗量의 經時的 變異

播種量에 따른 立毛數의 變異는 그림1에 나타나 있는 것과 같이 播種量이 增加할 수록 立毛數는 직선적으로 增加하였으며 播種量 水準間 有意한 差異를 보였다(표1). 湛水表面直播의 경우 浮苗의 發生, 鳥類의 被害(鳥類에 의한 被害를 막기 위해 방조망의 設置가 必要함), 그리고 均一한 播種作業이 어려운 관계로 등간격의 個體分布를 얻기가 어려워 精確한 立毛率의 推定이 어렵지만 播種量에 근거하여(千粒重을 통한 환산) 표1의 m²당 個體數를 통해 推定해 보면 대략 30-80%의 立毛率을 보였는데 이 結果는 金등(1987)의 대청벼의 경우 32%의 立毛率보다 높은 水準이었다. 播種量에 따른 m²당 分蘖數의 變異는 7월 23일(播種後 73일)경에 810-960개로 最大의 水準을 보였고 그 후 減少하여 收穫時에는 有效穗數가 380-430개의 水準을 보였다(그림2). 이러한 分蘖數의 變異는 金등

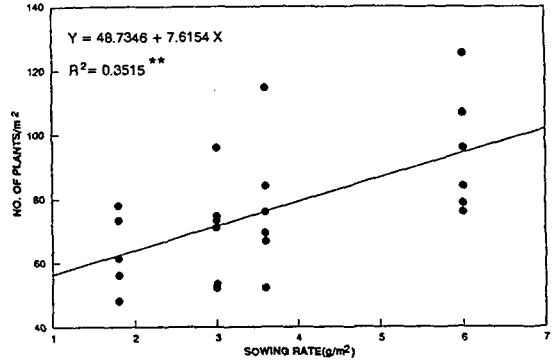


Fig. 1 The relationship between sowing rate and number of plants per unit area in direct submerged seeding.

(1987)의 結果와 일치하는데 이들에 의하면 대청벼의 경우 播種後 81일경에 900개의 最高分蘖數를 보였고 有效穗數는 400개 水準이었다 有效莖化率이 41-43%, 李등(1989)¹⁶⁾의 동진벼일 경우 42-44%와 비슷한 水準으로 湛水表面直播에서 비교적 낮은 有效莖化率을 보이는 이유는 淺植에 의한 分蘖數의 增加와 이에 따른 過繁茂때문으로 생각된다.^{9, 2)}

간장 및 倒伏

稈長은 N 施肥水準間, 生長抑制劑 處理間, 그리고 生長抑制劑와 播種量間의 상호작용에서 有意한 差異를 보였는데 N 施肥量이 增加할 수록 稈長은 길어지는 傾向이었고, PP333의 處理에 의하여 3-4Cm정도 짧아지는 效果를 보였으며 특히 播種量이 많을 수록 PP333의 稈長 短縮效果가 컸었다(표1). PP333의 處理에 의한 稈長의 短縮效果는 李등(1989)¹⁶⁾에 의해 보고된 바 있는데 이들에 의하면 화성벼 湛水表面直播時 出穗前 15일에 處理하므로써 3Cm정도 稈長이 短縮하였다. 處理間 倒伏發生程度는 N 水準 × 生長抑制劑 × 播種量의 상호작용을 제외하고 분산분석한 結果 아무런 有意한 差異를 보이지 않았으며(표1) N 水準間에 倒伏發生 程度에서 아무런 有意한 差異는 없었지만 15Kg N/10a 施用區에서 10Kg N/10a 施用區보다 낮은 倒伏을 보여(표1) 倒伏發生의 偶然性을 보여 주었으며 비록 3요인간 상호작용에 有意性이 있었지만 處理水準間 傾向이 일정치 않아 N 水準, 生長抑制劑, 그리고 播種量의 調節에 따른 倒伏抑制效果는 기대하기 어려울 것으로 생각된다. 李등

Table 1. Mean values and analyses of variance of agronomic characteristics in the experiment of direct surface seeding.

N (Kg/10a)	Growth inhibitor	Sowing density	Culm length(cm)	# of plants per m ²	Lodging ratio(%)	# of panicles per plant	# of spikelets per panicle	% of filled spikelets	Weight of 1000 grains	Brown rice yield
5	Control	20cm × 2cm	74.0	96.0	77.0	4.7	58.1	82.1	24.9	539.7
		20cm × 4cm	73.2	53.3	70.0	6.6	61.9	84.8	25.8	473.7
		30cm × 2cm	74.5	66.7	42.0	5.6	64.7	85.0	26.0	552.4
		30cm × 4cm	73.9	56.0	62.0	6.7	65.4	82.1	25.8	517.1
	PP333	20cm × 2cm	70.4	125.3	68.0	3.5	54.9	81.5	25.0	517.0
		20cm × 4cm	71.9	71.0	73.0	5.5	64.0	83.0	25.1	506.2
		30cm × 2cm	68.7	114.7	93.0	3.7	57.4	76.1	25.0	469.4
		30cm × 4cm	72.9	78.0	92.0	5.7	60.9	81.1	25.9	531.6
10	Control	20cm × 2cm	75.4	78.7	90.0	5.5	61.4	71.0	25.2	476.9
		20cm × 4cm	73.1	52.0	80.0	6.3	64.9	82.3	26.4	477.4
		30cm × 2cm	77.3	69.3	95.0	4.8	68.8	74.4	25.7	431.8
		30cm × 4cm	73.9	73.3	75.0	5.4	64.4	76.2	25.9	497.0
	PP333	20cm × 2cm	74.3	76.0	90.0	5.2	64.1	66.8	24.8	413.1
		20cm × 4cm	75.9	74.7	95.0	5.0	65.2	76.9	25.1	461.7
		30cm × 2cm	73.7	84.0	55.0	4.8	62.7	68.4	25.2	438.7
		30cm × 4cm	72.9	61.3	95.0	6.2	72.1	71.3	24.7	474.7
15	Control	20cm × 2cm	79.4	84.0	78.0	4.9	61.4	64.6	25.3	412.4
		20cm × 4cm	76.5	96.0	36.3	5.4	65.5	78.9	25.2	680.0
		30cm × 2cm	76.4	76.0	70.0	5.7	67.9	70.7	25.3	537.0
		30cm × 4cm	77.4	61.3	57.0	6.0	68.9	78.2	24.9	483.5
	PP333	20cm × 2cm	72.4	106.7	50.0	3.9	67.6	78.0	25.3	563.1
		20cm × 4cm	72.4	73.3	67.0	5.5	63.6	78.3	24.9	496.5
		30cm × 2cm	72.8	52.0	72.0	6.6	68.8	75.1	24.9	455.3
		30cm × 4cm	74.8	48.0	50.0	8.0	77.2	86.4	25.4	649.1
ANOVA										
Main(A)			*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Subplot(B)			**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A × B			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Sub-subplot(C)			NS	**	NS	NS	NS	**	NS	NS
A × C			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B × C			*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A × B × C			NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS

(1989)¹⁶⁾의 보고에 의하면 生長抑制劑로서 Uniconazole이나 PP333을 處理했을 경우 稈長 短縮效果는 Uniconazole에서 15cm, PP333에서 5cm 정도 있었으나 倒伏程度는 6-7로 (倒伏等級을 0-9로 하였으며 값이 클수록 倒伏이 심함) 圃場倒伏이 매우 심하였는데 이것은 本研究의 結果와 일치하였다. 三石등(1982)은 湛水直播栽培에서 倒伏

의 原因을 근부의 노출과 分蘖이 많음을 지적하였고, 李등(1989)⁹⁾은 3절간과 4절간이 길어 좌절중이 가볍고 倒伏指數가 높음을 보고하였다. 송등(1989)에 의하면 倒伏輕減劑(Paclobutrazol, Uniconazole, Kim-112)를 處理하여 3節稈長과 4節稈長이 17-20% 단축하였고 圃場倒伏도 낮아 10-21%의 收量增大를 얻었음을 보고하였는데 이러

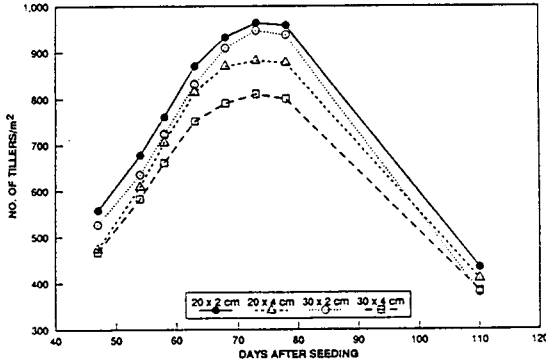


Fig. 2 Temporal changes in number of tillers per unit area under different sowing rates in direct surface seeding.

한 倒伏輕減劑 處理에 따른 反應의 差異는 品種과 지역의 差異에 따른 氣象의 差異(바람의 強度, 바람의 進路等)에 起因한 것으로 생각된다. 金등(1987)⁵⁾은 品種에 따른 倒伏程度에 많은 差異가 있었음을 보고하였는데 이는 栽培方法이나 生長抑制劑의 이용을 통해서 보다는 耐倒伏性 品種開發을 통해 倒伏抑制가 보다 效果의임을 말해준다.

收量構成要素 및 收量

個體當 穗數는 3.5-8.0 水準의 處理平均을 보였고 處理水準間에는 아무런 有意한 差異를 보이지 못하였는데(표1) 이것은 個體當 穗數가 水準이나 播種量보다는 단위면적당 個體數에 보다 크게 影響받기 때문에 생각된다(그림3). 播種間隔이 均일할 경우 播種量과 單位面積當 個體數는 比례할

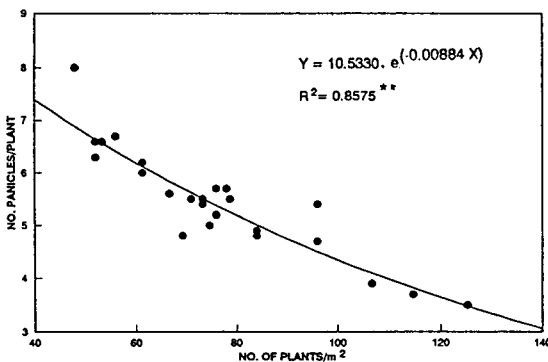


Fig. 3 The relationship between number of plants per unit area and number of panicles per plant in direct surface seeding.

것임으로 個體當 穗數는 播種量에 따라 有意한 差異를 보일 것이나 本 研究와 같이 손에 의한 散播의 경우 등간격의 播種을 통한 均일한 個體分布를 얻기는 매우 어려우며 浮苗의 發生 또한 個體의 均일배치는 더욱 어렵게 하였다. 그림3에 의하면 個體當 穗數는 m²당 個體數의 增加에 따라 지속적인 減少를 보여는데 이것은 湛水土中直播의 경우와 같은 傾向이었다.

穗當 穎花數는 55-77개의 變異를 보여 林등(1986)의 손移秧의 87개보다는 매우 낮았는데, 朴등(1989)에 의하면 湛水土中直播의 穗當粒數는 손移秧이나 湛水土中直播의 경우보다 有意하게 적었는데 이는 本 研究의 結果와 같은 傾向이었다. 穗當 穎花數는 處理間 아무런 有意한 差異를 보이지 않았고, 個體當 穗數와 m²당 穗數의 두개의 要因에 의해 影響받았는데 個體當 穎花數는 직선적인 增加를 보인 반면(그림4), m²당 穗數의 增加에는

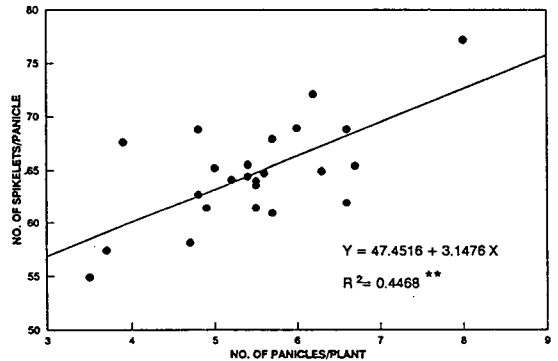


Fig. 4 The relationship between number of panicles per plant and number of spikelets per panicle in direct surface seeding.

비록 有意性은 없었지만 직선적인 減少를 보였는데(그림5) 이러한 穗當 穎花數의 變異는 湛水土中直播에서와 같은 傾向이었다. 登熟率은 65-86%의 水準을 보여 손移秧에 비해 비교적 낮은 값을 보였는데 直播栽培에서 登熟率이 낮은 것은 倒伏의 發生이 심한데서 起因한 것으로 생각되며(그림6) 이러한 倒伏과 登熟率과의 關係는 金등(1987)과 李등(1989)⁹⁾에 의해 보고된 바 있다. 登熟率의 분산분석 結果는 播種量水準에 따라 고도의 有意性을 보였는데 播種量이 增加할수록 登熟率은 減少하는 傾向이었다. 正租收量은 410-680Kg/10a 林등(1986)의 대청벼 손移秧 普肥水準의 730Kg/10a의 56-93%의 水準으로 대체로 낮은

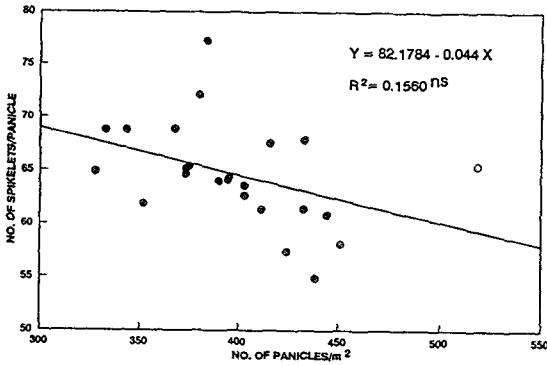


Fig. 5 The relationship between number of panicles per unit area and number of spikelets per panicle in direct surface seeding.

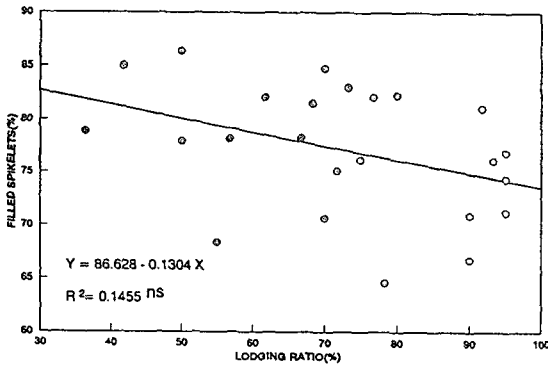


Fig. 6 The relationship between lodging ratio and filled spikelets in direct surface seeding.

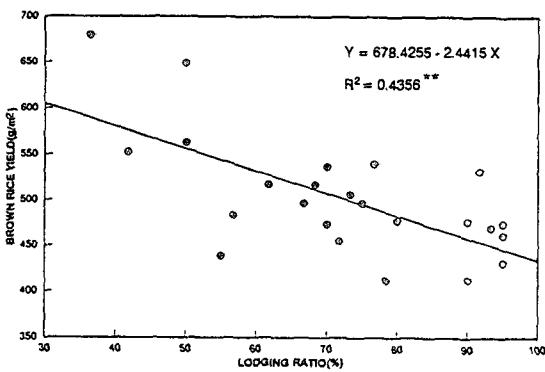


Fig. 7 The relationship between lodging ratio and brown rice yield in direct surface seeding.

으며 또한 收量의 불안정을 보여주었다. 이러한 傾向은 倒伏의 發生이 그 原因으로 倒伏發生程度에 따라 收量은 直線적으로 減少하였다(그림7). 收量에 있어서 處理間 아무런 有意한 差異를 보이지 않았으나 낮은 N施肥水準에서는 播種量이 많을수록 그리고 높은 N施肥水準에서는 播種量이 적을수록 높은 收量을 보이는 傾向이었다. IRRI 보고서(1982)에 의하면 20Kg중자량/ha과 50Kg중자량/ha의 播種量 處理間은 50Kg N/ha와 100Kg N/ha의 N施肥水準間에 收量에 있어서 아무런 有意한 差異를 보이지 않았으며 150Kg N/ha의 N施肥水準에서는 50Kg 種子量/ha의 播種水準이 20Kg 種子量/3ha의 播種水準보다 유의하게 낮은 收量을 보였는데 이는 本研究의 結果와 비슷한 傾向이었다. IRRI 보고서(1983)에 의하면 N施肥水準에서는 수확 4일전에 完全倒伏을 보였고 같은 N施肥水準에서 播種量間 收量은 아무런 有意한 差異를 보이지 않았으며, 낮은 播種量水準에서 N施肥量의 增加에 따라 收量增加가 驚미하게 높았다.

適定 播種量 推定

收量을 最大化하기 위해서는 m^2 당 穎花數를 높이면서 登熟率을 最大로 하는 것이 가장 중요하나 直播栽培에서 登熟率의 형성에 가장 크게 影響하는 倒伏發生의 栽培方法을 통한 制御는 무척 어려우며 育種을 통한 耐倒伏性品種의 개발이 중요함은 이미 언급한 바 있다. 따라서 주어진 동일 品種內에서 收量增大를 위해서는 m^2 당 穎花數를 最大化 하는 것이 收量增大를 위한 가장 일차적인 目標이며 이 目標을 위해서 가장 先行되는 栽培方法은 播種量의 결정이다. 그러나 播種量에 따라 m^2 당 個體數가 결정되고(그림1) m^2 당 個體數에 따라 個體當 穗數가 影響받게 되며(그림3) 個體當 穗數가 결정됨에 따라 穗當 穎花數가 影響받게 되므로(그림4) m^2 당 穎花數를 最大化 하기 위한 播種量의 결정은 그리 용이한 문제가 아니나 本研究에서는 이제까지 개발된 模型을 통해서 다음의 方法으로 適定播種量을 推定하였다. m^2 당 個體數를 X라 하고 個體當 穗數를 Y라 하면

$$Y = 10.5330 \times \exp^{-0.00884x} \text{ (그림3)}$$

이며 m^2 당 穗數(N_p)는 m^2 당 個體數와 個體當 穗數의 곱으로 결정되므로

$$N_p = XY = X(10.5330 \times e^{-0.00884x}) = 10.533 X \times \exp^{-0.00884x}$$

가 된다. 播種量에 따른 m^2 당 穗數의 실측치와 위

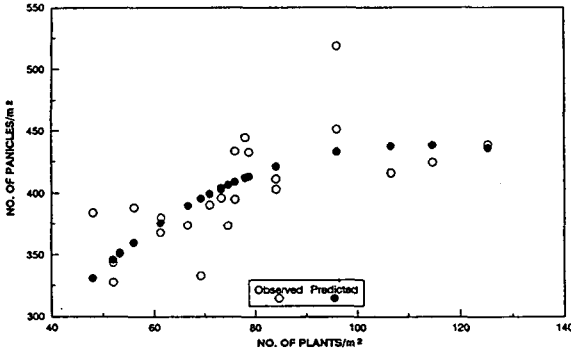


Fig. 8 Number of spikelets per unit area predicted versus observed in direct surface seeding.

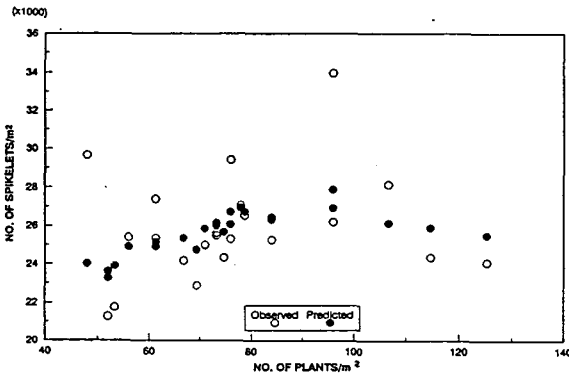


Fig. 9 Number of panicles per unit area predicted versus observed in direct surface seeding.

의 모델을 통한 예측치의 비교는 그림8에 주어져 있다.穗當穎花數(Z)와 個體當穗數(Y)는 그림4에 의하면

$$\begin{aligned} Z &= 47.4516 + 3.1476Y \\ &= 47.4516 + 3.1476(10.533 \times \exp^{-0.00884x}) \\ &= 47.4516 + 33.1537 \exp^{-0.00884x} \end{aligned}$$

가 되며 m^2 당穎花數(Sp)는

$$\begin{aligned} Sp &= XYZ \\ &= 10.533X \exp^{-0.00884x} (47.4516 + 33.1537 \exp^{-0.00884x}) \\ &= 499.808 X \exp^{-0.00884x} + 349.208 X \exp^{-0.00884x} \end{aligned}$$

가 된다.播種量에 따른 m^2 당穎花數의 실측치와 위의 모델을 통한 예측치의 비교는 그림9에 주어져 있다. 위 모델에 의하면 m^2 당穎花數를 最大로 하

는 m^2 당 個體數는 대략 95개 程度이며 立毛率을 考慮하면 6Kg/10a의 播種量이 適切할 것으로 생각된다.

摘 要

벼 湛水直播栽培法 確立을 위하여 窒素施肥水準, 生長抑制劑, 그리고 播種密度를 달리하여 湛水表面直播栽培 實驗을 實施한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 窒素 施肥水準, 播種 密度에 따른 收量의 變異에는 處理間 아무런 有意한 差異를 보이지 않았는데 그 原因은 심한 倒伏 發生으로 생각된다.
2. 生長調節劑 PP333의 處理에 의한 稈長은 3-4cm 짧아졌으나 이것이 倒伏抑制 에는 크게 寄與하지 못했다.
3. 湛水表面直播의 경우 單位 面積當 穎花數를 最大로 하는 適定播種量은 6Kg 種子/10a 水準이었다.
4. 湛水表面 直播 栽培에서 安定된 收量을 얻기 위해서는 倒伏 抑制가 必須的 이며 이는 栽培法을 통해서 보다는 倒伏 抵抗性 品種의 開發을 통해서 可能 할 것으로 생각된다.

引 用 文 獻

1. 김상수, 이선용. 1979. 담수직파재배 현지조사. 작시 시험연구보고서 (수도편) : 639-643.
2. 김영호, 김병현, 김희동, 김재철, 이동우. 1987. 중부지방 벼 담수표면 직파재배에 관한 연구. 1. 담수표면직파에서의 수도 주요 품종들의 생육특성 및 수량. 농시논문집 29(1) : 92-98
3. 김희동, 김영호, 김기우, 임병남, 김병현. 1988. 벼 담수표면직파 재배 기술 연구. 경기도 농촌진흥원 시험연구보고서. 43-57
4. Nishiyama, Iwao. 1985. Lodging of rice plants and countermeasures against it. International seminar on plant growth regulators in agriculture. 1-20
5. 박성태, 이순철, 이수관, 정근식. 1989. 남부지방에서 벼 직파재배양식에 따른 생육 및 수량. 농시논문집(수도편) 41(4) : 36-42
6. 三石昭, 井村光夫. 1982. 水稻湛水直播における諸問題(2). 農業および園藝 57-12 : 43-48

7. 서해영. 1976. 벼 답수직파재배의 문제점과 대책. 서울농약 2(4) : 4-9
8. 송근우, 최용조, 김장용, 이유식, 김정교, 안시영. 1989. 벼 맥후작 직파 재배기술확립. 경남도 농촌진흥원 시험연구보고서. 44-53
9. 이광석, 최성국, 김상경. 1989. 벼 직파재배 파종방법 시험. 경북농촌진흥원 시험연구보고서. 24-27.
10. 이덕배, 권태우, 임건신, 박건호. 1989. 질소및 석회시용이 수도 수량및 도복관련형질에 미치는 영향. 농시논문집(토양비료편) 31(3) : 27-33
11. IRRI. 1982. Annual report for 1982. LosBanos, Philippines. P. 320-322
12. IRRI. 1983. Annual report for 1983. LosBanos, Philippines. P. 327-328
13. 이종훈, 오윤진, 구연충. 1979. 수도 생력재배를 위한 답수직파 안정화에 관한 시험. 작시 시험연구보고서(수도편). 474-475
14. 이철원, 성기영, 오용비, 박석홍, 박래경. 1987. 답수토중직파재배 기술 확립 시험. 작시 시험연구보고서(수도편) : 489-495.
15. 이철원, 오용비, 1988. 벼 답수토중직파재배 적정 입모수 설정시험. 작시 시험연구보고서(수도편). 556-561
16. 이철원, 양원하, 윤용대, 임무상. 1989. 벼 답수직파재배 도복방지 시험. 작시 시험연구보고서 29-31
17. 임무상, 양보갑, 신현탁. 1986. 지역적응연락시험. 호남작시시험연구보고서. 105-117
18. 齊藤武雄. 1965. 東北農試研報 32 : 1-26
19. 조장환. 1972. 맥류의 도복에 관여하는 유용형질의 분석에 관한 연구. 한작지 11 : 105-117
20. Pinthus, M. J. 1973. Lodging in wheat, barley, and oats : The pheno-menon, its causes, and preventive measures. Advances in Agronomy 25 : 209-263
21. 장영희, 이경희, 1979. 답수 직파재배 안정화에 관한 시험 연구 보고서 (수도편) : 516-518
22. 임 무상, 박 래경, 1989. 수도 생력 재배 기술의 현황과 전망. 농촌 진흥청 작물 시험장. '89 농진청 심포지엄 7 : 5-16